

Ørreten på Hardangervidda Klimaets betydning for årsklassestyrke og produksjon av fisk og næringsdyr



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	Løpenr. (for bestilling) 6553-2013	Dato 18. juni 2013
Klimaets betydning for årsklassestyrke og produksjon av fisk og næringsdyr.	Prosjektnr. Undernr. 12275	Sider Pris 56
Forfatter(e) Sigurd Rognerud og Tore Qvenild	Fagområde limnologi	Distribusjon
	Geografisk område Hardangervidda	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Direktoratet for naturforvaltning.	Oppdragsreferanse Øyvind Walsø, DN Ref. 2012/16146
--	--

<p>Sammendrag</p> <p>Vi har undersøkt fiskebestanden i Sandvatn i Kvenna fra 2001 til 2012. I denne perioden har bestanden variert fra en svært tett til en tynn 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. Sterke og svake årsklasser varierte synkront over store deler av Hardangervidda. Ved gjennomgang av statistikk over fisket i ti av de viktigste fiskeriene på sentralvidda, ser vi at bestandene nå domineres av svake årsklasser og lave tettheter. Fisket de nærmeste årene vil sannsynligvis være sterkt preget av dette, og følgelig også bestandene av de viktigste næringsdyrene, marflo og skjoldkreps. De store variasjonene fra år til år kan være en utfordring for fiskeforvaltning, og klassifisering i henhold til Vannforskriftens krav til å definere begrepet God Økologisk Status. Basisovervåkingen i Vannforskriften forutsetter undersøkelser hvert tredje eller sjette år. Dette vil ikke kunne fange opp de variasjonene som er registrert i Sandvatn i perioden 2001-2012, og i fiskestatistikken fra 10 andre innsjøer siden tidlig på 1990-tallet. Den synkronne variasjon i vanntemperaturer og fiskens årsklassestyrker gjør at årlig overvåkning av få innsjøer er det beste alternativet for å følge utviklingen i økologisk status for innsjøene på Hardangervidda.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Hardangervidda 2. Klimavariasjoner 3. Ørretbestander 4. Årsklassestyrker 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Hardangervidda 2. Climate variability 3. Trout populations 4. Year-class strength
---	--

Sigurd Rognerud
Sigurd Rognerud

Prosjektleder

Thorjorn Larssen

Thorjorn Larssen

Forskningsleder

Thorjorn Larssen

Thorjorn Larssen

Forskningsdirektør

ISBN 978-82-577-6288-9

Ørreten på Hardangervidda

Klimaets betydning for årsklassestyrke og produksjon
av fisk og næringsdyr

Forord

Denne rapporten er en sammenfatting av kunnskap ervervet gjennom et forskningsprosjekt som omhandler værforholdenes betydning for fisk og dens viktigste næringsdyr i Sandvatn på Hardangervidda i perioden 2001-2013. Samtidig har vi også fått ny kunnskap om fiskets betydning for fiskebestanden under ulike værforholdene i fjellet.

Resultatene skal danne bakgrunn for å kunne forutsi konsekvensene for fiskebestandene ved fremtidige klimascenarier, slik som beskrevet i RegClim-prosjektet (Iversen et al. 2005). Det er utarbeidet tre tidligere rapporter som omhandler klimavariasjonenes betydning for ørreten, næringsnettets struktur og fiskens innhold av miljøgifter. I 2005 ble det satt opp en automatisk værstasjon ved Dargesjøen sentralt på Hardangervidda, for å kalibrere værdata med data fra de nærmeste meteorologiske stasjonene Geilostølen og Møsstrand (met.no). Resultatene fra denne delundersøkelsen har gjort det mulig å beregne temperatur og vindforhold inne på sentrale deler av på Hardangervidda tilbake i tid. Dette, sammen med årlige data over snømengder på vår og forsommer (met.no og NVE), har gjort det mulig å beskrive vanntemperatur og produksjonssesongens lengde i innsjøer på ulike deler av Hardangervidda.

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 har prosjektet vært finansiert av DN, EBL-kompetanse og NIVA. De siste årene (2007-2012) har DN vært viktigste bidragsyter. Denne rapporten er i sin helhet finansiert av DN inklusive bearbeiding av primærdata og aldersbestemmelsene av fisk.

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 sammenlignende studier mellom ulike avlesere, men alle har lang erfaring med slike avlesninger.

Feltarbeidet i Sandvatn er i hovedsak 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 og Laagefjeld AS har stilt hytte til disposisjon og sørget for transporten til Sandvatn under prøvefisket i august alle årene. Alle takkes for et godt samarbeid og at det har vært mulig å gjennomføre undersøkelsen.

Hamar, 18. juni 2013

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)	14
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 prøvafisket	20
4.3.2 Bestandssituasjonen	21
4.3.3 Årsklassenes styrke	23
4.3.4 Årlige variasjoner i fisket i Sandvatn	24
4.3.5 De sterke årsklassenes skjebne	24
4.3.6 Beskatningens betydning	25
4.3.7 Vekst og kondisjon	25
4.3.8 Bestandstetthetens betydning for tilvekst og ernæring i Sandvatn	29
4.4 Fiskets variasjoner i andre innsjøer på Hardangervidda	31
4.4.1 Innsjøer i Kvennavassdraget	31
4.4.2 Lågen-vassdraget	33
4.4.3 Bjoreio-vassdraget	36
4.4.4 Årsklassenes betydning for fisket i utvalgte vann	37
5. Diskusjon	38
5.1 Fysiske forhold	38
5.2 Avkastning i innsjøene	39
5.3 Klimatiske faktorerens betydning for rekruttering og tilvekst	42
5.4 Bli det tynnere bestander og dårligere fiske de nærmeste årene?	47
5.5 Forvaltningsmessige konsekvenser	48
5.6 Hvordan bør fiskebestander på Hardangervidda overvåkes?	50
6. Referanser	51

Sammendrag

Denne rapporten omhandler undersøkelser av fisk, næringsdyr og temperaturforhold i Sandvatn i perioden 2001-2012. Resultatene fra denne undersøkelsen er sammenlignet med statistikker fra ti av de viktigste fiskeriene på Hardangervidda

Vi har vist at ørretens årlige tilvekst i Sandvatn i perioden 2000-2012 var godt korrelert til middeltemperaturen i vannmassene for perioden juli-september (JAS). Mageanalyser av fisken indikerer at dette kan ha sammenheng med temperaturbetiget vekst (døgngrader) av viktige næringsdyr som marflo, skjoldkrepss og linsekrepss. Dette er nødvendig da økt vekst i fisk ved økt temperatur betinger større mattilgang fordi respirasjonen øker med temperaturen.

Vi har vist i 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 snørrike år preger smeltevann fra de høyere-liggende sydvestre deler av Kvennas nedbørfelt VTO i Sandvatn i betydelig grad, og følgelig reduseres antall døgngrader i produksjonssesongen. Dette førte til en lavere årlig tilvekst for fisken i Sandvatn enn det en 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 er at dette generelt vil føre til en reduksjon i produksjonen av ørret i Kvennavassdragets øvre deler, mens effekten blir noe lavere i de nedre deler da innsjøene øker vannets oppholdstid og reduserer forskjellen mellom VTO og LT. Det vil likevel være store år til år variasjoner, og i år med lite snø vil produksjonsperioden bli lengre og litt varmere. Slik sett har vår tidsserie hatt eksempler på tre gode år (2002, 2003, 2006) og fire dårlig år (2005, 2007, 2011 og 2012). Innsjøene på andre deler av Hardangervidda vil i langt mindre grad være preget av denne avkjølingseffekten, da isgang og snøsmelting skjer mer synkront i et område med langt mindre snømengder og et flatere landskap (Rognerud et al. 2003).

Vi foreslår en årsklassebasert forvaltning som primært beskatter de sterke årsklassene. Som vist for Sandvatn vil det bare være spesielt sterke årsklasser slik som 1997-årsklassen som gir uønsket høye tettheter. Det er en overkommelig sak å redusere en slik bestand til ønsket nivå. I Sandvatn viste det seg at ett enkelt lag i løpet av én ukes fiske i 2006 høstet hele 26 % av det som 1997-årsklassen bidro med totalt i fisket i perioden 2005-12. Dette var nok til å gjenopprette en kvalitativt god bestand. Mange av vannene i Ullensvang statsallmenning er av samme størrelse som Sandvatn og en vesentlig reduksjon som i Sandvatn burde være overkommelig.

De store variasjonene fra år til år kan være en utfordring for lokal fiskeforvaltning, og klassifisering i henhold til Vannforskriftens krav til å definere begrepet God Økologisk Status. Basisovervåkingen i Vannforskriften forutsetter undersøkelser hvert tredje eller sjette år. Dette vil ikke kunne fange opp de variasjonene som er registrert i Sandvatn i perioden 2001-2012, og i fiskestatistikken i 10 andre innsjøer siden tidlig på 1990-tallet. Den synkrone variasjon i vanntemperaturer og fiskens årsklassestrykke gjør at årlig overvåking av få innsjøer er det beste alternativet for å følge utviklingen 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 i perioden 2000 til 2005 av ørretens livsvilkår på Hardangervidda viste at de årlige svingninger i værforholdene hadde stor betydning for ørretens rekruttering og årsklassestyrke, tilvekst og avkastning (Rognerud et al. 2003, 2005, 2006, 2007 og 2008). Særlig hadde ekstreme i værforhold 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 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. Ved hjelp av stabile isotoper har vi vist at økosystemet i mange fjellsjøer i all hovedsak har sin energi fra sollys fiksert av bunnlevende påvekst-alger (Rognerud et al. 2003). Derfor er temperaturforholdene i innsjøene sommerstid, produksjonssesongens lengde og svekkelsen av sollyset med dypet i vannmassene viktig variable for økosystemets produktivitet. Innsjøenes dybdeforhold viser omfanget av produktive bunnområder, og de har betydning for termisk lagdeling i vannmassene.

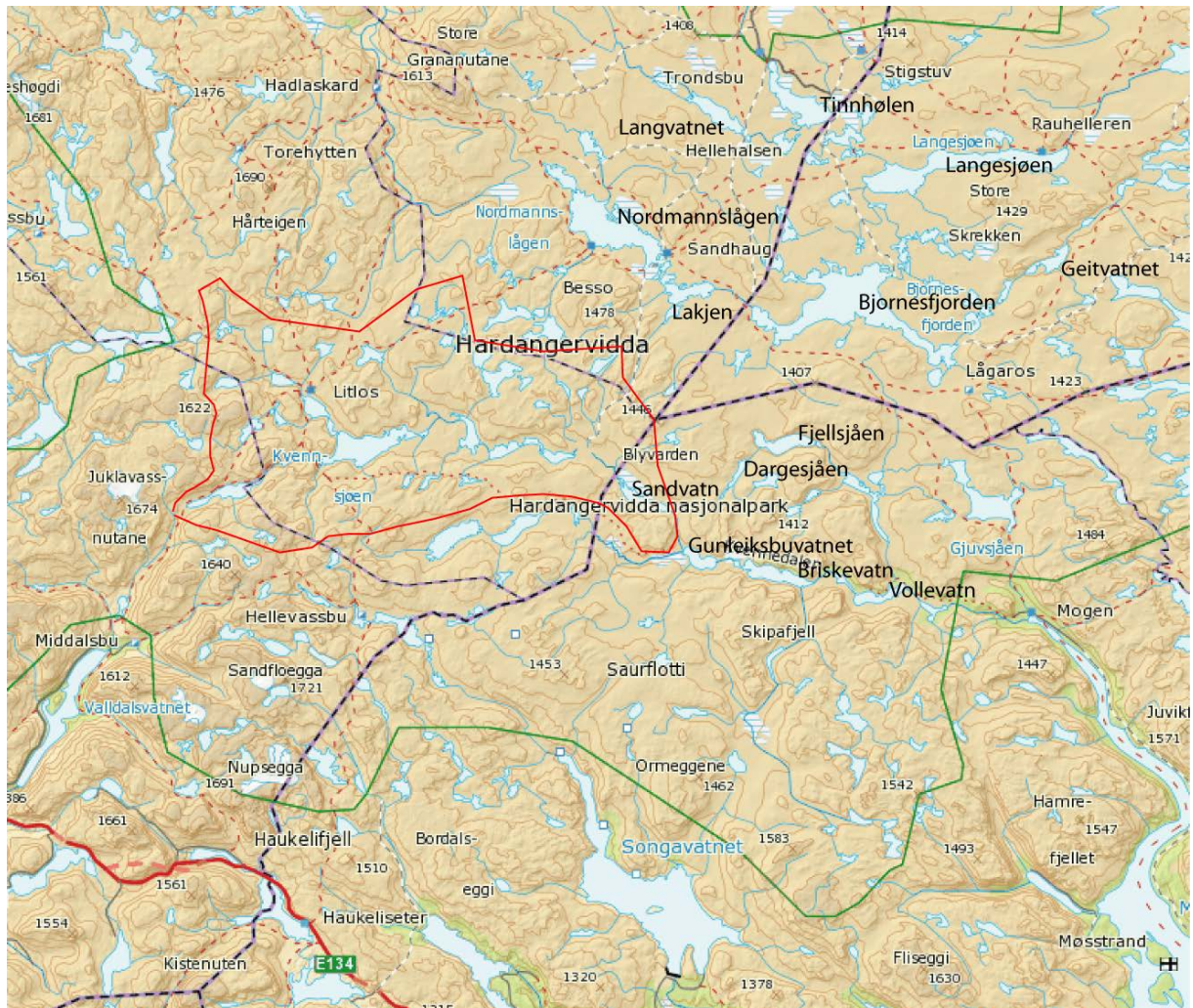
Fiskens livsvilkår kan endres betydelig da klimatiske forhold setter klare grenser for produksjonskapasiteten i fjellsjøer. Det har også vist seg at ytterligheter i værforholdene som bunnfrysing av gytebekker i snøfattige år, og sein isgang i snørike år har hatt dramatiske konsekvenser for ørret-ungelens overlevelse og derved styrken på årsklassen (Rognerud et al. 2003). Dersom yngelen overlever plommesekk-stadiet 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 i praksis forsvant over store deler av Hardangervidda på grunn av bunnfrysing av gytebekkene denne snøfattige vinteren, fikk 1997-årsklassen liten konkurranse og svært gunstige produksjonsforhold. Denne årsklassen ble derfor vært sterk over store deler av Hardangervidda. Vi skal i denne rapporten belyse denne årsklassens skjebne i Sandvatn og hvordan den også har påvirket bestanden for øvrig.

Videre har vi samlet opplysninger fra ti av Hardangerviddas viktigste fiskevann for å se hvilken betydning 1997-årsklassen fikk i disse. Dette vil kunne si noe om overføringsverdien av å studere forholdene i Sandvatn som et referansevatn. Vi vil også komme inn på betydningen av årsklassene 2001 og særlig 2002 som også ble sterkere enn normalt.

Vi skal også diskutere endringene over tid i forhold til årlige variasjoner i vanntemperaturer, produksjonssesongens lengde, intensiteten i fiske, samt forekomst og arts-sammensetning av næringsdyr.

Sandvatn ligger i Kvennavassdraget sentralt på Hardangervidda og er i enkelte år sterkt påvirket av smeltevann fra høyereliggende områder i vestlige deler av nedbørfeltet (Fig. 1 og 2). For å få et begrep om betydningen av smeltevannet har vi parallelt undersøkt temperaturforholdene i Dargesjøen som har nær samme størrelse, dybdeforhold og et lite nedbørfelt som ikke er påvirket av store snøleier på vestlige deler av Hardangervidda (Fig.1). Vi vil også 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..

Til slutt diskuteres forvaltningsmessige konsekvenser og eventuelle behov for overvåking samt forslag til strategi for basisovervåking av fiskebestander i fjellsjøer i regi av Vannforskriften.



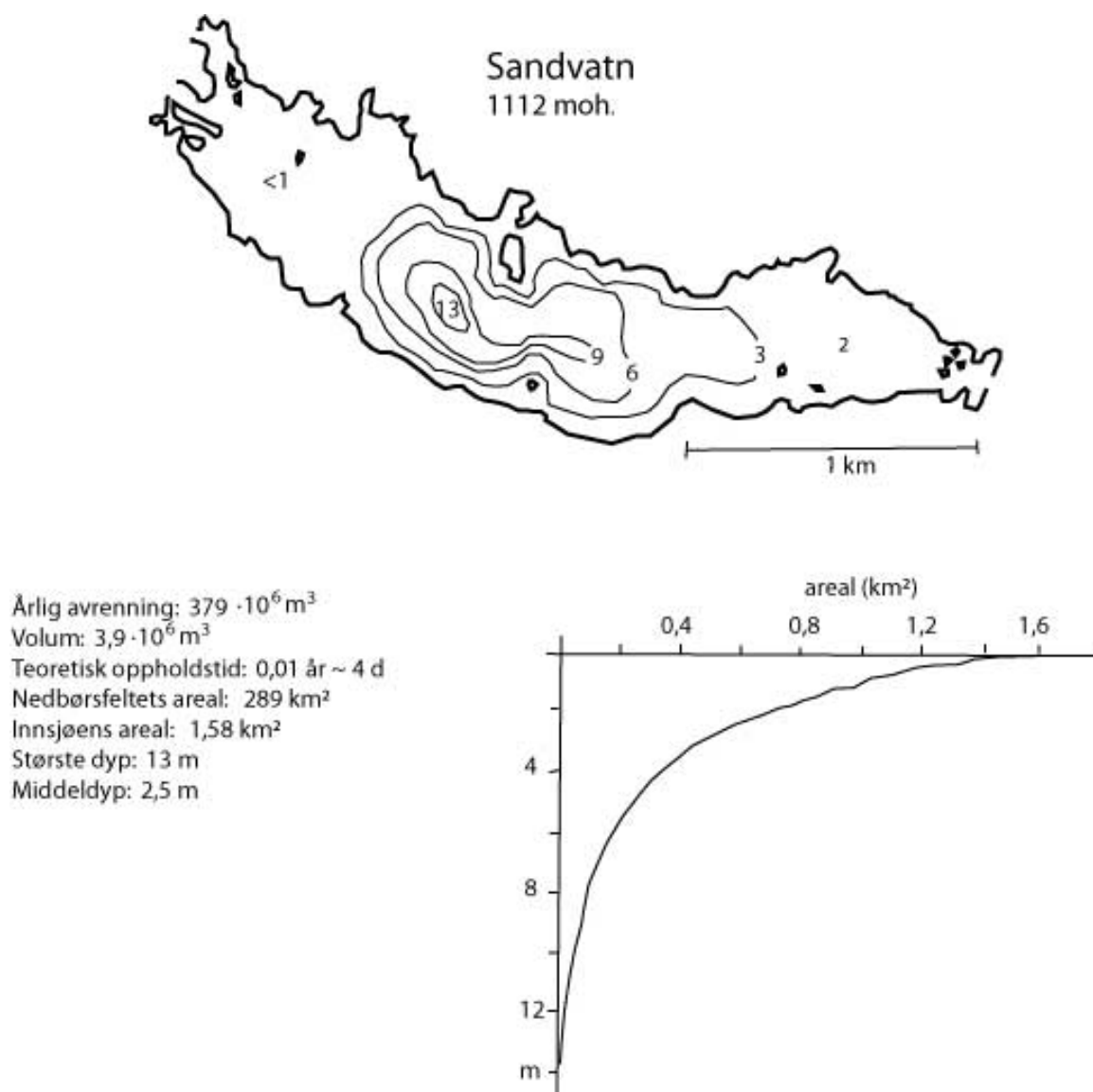
Figur 1. Nedbørfelt til Kvenna starter vest for Kvennsjøen og ender opp i Møsvatn ved Mogen, men her er kun nedbørfeltet til Sandvatn vist (rød linje). Sandvatn er en utvidelse av Kvenna nær fylkesgrensa mellom Telemark og Hordaland. Dargesjåen og Kringlesjåen øst for Sandvatn, ligger også i Kvennas nedbørfelt, men ikke i selve hovedvassdraget. Dargesjåen 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. Vi har også vist beliggenheten av innsjøer der vi har fått tilgang på fiskestatistikker over en lengre tidsperiode. Det gjelder Gunleiksbuvatn, Briskevatn og Vollevatn i Kvenna-vassdraget og Nordmannslågen, Lakjen, Bjornesfjorden, Geitvatnet og Langsjøen i Lågen-vassdraget, samt Langvatnet og Tinnhølen i Bjoreio-vassdraget.



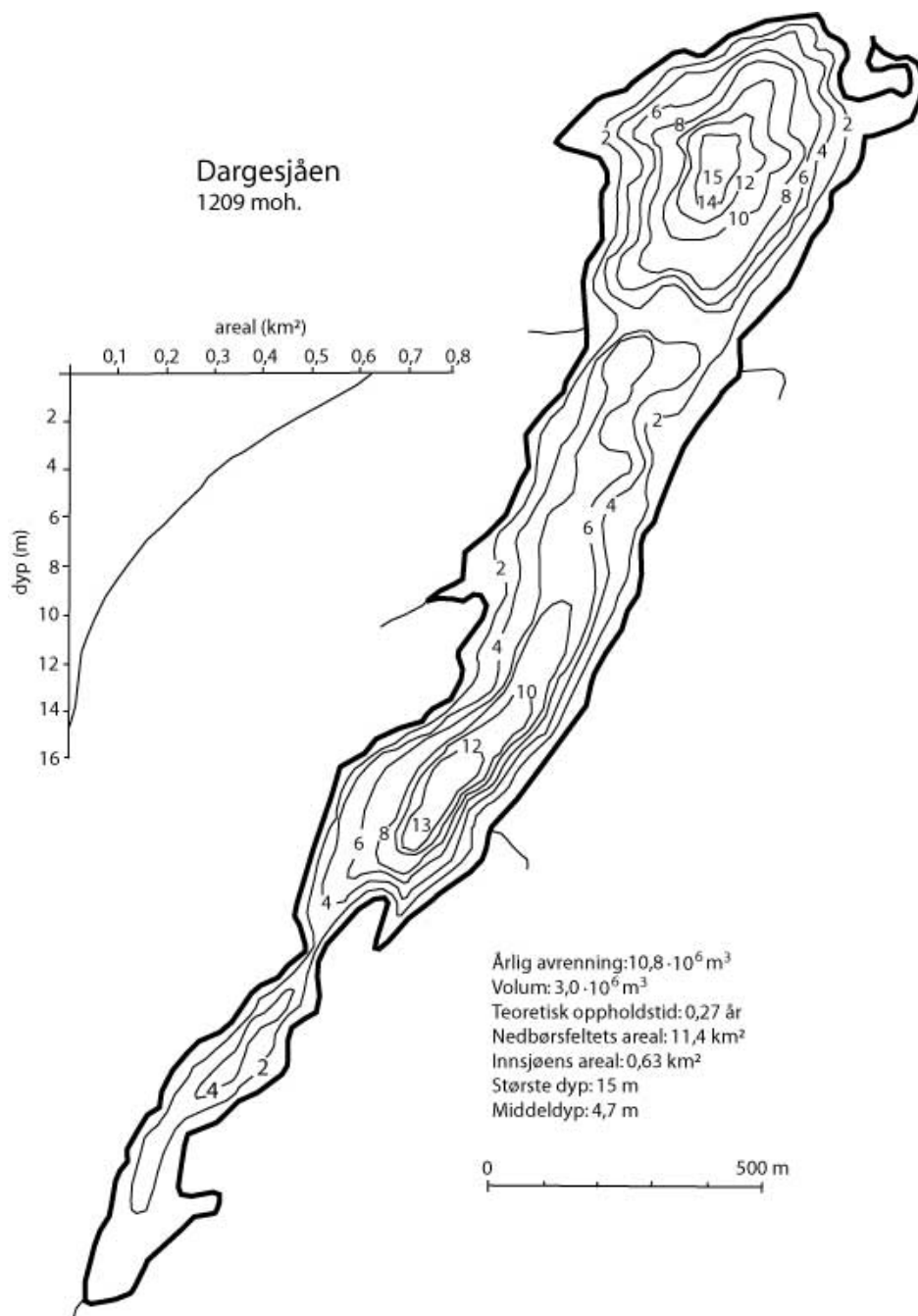
Figur 2. Sandvatn sett mot vest. Fylkesgrensen mellom Telemark og Hordaland går nær innløpet.

