

HydroFish-prosjektet

Resultater fra undersøkelsene i 2008



Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 23 24 95

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel HydroFish-prosjektet Resultater fra undersøkelsene i 2008	Løpenr. (for bestilling) 5793-2009	Dato 23. mai 2009
	Prosjektnr. Undernr. 27233	Sider Pris 28
Forfatter(e) Sigurd Rognerud (NIVA) Eirik Fjeld (NIVA) Atle Rustadbakken (NIVA) Tore Qvenild, FM-Hedmark	Fagområde limnologi	Distribusjon
	Geografisk område Vinje, Tinn, Nore og Uvdal kommuner	Trykket Copycat

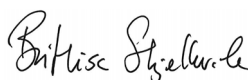
Oppdragsgiver(e) EBL-Kompetanse, Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Direktoratet for Naturforvaltning (DN)	Oppdragsreferanse Jon Arne Eie Geir Taugbøl, Steinar Sandøy
---	--

HydroFish er et tre-årig FOU-prosjekt som benytter en kombinasjon av nye og vel etablerte metoder for analyser av næringskjeder og fisk i uregulerte referansesjøer og kraftverksmagasiner. Prosjektet har kjernevirksomheten i fjellsjøer i kommunene Vinje, Tinn og Nore og Uvdal. Det var en nær sammenheng mellom fiskens årsspesifikke vekst og vanntemperatur sommerstid i referansesjøene Fjellsjøen og Sandvatn, mens endringer i bestandstetthet som følge av et intensivt fiske var viktigst i Dargesjøen. I de regulerte innsjøene Mår, Kalhovdfjorden og Sønstevatn var det ingen sammenheng mellom vanntemperatur og vekst. Andre forhold som hvor raskt magasinet fylles og vannstanden sommerstid er viktigere. Sønstevatn er regulert 31m, men magasinet består også av Mevatn og Sjugurdstjønn ved HRV (høyeste regulerte vannstand), men disse er mindre regulert og fungerer som refugier for blant annet skjoldkreps.

Fire norske emneord 1. Fjellsjøer 2. Fiskeundersøkelser 3. Kraftverksmagasin 4. Næringskjeder	Fire engelske emneord 1. Mountain lakes 2. Fish surveys 3. Hydroelectric reservoirs 4. Food webs
---	--



Sigurd Rognerud
Prosjektleder



Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsleder



Jarle Nygard
Fag- og markedsdirektør

HydroFish-prosjektet

Resultater for undersøkelsene i 2008

Forord

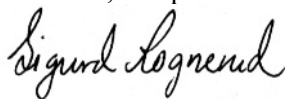
Denne rapporten er den andre årsrapporten for HydroFish prosjektet, som er et samarbeid mellom NIVA og laboratorium for ferskvannsøkologi og innlandsfiske (LFI). Prosjektet er et treårig FOU-prosjekt som skal benytte en kombinasjon av nye og vel etablerte metoder for analyser av næringskjeder og fisk i regulerte og uregulerte magasiner. Hensikten er å skaffe økt kunnskap om fiskebestander i regulerte innsjøer til bruk i forvaltning av disse ressursene. Viktigst i denne sammenheng er en bedre forståelse av hvordan naturlig rekruttering, tilvekst og tetthet av fisk og produksjon av viktige næringsdyr påvirkes av klimatiske forhold, reguleringshøyder og vannstandsvariasjoner over året. Målet er å identifisere kritiske faktorer for fiskeproduksjon som grunnlag for best mulig forvaltning av fiskebestandene, slik at et best mulig fiske kan utøves i magasiner som primært skal benyttes til El-produksjon.

NIVAs del av prosjektet er en utvidelse av Hardangervidda-prosjektet som startet i 2000 og som i all hovedsak var finansiert av Direktoratet for Naturforvaltning (DN), EBL-Kompetanse og NIVA. Hardangervidda-prosjektet fokuserte på klimavariasjoners betydning for fiske og forvaltning av ørretbestandene i uregulerte innsjøer på Hardangervidda. Utvidelsen besto i fiskeundersøkelser av regulerte innsjøer i utkanten av Hardangervidda. Det er publisert seks årsrapporter fra disse undersøkelsene.

I 2008 har NIVA undersøkt 3 regulerte innsjøer på østsiden av Hardangervidda (Mårvatn, Kalhovdmagasinet og Sønstevatn) og 3 uregulerte (referansesjøer) sentralt på Hardangervidda (Sandvatn, Dargesjøen og Fjellsjøen). Prosjektet er finansiert av EBL-kompetanse, NVE og DN. NIVA bidrar også med egne forskningsmidler. Styringsgruppen i prosjektet har bestått av Arne Erlandsen (formann), Sjur Gammelsrud (Statkraft), Geir Taugbøl (EBL), Jon Arne Eie (NVE), Steinar Sandøy (DN), Sigurd Rognerud (NIVA) og Åge Brabrand (LFI).