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 0,01 år og 0,27 år. 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 blitt fylt igjen av grus og finkornmasser fra elva. Den er følgelig svært grunn, ofte mindre enn 1 m. Kvenna sammen med to mindre bekker er gode rekrutteringslokaliteter for fisk. Dargesjøen har en oppholdstid på 99 dager og flere bekker som gir gode rekrutteringsmuligheter. I motsetning til Sandvatn så har fisken i Dargesjøen også gytemuligheter på utløpsbekken. Temperaturgangen i Sandvatn og Dargesjøen er svært lik i år med lite snø i de vestre fjellområdene av Kvennas nedbørfelt (Fig.1).



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)

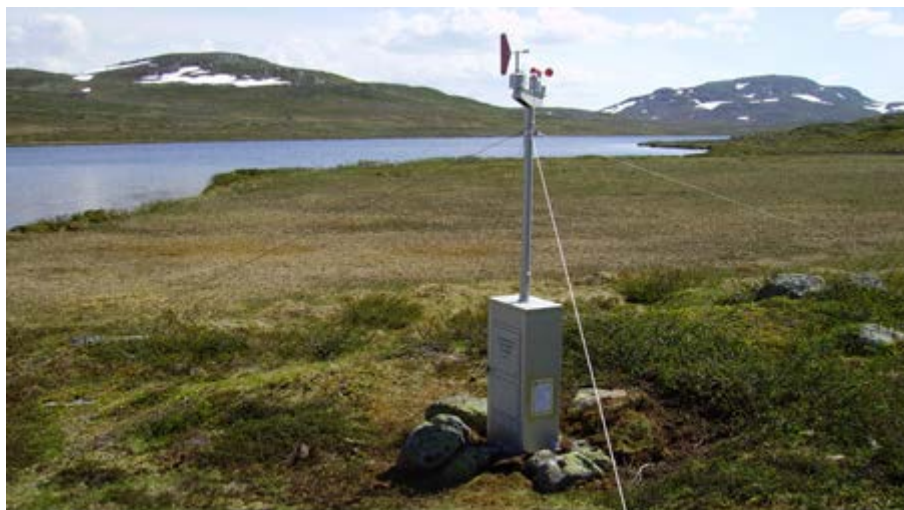
3. Metoder og definisjoner

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 2006-2012. 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, mens klima ofte 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 f.eks solstrålingen, eller vekselvirkninger mellom hav og atmosfære, f.eks 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 halvdel av oktober (1 til 2 uker før islegging). Det ble målt temperaturer på 1 m's dyp i perioden (2003 - 2012) og i dybde-profiler i 2006 - 2007. Innsjøene er grunne, vindeksponerte og store deler av bunnområdene er grunnere enn 4 meter. Derfor er temperaturen på 1 m dyp representativ for en stor del av produksjonssjiktet i innsjøene (Rognerud et al. 2005, 2006).

3.4 Fiskeundersøkelser

3.4.1 Lengde, vekt, ernæring

Fiskens lengde er målt fra snute til halespiss i naturlig utstrakt stilling. Vekt er angitt til nærmeste gram på elektronisk vekt. Kjønn og stadium ble bestemt etter Dahl (1917), og kjøttfargen ble registrert etter en kvalitativ skala med angivelse av hvit, lys rød eller rød. Mageinnhold ble bestemt i felt. Dominerende grupper i mageinnholdet ble anslått til volumprosent av det totale. 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 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 middelverdien 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 bare 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 -faktor vanligvis være $> 1,00$ når næringsforholdene er tilfredsstillende. Da vil vi også vanligvis finne at k -faktoren øker med fiskelengden. Det betyr at $b > 3$ i ligning 1.

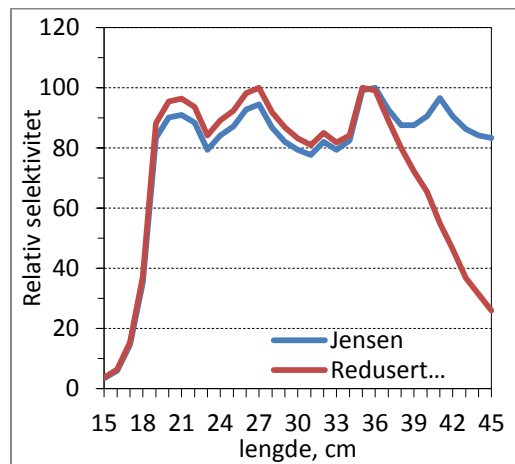
3.4.3 Garnbruk

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, 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. Det har vist seg at 45 mm og 52 mm vanligvis ikke gir noe utbytte i Sandvatn, og disse maskeviddene er derfor mer eller mindre faset ut.

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 centimetergrupper for de ulike maskevidder, og deretter satt sammen som i redusert Jensen-serie. Vi får da en representativ frekvens av de ulike centimetergruppene. 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 (ikke 45mm, 52 mm) for fisk ved ulike 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 $d = 0,95$ 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.

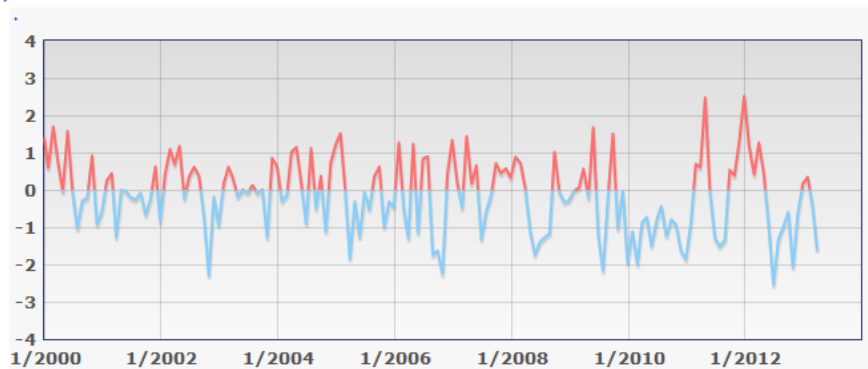
Denne metoden er brukt for å sammenligne optimal tilvekst mot observert tilvekst i en del norske elver (Jensen et al. 2000, Vøllestad et al. 2002), men ikke for innsjøer og magasiner. I elver er det enklere å måle temperaturforholdene slik fisken erfarer den, da forholdene er mer homogene over lengre elveavsnitt. Innsjøer er ofte sjiktet, og dette medfører en stor usikkerhet da fisken mer kan styre temperaturen ved å søke til ulike deler av sjøen. Temperaturvandringer er velkjente, blant annet fra høyfjellet (Sømme 1944). Vi har målt temperaturen på 1 meters dyp. Denne temperaturen er representativ for dybdeintervallet 0 – 8 m. innsjøene på Hardangervidda er grunne og prøvofiske 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)

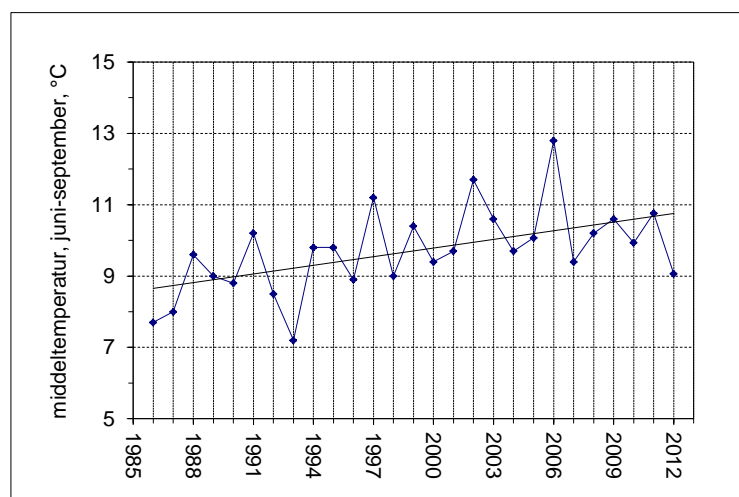
Været på Hardangervidda er i betydelig grad påvirket av lavtrykk som kommer inn fra havet i vest. NAO-verdier indikerer styrken på dette vestavindsbeltet. Positive verdier er ofte assosiert med mildt og nedbørsrikt vær vinterstid, mens lave NAO indekser er assosiert til et kaldt nedbørfattig vintervær. I snørike vintre vil snøsmeltingen kunne prege temperaturen i Kvenna utover sommeren. Vintrene 2004/2005, 2006/2007, 2008/2009 og særlig 2011/2012 hadde høye NAO-verdier som indikerer mye snø på vestlige deler av Hardangervidda, mens lave indekser preget sommeren 2010 og 2012 (Fig. 7).



Figur 7. Den nordatlantiske oscillasjonen (NAO) for perioden 2000-2013 (www.wetterdienst.de)

4.1.2 Tidsutvikling i lufttemperatur (LT)

Det har vært en generell økning i lufttemperaturen for produksjonsperioden 1. juli – 30. september (JAS) fra slutten av 1980-tallet og fram til og med 2006 (Fig.8). Dette skyldes et generelt værskifte i 1987/88 som førte til en økning i LT sommerstid i forhold til dekadene før i regionen som omfattes av Hardangervidda (met.no). Siden fiskeundersøkelsene startet i 2001 har temperaturen i produksjons-sesongen (JAS) vært høyest i 2002 og 2006, men de var lavest i 2007 og 2012.



Figur 8. Middeltemperatur (1.juli til 30.september) ved Geilostølen meteorologiske stasjon i perioden 1986 til 2013. Denne stasjonen ble erstattet av Geilo-Olderbråten i perioden 2006-2012. Normalen for disse tre månedene er 9 °C ved begge stasjonene. Kilde: Eklima på nettstedet met.no

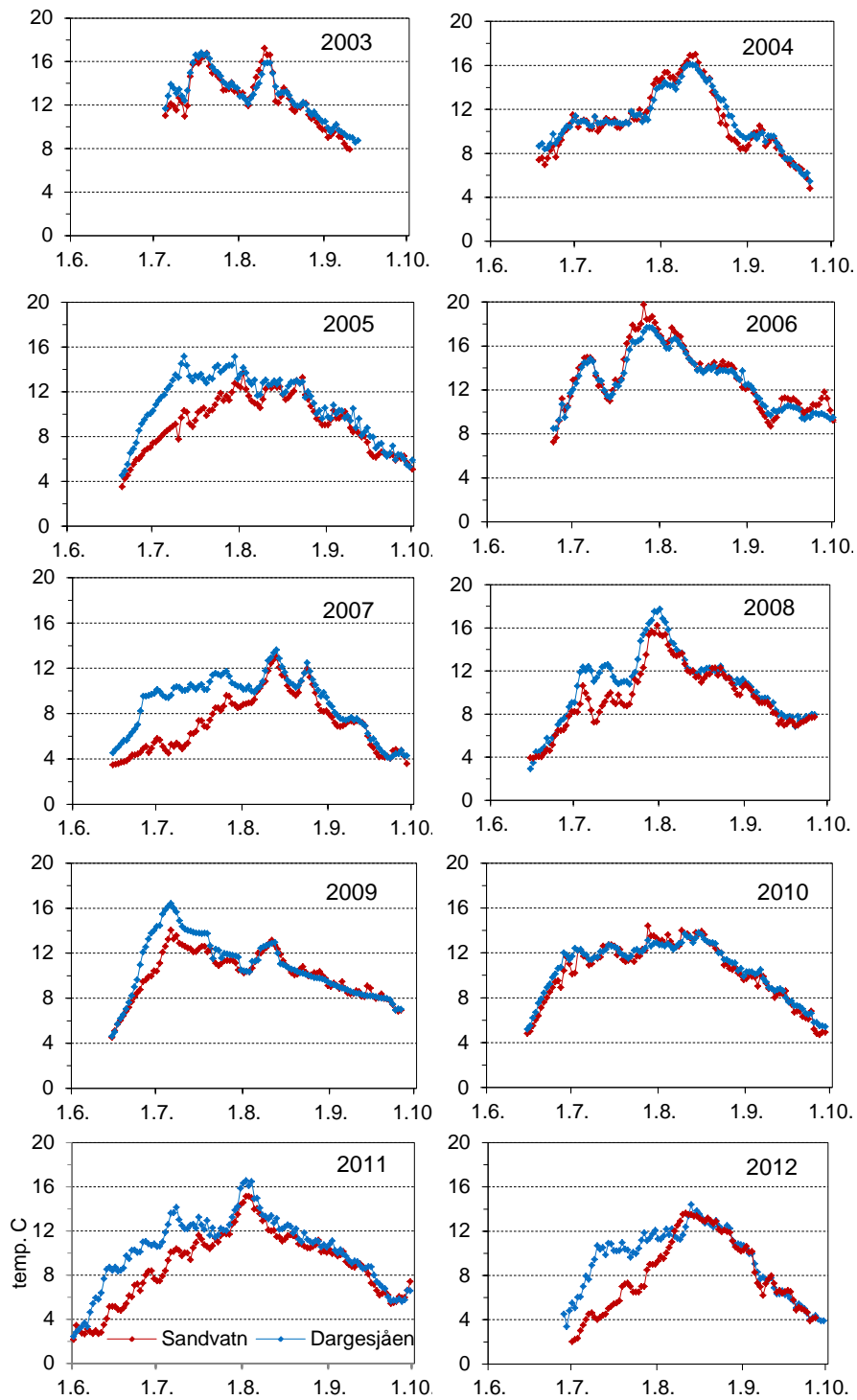
4.1.3 Sammenhengen mellom lufttemperatur og vanntemperatur

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). Videre har vi vist at i 2005 var LT ved vår meteorologiske stasjon på Dargesjøen nært korrelert til LT ved den meteorologiske stasjonen på Geilo (Rognerud et al. 2006). Dette er i god overensstemmelse med andre undersøkelser som har vist at lufttemperaturer (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). Været gjennom sommersesongen vil derfor kunne føre til temperaturforhold i innsjøene på Hardangervidda som i stor grad vil samvariere over store områder.

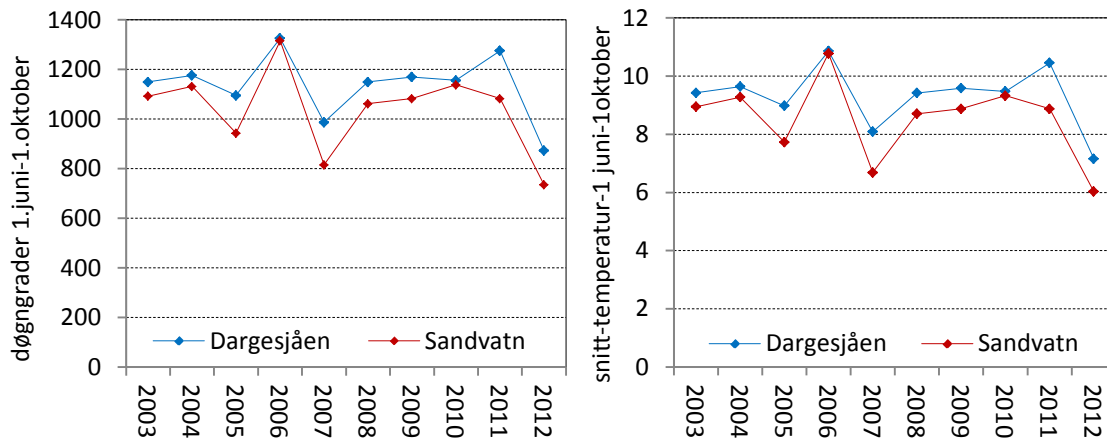
Sandvatn kan betraktes som en utvidelse av Kvenna. Nedbørfeltet er stort og inkluderer høyere-liggende fjellområder i sydvest på Hardangervidda, mens Dargesjøen har et relativt lite nedbørfelt og ligger ikke i selve Kvenna (Fig.1). I enkelte år med lite snø i fjellet slik som i 2003, 2004, 2006 og 2010 var temperaturløpet i Dargesjøen og Sandvatn svært lik (Fig.9). Dette betyr at ved å sammenligne temperaturløpet i disse innsjøene kan vi beregne smeltevanns-effekten i Sandvatn i år med mye snø i vestlige deler av Kvennas nedbørfelt slik det var i 2005, 2007, 2011 og 2012 (Fig. 9).

Basert på beregning av antall døgngader og middeltemperatur så kan vi rangere de ulike produksjonsårene vi har undersøkt Sandvatn (Fig. 10). De dårligste årene var 2012, 2007 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 for perioden 1. juni - 1.oktober 6,0 °C og antall døgngader 735 (Fig.10), mens forholdene var litt bedre i 2007 (6,7 °C, 815 døgngader) og 2005 (7,7 °C og 943 døgngader). Klart bedre var årene 2008 (8,7 °C, 1062 døgngader), 2011 (8,8 °C, 1082 døgngader) og 2009 (8,9 °C, 1082 døgngader). De beste produksjonsforholdene var det i 2010 (9,3 °C, 1138 døgngader), og særlig i 2006 (10,8 °C, 1315 døgngader).

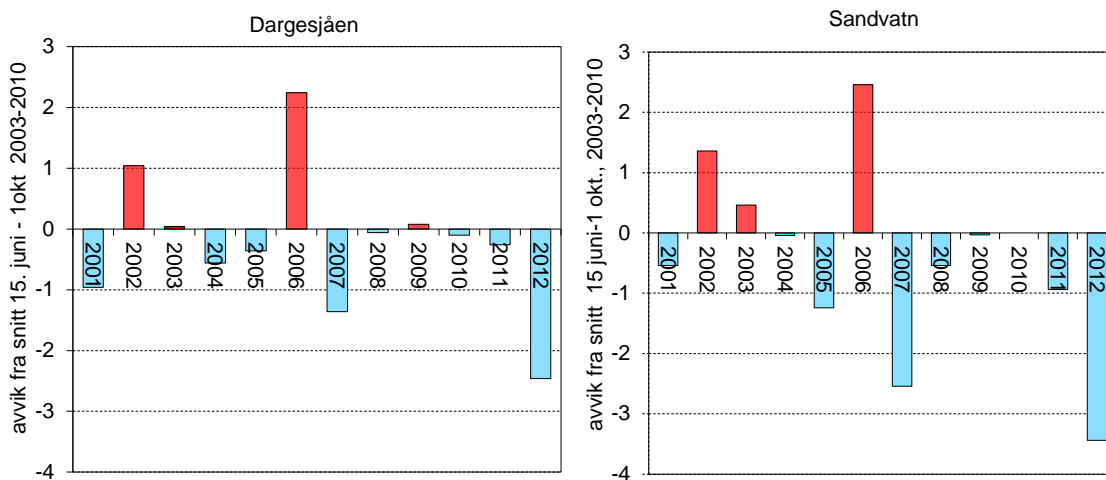
I 2006 var altså antall døgngader nesten dobbelt så høyt som i 2012. Vi skal også nevne at isen vanligvis legger seg på disse innsjøene i første del av oktober, men i 2006 skjedde dette først i midten av november. Det var særlig høsten som var varm og vanntemperaturene var mellom 10 og 12 °C i september og hele oktober var altså isfri. Dersom vi ser på avviket fra temperaturnettet i perioden 15. juni til 1. oktober (som er nær isfri periode) for Dargesjøen og Sandvatn så ser vi at det er det samme mønsteret i avvikene for begge innsjøene (Fig. 11). Vi ser også at det er de samme årene som var henholdsvis kaldere (2012 og 2007) og varmere enn snittet (2006 og 2002), men at variasjonene var størst i Sandvatn. Dette må delvis tilskrives at Sandvatn har kort oppholdstid og responderer raskt på endringer i temperaturen i Kvenna, som dominerer totalt vanntilførselen. I perioder uten denne smeltevannseffekten, slik som i 2006, var temperaturene i Sandvatn og Dargesjøen nær de samme.



Figur 9. Vanntemperaturer målt med temperaturloggere på 1 meters dyp i Sandvatn (rød) og Dargesjåen (blå) i perioden 1. juni-1. oktober.



Figur 10. Antall døgngrader og gjennomsnittstemperatur på 1 m dyp i perioden 1. juni til 1. oktober i Sandvatn og Dargesjåen for perioden 2003-2012.

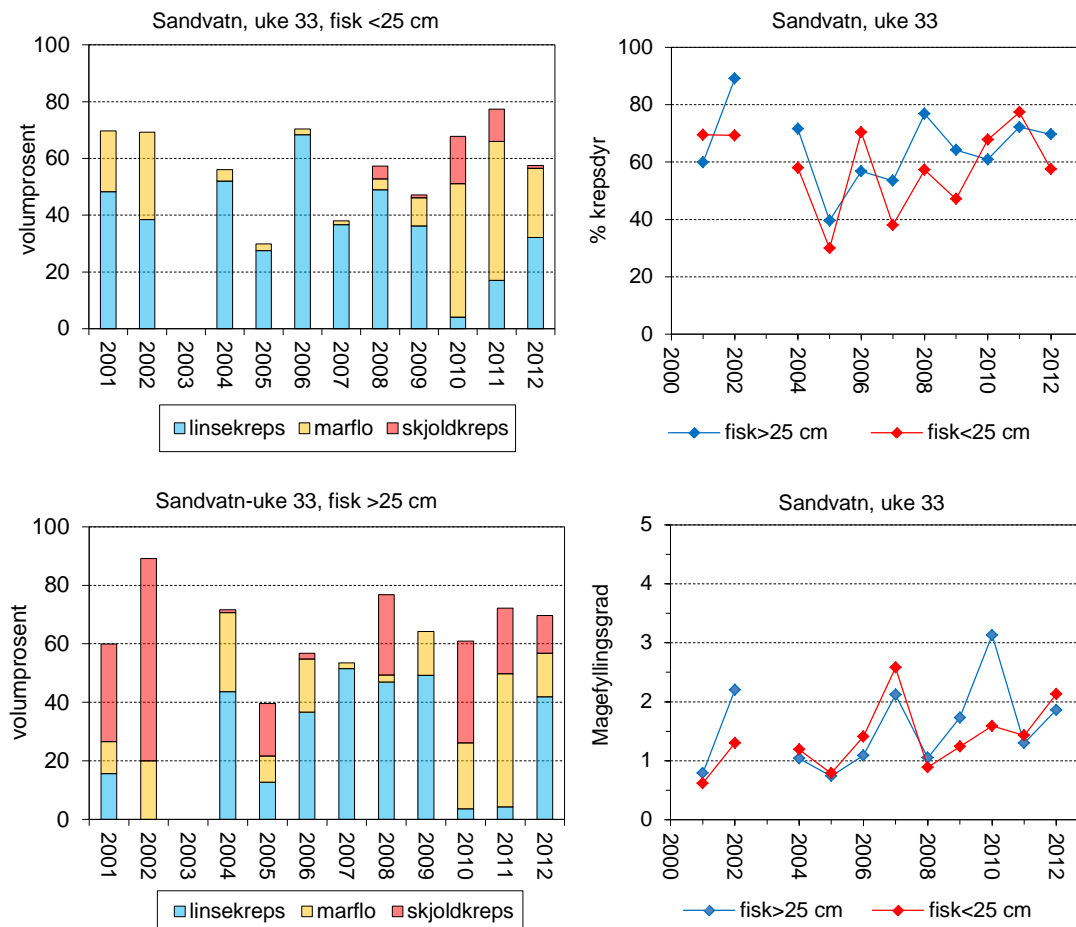


Figur 11. Avvik fra gjennomsnittstemperaturen for vekstsesongen 15. juni-1. oktober i perioden 2001 til 2012 i Sandvatn og Dargesjåen. Verdiene for 2001 og 2002 er ikke målt, men rekonstruert på bakgrunn av lufttemperaturer og vurdering av snømengdene i Kvennas nedbørfelt utover vår og sommer (data fra NVE og met.no).

4.2 Fiskens næringsdyr i Sandvatn basert på mageanalyser

4.2.1 Fiskens næringsdyr i august

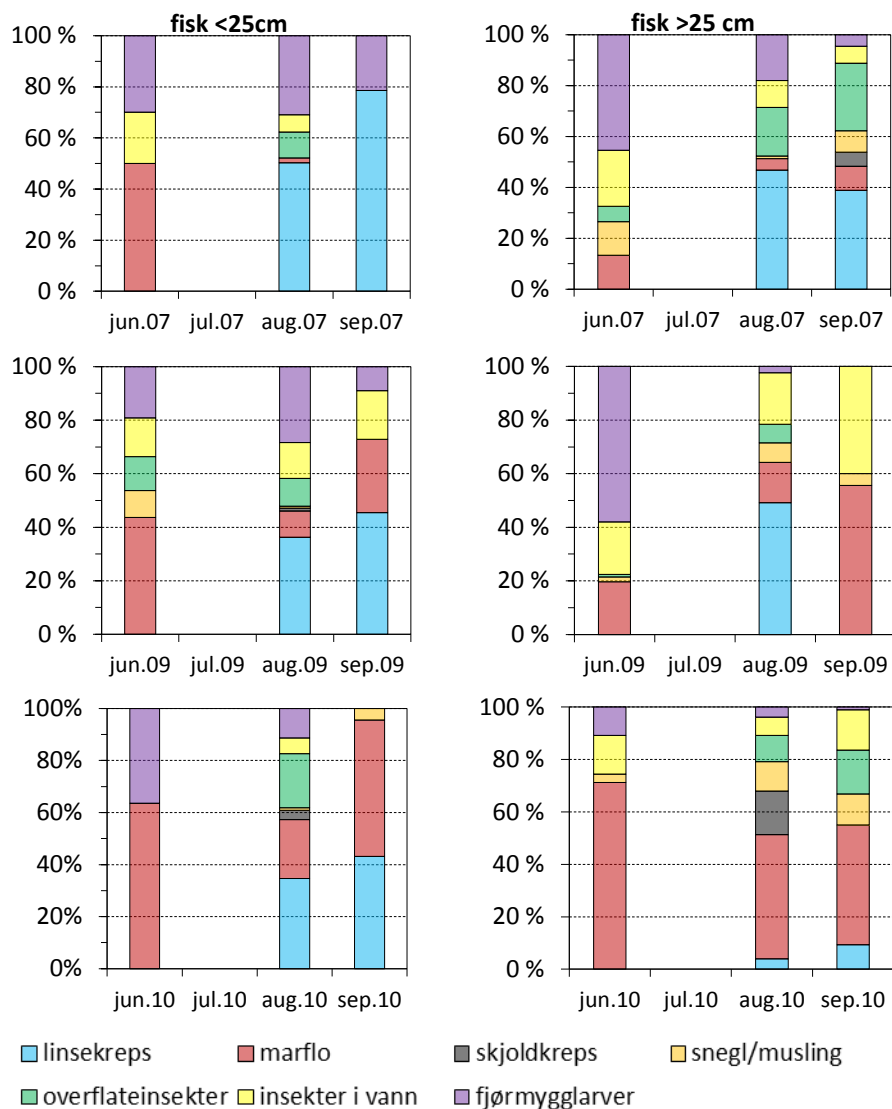
Vi har gjort fiskeundersøkelsene i august (uke 33) i perioden 2001-2012. Da er også mageinnholdet av et representativt utvalg blitt undersøkt. Krepssdyrene er en viktig matkilde for fisk på Hardangervidda. Fisken har en sterk preferanse for disse næringsdyrene, noe vi tydelig ser på nedbeitingen i år med sterk næringskonkurranse. I Sandvatn har andelen krepssdyr i mageprøvene for stor fisk (>25 cm) vært over 50 % i alle år, med unntak av 2005, mens for liten fisk (< 25 cm) var det mindre enn 50 % også i 2007 og 2009 (Fig.12). Skjoldkrepss og marflo dominerte blant krepssdyrene i småfiskens mageinnhold kun i 2010 og 2011 ellers dominerte linsekrepss. I stor fisk var marflo og skjoldkrepss sterkt dominerende i 2001, 2002, 2010 og 2011, mens linsekrepss dominerte i perioden 2006-2009. Det er også verd å merke seg at i det varmeste året 2006 var det stor dominans av linsekrepss (68 %) i små fisk, mens denne andelen var langt mindre i stor fisk. Skjoldkrepss er den største arten blant krepssdyrene på Hardangervidda, og det var størst andel av denne arten i stor fisk særlig årene 2001, 2002, 2005, 2008, 2010 og 2011. Marflo er en permanent vannbeboer, og har stor betydning for fisken på Hardangervidda spesielt tidlig på sesongen. Den var viktig føde særlig i 2001, 2002, 2004, 2010 og 2011. Det er også en klar tendens til at andelen krepssdyr har økt fra den kalde produksjonssesongen i 2007 og fram til 2012. (Fig.10 øvre høyre panel). Dette gjenspeiler antagelig også en utvikling mot tynnere bestand og mindre næringskonkurranse slik som vist i Fig. 14. Magefyllingsgraden har i hele perioden hovedsakelig ligget mellom 1 og 2 (Fig.10 nedre høyre panel).



Figur 12. Magefyllingsgrad, og krepssdyrenes andel i mageinnholdet totalt og fordelt på arter, for fisk mindre enn 25cm og større enn 25cm, i Sandvatn for perioden 2001-2012.

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. 13). I juni 2007 utgjorde marflo nær halvparten av mageinnholdet i småfisk, mens resten besto av insekter. I dette året var det lave vanntemperaturer (Fig.9,11), 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. 11) 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 fra 2007 til 2009/2010 (Fig.14)



Figur 13. Prosentvis fordeling av ulike næringsdyr i mageinnholdet til liten (<25cm) og stor fisk (>25 cm) i Sandvatn i juni, august og september 2005, 2007 og 2010.

4.3 Fiskeundersøkelsene i Sandvatn

4.3.1 Fangstene i prøvafisket

Det er innsamlet et stort antall prøver av skjell og otolitter (Tab.1). Totalt er alder bestemt for 1150 fisk, og veksten beregnet for 980 fisk. 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 prøvafisket i perioden 2001-2012 er vist i tabell 2.

Tabell 1. Oversikt over antall fisk som er analysert for alder og vekst

		Totalt	2001	2002	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Ant. analysert for alder	otolitter	1 150	111	74	132	184	74	109	78	60	79	133	116
Ant. analysert for vekst	skjell	980	113	74	132	23	62	108	78	60	89	127	114

Tabell 2. Oversikt over fangstene på ulike maskevidder av prøvegarn

		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Nordisk	ant garn	0			0	6	2	1	2	2	1	4	24
	ant fisk		20			84	22	24	51	25	12	65	143
	vekt		2075			7045	1013	2163	3179	2006	746	3604	11491
	gjennomsn.vekt (gram)		104			84	46	90	62	80	62	55	80
	ant/garnnatt		20,00			14,00	11,00	24,00	25,50	12,50	12,00	16,25	5,96
	ant gram/ garnnatt		2 075			1 174	507	2 163	1 590	1 003	746	901	479
	13,5 mm	ant garn	0	0		1	0	2	2	2	2	1	2
ant fisk					88	27	39	12	14	16	58	12	12
vekt					2376		885	1176	280	427	419	1342	251
gjennomsn.vekt (gram)					27		33	30	23	31	26	23	21
ant/garnnatt					88,00		13,50	19,50	6,00	7,00	16,00	29,00	12,00
ant gram/ garnnatt					2376		443	588	140	214	419	671	251
16 mm		ant garn	0	0		1	0	2	2	2	2	1	2
	ant fisk				48		78	42	35	67	23	59	31
	vekt				1728		3920	1631	1715	3030	1156	3160	1176
	gjennomsn.vekt (gram)				36		50	39	49	45	50	54	38
	ant/garnnatt				48,00		39,00	21,00	17,50	33,50	23,00	29,50	31,00
	ant gram/ garnnatt				1 728		1 960	816	858	1 515	1 156	1 580	1 176
	21 mm	ant garn	4	4		1	5	4	4	4	5	2	4
ant fisk		28	149		17	113	91	58	77	53	68	54	45
ant maskebitere		0	2		0	1	0	0	0	0	0	0	3854
vekt		2497	13534		1858	9835	9104	6072	6415	4366	5652	4845	4745
gjennomsn.vekt (gram)		89	91		109	87	100	105	83	82	83	90	105
ant/garnnatt		7,00	37,25		17,00	22,60	22,75	14,50	19,25	10,60	34,00	13,50	7,50
ant gram/ garnnatt		624	3 384		1 858	1 967	2 276	1 518	1 604	873	2 826	1 211	791
26 mm	ant garn	3	2		1	2	2	2	2	3	3	5	8
	ant fisk	28	27		16	20	18	22	22	12	20	13	18
	ant maskebitere	1	1		1	16	2	2	1	1	1	2	2
	ant maskebitere %	3 %	4 %		6 %	44 %	10 %	8 %	4 %	8 %	5 %	13 %	10 %
	vekt	4158	4301		3112	2398	3114	4686	3610	2159	2889	2406	3935
	gjennomsn.vekt (gram)	149	159		195	120	173	213	164	180	144	185	219
	ant/garnnatt	9,33	13,50		16,00	10,00	9,00	11,00	11,00	4,00	6,67	2,60	2,25
ant gram/ garnnatt	1 386	2 151		3 112	1 199	1 557	2 343	1 805	720	963	481	492	
29 mm	ant garn	2	2		1	7	4	14	19	14	7	18	18
	ant fisk	10	18		8	67	38	120	112	45	19	31	29
	ant maskebitere	0	1		0	13	6	10	3	7	5	3	8
	ant maskebitere %	0 %	5 %		0 %	16 %	14 %	8 %	3 %	13 %	21 %	9 %	22 %
	vekt	2415	4543		2239	16542	9256	36303	28748	14301	4596	8355	7537
	gjennomsn.vekt (gram)	242	252		280	247	244	303	257	318	242	270	260
	ant/garnnatt	5,00	9,00		8,00	9,57	9,50	8,57	5,89	3,21	2,71	1,72	1,61
ant gram/ garnnatt	1 208	2 272		2 239	2 363	2 314	2 593	1 513	1 022	657	464	419	
35 mm	ant garn	2	2		1	11	4	12	14	10	7	8	14
	ant fisk	2	16		0	22	11	44	24	4	5	11	5
	ant maskebitere	1	0		0	5	1	13	11	2	6	2	3
	ant maskebitere %	33 %	0 %			19 %	8 %	23 %	31 %	33 %	55 %	15 %	38 %
	vekt	1135	8675		0	7297	3641	15764	9878	1533	2469	5765	4620
	gjennomsn.vekt (gram)	568	542			332	331	358	412	383	494	524	924
	ant/garnnatt	1,00	8,00		-	2,00	2,75	3,67	1,71	0,40	0,71	1,38	0,36
ant gram/ garnnatt	568	4 338		-	663	910	1 314	706	153	353	721	330	
39 mm	ant garn	2	2		1	7	4	12	2	4	7	8	20
	ant fisk	1	7		2	9	5	27	1	0	8	7	11
	ant maskebitere	4	2		4	3	5	11	4	0	4	1	3
	ant maskebitere %	80 %	22 %		67 %	25 %	50 %	29 %	80 %		33 %	13 %	21 %
	vekt	525	4416		1073	3166	2071	11282	480	0	3883	4783	8247
	gjennomsn.vekt (gram)	525	631		537	352	414	418	480		485	683	750
	ant/garnnatt	0,50	3,50		2,00	1,29	1,25	2,25	0,50	-	1,14	0,88	0,55
ant gram/ garnnatt	263	2 208		1 073	452	518	940	240	-	555	598	412	

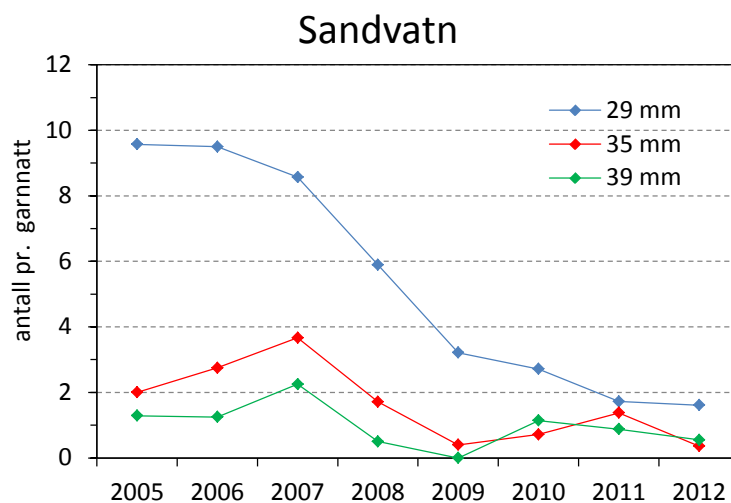
En del andre undersøkelser på Hardangervidda er utført med Nordiske garn. I Sandvatn har det imidlertid vist seg vanskelig å få et representativt utvalg av bestanden ved bruk av slike garn. Dette gjelder særlig for den fangbare delen av bestanden. For å få et tilfredsstillende utvalg av gytefisk har vi derfor valgt å benytte standard bunngarn med ulike maskevidder, i tillegg til nordiske garn. I denne rapporten har vi bare benyttet fangstene på standard bunngarn.

Garn er sterkt selektive fiskeredskaper som fanger innenfor et visst lengdeintervall, gitt av garnets selektivitetskurve. Vi har benyttet selektivitetskurven utviklet av Jensen (1977). Et garn fanger fisk mest effektivt innenfor ett forholdsvis snevert lengdeintervall avhengig av maskestørrelsen. Det vil alltid stå en del fisk i garn av størrelser der maskeviddene fanger mer eller mindre tilfeldig. Modallengden av en fisk er den lengden som fanges mest optimalt i en gitt maskevidde. Spesielt 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). Tilsvarende har vi sortert ut fisk som er for stor til å stå på vedkommende maskevidde (mindre enn 10 % av modallengden). Vi har også benyttet 13,5 mm og 16 mm for å få et bilde av de yngste rekruttene. Fangstene på disse garna blir ikke nærmere omtalt i denne rapporten. I denne sammenheng vil vi heller ikke behandle gyting og kjønnsmodning.

4.3.2 Bestandssituasjonen

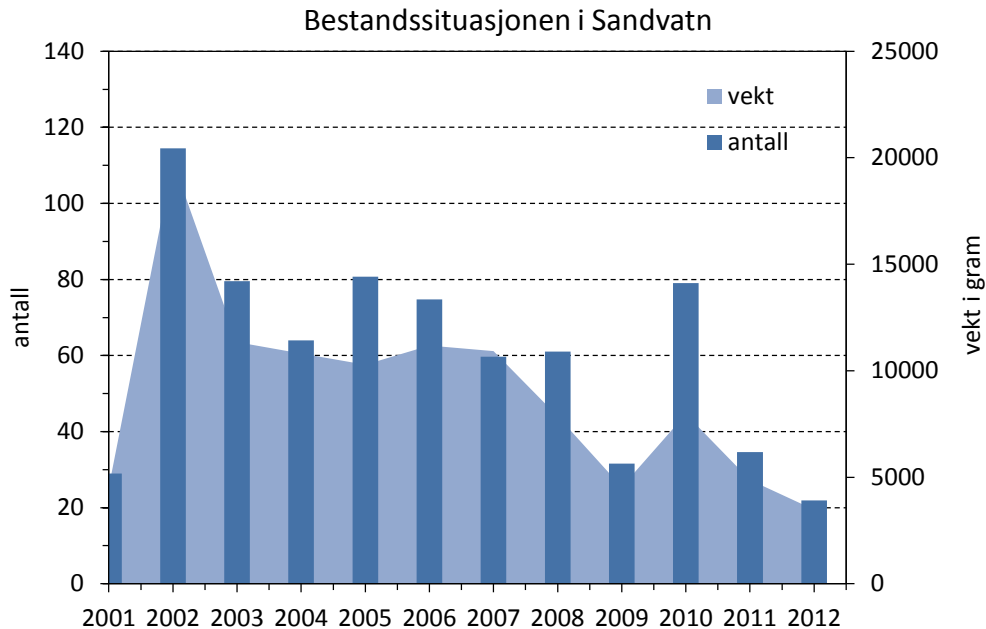
Dersom vi benytter antall fisk fanget pr. garnnatt som mål på bestanden så er det en avtagende trend for samtlige maskevidder fra 2007 til 2012 (Tab.2). Dette indikerer en stadig tynnere bestand. I 2012 lå antall fisk pr. garnnatt lavere enn gjennomsnittet for alle maskevidder med unntak av 16 mm (Tab.2). Det var vesentlig 2009-årsklassen som sto på denne maskevidden. Dette kan indikere at 2009-årsklassen kan gi et oppsving i fisket, men dette vil ikke gi seg utslag på 35 mm før tidligst om 3 til 4 år. Det er tvilsomt om innslaget av "maskebitere" kan si noe om rekrutteringen. Vi vil ikke gå nærmere inn på dette i denne rapporten.

I perioden 2005-2010 har det vært en meget klar trend mot svært lite fisk i den lengdeklassen som står på garn med maskevidde 29 mm (Fig. 14). De to siste årene har vi knapt fått mer fisk på 29 mm enn på garn med større maskevidder. I Sandvatn bruker fisken omtrent ett år på å vokse seg fra størrelsene som står i 29 mm til de som står i 35 mm garn. Derfor ser det ut til at fangstene på 35 mm og 39 mm vil bli lave de nærmeste årene. En tilsvarende utvikling har vi observert i de andre vannene i Kvennadalen (Qvenild og Rognerud 2013).



Figur 14. Antall fisk pr. garnnatt på garn med maskeviddene 29, 35 og 39 mm i Sandvatn i perioden 2005-2012.

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 2001-2012. I figur 15 og tabell 3 er dette vist for både i antall og vekt pr. garnserie.



Figur 15. Bestandssituasjonen i Sandvatn i perioden 2001-2012 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 prøvofiske hvert år i uke 33, unntatt 2003. Situasjonen i 2003 er forsøkt rekonstruert ut fra dataene i 2001-2002 og 2004-2005. Fisken rekrutterer til garnserien som 4-åringer (Tab.4) og da de fleste er da over 20 cm. Eksempelvis ser vi at 1997-årsklassen var fullrekruttert i serien i 2002 ($n=74,17$). Deretter avtok bestanden jevnt til 2006 ($n=11,64$) hvor beskatningen startet for alvor. Vi kan derfor beregne at verdien var ($n = 37,5$ fisk pr serie) for 1997-årsklassen i 2003.

Tabell 3. Antall fisk pr garnserie (15 - 45 cm) de ulike år (til venstre) fordelt på årsklasser (over). Område der en årsklasse er fullrekruttert til garnserien er vist med en gråtone.

	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992
2001													8,23	11,93	6,31	1,16	0,89	0,49
2002											1,00	2,83	74,17	15,29	6,96	3,92	7,58	2,75
2003											11,85	10,07	37,50	7,80	4,32	2,63	4,04	1,38
2004								16,73	37,13	7,11	0,31	-	14,17	5,05	1,69	1,33	0,50	-
2005							0,25	25,98	16,62	7,05	5,03	5,77	11,64	1,00	1,17	-	-	0,25
2006						-	0,21	1,94	20,46	11,51	6,66	8,14	6,09	4,61	-	0,08	-	-
2007						3,02	25,23	23,25	3,43	2,64	2,13	1,12	0,24	-	-	-	-	-
2008																		
2009				2,67	3,31	14,63	5,01	3,01	1,71	0,58	0,43	0,19	0,07	-	-	-	-	-
2010			5,26	36,49	20,25	11,80	2,18	1,91	0,69	0,02	-	0,11	0,05	0,02	0,29	-	-	-
2011		1,31	13,78	11,37	3,36	1,92	1,47	0,52	0,35	0,22	0,27	0,06	-	-	-	-	-	-
2012	0,53	8,19	5,66	4,38	1,22	0,67	0,09	0,06	0,34	0,19	0,04	0,27	0,23	-	-	-	-	-
totalt	0,53	9,50	24,69	54,91	28,13	32,26	36,16	91,91	79,48	26,27	51,89	35,57	167,87	41,26	21,80	10,01	13,01	5,21

Vi har 136 verdier av CPUE (gitt som vekt gram pr. garnserie) med Jensen serier fra diverse registreringer på Hardangervidda (Qvenild og Rognerud, unpubl.mat.). Dette materialet sett under ett

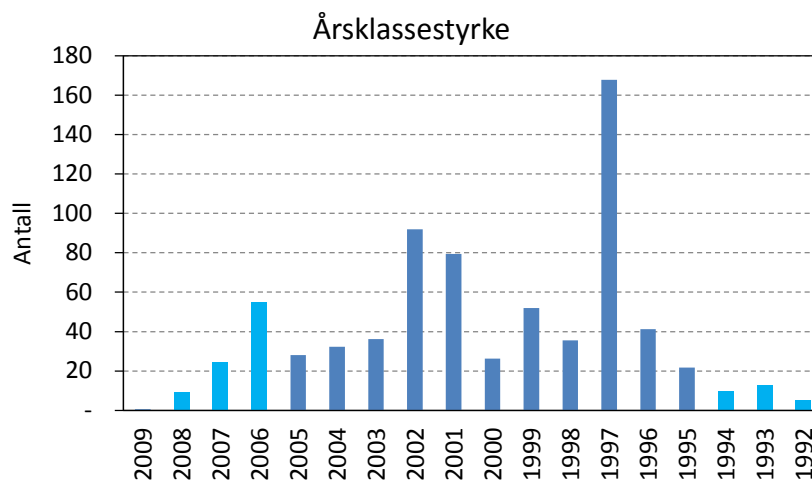
gir et gjennomsnitt på 6138 gram pr. serie (median 5260 gram), der den høyeste verdien var fra Sandvatn i 2002. Størrelsen på bestanden i Sandvatn lå til dels betydelig over 6138 gram i perioden 2002-2008, men fra og med 2009 skjer en utvikling mot et nivå som er lavere enn gjennomsnittet (Fig.15).

4.3.3 Årsklassenes styrke

Bidraget fra ulike årsklassene i perioden er gitt i tabell 3. I 2001 var 1995-årsklassen fullrekruttert (alle var >20 cm), mens 1996- og 1997-årsklassen bare delvis var rekruttert inn i garnserien. I 2002 var 1996- og 1997-årsklassene full-rekruttert. Dette året ble 1997-årsklassens styrke for alvor oppdaget med store fangster på 21 mm. Det er svært beklagelig at vi mangler registreringer for 2003. I 2004 var både 1998 og 1999-årsklassen >20 cm. I 2005 var 2000-årsklassen fullrekruttert, og vi merket også nå at både 2001 og 2002 var godt representert. I 2006 var 2001 inne i fangst, mens 2002 enda ikke var fullrekruttert. Det var gode fangster på 21 mm både i 2005 og 2006, der både 2001 og 2002-årsklassene bidro til dette. Heller ikke i 2007 var 2002-årsklassen fullrekruttert, noe som antagelig har sammenheng med tett bestand og stor næringskonkurranse som ga lav tilvekst. I 2008 var det fortsatt en og annen av 2002-årsklassen som enda ikke hadde nådd 20 cm. Årsklassene 2003 og 2004 var så godt som fullrekruttert i 2009, mens årsklassen 2005 var fullrekruttert i 2010.

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.16). Fra 1995- til 2004-årsklassen har vi et godt bilde av de ulike årsklassenes skjebne. Før 1995 mangler vi bidragene fra en del yngre fisk, og fra og med 2006 har vi en god del fisk som vil bidra i årene fremover. Fra og med 1995 til og med 2004 vil de ulike årsklassene være representert tilnærmet riktig, mens eldre og yngre årsklasser vil være underrepresentert.

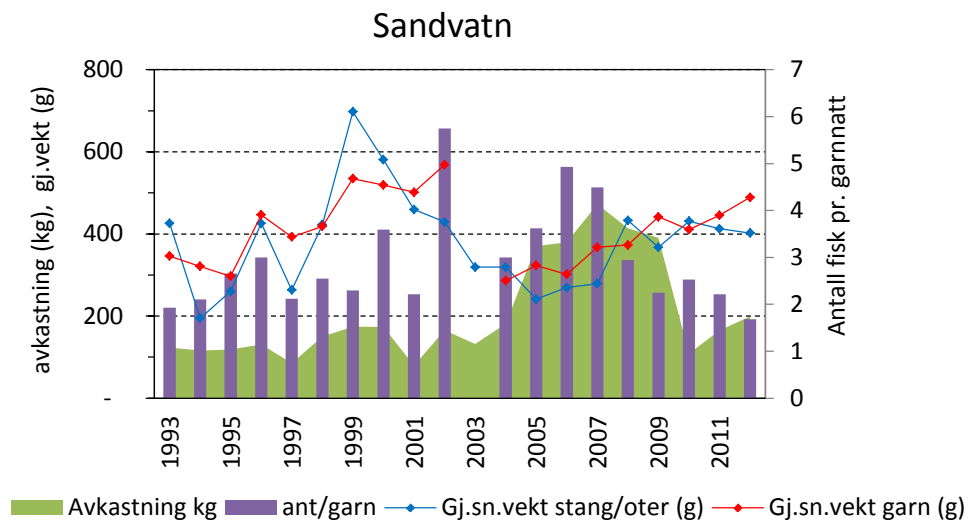
Vi ser 1997-årsklassenes dominerende styrke i denne perioden. Også årsklassene 2001 og 2002 har vært sterkere enn normalt. Vi kjenner ikke 2006-årsklassens endelige skjebne da den vil bidra enda noen år i fangstene, men den ser allerede nå ut til å bli sterkere enn normalt. I 2012 bidro 2006-årsklassen med 43 % av fisken på 29 mm, men fangstene var svært lave.



Figur 16. De ulike årsklassenes totale bidrag til fangstene på en redusert Jensen garnserie i perioden 2001-2012, med unntak av verdiene før 1995 (mangler bidrag fra yngre fisk) og etter 2005 (økt bidrag framover) og som derfor er lavere enn reelle verdier (underestimerte verdier er merket lyseblå).

4.3.4 Årlige variasjoner i fisket i Sandvatn

En oversikt over fisket i Sandvatn for perioden 1993 til 2012 er gitt i figur 17. Den er basert på fangstrapporter fra fiskerne. Avkastningen var på 79-181 kg fram til og med 2004 (gjennomsnitt 136 kg). Fisket var da et bi-fiske til de som leide 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) med fisk på over 400 gram i snitt.



Figur 17. Statistikk over fiskets utvikling i Sandvatn i perioden 1993-2012.

Garnfisket ble tidligere vesentlig drevet med 39 mm samt noe 35 mm. Fra 2005 ble det også benyttet 29 mm, men fra og med 2006 har fisket med 35 mm vært dominerende. Fangsten pr garnnatt på maskevidder ≥ 35 mm har variert fra 1,7-5,8 fisk pr garnnatt i perioden 1993-2012 (gjennomsnitt 2,9 fisk pr. garnnatt). I 2012 ble utbyttet 1,7 fisk pr garnnatt som er det laveste vi har registrert til nå. I perioden 1999-2002 var gjennomsnittsvekta pr. garnnatt 531 gram, etterfulgt av et dramatisk fall i 2003 -2004 siden har det økte jevnt fra 286 gram i 2004 til 489 gram i 2012. Med den utvikling vi har hatt siden 2004 vil vi være tilbake på 2002- nivået om ett til to år.

4.3.5 De sterke årsklassenes skjebne

Bakgrunnen for denne gjennomgangen er Tabell 3 og Figur 16.

1992-årsklassen

Det går ikke frem av Tab 3 og Fig 16 at 1992-årsklassen var sterk i Sandvatn, men som vi skal se senere var denne årsklassen sterk i Vollevatn og Briskevatn. Vi antar derfor at den var det også i Sandvatn, noe som også fangststatistikken indikerer da denne årsklassen kom for alvor inn i fangst som 7- og 8-åringer i 1999 og 2000 (Fig.17). I 2002 var det et meget godt fiske med mye og stor fisk med god kondisjon. Fra og med 2004 var det lite igjen av denne årsklassen.

1997-årsklassen

Ved prøvofisket i august 2002 var det store fangster av denne årsklassen på 21 mm garn, og alt tydet på at den ville bli svært tallrik (Qvenild og Rognerud, 2002). Allerede i 2004 satte den sitt sterke preg på fisket, da som småfisk av jevn størrelse. Spesielt i sportsfiske, med stang og oter, utgjorde den en stor del av fangsten. I garnfangstene var den først og fremst sterkt representert i 26 mm (44 %) og 29 mm (43 %). Først som 8-åringer i 2005 ble den dominerende i det ordinære fisket på 35 mm (65 %),

men den dominerte også stort på 29 mm (60 %). Dominansen fortsatt også i 2006 med stort innslag i 29 mm (42 %), 35 mm (61 %) og 39 mm (50 %). I 2007 var dominansen fortsatt til stede, men avtagende henholdsvis; 35 mm (29 %), 39 mm (37 %), 29 mm (19 %). På grunn av et hardt garnfiske i 2006 og 2007 var det lite igjen av 1997-årsklassen i 2008.

2001-årsklassen

Denne årsklassen ble noe sterkere enn normalt, men bidro beskjedent til fisket. I 2008 utgjorde den 12 % av fangsten, og året etter 23 %. Deretter var denne årsklassen så godt som utfisket. Den ble også sterkt redusert av det sterke fisket i 2007 og 2008.

2002-årsklassen

Denne ble også sterkere enn normalt. Denne årsklassen begynte å vise seg i prøvofisket i 2005, men ble først fullrekruttert til garnfisket i 2008 med 26 % av fangstene på 29 mm, og 21 % på 35 mm. Årsklassen ble sterkt desimert av det harde fisket dette året og etter 2010 var den sjelden i fangstene.

2006-årsklassen

Denne årsklassen ble også sterkere enn normalt (Fig.16). I 2010 var det store fangster i 21mm med 34 fisk pr garnnatt, og hvor denne årsklassen utgjorde 51 %, mens den utgjorde 20 % av fangsten på 26 mm. I 2012 kom den inn i det ordinære fisket og utgjorde 41 % av fangsten dette året.

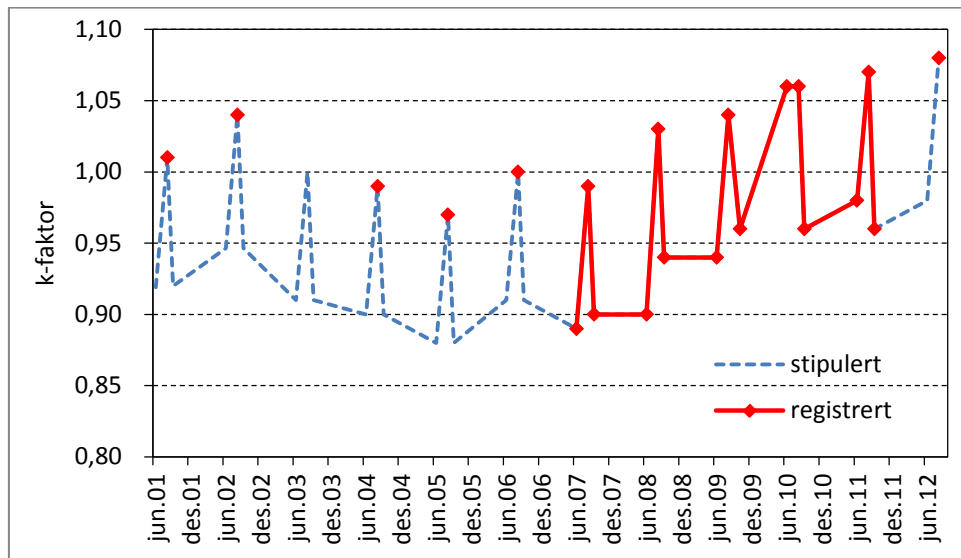
4.3.6 Beskatningens betydning

Sandvatn fungerer på en måte som et allmenningsvann i den forstand at handlingene til den enkelte fisker påvirker resultatene og opplevelsen til de øvrige. Sandvatn leies ut eksklusivt på ukedaglig basis med enerett til fiske, og tilgang på båt og hytte. Samtlige leietagere ønsker fisk av fin kvalitet, mye fisk, akseptabel størrelse og en rimelig god forventning om å få stor fisk. Beskatningsformen skiller seg følgelig fundamentalt fra et privat vann der målsetting er en effektiv produksjon av rakfisk, slik som foregår for eksempel i Bjørnesfjorden og Langesjøen. Her brukes det et stort antall garn som høster årets produksjon på en effektiv måte.

I 2006 – 2008 fisket ett av lagene med betydelig høyere innsats enn fiskerne for øvrig. Med 120 – 168 garnnetter på en uke ble det tatt fra 188 – 267 kg med fisk. I løpet av de tre årene høstet dette laget 51 % av det totale uttaket målt i antall kilo. Hvor sterkt reduserte dette fisket 1997-årsklassen? Totalt ble det i det ordinære fisket høstet 1428 fisk av 1997-årsklassen i perioden 2005 - 2012. Bare i 2006 tok dette laget opp 26 % av denne årsklassen, og økte dette til 40 % i løpet av 2007. Inkludert det øvrige fisket i vannet var 97 % av denne årsklassen fisket opp etter 2007-sesongen, noe som forklarer at det var marginalt igjen av denne årsklassen i fangstene i 2008-sesongen. Dette viser at det er relativt enkelt å redusere selv en meget sterk årsklasse som 1997-årsklassen. Ett lag med to fiskere klarte dette relativt enkelt i et vann som Sandvatn. I de andre vannene vi har statistikk fra ga 1997-årsklassen stort sett et eventyrlig fiske bare i to år, men noen steder har den vart litt lenger (Kap. 4.4).

4.3.7 Vekst og kondisjon

Så hyppig som kondisjonsfaktoren er brukt som et indirekte mål for bestandstetthet er det merkelig hvor lite som er kjent om variasjonene over år, og enda sjeldnere, gjennom året. I figur 18 er det vist hvordan k-faktoren varierer for hele materialet i perioden 2001-2012. Vi mangler registreringer av k-faktoren vår og høst for årene 2001, 2002, 2004, 2005, 2006 og 2012 og disse er derfor stipulert med bakgrunn i resultatene for perioden 2007-2011. I perioden 2007-2011 ble fisken i Sandvatn undersøkt både i juni, i 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 (Tab.4). K-faktoren vår og høst er stipulert med bakgrunn i dette for de øvrige årene.



Figur 18. Beregnet kondisjonsfaktor (*k*-faktor) i august (uke 33) for 2001-2002 og 2004 til 2012, 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 (merket rødt).

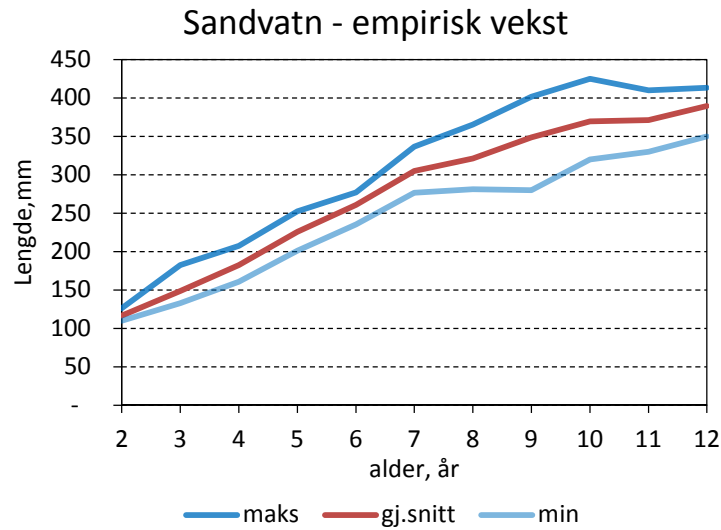
Isen gikk tidlig på Sandvatn i 2010. Det var ingen smeltevannseffekt dette året, og temperaturen steg raskt. Ved fisket 26. juni hadde fisken allerede nådd opp til samme *k*-faktor som vi også registrerte i august. Det er ikke uvanlig å finne en slik rask økning i volumveksten når det blir god tilgang på næringsdyr.

Tabell 4 *K*-faktor i juni, august og månedsskiftet september/oktober i perioden 2007-2011.

	Juni	August	september/oktober
2007	0,89	0,99	0,90
2008	0,90	1,03	0,94
2009	0,94	1,04	0,96
2010	1,06	1,06	0,96
2011	0,98	1,07	0,96

Kondisjonsfaktoren er altså sterkt avhengig av næringstilgangen. Dette gir seg utslag i at kondisjonsfaktoren avtar med økende lengde på fisken i år med dårlige næringsforhold. Dette gir seg utslag ved at $b < 3$ i ligning 1. Mer om dette sammenstilt med andre data i kap.4.3.8.

Det er alltid interessant å vite hvor raskt fisken vokser. Det kan variere mye fra år til år avhengig av temperatur, konkurranse og mattilgang. Det er mange måter å uttrykke veksten på, men vi har vist den gjennomsnittlige veksten som empirisk vekst (fig.19). Dette innebærer at vi måler fiskens lengde under prøvefisket og senere alderen ved hjelp av otolitter (se kap.4.3.2). Vi ser at fisken bruker gjennomsnittlig 10 år på å bli 369 mm (320 – 425 mm). Dette er en forholdsvis sein vekst, og reflekterer forholdene i denne perioden med til dels svært tette bestander, stor konkurranse om næring, og en del kalde somre.



Figur 19. Empirisk vekst som et gjennomsnitt for all aldersbestemt fisk.

I figur 20 har vi vist års-spesifikk tilvekst de ulike årene. For ikke å måtte ta hensyn til aldersselektive fenomener (Lee's fenomen) har vi bare benyttet tilveksten hele forrige sesong, samt tilveksten frem til prøvfisken i august inneværende sesong. Vi har bare benyttet umoden fisk fordi en del fisk får sterkt redusert tilvekst i forbindelse med kjønns-modning. Som et eksempel kan vi for 2001-materialet beregne tilveksten i 2001 frem til august, men for hele sesongen i 2000. Tilveksten fram til august var generelt lav i de kaldeste årene 2005 og 2007 (Fig.11, 20), mens litt bedre tilvekst var det 2008 og 2012 som hadde en kald forsommer (Fig.11 og 20).

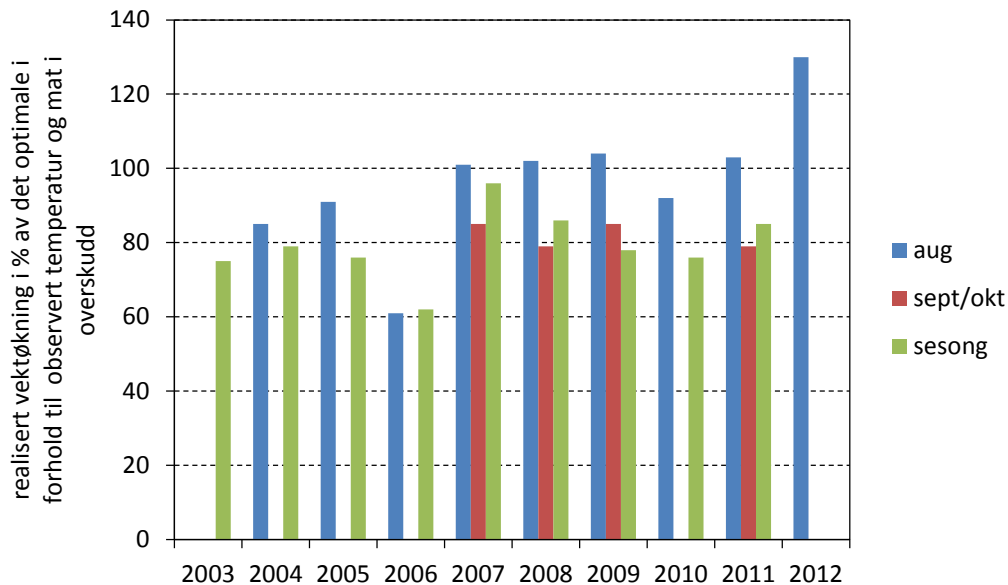


Figur 20. Års-spesifikk tilvekst i vekstsesongen frem til prøvfisken i august og for hele vekstsesongen.

De ulike år er i gjennomsnitt 59 % av tilveksten ferdig i uke 33 (forskjellen mellom kurvene i Fig.20). Det var en god sammenheng mellom veksten målt frem til august og beregnede tilvekst for hele sesongen ($r^2 = 0,80$, ikke vist her). Vi har også undersøkelser fra månedsskiftet september/oktober i 4 år (2007, 2008, 2009, 2011). For disse fant vi at 77 % av tilveksten var fullført i månedsskiftet september/oktober. Fisken ser altså ut til å fortsette sin lengdevekst enda en tid utover senhøsten.

Tilveksten det enkelte år er i hovedsak begrenset av næringstilgang og temperatur. Dersom det er næring i overskudd vil tilveksten være temperaturavhengig gitt av ligning 3 (kap.3.4.2) tilsvarende 100 % på ordinataksen i fig.21. Vi ser da at veksten fra og med 2003 til og med 2006 ikke når 100 % av

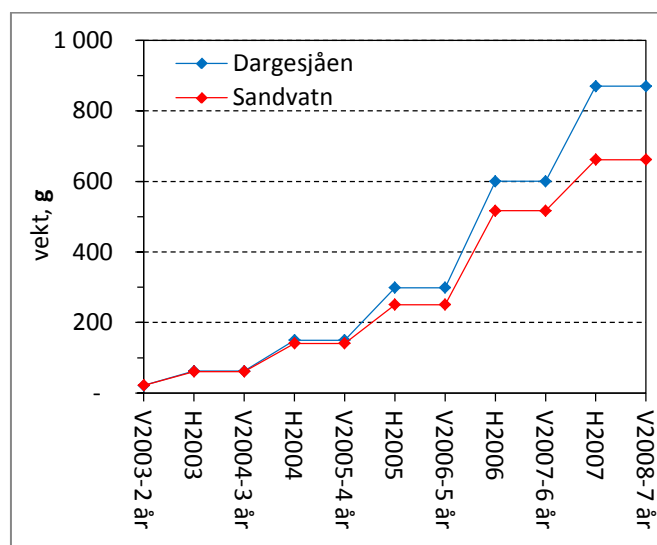
vekstpotensialet og derfor var sterkt begrenset av næringstilgang. Videre så var det en klar tendens til at tilveksten fram til august (blå søyler) ligger nærmere vekstpotensialet for sesongen (grønne søyler), enn det vi finner ved prøvefisket i slutten av september/ begynnelsen av oktober (røde søyler). Nivået for september/oktober ligger igjen nært opp til det vi finner når vi tilbake-beregner veksten fra sesongen året før (jevnfør grønne og røde søyler). Dette indikerer at i midten av august var de viktigste næringsdyra i stor grad beitet ned. Vektøkningen avtar deretter som følge av fallende temperatur, mens lengdeveksten fortsetter. Dette betyr at også k-faktoren avtar utover høsten slik som vist i Fig. 18. Dette viser at fisken hadde nådd sitt vekstpotensial i midten august.



Figur 21. Temperaturjustert realisert tilvekst i % av det optimale (100%) i midten av august, månedskifte september/oktober og for hele sesongen i Sandvatn. Verdiene er beregnet ut fra observerte temperaturer og mat i overskudd.

Vi kan vise hvor stor betydning temperaturen har for veksten ved å ta utgangspunkt i, én fisk fra Dargesjøen og én fra Sandvatn, begge fra 2001- årsklassen. Vi har temperatur-målinger i begge vann fra 2003 til 2011. I Dargesjøen ble en 3 år gammel fisk (190 cm og 66 gram) fanget 17. juni 2004. Tilbake-beregnet fra skjell var denne 130 mm og 21,4 gram i begynnelsen av 2003. Litt senere den 16. august 2004, ble en 3-år gammel fisk (175 mm, 56 gram) faget i Sandvatn. Tilbake-beregnet fra skjell var denne 134 mm og 21,7 gram i begynnelsen av 2003. De var altså nær like store i begynnelsen av vekstsesongen 2003. Med næring i overskudd vil temperaturen bestemme vekstforløpet (vektøkningen) i henhold til ligning 3 i metodekapitlet. Dette er vist i (Fig.22).

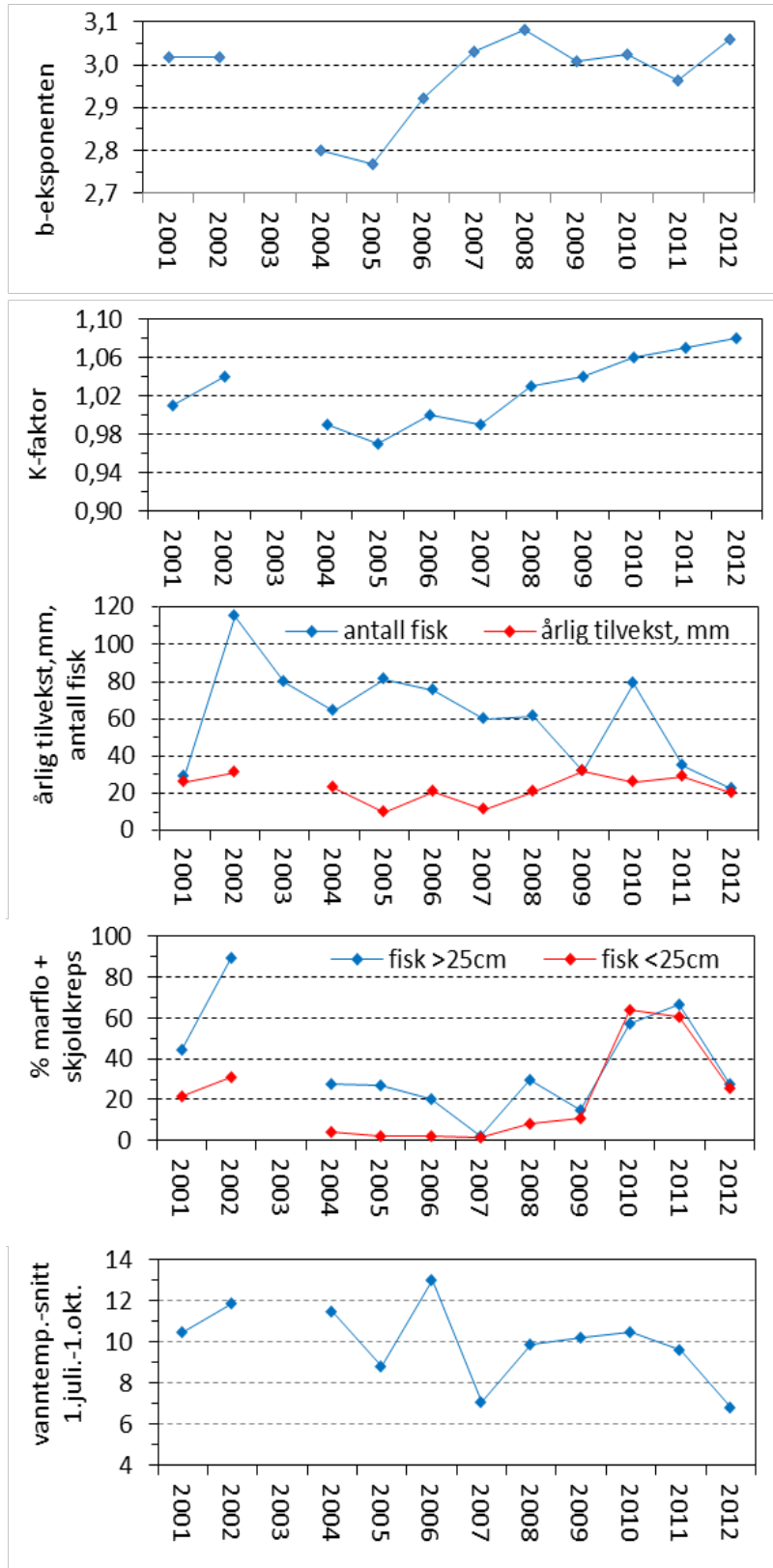
Basert på dette eksemplet skulle fisken fra Dargesjøen som 7-åringen vært 870 gram, mens 7-åringen fra Sandvatn skulle vært 662 gram. Sandvatn har kaldere vann på grunn av smeltevannseffekten på forsommeren, og fisken i Sandvatn kommer altså ut med bare 76 % av vekten til fisken i Dargesjøen. Fra undersøkelsene våre ser vi at det er kun få fisker som når slike nivåer. Dette indikerer at det er vekststagnasjon også blant fisken i Dargesjøen. Vi har også et aldersbestemt materiale fra Fjellsjøen, som har en tynnere bestand, og der er vektene hos 7 åringene tett opp mot vekstpotensialet.



Figur 22. Den teoretiske temperaturbaserte vektutvikling (gram) for to like store 3 åringer fra 2001-årsklassen fanget i henholdsvis Dargesjøen og i Sandvatn i 2004. Utviklingen i vektene er vist for perioden 2003 til 2008 på bakgrunn av målte vanntemperaturer og en forutsetning om mat i overskudd. Temperaturgangen i disse innsjøene er vanligvis svært like i år uten betydelig smeltevannseffekt utover sommeren i Sandvatn, slik at forskjellen i kurvene viser betydningen av denne for fiskens vektøkning.

4.3.8 Bestandstetthetens betydning for tilvekst og ernæring i Sandvatn

Vi har satt sammen en oversikt over bestandstettheten, indikert ved antall fisk fanget på en redusert Jensen serie, k-faktor, årlig lengdevekst, gjennomsnittstemperatur i vekstsesongen og andelen skjoldkrepss og marflo (summert) i mageinnholdet (Fig 23). I 2001 og 2002 var stor fisk dominert av 1992-årsklassen, mens mindre fisk var dominert av den sterke 1997-årsklassen og forekom i høyt antall. Det var godt med skjoldkrepss og marflo i stor fisk som ble fanget i dypere deler av sjøen, mens dette innslaget var langt mindre i små fisk som vi i hovedsak fikk på grunnere vann. Kondisjonsfaktoren var god og økte med lengden ($b > 3$). I løpet av 2003 skjer det drastiske endringer etter som 1997-årsklassen slår til for alvor. I 2004 var temperaturforholdene gunstige, men næringsdyrene ble kraftig redusert, k-faktor var lavere og avtok med lengden ($b < 3$) og tilveksten var lavere. Det var kort og godt blitt for høy tetthet som følge av 1997-årsklassens oppvekst. Dette hadde altså ingen ting med temperaturer å gjøre. Denne utviklingen fortsatte i 2005, med synkende verdier for K-faktor, b-eksponent og årlig tilvekst samt bortfall av store krepssdyr i ernæringen til småfisk. Årsaken var både økende tetthet av fisk (hard næringskonkurranse), men også dårligere vekstforhold på grunn av lavere temperatur som følge av en betydelig smeltevannseffekt. I 2006 var temperaturforholdene gode, tilveksten bedre og bestandstettheten lavere. Denne trenden med reduksjonen i bestanden fortsatte i 2007 vesentlig på grunn av et hardt fiske. Dette kompenserer for det forholdet at 2007 hadde lave vanntemperaturer slik at tilveksten bare ble marginalt lavere enn året før, og kondisjonsfaktoren økte med lengden ($b > 3$) igjen for første gang siden 2002. Fra og med 2008 til 2011 øker k-faktor, tettheten synker (unntatt i 2010 da 2006 årsklassen kom inn fangstene på i 21 mm garn), tilveksten øker, og marflo og skjoldkrepss får økt andel i mageinnholdet. Så kommer 2012 med den laveste vanntemperaturen vi har målt i denne tidsperioden. Det var lav tetthet med fisk, men dårlig tilvekst på grunn av lave temperatur. Den lave tettheten skulle ført til lavt beitepress på marflo og skjoldkrepss og økte bestander, men det motsatte skjedde. Det er rimelig å anta at årsaken var den lave temperaturen som reduserte veksten og utviklingen av næringsdyrene dette året.



Figur 23. Prosentvis andel av skjoldkreps + marflo i mageprøver fra liten (< 25 cm) og stor fisk (≥ 25 cm) innsamlet i Sandvatn i uke 33 (2001-2012), midlere vanntemperatur (1.juli-1.oktober), antall fisk beregnet for en redusert Jensen serie, årlig tilvekst fram til august, kondisjonsfaktor og b-eksponenten, i ligning 3 (metode kapitlet), med $b > 3$ øker kondisjonsfaktoren med lengden.

4.4 Fiskets variasjoner i andre innsjøer på Hardangervidda

De systematiske undersøkelsene i Sandvatn i 11 år har vist hvor stor betydning enkelte sterke årsklasser har for fisket og da særlig 1997 årsklassen som ble så dominerende over flere år. Med bakgrunn i at variasjonen i klimatiske forhold fra år til år følger samme mønster over store områder på Hardangervidda, så er spørsmålet: Hvordan gikk med de sterke årsklassene, og særlig 1997 årsklassen andre steder på Hardangervidda?

Fiskeinnsats og avkastning kan variere mye over et så stort høyfjellsområde som Hardangervidda, og særlig fra år til år i de enkelte vann, men hva kan forventes av samvariasjon i avkastning og årsklassestyrker? For å få et innblikk i dette har vi sammenliknet resultatene fra Sandvatn med fangststatistikker over flere år fra 10 andre vann på Hardangervidda. Velvilje fra fiskere og rettighetshavere har gjort dette mulig.

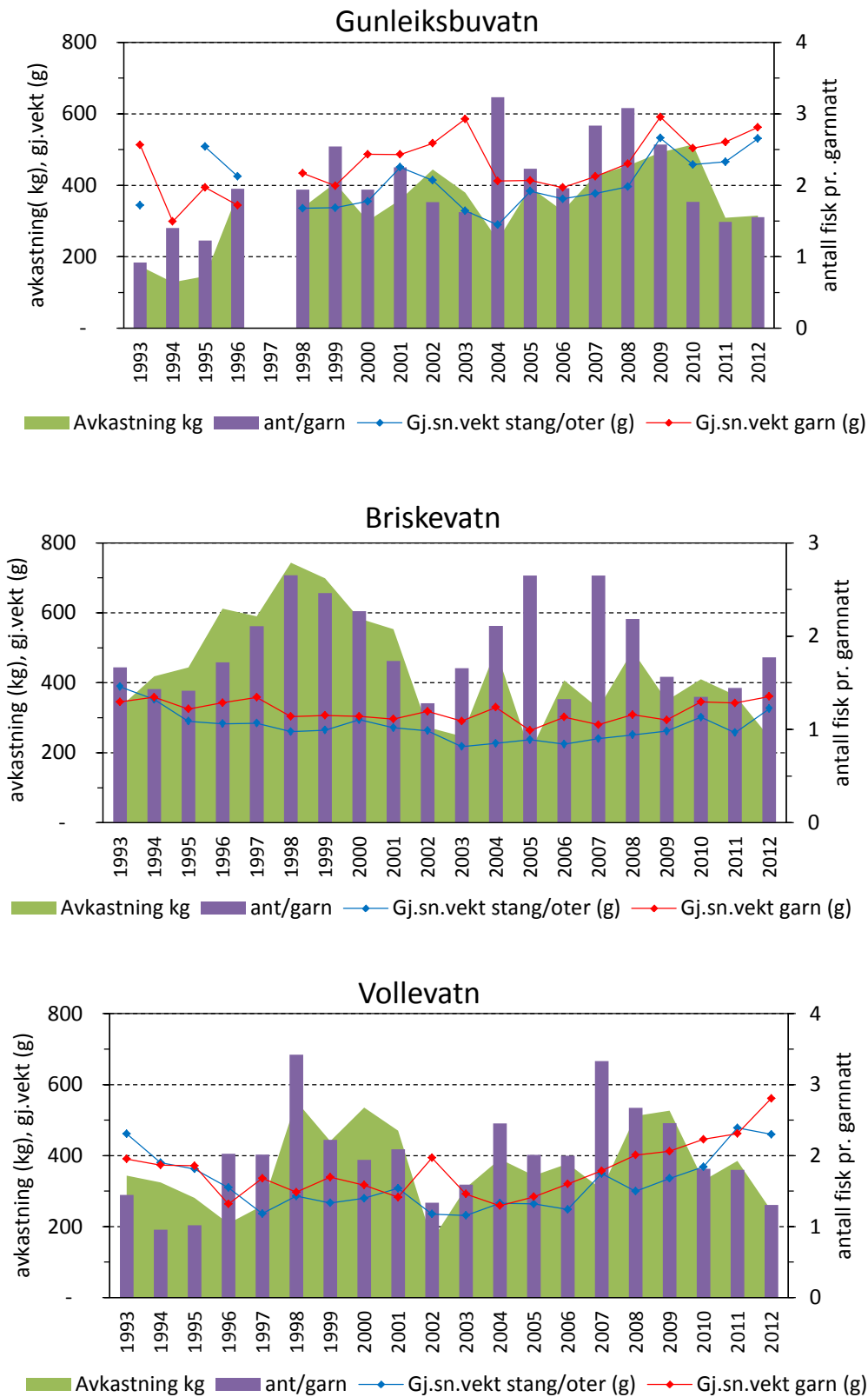
Fra disse statistikkene har vi tatt med følgende; avkastning i antall kilo, gjennomsnittsvekt i fangstene, og antall fisk pr. garnnatt. Antall fisk pr garnnatt viser den relative tettheten av fisk i fangbare størrelser. Vi anser dette som et forholdsvis pålitelig mål. Gjennomsnittsvekten er en god indikator på hvordan en sterk årsklasse vokser seg inn i fangbare størrelser, men er beheftet med større usikkerhet. Hvis gjennomsnittsvekten fortsetter å øke etter at avkastning og antall fisk pr. garnnatt avtar etter tidligere å ha nådd en topp, så tolker vi dette som at årsklassen er på vei ut av fisket uten at det kommer nye sterke årsklasser etter. For en sterk årsklasse som 1997-årsklassen er dette bildet nok så tydelig i de fleste statistikkene.

4.4.1 Innsjøer i Kvennavassdraget

I Kvenna nedstrøms Sandvatn ligger Gunleiksbuvatn, Briskevatn og Vollevatn (Fig.1). For disse finnes det fangststatistikker fra 1993 og fram til dags dato (Fig.24). Vi ser at antall fisk pr garnnatt øker utover mot slutten av 1990-tallet for alle tre sjøene (Fig. 24). Statistikken indikerer at det var en sterk årsklasse tidlig på 1990-tallet. Det er sannsynlig at dette var 1992-årsklassen. Både i Vollevatn og Briskevatn ble det tynningsfisket med 21 mm garn på denne tiden, og antall pr garnnatt økte fra 1993 til 1996 og dette stemmer godt med at fisken kommer inn i fangst på 21 mm i sin fjerde vekstsesong.

1997-årsklassen er langt enklere å tolke på grunn av sin styrke. De kom inn i fangstene fra 2003 og preget fisket med høyt utbytte og lave gjennomsnittsstørrelser i alle innsjøene fram til 2008. På slutten av perioden (2005-2008) dominerte den fisket. Det ble for det meste brukt 35 mm maskevidder i Briskevatn, og fisken kom derfor noe tidligere inn i garnfangstene enn i Gunleiksbuvatn (større innslag av 45 mm).

Årene etter 2009 har bestanden blitt stadig tynnere i alle tre innsjøene, slik som i Sandvatn, og med et økende innslag av stor fisk. Fangstene på 29 mm viser at etterveksten vil være lav i de nærmeste årene i samtlige vann. 2002-årsklassen synes ikke å ha vært spesielt sterk i Vollevatn.



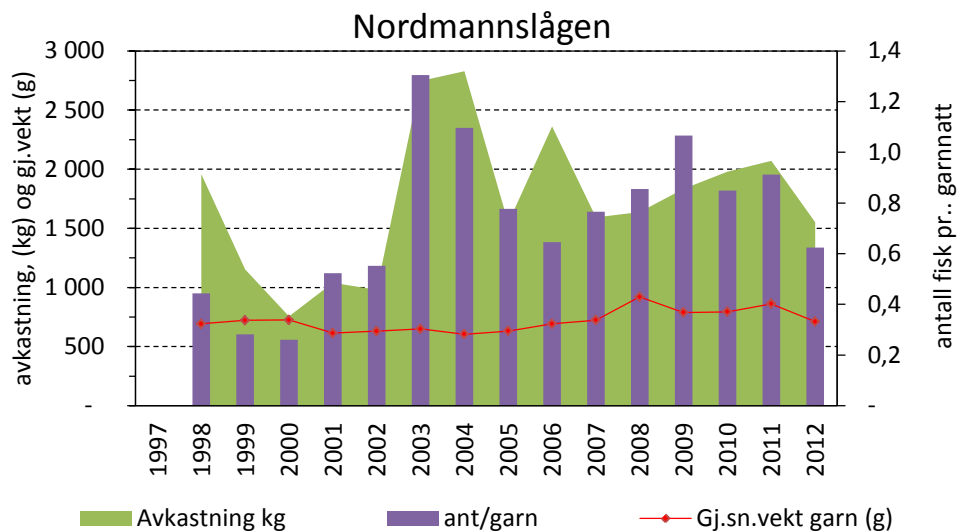
Figur 24. Fiskets utvikling i innsjøene i Kvenna nedstrøms Sandvatn basert på rapporter fra fiskerne. Avkastning er gitt i antall kilo og gjennomsnittsvekt i gram (venstre akse), og utbyttet gitt som antall fisk pr garnnatt (høyre akse). Kilde: Rapporter fra Laagefjeld AS.

4.4.2 Lågen-vassdraget

I dette vassdraget har vi statistikker fra Lakjen, Langesjøen og Geitvatnet, samt Nordmannslågen og Bjornesfjorden som kanskje er de mest kjente. Fisket i Lågenvassdraget er godt beskrevet, og variasjonene har variert betydelig over tid (Qvenild 2004).

Nordmannslågen er stor (977 ha) og svært grunn med middeldyp nær 4 m (Huitfeldt-Kaas 1911, Rognerud et al. 2003). Statistikk for fisket fra 1998 til 2012 er stilt til disposisjon av Eidfjord fjellstyre (Fig.25). Fisket er ganske aktivt, gjennomsnittlig 3,7 garn pr. ha. i perioden 1998-2012, og har variert betydelig fra 756 kg i 2000 til 2828 kg i 2004. Statistikken starter først i 1998 med en forholdsvis høy avkastning. Dette kan ha vært 1992-årsklassen som tidligere hadde dominert, men var nå på retur. Vi vet imidlertid at denne årsklassen var sterk i Bjornesfjorden (Tysse og Skaala 2004, Barlaup et al. 2008), og derfor sannsynligvis også i Nordmannslågen.

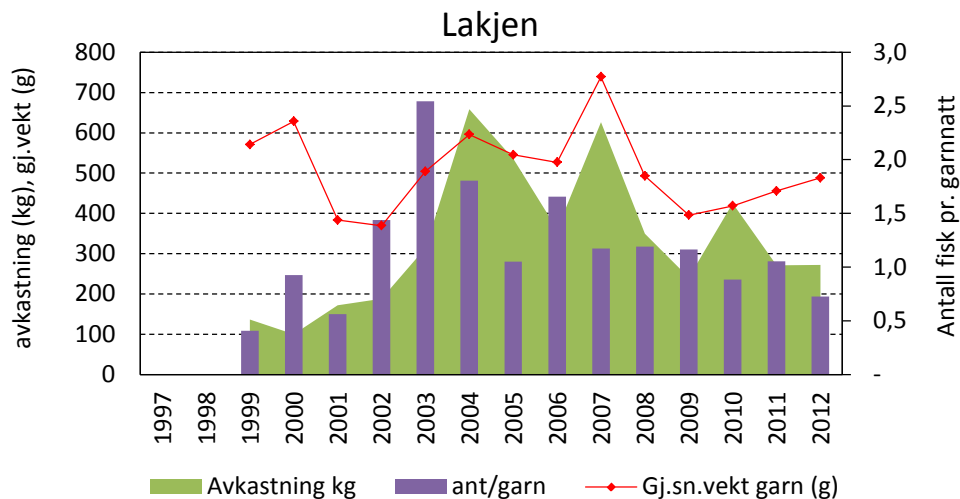
Allerede i 2001 begynte det å komme inn et sterkt innslag av små fisk i fangstene, og gjennomsnittsstørrelsen sank fra 726 gram i 2000 til 615 gram i 2001. Dette var 1997-årsklassen som kom for fullt og den preget fisket sterkt i perioden 2003-2005 med høy avkastning og antall fisk pr. garn. Mot 2009 ser det ut som en eller kanskje to nye årsklasser kommer inn i fisket. Denne oppgangen i fisket i Nordmannslågen er trolig et resultat av en eller to sterke årsklasser tidlig på 2000-tallet, slik det eksempelvis var i noen vann i Viersla-området i nærheten av Nordmannslågen (Borgstrøm et al. 2010a). Nedgangen i gjennomsnittsvekta i 2012 kan skyldes at 2006-årsklassen kommer inn i fisket. Denne årsklassen var også sterk i Viersla-området (Borgstrøm et al. 2010a).



Figur 25. Fiskets utvikling i Nordmannslågen. Avkastning er gitt i antall kilo, gjennomsnittsvekten i gram og utbyttet som antall fisk pr garnnatt.

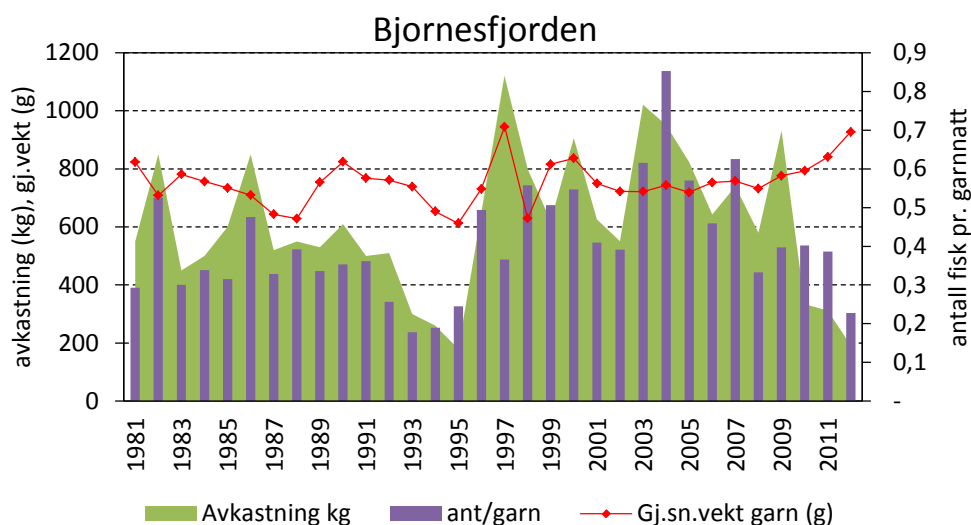
Lakjen (311 ha) ligger også på Eidfjord statsallmenning. Den er meget grunn og mestedelen av arealet er grunnere enn 4 m (Munitz 1969). Statistikk for fisket er stilt til disposisjon av Eidfjord fjellstyre (Fig.26). Fisket er ikke like intenst her som i de andre store innsjøene som forvaltes av Eidfjord fjellstyret.

1997-årsklassen preget fisket helt fra 2001 (som småfisk på garna), men dominerte det ordinære fisket først i perioden 2003 til 2006. I 2007 bidro denne årsklassen med en god del stor fisk (snitt 737 g), men da var det meste av denne årsklassen fisket ut. En del småfisk (kanskje 2002-årsklassen) kom deretter inn i fangstene og gjennomsnittsvekten sank fram til 2009. Deretter ser det ut som om fisken nå blir stadig større og bestanden tynnere (antall fisk pr. garn).



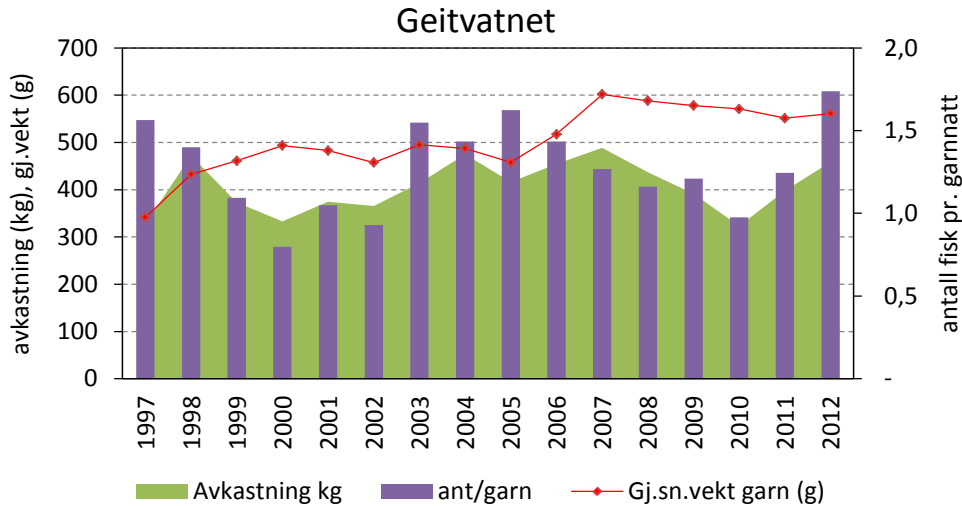
Figur 26. Fiskets utvikling i Lakjen. Avkastning er gitt i antall kilo, gjennomsnittsvekten i gram og utbyttet som antall fisk pr garnnatt.

Bjornesfjorden (1823 ha) har store områder grunnere enn 4 m (Rognerud m.fl. 2003). Fisket er delt i ulike private deler og fiskeforholdene er godt kartlagt (Hutfeldt-Kaas 1911, Dahl 1913, 1915, Sømme 1934c, Tysse og Garnås 1990, L'Abbée-Lund og Sægrov 1991, Tysse og Skaala 2004, Barlaup et al. 2008). Vi har fått tilgang til en god statistikk fra Odd Enerstvedt som disponerer 1/3 av fisket. I 1988 utgjorde fangsten på denne retten nær 20 % av samlet avkastning (Tysse og Garnås 1990). I fisket benyttes det bare 45 mm maskevidder og statistikk for perioden 1981-2012 er gitt i figur 27. 1992-årsklassen er godt dokumentert i fisket i Bjornesfjorden (Tysse et al. 2004) og den vises her som en betydelig økning i ant.fisk pr.garn og avkastning fra 1996-2000. 1997-årsklassen kom for fullt inn i fisket i 2003 – 2005 (økt antall/garn og avkastning), mens det kan se ut som om også 2002 årsklassen har gitt et godt bidrag i perioden 2009-2011 (antall fisk pr garnnatt). Sesongen 2012 var preget av en svært tynn bestand med mye stor fisk. Den lave avkastningen og en sterk økning i gjennomsnittsvekten tyder på en svak ettervekst av nye årganger. Dette stemmer med at det rapporteres om lite småfisk som bifangst på garna (Odd Enerstvedt pers. medd.).



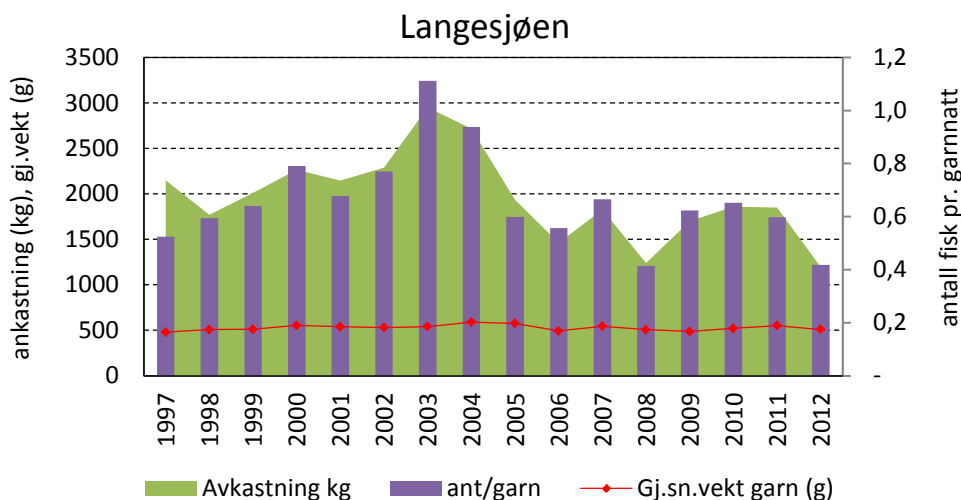
Figur 27. Fiskets utvikling i Bjornesfjorden. Avkastning er gitt i antall kilo, gjennomsnittsvekten i gram og utbyttet som antall fisk pr garnnatt.

Geitvatnet (147 ha) er et grunt vann som ligger i hovedvassdraget nedstrøms Bjornesfjorden. Det eies av Buskerud Landbruksksselskap og statistikken over fisket er stilt til disposisjon av Jens Huse (Fig.28). Vi har ikke gode tall for eksakt garnbruk, men bare et anslag over det som maksimalt kan brukes av de ulike lagene. Vi antar at dette er forholdsvis likt fra år til år (antall fisk pr. garnatt blir følgelig noe høyere enn vist). 1997-årsklassen kommer også her inn i fangstene for fullt i 2003 med økte antall pr. garnatt, og økt avkastning. Dette varte fram til 2006.



Figur 28. Fiskets utvikling i Geitvatnet. Avkastning er gitt i antall kilo, gjennomsnittsvekten i gram og utbyttet som antall fisk pr garnatt.

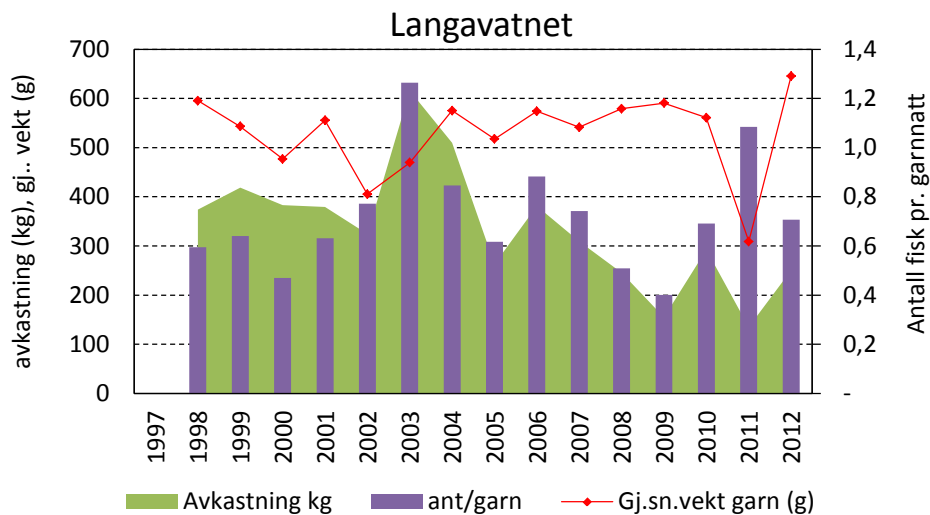
Langesjøen (1077 ha) er også grunn. Fisket er i privat eie og dette er godt undersøkt (Dahl 1915, Sømme 1931, Sømme 1934b, Tysse og Garnås 1990, Barlaup et al. 2002). Statistikken for perioden 1997-2012 er stilt til disposisjon av grunneierne ved Vilhelm Håvardrud (Fig.29). En gradvis økning i antall fisk pr pr garnatt fra 1997 til 2000 kan indikere en sterk 1992-årsklasse. 1997-årsklassen kom for alvor inn i fangst som 7-åringer i 2003. I Langesjøen hvor fisket er såpass aktivt (5,29 garnetter pr ha) ser det ut som om det meste av denne årsklassen var fisket opp i løpet av 2004. Det aktive fisket kan forklare den forholdsvis jevne gjennomsnittsstørrelsen. 2002-årsklassen synes ikke å være spesielt sterk. Avkastningen i 2012 var lav og er på nivå ned mot det man fikk tidlig i 1930-årene (Sømme 1933c).



Figur 29. Fiskets utvikling i Langesjøen. Avkastning er gitt i antall kilo, gjennomsnittsvekten i gram og utbyttet som antall fisk pr garnatt.

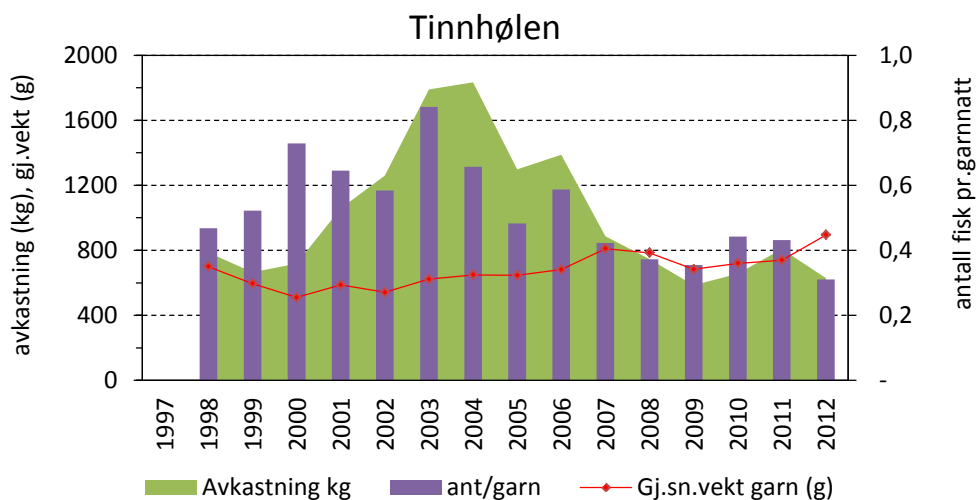
4.4.3 Bjoreio-vassdraget

Langavatnet (265 ha) er et middels, og har gode gyteforhold (Munitz 1968). Statistikk er stilt til disposisjon av Eidfjord fjellstyre ved Gunnar Elnan (Fig.30). I perioden 1998-2012 ble det i snitt brukt 3,45 garn pr.ha. Gjennomsnittsvekta indikerer at 1997-årsklassen kom inn i fangst som småfisk i 2002, og dominerende i fisket i 2003 og 2004. Fjellstyret startet tynningsfiske i 2010. I 2011 ble fangstene fra dette blandet med fangstene fra det ordinære fisket. Dette førte til lav gjennomsnittsvekt og høyt antall pr garnnatt i 2011 og kan ikke sammenlignes med statistikken forøvrig. Oppgangen i antall pr. garnnatt i 2010 og 2012 kan skyldes 2002-årsklassen.



Figur 30. Avkastning (kg), gjennomsnittsvekten (gram) og utbyttet som antall fisk pr garnnatt.

Tinnhølen (453,7 ha) er en svært grunn innsjø (Munitz 1969). Det er god forekomst av marflo og skjoldkreps, og fisket har variert mye (Dahl 1915, Sømme 1934c, Munitz 1969, Bjerknes 1974, Lehmann og Wiers 2004). Statistikk for fisket er stilt til disposisjon av Eidfjord fjellstyre ved Gunnar Elnan. Fisket er intenst med et gjennomsnitt på 6,3 garn pr ha i perioden 1998-2012 (Fig. 31). 1997-årsklassen kom for alvor inn i fangstene i 2003 og 2004. Skjoldkrepsen var beitet ned i 2004 (Lehmann og Wiers 2004), antagelig som følge av den høye tettheten av denne årsklassen. En ny oppgang kan spores i 2010-2011, muligens 2002-årsklassen. Tendensen nå er en klart tynnere bestand med større fisk enn vanlig.



Figur 31. Fiskets utvikling i Tinnhølen. Avkastning er gitt i antall kilo, gjennomsnittsvekten i gram og utbyttet som antall fisk pr garnnatt.

4.4.4 Årsklassenes betydning for fisket i utvalgte vann

Med utgangspunkt i statistikkene har vi summert hvordan det gikk med de sterkeste årsklassene (Tab.5). De fleste er skjønsmessig vurdert, mens noen er basert på aldersanalyser. Det er først og fremst årsklassene 1992, 1997 og 2002 vi kan følge i disse statistikkene. Vi ser at 1992-årsklassen rekrutterte til fisket som 6-åringer i Bjornesfjorden, Langesjøen, Vollevatn og Briskevatn, mens denne årsklassen først gjorde seg gjeldende året etter i Gunleiksbuvatn, og enda ett år senere i Sandvatn. Det er først for 1997-årsklassen at det er god dokumentasjon for de fleste lokaliteter. Her er forskjellene mellom Kvennavassdraget og de andre lokalitetene påfallende. Fisket på 1997-årsklassen er for det nærmeste over i disse lokalitetene før det er kommet ordentlig inn i garnfisket i Kvenna. Det er ikke urimelig å anta at dette kommer av at vanntemperaturen i Kvenna var preget av smeltevann i seks av ti sesonger på 2000-tallet. De øvrige lokalitetene har ikke nedbørfelt som strekker seg til de snørike områdene i vest, og de fulgte derfor trolig Dargesjøens mønster i temperaturgang. Slike årlige variasjoner og synkrone svingningene i bestandene av fisk og næringsdyr er derfor en utfordring for karakteriseringer i henhold til Vannforskriften.

Tabell 5. Oversikt over når årsklassene 1992, 1997 og 2002 (andre kolonne) rekrutterte til fisket i de ulike innsjøene. Mellom- grå skravering viser når årsklassen kommer inn i fisket, og mørk grå skraverte felt angir når årsklassen er dominerende i fisket, og fiskens alder er da gitt for disse årene. Eksempelvis: I Briskevatn kom 1992 årsklassen inn i fisket i 1996, men dominerte i fiske først fra 1998 og opp til 2000 som hhv. 6 åringer, 7 åringer og 8 åringer.

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012		
Bjornesfjorden 1992							6	7	8														
Langesjøen 1992							6	7	8														
Vollevatn 1992							6	7	8	9													
Briskevatn 1992							6	7	8														
Gunleiksbuvatn 1992								7	8	9													
Sandvatn 1992									8	9	10												
Lakjen 1997												6	7										
Langavatnet 1997												6	7										
Nordmannslågen 1997												6	7										
Tinnhølen 1997												6	7										
Langesjøen 1997												6	7										
Bjornesfjorden 1997												6	7	8									
Geitvatnet 1997												6	7	8	9								
Sandvatn 1997														8	9	10							
Briskevatn 1997														8	9	10							
Vollevatn 1997																10	11	12					
Gunleiksbuvatn 1997																10	11	12					
Lakjen 2002																			7	8			
Sandvatn 2002																			7	8			
Nordmannslågen 2002																			7	8	9		
Bjornesfjorden 2002																			7	8	9		
Langesjøen 2002																			7	8	9		
Langavatnet 2002																				8	9		
Tinnhølen 2002																				8	9		
Briskevatn 2002																					9	10	
Geitvatnet 2002																					9	10	

5. Diskusjon

5.1 Fysiske forhold

Lys- og temperaturforholdene i innsjøer er svært viktige for akvatiske økosystem, og kunnskapen om årssyklus 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.

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.

VTO varierte i takt i innsjøene (Sandvatn, Dargesjøen og Fjellsjøen), men de absolutte verdiene var forskjellige hovedsakelig på grunn av følgende forhold:

i) I like store innsjøer sank VTO med 0,6-0,8 °C pr. 100 m økning i høyde over havet (Rognerud et al. 2003, 2005, 2006, 2007). Dette er nær tilsvarende reduksjon i LT pr. 100 m (0,5-0,9 °C pr. 100 m avhengig av temperaturen) som vi har målt mellom Geilostølen og 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 større 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 enn i mindre innsjøer. 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 pga mindre varmekapasitet og raskere avkjøling, og de islegges derfor også tidligere.

iii) Det finnes også temperaturmålinger fra Bjornesfjorden (1203 moh) fra årene 2003-2006 (Barlaup et al. 2008). Vi har sammenlignet middeltemperaturen for isfrie periode i dette vannet med tilsvarende

målinger i Dargesjøen (1209 moh). Det var en god samvariasjon ($r^2 = 0,85$), men middeltemperaturen i Bjornesfjorden var i snitt $0,8\text{ }^\circ\text{C}$ lavere, fordi den er betydelig større enn Dargesjøen. Vi antar derfor at mindre vann på sentralvidda har en nær lik temperaturløp og middeltemperatur som i Dargesjøen, men større vann generelt har samme temperaturløp, men er gjennomsnittlig litt kaldere ($0,5 - 0,8\text{ }^\circ\text{C}$).

iiii) VTO i Sandvatn påvirkes av smeltevann fra høyereliggende snørike områder (i 6 av 12 år i perioden 2003-2012). Som eksempel førte smeltevannet i Kvennas øvre nedbørfelt til en betydelig kjølningseffekt i Sandvatn i 2005, og den varte helt fram til første av august. Dargesjøen og Fjellsjøen, som ligger i et sidevassdrag til Kvenna, var ikke påvirket av den seine snøsmeltingen. Effekten for biota dette året i Sandvatn var den samme som at LT ble redusert med $1,4\text{ }^\circ\text{C}$.

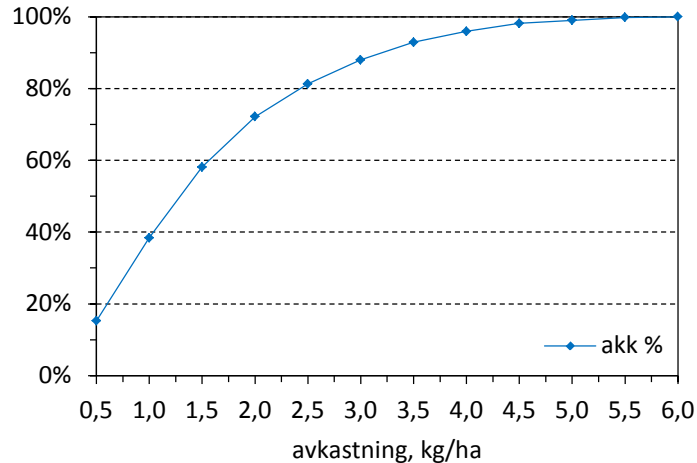
Blant værdataene var LT ved Dargesjøen nært korrelert til LT på Geilostølen, men korrelasjonen var dårlig når det gjaldt vindstyrken. Vi antar at dette i vesentlig grad skyldes ulike målemetoder (manuell kontra automatisk ved Dargesjøen). Vindstyrken sommeren 2005 var delt i en periode med relativt lav vindaktivitet frem til midten av august, og en sterkere sydvestlig vindaktivitet som varte fra dette tidspunkt utover høsten (met.no). De automatiske vindmålingene ved Dargesjøen viste klart hvor stor betydning vindfulle perioder hadde for sirkulasjonsforholdene i Fjellsjøen og derved fordelingen av varme nedover i innsjøen. Innsjøen fullsirkulerte allerede 29.-30. august som følge av en vedvarende kraftig sydvestlig vind med vindhastigheter opp mot 20 m/s (Rognerud et al. 2006)

Tidligere har vi vist at den mindre og grunnere Dargesjøen bare unntaksvis er termisk sjiktet, og da som regel over kortere perioder med stille og varmt vær (Rognerud et al. 2006). Hardangerviddas treløse høyfjellsplatå har lave konturer og innsjøene er i liten grad skjermet for de ulike vindretninger. I slike situasjoner er tykkelsen på det varmere sirkulerende overflatelaget (epilimnion) i all hovedsak bestemt av innsjøens overflateareal og lyssvekningen i vannmassene (Fee et al. 1996). I innsjøer som ikke er eutrofiert er lyssvekningen positivt korrelert til konsentrasjonen av fargede humusstoffer som tilføres fra nedbørfeltet (Schindler 1971). De lave konsentrasjoner av humusstoffer i undersøkte innsjøer på Hardangervidda (Rognerud et al. 2003, Skjelkvåle og Henriksen 1998), gjør at sollyset trenger langt ned i innsjøene (Rognerud et al. 2003). Dette er en viktig årsak til høy produksjonskapasitet i disse fjellsjøene fordi påvekstalg, som er den viktigste primærprodusenten, får gode vekstvilkår også i dypere deler av innsjøen (Rognerud et al. 2003). I tillegg til dette vil epilimnions tykkelse bli stor fordi klart vann gir effektiv omdanning av strålingsenergi til varme også i dypere vannlag (Fee et al. 1996), og at denne varmen fordeles effektivt av vinden nedover i vannmassen slik som nevnt for Fjellsjøen. I slike situasjoner vil tykkelsen på epilimnion i all hovedsak være positivt korrelert til innsjøenes overflateareal, men år til år variasjonene vil i hovedsak være styrt av vindstyrken og retningen (Fee et al. 1996). I slike "energiske" omgivelser der landskapet er relativt flatt, og innsjøene grunne til middels dype, er den effektive fordelingen av varme nedover i innsjøene svært positivt for akvatiske organismers vekst. Da epilimnion strekker seg raskt ned til 10 m er det klart at bunndyrene (inkl. de viktige krepsdyrene) og påvekstalgene har stor fordel av at varmere vann fordeles så vidt langt ned i innsjøen tidlig i sesongen. Det forhold at nesten hele bunnarealet er produktive områder er avgjørende for den relativt høye produksjonen av fisk i disse fjellsjøene.

5.2 Avkastning i innsjøene

I hvilken grad kan en høy produksjon av påvekstalg og næringsdyr realiseres i produksjonen av ørret? For å belyse dette har vi samlet inn registreringer av avkastning (kg/hektar) fra 70 innsjøer på Hardangervidda (Qvenild og Rognerud, unpubl.). Avkastningen er den høstbare del av produksjonen, og den varierer sterkt med variasjonene i produksjonen av næringsdyr, rekruttering, VTO og ikke minst beskatningsmønsteret (redskap, innsats, etc). Dataene er dels fra publiserte arbeider, dels egne data, dels informasjon fra eierne av viktige fiskerier. Fra disse 70 innsjøene har vi 492 registreringer fra perioden 1910-2012 (Fig.16). Mange av dataene er tilfeldige avkastninger fra et og annet år, som sier forholdsvis lite om hva vannet over tid kan gi i avkastning. De fleste dataene er imidlertid fra lengre serier fra kjente fiskerier, som over tid gir gode estimater på gjennomsnittlige avkastninger

(Fig.32). Den høyeste registrerte avkastning hadde Vollevatn i Kvenna i 1998, med 5,53 kg/ha, mens gjennomsnittet og median var hhv 1,55 kg/ha og 1,24 kg/ha. Det er forholdsvis få avkastningstall som er over 3 kg/ha (12 %). Verdier over 3 kg/ha må følgelig betegnes som høye for Hardangervidda, og verdier over 4 kg/ha som sjeldne.



Figur 32. Prosentvis antall vann som ligger lavere enn en gitt avkastning.

Fra de enkelte innsjøene, hvor vi har lengre dataserier, ser vi at avkastningen øker når rekrutteringen øker (Fig 22-29). Dette blir særlig tydelig i statistikkene når den sterke 1997-årsklassen rekrutterer til fisket. Fra 2003 av og framover, steg avkastningen sterkt i innsjøene og den varte i flere år. Små gyte- og oppvekstområder, og store produktive innsjøer gjør at rekrutteringen ofte er begrensende for fiskeproduksjonen i innsjøer på Hardangervidda (Sømme 1931). Dette var forhold som Dahl (1933) var oppmerksom på, og i Ljosevatn eksperimenterte han med yngelutsettinger for å øke produksjonen. Han oppnådde avkastninger som lå tre ganger høyere enn avkastningene basert bare på naturlig rekruttering. Selv med høyeste utsettingstetthetene, kom han ikke opp i tettheter som reduserte tilvekst og kvalitet (Dahl 1933, Sømme 1934c). Den høyeste avkastningen som ble oppnådd var på 2,23 kg/ha. På denne tiden var det lave temperaturer og muligens kan vi da sette 3 kg/ha som den maksimale avkastningen for Ljosevatn under gode forhold. Det ble bare brukt 40 - 45 mm garn i Ljosevatn (Dahl 1933).

Den sterke 1997-årsklassen førte til tette bestander i de fleste vannene i øvre Kvenna, med dårlig tilvekst og kvalitet og et stort innslag av utmagret gytefisk som resultat (Borgstrøm og Dokk 2004b, Borgstrøm 2007b, Borgstrøm et al. 2010b, Borgstrøm 2012), kanskje med unntak av den store Kvennsjøen (Borgstrøm og Dokk 2004a, Borgstrøm 2012). Derimot virker det som denne årsklassen ikke førte til for store tettheter i vannene i Lågenvassdraget og Bjoreio (se nedenfor). Det er derfor rimelig å anta at avkastningsnivåene i 2003 og 2004 for disse innsjøene ligger nær maksimal avkastning, mens grensa ble overskredet for de aller fleste vannene i Kvennas nedbørfelt. I 2003 og 2004 tok Odd Enerstvedt henholdsvis 1021 og 951 kg. Den høyeste fangsten tok han imidlertid i 1997 med 1120 kg! I 1989 utgjorde fangsten hans 20 % av totalfangsten i Bjornesfjorden (Tysse og Garnås 1990). Om denne andelen har holdt seg siden, tilsvarer fangstene avkastninger på 2,61 til 3,07 kg/ha. Vi kan følgelig regne med at Bjornesfjorden kan produsere 3 kg/ha i år med sterke årsklasser uten at næringsdyrene blir for hardt nedbeita.

I Langesjøen var avkastningene i 2003 og 2004 henholdsvis 2,74 og 2,52 kg/ha som er de høyeste som er registrert. Vi kjenner ikke til at det var vekststagnasjon eller kvalitetsforringelse i disse årene. I 1989 var avkastningen bare 1,16 kg/ha (Tysse og Garnås 1990). På denne tiden var bestanden preget av for tett bestand. Fiskeinnsatsen var på samme nivå den gangen, men det ble i tillegg til naturlig rekruttering satt ut settefisk. Det var også kjølige somrer på 1980-tallet (Rognerud et al. 2003). Den

sterke 1982-årsklassen fikk følgelig sterk intraspesifikk konkurranse og dårlige produksjonsforhold. Med forholdene slik de er nå ser det ut som om Langesjøen kan produsere 2,5 – 3 kg/ha.

For de fire vannene i Eidsfjord statsallmenning er det heller ikke mange tegn på for tette bestander, muligens med unntak av Langavatnet, hvor fjellstyret de senere årene har drevet tynningsfiske. I Tinnhølen var avkastningen i 2003 og 2004 henholdsvis 3,94 og 4,04 kg/ha. I Nordmannslågen 2,81 og 2,89 kg/ha, i Lakjen 2,11 og 1,72 kg/ha og i Langavatnet 2,32 og 1,92 kg/ha. Vi ser altså her at avkastningen i den grunne og produktive Tinnhølen ligger på ca 4 kg/ha. I Nordmannslågen ligger den opp mot 3 kg/ha. Noe lavere avkastning i Nordmannslågen kan forklares med at den er større og at fiskeintensiteten er noe mindre. Det forhold at avkastningen i Lakjen var lavere enn Bjornesfjorden og Nordmannslågen skyldes antagelig et mindre aktivt fiske. Lakjen er da også tidligere ansett som et mindre godt fiskevann enn Nordmannslågen og Bjornesfjorden (Huitfeldt-Kaas 1911).

Geitvatnet i Lågen-vassdraget ligger høyt i avkastning, over 4 kg/ha i 7 av de 17 sesongene, høyest i 2007 med 4,69 kg/ha. Geitvatnet er grunt og produktivt med stor gjennomstrømming og god rekruttering. Det er likevel ikke noe som tyder på at rekrutteringen har vært for stor (Jens Huse pers.medd) selv om vi mangler data for dette. Geitvatnet (Fig.26) og Gunleiksbuvatnet (Fig.22) i Kvenna er på mange måter nokså like, men oppgangen i fisket kommer noen år senere i Gunleiksbuvatn. Avkastningen var også lavere. Fiskerne rapporterte om dårligere kvalitet på fisken i Gunleiksbuvatn i de årene hvor det var for tett bestand (Halvor Nordjordet pers.medd.) Veksten i Sandvatn var klart dårligere enn i Dargesjøen (Fig.20). Da temperaturforholdene i Dargesjøen samvarier med innsjøene på sentralvidda regner vi med at dette også er representativt for Lågen (slik som nevnt i Kap.5.1). Vi må derfor regne med lavere maksimal avkastning i Gunleiksbuvatn enn i Geitvatnet.

Disse avkastningstillene ligger lavere enn tallene som tidligere er anslått (NOU 1974, Borgstrøm 2001a), men likevel langt høyere enn data fra første halvdel av 1900-tallet (Fjeldbeitekommissjonen, 1911), hvor det oppgis en samlet avkastning for 43 innsjøer på 16080 kg fra innsjøer med en totalflate på 24 600 ha, dvs 0,65 kg/ha.

Som vi har sett vil avkastningen være sterkt avhengig av både varme somrer og god rekruttering. 1926-årsklassen var sterk og den fikk mange varme somrer utover på 1930-tallet (jfr Rognerud et al. 2003), noe som ga en sterk oppgang i fisket på vidda. I den lange kjølige perioden før 1930 var fisket på Hardangervidda elendig (oppsummert i Rognerud et al. 2003). Det var få årsklasser som slo til, og somrene var i tillegg gjennomgående kjølige. Tallene til Huitfeldt-Kaas (1927) kan gjenspeile dette.

Det vi kjenner til av nye årsklasser som nå er på gang inn i fiske og som er sterkere enn normalt er 2006-årsklassen, og kanskje også 2009-årsklassen. Både 2011-, 2012-og 2013-årsklassene har hatt vanskelige forhold, og vil ventelig bli svake. Fortsetter trenden vi har sett de siste ti årene med kalde somrer må vi derfor belage oss på lav fiskeproduksjon på Hardangervidda noen år fremover. Mye snø i vestlige deler vil forverre situasjonen ytterligere for Kvenna.

Avslutningsvis vil vi sitere Sømme (1934c): ”Meningene later til å være adskillig divergerende i spørsmålet om når nedgangen begynte. I alminnelighet finner man dog den oppfatning at nedgangen begynte adskillig tidligere på den nordlige og østlige del av Vidda enn på den vestlige.” det kan godt være at det blir erfaringen også denne gang. At produksjonsforholdene på vestvidda var dårlige i perioden før 1930 finner vi også belegg for andre steder (Huitfeldt-Kaas 1911, Sunde 1937).

5.3 Klimatiske faktorerers betydning for rekruttering og tilvekst

Vi har hittil diskutert fysiske forhold som er fundamentale for den biologiske produksjonen og vært inne på hvordan ulike forhold slår ut i høstningspotensialet. Nå skal vi se nærmere på hvordan klimatiske faktorer påvirker rekruttering og tilvekst i Sandvatn spesielt, og i andre innsjøer mer generelt.

5.3.1 Forhold som fører til en sterk eller svak årsklasse

Svært mange av Hardangerviddas vann ligger langt oppe i vassdragene. Vannene er ofte store i forhold til gyte- og oppvekstlokalitetene, og gytelokalitetene er ofte små med liten vannføring. Som vi har vært inne på er næringsforholdene i innsjøene gode, og ørretungene vil derfor finne godt med mat når de vandrer ut i innsjøene. Det er derfor uvanlig å finne overbefolkete vann på Hardangervidda, og Huitfeldt-Kaas (1911) og Sømme (1931) kunne bare nevne få innsjøer i denne kategorien (Trondvasstjørn, Bessvatnet og Bjordalsvatna). Sømme (1931) konkluderte da også ”Som regel er nok bestanden i Hardangerviddas vann altfor liten i forhold til vannenes høye produksjonsevne. Det er med andre ord mengdene av yngel og ungfisk som er minimumsfaktoren i spørsmålet om vannenes avkastning.”

Det forhold at årsklassestyrken vil variere sterkt i høyfjellet bør ikke være overraskende. Ørretungene klekker og vokser opp i bekker og elver, selv om det også er påvist innsjøgyting i flere av innsjøene på Hardangervidda (Barlaup et al. 2002, 2008, Lehmann et al. 2008). Årsklassenes skjebne blir sterkt påvirket av værforholdene, både ved at gytelokalitetene er utsatt for frost og isgang, og snørike vintre med sein isgang og lave temperaturer under og etter klekking. Produksjonssesongens lengde og vanntemperaturen vil ha stor betydning for tilveksten både for fisken og næringsdyra. Og ikke minst vil intraspesifikk konkurranse om næringen kunne ha stor betydning, spesielt på begrensede oppvekstplasser i elver og bekker, men siden også under innsjøoppholdet.

Det var først Reidar Borgstrøm som tok opp problematikken rundt endrete produksjonsforhold for fisken på Hardangervidda som følge av økte snømengder på vestvidda fra 1985 og utover (Borgstrøm 2001b) uten at årsklasseproblematikken da ble nærmere diskutert. For Kvennavassdraget fant han at produksjonssesongens lengde var sterkt preget av snømengdene, spesielt øverst i nedbørfeltet mot vest. Det var en nær sammenheng mellom snødyp ved Litlos i april og isgang på Litlosvatnet.

Store snømengder og en kald vår vil også kunne føre til lav yngeloverlevelse (plommesekk, næringstilgang). Når plommesekken er oppbrukt må yngelen selv finne mat. Ved temperaturer lavere enn 8 °C er det erfaringsmessig lite næringsdyr å finne for yngelen.

Lite snø kan 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). 1996-årsklassen ble derfor svak over store deler av Vidda. Selv i et stort vassdrag som Kvenna viste våre undersøkelser at 1996-årsklassen ble svak så langt ned som i Sandvatn, sannsynligvis også lengre nedover.

Produksjonssesongens lengde er viktig. Denne er også avhengig av snømengdene og temperaturen utover våren og forsommeren. I det snørike året 1993 lå isen på Litlosvatnet helt til i slutten av juli (Borgstrøm 2001b). Selv om isen går tidligere nedover i vassdraget vil mønsteret være det samme.

Vektøkningen til fisken er sterkt avhengig av vanntemperaturen, og normalt regner vi at det må være større enn 4 °C for å initiere tilvekst (Forseth et al. 2001). Den daglige vektøkningen øker med økende temperatur opp mot de maksverdiene vi til vanlig finner i Sandvatn. En tidlig og rask oppvarming om våren, slik det var i Sandvatn i 2006 (12 °C, 1. juli) var særdeles gunstig (se fig.7), mens i 2012 ble ikke dette nivået nådd før 7. august. I 2006 hadde vi mer enn 12 °C i 64 døgn, mens vi i 2012 bare

hadde 19 døgn. Produksjonssesongens lengde var tilsvarende med 127 døgn med temperaturer $>4^{\circ}\text{C}$ i 2006, mot bare 84 døgn i 2012. Tilsvarende for varmesummen hadde vi 1478 døgngrader $> 4^{\circ}\text{C}$ i 2006 mot bare 711 døgngrader i 2012. Vi vet at 2006-årsklassen ble sterkere enn normalt, men om 2012-årsklassen blir sterk vil være svært overraskende.

Også andre studier har vist at en gunstig forsommer har stor betydning for fiskens vekst (Jensen 1977, Borgstrøm og Museth 2005), kanskje spesielt på grunn av raskere respons i veksten av næringsdyr. En undersøkelse fra Finse viste at veksten hos røye den kalde sommeren 1979 var betydelig dårligere enn den langt varmere i 1980, og at dette trolig skyldtes de begrensninger dette satte for produksjon av byttedyr og fiskens metabolske rater (Fjeld 1985). I denne undersøkelsen ble det også vist at frekvensen av rødfarget kjøtt var lavest den kalde sommeren, og at dette skyldtes mindre forekomst av littorale krepsdyr. En diskusjon om fiskens næringsdyr er derfor en viktig brikke i dette puslespillet om fiskens vekst.

Den generelle økningen i LT som har skjedd på Hardangervidda sommerstid (se figur 8), siden midten av 1980-tallet, er også observert i et forsøksområde i sentrale deler av Canada (Schindler et al, 2005). I dette tilfelle ble det vist at økt LT førte til økt lengde på isfri periode, og følgelig også produksjonssesongens lengde (Schindler et al. 2005). Økt isfri periode skyldes i hovedsak en tidligere isgang på våren og ikke en senere islegging (Livingstone 1997). Dette er positivt for veksten av fiskens næringsdyr (Schindler et al. 2005) og særlig krepsdyrene slik som vist for Sandvatn i 2002. For Kvenna kan snømengdene på vestvidda modifisere dette mønsteret (Borgstrøm 2001b).

Vanntemperaturen er viktig ved at den virker direkte inn på fiskens fysiologi og adferd (Magnuson et al. 1990a), men når temperaturene stiger øker også hastigheten på metabolske prosesser og respirasjon. Derfor må fisk øke matinntaket for å kompensere for temperaturøkninger selv om endringene er små (Brett and Groves 1979).

Konkurransen om næringsdyr har også stor betydning for en årsklasses skjebne som vist for 1997-årsklassen (Borgstrøm og Museth 2005). Denne årsklassen fikk gunstige produksjonsforhold og liten konkurranse fra 1996-årsklassen. Dette har sannsynligvis større betydning på små oppvekstlokaliteter enn i større elver. 1996-årsklassen ble svak også i Sandvatn, men den var absolutt til stede (se figur 14). Tilsvarende fikk 1998-årsklassen hard konkurranse fra den ett år eldre 1997-årsklassen, og 1998-årsklassen ble da også svak i Sandvatn.

Når det er mat i overskudd vil tilveksten primært være bestemt av vanntemperaturen (Elliott & Hurley 1999). Men som vi har sett førte 1997-årsklassen til sterk konkurranse om næring i Sandvatn som i mange andre lokaliteter på Hardangervidda. Betydningen for tilveksten som følge av intraspesifikk konkurranse har vi forsøkt å belyse ved å beregne den teoretisk mulige tilveksten når det er mat i overskudd (Forseth et al. 2001). Som vist i figur 19 er konkurransen sterk i perioden 2003-2006 hvor realisert vektøkning bare er 60-80 % av potensialet. For den gunstige sommeren 2006 hvor tilveksten ble langt bedre enn i de kjølige somrene 2005 og 2007 skulle følgelig vært langt bedre om det ikke hadde vært så hard intraspesifikk konkurranse som det var denne sesongen.

5.3.2 Hva vet vi om variasjonene i årsklassestyrke på Hardangervidda?

Den første dokumentasjon av stor variasjon i årsklasser på Hardangervidda er fra Trondevassjønn ved Sandhaug der Huitfeldt-Kaas undersøkte bestanden i 1910. Der fant han en tett bestand med fisk som nesten alle var like store. Han fant fem ulike aldersgrupper fra 8 til 12 år, hvor ingen var yngre (Huitfeldt-Kaas 1911, 1927). Rekrutteringen må følgelig ha vært minimal etter 1902. Selv om skjell er usikkert mht til aldersanalyse på eldre fisk tyder dette på en eller flere sterke årsklasser tidlig på 1900-tallet, og mange svake deretter. Dette stemmer også godt med det bilde som beskrives av fiskebestanden i Djupa, Geitsjøen og Lågen i 1912 og 1913 (Dahl 1944, Sømme 1934c, omtalt i

Qvenild 2004). De langvarige Ljosevatnundersøkelsene til Dahl (1933) viste noen årsklasser som var langt sterkere enn andre, spesielt 1910-årsklassen var sterk. Vi har tidligere sannsynliggjort at det var mange svake årsklasser utover mot slutten av 1920-årne som ga et elendig fiske Hardangervidda over (Rognerud et al. 2003). Så dukket den sterke 1926-årsklassen opp, og denne var sannsynligvis hovedårsaken til et veldig oppsving i fisket Hardangervidda over i 1930-årene (Rognerud et al. 2003, Qvenild 2004). Antagelig har vi ikke hatt en så sterk årsklasse på Hardangervidda som 1926-årsklassen før 1997-årsklassen dukket opp.

Ved prøvefisket i Sandvatn i 2002 fikk vi usedvanlig mye fisk på 21 mm som i all hovedsak viste seg å være 1997-årsklassen. Dessverre fikk vi ikke fulgt opp med undersøkelser i 2003, men siden har vi fulgt denne årsklassen til den nå er så godt som ute i Sandvatn. Det viste seg raskt at denne årsklassen også ble sterk i svært mange innsjøer Hardangervidda over (Wiers og Hylland 2001, Tysse 2002, Barlaup et al. 2002, Qvenild og Rognerud 2002, Borgstrøm 2003a,b,c, Borgstrøm og Dokk 2003, Borgstrøm og Dokk 2004,a,b, Borgstrøm et al. 2004c, Borgstrøm 2005a, Borgstrøm 2005b, Borgstrøm og Museth 2005, Slåttum og Takvam 2006, Borgstrøm 2007a, Borgstrøm 2007b, Borgstrøm 2007c, Borgstrøm et al. 2010b, Borgstrøm 2012).

Også andre år slik som 1992 har vist seg som sterkere årsklasser enn normalt mange steder. (Tysse et al. 2004), 1999 (Borgstrøm 2003a,b, Borgstrøm og Dokk 2004a, Borgstrøm 2005a, Borgstrøm 2005b, Borgstrøm 2007c, Borgstrøm et al. 2010b, Borgstrøm 2012), 2001 (Borgstrøm 2007b), 2002 (Borgstrøm 2007a, Borgstrøm 2007b, Borgstrøm et al. 2010a, Borgstrøm et al. 2010b) og 2006 (Borgstrøm et al. 2010a, Borgstrøm et al. 2010b)

Det kan derfor virke som vi får det samme bildet over store deler av Hardangervidda, spesielt når årsklassene er så sterke som 1997-årsklassen. Med prognoser som tilsier hyppigere ekstremvær i tiden fremover må vi med at det også blir store variasjoner i årsklassestyrke. Med en bedre samordning og en enhetlig overvåking, bør det være overkommelig å forutsi gode og dårlige rekrutterings- og produksjonsår i tiden fremover.

5.3.3 Produksjonsforholdene i Sandvatn 2001-2012

Ernæringsbildet til ørreten på Hardangervidda varierer sterkt (Sømme 1944). Ulike insektgrupper som 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). Det er totalt registrert 22 ulike krepsdyrarter på Hardangervidda (Walseng et al. 1996), men bare noen få av dem er viktige som føde for ørret. Skjoldkreps, marflo og linsekreps er alle meget viktige næringsobjekter i de fleste innsjøene (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 ørreten begynner å spise fisk at energioptaket øker drastisk (Elliott & Hurley 2000).

Selv om alle dyr og planter inneholder ulike karotenoider er krepsdyrene spesielt rike på ett av dem, astaxhantin. Det er dette som 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 astaxanthininnhold i føret 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 næringsobjekter. I Sandvatn har marflo, skjoldkreps og linsekreps i gjennomsnitt utgjort 58 volum % av mageinnholdet i august i perioden 2001-12 av fisk tatt i strandsonen. Forekomsten varierer imidlertid mye mellom de ulike år. I Sandvatn har innslaget av disse tre nøkkelartene i alle år med unntak av tre, vært større enn 55 %, og

altså dominerende næring. I de tre avvikende årene (2005, 2007 og 2010) var det massesverminger, spesielt av bibionidaer, som ørreten prefererte. I perioder hvor det er rikelig tilgang på overflateinsekter 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 vil ha stor betydning for tettheten og dermed tilgjengeligheten av krepsdyr. 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 var dominerende ved at det hos fisk > 25 cm var bedre k-faktor, større fyllingsgrad, mindre antall tomme mager, og større innslag av marflo og skjoldkreps enn hos fisk < 25 cm. Dessverre var vi ikke i Sandvatn i 2003. Antagelig skjedde det en stor forandring denne sommeren etter som predasjons-trykket økte. Denne endringen var meget tydelig i 2004 da marflo var langt mer sjeldne å finne i ørretmagene i strandsonen, og det var bare det yngste stadiet av marflo som ble påvist. Skjoldkreps ble kun observert på dypet, og i små forekomster. Magefyllingsgraden var liten, og det var et stort innslag av fisk med tomme mager. Konkurransforholdet mellom stor og liten fisk var snudd fra 2002, og det var nå småfisken som hadde best kondisjon, mest mat i magen og færrest fisk med tomme mager. Det var den lille linsekrepser som nå var helt dominerende krepsdyr. Undersøkelser i Kringlesjøen, Dargesjøen og Blånuttjern (Fig. 1) denne sommeren viste normal utvikling av krepsdyrene i disse lokalitetene som hadde langt tynnere fiskebestander enn Sandvatn (Rognerud et al. 2005). At skjoldkreps og marflo er følsomme for predasjon er velkjent, men det finnes likevel lite dokumentasjon (Dahl 1915, Aass 1969). Linsekrepser blir relativt sett viktigere i slike situasjoner og utgjør da en større del av mageinnholdet. Likevel er linsekrepser liten og den vil dette forrykke den intraspesifikke konkurransen til fordel for småfisken slik som vist for 2004-sesongen. Dette mønsteret holdt seg frem til og med 2008-sesongen. I 2006 og 2007 ble marflo så vidt registrert, og skjoldkrepser 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.

Hunnfisken som har gytt krever mye energi for igjen å produsere rogn. Får den ikke nok mat sesongen etter gyting må den ta en sesong uten gyting, og vi betegner slik fisk som "hvilere". I perioden 2004 – 2009 var det opp til 15 % av gytefisken totalt sett som var hvilere. Sømme (1934b) betegner fenomenet som meget sjelden på Hardangervidda. Dette kan forklares med generelt tynne bestander på den tiden, og fisken hadde følgelig god tilgang på mat.

Sommeren 2005 ble det tatt flere store ørreter som var i god kondisjon og flere hadde fisk i magen. Et eksempel på dette var en fisk på 47 cm og 1,16 kg som hadde 2 mindre fisk i magen. Den var i meget god kondisjon (k-faktor 1,12). Det var høye tettheter av småørret og det kan synes underlig at den utmagrete gytefisken ikke gikk over på fiskediett. Vi har tidligere vist at ørretbestandene i Kvennavassdraget kan ha et lite innslag av kannibaler (Rognerud et al. 2003). Vekstmønsteret tydet på at denne fisken hadde vært fiskespiser lenge og altså ikke en gytefisk som hadde slått over på fiskediett. Fiskediett gir en langt høyere energigevinst enn om fisken spiser evertebrater selv om det også krever mer energi å være fiskespiser (Elliott & Hurley 2000). Når det nødvendige energioverskuddet som trengs for å gå over til å bli fiskespiser ikke er tilstede, vil antagelig ikke fisken klare dette spranget, noe som er vist for bl.a. røye (Finstad et al. 2006). Dette kan være forklaringen på at den utmagrete gytefisken ikke klarer å spise seg opp igjen i normal kondisjon selv om det er rikelig med småfisk tilstede. Dette merket vi også spesielt godt under fiske med sluk. Den utmagrede fisken beit villig, men hadde liten kraft og ble raskt utmattet.

Marflo er en nordlig kaldevannart som har en vid utbredelse i Norge. Den har signifikant 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). Noen studier som viser temperaturens direkte påvirkning på vekst og produksjon hos marflo er ikke kjent for oss, men vekststudier på Asellus, som er en nærstående art, viste 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 bestandsstrukturen til ørreten, fant vi et større innslag av marflo og skjoldkreps i mageinnholdet til ørreten i strandsonen sommeren 2002 som var en varmere og lengre produksjonssesong enn i 2001. Veksten til både skjoldkreps, marflo og linsekreps er i stor grad avhengig av produksjonen av påvekst (Rognerud et al. 2003) som også er positivt korrelert til temperatur (Schindler et al. 2005), selv om responsen er forskjellig for ulike arter (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 kritisk for populasjonen av marflo i innsjøer med høy fisketetthet slik som i Sandvatn. Marflo er også sterkt påvirket av beitepress, og i perioden 2004 – 2007 var den sjelden i ørretmagene, men i motsetning til skjoldkrepsen forsvinner den ikke helt. Fra 2008 av viste marflo på ny en økning.

Skjoldkrepsen er også en nordlig kaldevannart, 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 var sterkt dominerende i mageinnholdet i strandsonen i Sandvatn den varmere sommeren i 2002 sammenlignet med 2001. Borgstrøm (1997) nevner flere eksempler på at temperaturen har mye å si for utviklingen av skjoldkrepsen. At skjoldkrepslarvene trenger varme for å utvikle seg ble tydelig demonstrert i Kollsvatn ved Litlos der skjoldkrepsen var vanlig forekommende i 1988 i slutten av juli, 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 sen isløsning ble det i Litlosvatn funnet skjoldkreps på planktonstadiet så sent som i slutten av juli, mens den i andre vann hvor isen går tidlig og temperaturforholdene er bedre, kan skjoldkrepsen være utvokst og kjønnsmoden på denne tiden (Simonsen og Valderhaug 1994, Borgstrøm 1997). Forholdene i Sandvatn er vanligvis gunstigere enn i Litlosvatn og Kollsvatn lenger opp i vassdraget. Skjoldkrepsen er enda sterkere utsatt for predasjon enn marfloa, og fra 2004 til og med 2007 forsvant den helt fra strandsonen, og den ble kun påvist på dypet i små forekomster. I 2008 har den igjen vært fast innslag, men aldri i slike forekomster som påvist i 2002. Lave temperaturer, spesielt i 2005, 2007 og 2012 har antagelig også en sterk medvirkning til små forekomster.

Store forskjeller i vekst som følge av varierende sommertemperaturer og/eller bestandstetthet 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 kap. 5.3.1 og figurene 18 og 19, har også 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. I tillegg til sterke utslag på tilveksten så vi også sterke effekter på fiskens kondisjon. Ikke bare ble fisken slankere, men det var spesielt den store fisken som fikk problemer med næringsunderskudd, og særlig da gytefisken. 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).

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

5.3.4 Effekter av den sterke 1997-årsklassen i andre innsjøer på Hardangervidda

Vi har nå sett at klimatologiske faktorer påvirker rekruttering mer eller mindre synkront over store deler av Hardangervidda. Hvordan sterke årsklasser har påvirket fiskeproduksjonen og avkastningen i ulike innsjøer er mindre belyst. På bakgrunn av de statistikkene for fisket i mange av de viktigste fiskevannene på sentralvidda, samt våre egne data fra Kvennadalen tegner det følgende bilde.

Erfaringene så langt tyder på at det sjelden blir problem med for sterke årsklasser, spesielt ikke når de følger etter lengre tid med normale og svake årsklasser. Som nevnt ble det klare tetthetsbegrensninger i Langsjøen i 1930-årene uten at dette ble oppfattet som et problem. I 1980-årene virker det som 1982-årsklassen fikk sterkere negativ påvirkning på fisk og næringsdyr (Tysse og Garnås 1990), noe som sannsynligvis skyldes lavere temperaturer i denne perioden (se Rognerud et al. 2003), samtidig som det i tillegg til naturlig rekruttering ble satt ut et betydelig antall med settefisk..

1997-årsklassen førte mange steder til for tette bestander, hvor fisken ble mager og av dårlig kvalitet. Et tydelig tegn på denne situasjonen var mye avmagret gytefisk (Borgstrøm 2007a, Borgstrøm 2012). Dette var også situasjonen i vannene i nedre Kvennadalen. Rett nok var det mye småfisk de første årene, men selv om fisken var noe slank, var den fin og rød, og det ga seg også utslag i eventyrlige fangster på oter og stang. Etter hvert som bestanden ble noe tynnere og vokste til, ble også fangstene på 29 og 35 mm rekordhøye. Over 10 fisk pr garnnatt på 29 mm og 5 fisk pr garnnatt på 35 mm er sjeldent store fangster – og dette var gjennomsnittet for fiskerne i Sandvatn i 2006! Mange mente nok at fisken var noe slank, men det var få som klaget.

Lenger opp i vassdraget, på Ullensvang statsallmenning, ble bestanden generelt for tett, og det ble igangsatt tynningsfiske i mange vann (Borgstrøm 2005b, Borgstrøm et al. 2010b). Men det var unntak her og. I store vann som Kvennsjøen ble det et fiske som ble betegnet som «fantastisk» over flere år (Borgstrøm 2012). Fisket i vannene i Eidfjord ble også svært godt fra 2003 og noen år fremover, uten at bestanden ble for tett (Borgstrøm 2012). Heller ikke i de andre vannene vi har statistikk fra virker det som om bestandene ble så tette at fiskerne anså det som problematisk.

5.4 Blir det tynnere bestander og dårligere fiske de nærmeste årene?

Som vist i figur 12 er det en sterkt avtagende trend i antall fisk pr garnnatt i 29 mm ved prøvefisket i Sandvatn. I perioden 2002 – 2007 ble det i snitt tatt nesten 9 fisk pr garnnatt på 29 mm. Dette er høye verdier. Normalt regner vi 5 fisk pr garnnatt på 29 mm som en rimelig god fangst. Gjennomsnittet for alle år i Sandvatn er 5,9 fisk pr garnnatt. Siden 2008 har det vært en sterk avtagende trend, og i 2012 var det svært lave fangster (se tabell 2).

Når det er en dårlig ettervekst av nye årsklasser inn i fangbar størrelse vil vi se dette i fangststatistikkene som en avtagende trend i antall fisk pr garnnatt etter som den fangbare bestanden blir tynnere. Samtidig øker gjennomsnittsvekten fordi den fisken som er igjen i fangbar størrelse vokser og blir større. Denne trenden er meget klar for vannene i nedre Kvennadalen, og at etterveksten er dårlig kan vi se av utviklingen på 29 mm, 35 mm og 39 mm for vannene samlet (Vollevatn, Briskevatn, Gunleiksbuvatn og Sandvatn). Fangstene på 29 mm var lave i samtlige vann og på nivå med 35 mm. Det er derfor lite fisk som vil vokse seg inn i 35 og 39 mm de første par årene. Og også på 26 mm og 21 mm har det vært små fangster de senere årene. Vi fikk mye fisk på 21 mm i 2010. 51 % av disse var 2006-årsklassen. I 2012 kom den inn i det ordinære fisket og utgjorde 41 % av fangsten dette året. Men selv om 2006 nå er viktigste årsklasse er bestanden totalt sett tynn. Det er mulig at 2009-årsklassen er noe sterkere enn normalt, men det blir noen år før denne kommer inn i fangst. Alt peker derfor mot noen magre år i nedre Kvennadalen, i alle fall de nærmeste fire – fem årene.

På Ullensvang statsallmenning viser en del undersøkelser at 1997-årsklassen nå er ute eller sterkt på hell (Borgstrøm et al. 2010b, Borgstrøm 2012). Fra 2010 rapporteres det om klare forbedringer i

kvalitet og størrelse i mange vann (Borgstrøm 2012). Dette forklares med en kombinasjon av større beskatning og flere år med mindre årsklasser. Skjoldkreps er en god indikasjon på bestandstettheten. I bl.a. Kollsvatn har skjoldkrepsen vært svært viktig som næring både i 2010 og 2011 (Borgstrøm 2012). Vi kjenner ikke til hvor sterkt 2002- og 2006-årsklassene bidrar i fisket nå, men så langt er det ikke rapportert om andre nye sterke årsklasser. Tynningsfisket i 2005-2008 har antagelig også redusert 2002-årsklassen. Mye tyder derfor på at det utvikler seg mot tynnere bestander også i øvre deler av Kvenna. Briskevatn er det vannet i nedre Kvennadalen som antagelig vil holde seg best på grunn av et mindre aktivt fiske her. Dette kan også være tilfellet i øvre Kvenna. I tillegg til at det antagelig er et noe svakere fiske her, er også vanntemperaturene lavere, og det er derfor rimelig å vente en forsinket effekt her (jfr Sømme 1934c).

I Bjornesfjorden er trenden meget klar. I 2012 ble det registret det laveste antall fisk siden 1961, og sjelden har fisken vært større (Odd Enerstvedt, pers.medd.). I tillegg var det lite småfisk å se på de grovmaskede garna, noe som er vanlig om det er en del småfisk i sjøen. Det er flere som har rapportert om en del småfisk på Lågaros-øsen, noe som muligens kan være 2009-årsklassen (Øystein Nord, pers.medd., Joar Brukvangen, pers.medd.).

For vannene i Eidsfjord statsallmenning ser vi en tendens til samme utvikling som i Bjornesfjorden. Spesielt klart synes dette å være i Langavatnet og Tinnhølen.

I Langesjøen kan det også se ut som om det nå er tynnere enn på lenge, men her rapporteres det om en del fisk i småmaskete garn som eierne benytter for å overvåke bestandsforholdene (Vilhelm Haavardsrud, pers.medd.).

For Geitvatnet fikk vi også et tydelig utslag av 1997-årsklassen, men utviklingen siden er mer uklar. Muligens er det en sterk 2006-årsklasse som kom inn med høyt utbytte på garna i 2012. Imidlertid er det stor usikkerhet rundt garnbruken. Eierne av vannet mener det er godt med småfisk. Dette stemmer for så vidt med erfaringene fra tidligere tider – det var «drag av fisk» til vannet (Dahl 1943).

Som vi har sett er det mye som tyder på at det er de samme værforholdene som i stort regulerer oppkomsten av sterke årsklasser vidda over, men styrken kan selvfølgelig variere. Effekten er antagelig sterkest i øvre deler av vassdragene, og aller sterkest i endevannene. Tilsvarende vil vi her få sterkere utslag i år med værforhold som gir svake årsklasser. Eksempelvis kan vi nevne Skavatn og Krokavatn i Sledalen hvor rekrutteringen helt kan utebli.

Temperaturforholdene og vekstsesongens lengde har vært lite optimale i mange av sesongene på 2000-tallet. Det reduserer tilveksten, og sterkest gir dette seg utslag i vassdrag som Kvenna spesielt i år med smeltevannseffekt utover sommeren. Mye tyder på at vi derfor står overfor magrere år i den nærmeste fremtiden.

5.5 Forvaltningsmessige konsekvenser

”Ingen andre steder i verden finnes et tilsvarende antall lokaliteter der ørret er enerådende innenfor et tilsvarende areal som Hardangervidda” (Borgstrøm 2001a). Dette bør være en erkjennelse som forplikter, for Hardangervidda har mange ulike kvaliteter som det er vel verdt å ta vare på. Ørretfiske på Hardangervidda står i en særstilling for et stort antall mennesker, både for menneskene i bygdene rundt Vidda som næring og rekreasjon, men også for store deler av friluftinteresserte folk ellers i Norge. Dessuten er Hardangervidda vår største nasjonalpark, og en god forvaltning av fiskeressursene bør være en selvfølge.

Fisket på vidda er derfor omhandlet i ulike offentlige utredninger og planer langt tilbake i tid. Fjeldbeitekomiteen i 1911 var første gang fisket ble omhandlet og gjort til gjenstand for offentlig planlegging. Her hadde Huitfeldt-Kaas (1911) et lengre innlegg om sine studier av forholdene på

vidda. Fisket som næring hadde her en sentral plass, men også fiske som bortleie til sportsfiske ble viet bred oppmerksomhet.

I den store offentlige utredningen i 1974 om etableringen av en eventuell nasjonalpark ble fisket viet stor plass (NOU 1974). Selv om det er mange interessante forslag utmerker utredningen seg først og fremst med sin manglende detaljkunnskap om forholdene rundt fiske.

Etter at nasjonalparken var etablert tok det lang tid før det ble utarbeidet en forvaltningsplan (Fylkesmennene i Telemark, Buskerud og Hordaland 1999). Planen eller planskissen fra 1999 som den ble kalt, er nokså knapp om fisket, men slår fast som prinsipp at det skal være et næringsbasert fiske som skal ha fortrinn. Altså ikke ulikt planen fra 1911. I den gjeldende forvaltningsplanen fra 2003 (Direktoratet for Naturforvaltning 2003) er fisket knapt nok nevnt, verken som ressurs eller som utfordring for forvaltningen.

Naturmangfoldloven har som prinsipp at forvaltningen skal være mest mulig kunnskapsbasert. Vi vil derfor ta tak i noen punkter som vi mener bør stå sentralt for at denne svært viktige ressursen skal forvaltes på en bærekraftig måte.

Hvor stor er ressursen? Det har i flere sammenhenger vært lansert tall som er mer eller mindre godt begrunnet. I NOU 1974 er Hardangervidda delt inn i ulike produksjonsområder med ulikt produksjonspotensial. Dette er oppskalert i henhold til vannarealet og gir en potensiell avkastning på 250 tonn. Borgstrøm (2001a) nedskalere dette noe til et nivå på 200 tonn, dvs. 2,8 kg/ha i gjennomsnitt. Vi har samlet opplysninger om avkastning fra 70 ulike innsjøer og det var 72 % av vannene som bare gir 2,0 kg/ha eller mindre (Fig.32). Bare 12 % av vannene gir mer enn 3,0 kg/ha. Det er derfor all grunn til å være mer forsiktig i estimatene av ressursens størrelse, og også mengden som angitt av Borgstrøm (2001a) må antagelig nedjusteres betydelig. Ressursens størrelse er av betydning, og dette bør gjennomgås i mer detalj og med et bedre kunnskapsgrunnlag.

Lengre, sammenhengende statistikker er av stor betydning i mange sammenhenger (riktigere forvaltning, overvåking, forklaringsmodeller for endringer over tid, etc.). Det foreligger lange serier for en del innsjøer. Det bør etableres et nettverk av lokaliteter som samarbeider om et felles opplegg for en mer enhetlig innsamling, innhold og analyse.

Hvor viktig er fisket som næring? Til nå har det vært fokus på ørretfisket som næring, og dispensasjon for landing med sjøfly/helikopter må eksempelvis begrunnes med dette. Likevel er det en nokså klar trend til at det stadig legges bedre til rette for at næringsbegrepet også innebefattet utleie til fiske. Gamle tradisjonsrike fiskerier som Langesjøfisket har i noen år nå kombinert næringsfiske med utleie til sportsfiskere av hytte, båt og fiske. De ulike fjellstyrer tilrettelegger også langt bedre enn tidligere for et fiske som ikke bare er forbeholdt innenbygdsboende som driver garnfiske. Dette kan være hytte- og båtutleie i tillegg til fiske. Utviklingen fra høstingsfiske til et rekreasjonsfiske er en klar trend i tiden. Dette er for eksempel lagt til grunn i driftsplan for Ullensvang statsallmenning for 2012-2015 (Borgstrøm 2012). Der heter det blant annet: her vil nok sportsfiskarar og husbehovsfiskarar kanskje skilja seg i to kategoriar, der mange stongfiskarar i fyrste rekkje er ute etter stor fisk, medan dei som fiskar med garn vil óg ha som krav at fangst pr innsatseining må vera akseptabel". Det er godt i samsvar med fiskerne til Laagefjeld AS i Kvennadalen. Her ønsker alle kategorier godt utbytte (antall fisk pr time på oter og stang eller antall fisk pr garnatt), samtidig som det skal være gode muligheter for å få stor fisk og fisk av god kvalitet.

Hva er den største forvaltningsmessige utfordringen? Vannforskriften forplikter oss til at vannforekomstene skal ha god økologisk status, et begrep som ikke alltid er like lett å definere. Men vi kan kanskje lettere si hva det ikke er f.eks et ørretvann med mye ørekyte, et overbefolket vann med fisk av svært dårlig kvalitet, et vann med sviktende rekruttering. Eksemplene kan være flere. Vi skal i denne sammenheng ikke fokusere på ørekyteproblematikken, men den bør få langt større

oppmerksomhet enn til nå for Hardangerviddas sårbare vann. Vi har i denne rapporten lagt til grunn en enkel økologisk balanse for å definere begrepet. Siden marflo og skjoldkreps er fundamentale arter for ørretvannenes unike verdi mener vi at en fiskebestand som utnytter disse som næring optimalt har en god økologisk status. For Sandvatn kunne vi se at uttaket i 2006 var stort nok til at det på ny var etablert en god status hvor skjoldkreps og marflo igjen var tilstede.

I en sårbar høyfjellsnatur som på Hardangervidda bør implikasjoner for økosystemet som følge av klimaendringer stå sentralt i henhold til Vannforskriftens krav om god økologisk status, men også for lokal forvaltning av ressursene. Den store utfordringen vil neppe være økt vinternedbør og varmere somrer, men mer de hyppige ekstremvær situasjonene vi må regne med. Bare i den korte perioden vi har studert Sandvatn har vi gått fra ett ytterpunkt med sterk overbefolkning til den motsatte situasjon med svært tynn bestand. Og dette bare i løpet av 12 vekstsesonger.

Praktiske løsninger kan være utfisking i en tid med overbefolkning som forsøkt i Ullensvang statsallmenning (Borgstrøm 2005b, Borgstrøm et al, 2010b), og utsetting av fisk i tider med dårlig rekruttering. Prinsipielt bør utsetting av fisk begrenses i størst mulig grad på Hardangervidda. Utfisking av småmaska garn som forsøkt i Ullensvang statsallmenning var lite effektivt da det ble fisket på svake årsklasser som kom etter 1997-årsklassen. Dette ga middels til små fangster på de finmaska garna (Borgstrøm 2005b). Som et alternativ foreslår vi en årsklassebasert forvaltning som primært beskatter de sterke årsklassene. Som vist for Sandvatn vil det bare være spesielt sterke årsklasser slik som 1997-årsklassen som gir uønskete høye tettheter. Det var en overkommelig sak å redusere bestanden til ønsket nivå. Det viste seg at ett enkelt lag i løpet av én ukes fiske i 2006 høstet hele 26 % av det som 1997-årsklassen bidro med totalt i fisket i perioden 2005-12. Dette ville vært nok til å gjenopprette en kvalitativt god bestand. Mange av vannene i Ullensvang statsallmenning er av samme størrelse som Sandvatn og en vesentlig reduksjon som i Sandvatn burde være overkommelig.

Årsklassebasert forvaltning er adoptert som et prinsipp i fiskeforvaltningen for Øvre Numedal statsallmenning (Hans-Jørgen Jahren, pers. medd.). Til nå har det vært problematisk å følge dette prinsippet, da det forutsetter oppdatert kunnskap om faktorer som påvirker fisket. Vi har vist at det er en god samvariasjon i ulike innsjøer vidda over, og det er følgelig de samme klimatiske forholdene som bidrar til variasjonene i årsklassestyrke. Kombinert med prøvefiske i noen utvalgte lokaliteter i ulike delområder som er mest mulig like, vil forholdsvis enkelt kunne forutsi rekrutteringen.

Det harde fisket i Sandvatn fortsatte også i 2007 og 2008, og etter 2008 var 1997-årsklassen i praksis fisket ut. Dette er en økonomisk og effektiv strategi i rene fiskerier som i Langesjøen og i Bjornesfjorden. Her ble 1997-årsklassen for det meste høstet i løpet 2003 og 2004. Men i vann med mange brukere, og hvor rekreasjon også er en viktig del av utnyttelsen, er dette en ufornuftig strategi. Denne årsklassen kunne vært til glede for flere fiskere over flere år. 1992-årsklassen i Sandvatn er et godt eksempel på dette. Driftsplanen for Ullensvang statsallmenning gir en god oppsummering av dette prinsippet: "Kanskje kan det vera tilstrekkelig med eitt godt rekrutteringsår ein gong kvart tiande år eller så for å oppretthalda ein bestand, så lenge beskatninga er låg. Dessutan vil ein årsklasse kunna gje tilskot til fisket i opptil eit par tiår, om det ikkje vert eit omfattande garnfiske." (Borgstrøm 2012).

5.6 Hvordan bør fiskebestander på Hardangervidda overvåkes?

- Utsetting av temperaturloggere slik at temperaturprofiler, varmebudsjett og antall døgngrader for produksjonssesongene kan registreres i utvalgte lokaliteter som har tilstrekkelig overføringsverdi til andre lokaliteter.
- Utvalgte lokaliteter bør følges årlig med undersøkelser av fisk og ernæring som i Sandvatn (volum % og frekvens % av viktige næringsdyr samt magefylling)
- Standardisert opplegg for fangststatistikker i utvalgte lokaliteter
- Overvåke færre lokaliteter oftere

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., og Vinebrooke, R. D. 2005. Effects of warming on bentic communities in boreal lake: Implications of climatic change. Limnol. Oceanogr. 50: 1377 – 1392.
- Benson, B.J., Lenters, J.D., and Mangnuson, 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. 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, Ambjørgsvatn 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 ørretyngel 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.
- Elliot, 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 Hardangerviddan. 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.

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 Hoprdaleng: Fiskeundersøkelser i regulerte innsjøer og vassdrag i Hordaland, juli 2002-april 2003. Fylkesmannen i Hordaland, miljøvernavdelingen. 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.

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. Fiskeundersøkelser i Kvennadalen 2012. Rapport utarbeidet for Laagefjeld AS, 19 s.
- 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
- 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 undersøkinger 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