NIVAs feltarbeid i 2008 ble gjennomført av Sigurd Rognerud, Eirik Fjeld, Atle Rustadbakken og Tore Qvenild (FM-Hedmark). Tilsynsutvalet i Telemark for verneområda på Hardangervidda har gitt de nødvendige landingsløyver for sjøfly. Mårfjell sameige og IS Laagefjeld har stilt hytter til disposisjon og gitt fiskeløyver. Stein Lier Hansen har vært behjelpelig med logistikk og lokalkunnskap rundt undersøkelsene på Dargesjøen. Alle takkes for et godt samarbeid og at det har vært mulig å gjennomføre undersøkelsen.

Ottestad, 23.april 2009



Sigurd Rognerud

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	7
2. Metoder	9
2.1 Værdata	9
2.2 Temperaturloggere	9
2.3 Fiskeundersøkelsene	9
3. Resultater	11
3.1 Værdata	11
3.2 Snødata	11
3.3 Temperatur i innsjøene	14
3.3.1 Vanntemperatur i Sandvatn og Dargesjøen 2003-2008.	14
3.4 Fiskeundersøkelsene	15
3.4.1 Fangstdata og aldersfordeling	15
3.4.2 Aldersspesifikk vekst	16
3.4.3 Årsspesifikk vekst	17
3.4.4 Tidstrender i fiskens ernæring i Sandvatn	19
3.4.5 Fiskens ernæring i alle de undersøkte innsjøene	20
3.4.6 Mår – skjoldkreps og magasinnylling	21
4. Kunnskapstatus og veien videre	22
4.1 Kunnskapstatus i prosjektet	22
4.2 Fiskens vekst	24
4.3 Videre arbeid	24
5. Referanser	25
6. Vedlegg	27

Sammenheng

HydroFish er et tre-årig FOU-prosjekt som benytter en kombinasjon av vel etablerte og nye metoder for analyser av næringskjeder og fisk i regulerte og uregulerte fjellsjøer. Hensikten er å skaffe økt kunnskap om fiskebestander i regulerte innsjøer til bruk i forvaltning av disse ressursene. Viktigst i denne sammenheng er en bedre forståelse av hvordan naturlig rekruttering, tilvekst og tetthet av fisk og produksjon av viktige næringsdyr påvirkes av klimatiske forhold, reguleringshøyder og vannstandsvariasjoner over året. Målet er å identifisere kritiske faktorer for fiskeproduksjon slik at et best mulig fiske kan utøves i magasiner som primært skal benyttes til EI-produksjon. Prosjektet har sin kjernevirksomhet i fjellsjøer i Tinn og Vinje kommuner. Betydningen av bestandstetthet og årlige variasjoner i vanntemperaturer for produksjon av næringsdyr, fiskens årsspesifikke vekst og kondisjon er studert i tre uregulerte innsjøer på sentrale deler av Hardangervidda over flere år, mens effekten av dette i tillegg til reguleringer er studert i magasiner i utkanten av Hardangervidda.

I referansesjøene Fjellsjøen og Sandvatn har det vært en god sammenheng mellom vanntemperaturene sommerstid og ørretens årlige tilvekst de siste 6 årene. Veksten var best i Fjellsjøen, som har tynneste bestand, og dårligst i Sandvatn som har tetteste bestand. I Dargesjøen var årsspesifikk vekst mer påvirket av redusert bestandstetthet av særlig større fisk, som følge av et intensivt fiske, enn temperaturen. I de regulerte innsjøene Mår, Sønstevatn og Kalhovdfjorden i Gøystvatnet var det ingen sammenheng mellom årsspesifikk vekst og middeltemperatur. I disse magasinene var veksten mer styrt av forhold knyttet til magasinutfyllingen, vannstandsvariasjoner og reguleringshøyden gjennom den virkning dette har på tilgangen av krepsdyr som er sentral næring for fisken utover sommeren og høsten.

Alle innsjøene har vært preget av den sterke 1997-årsklassen i hele undersøkelsesperioden. I Sandvatn har sentrale krepsdyr som skjoldkreps og marflo i praksis vært fraværende i perioden 2003 -2007, vesentlig på grunn av predasjon denne fra denne dominerende årsklassen. I denne perioden var fisken slank og småfallen og blant krepsdyrene var det i all hovedsak linsekreps som var tilgjengelig som mat. I denne perioden var ikke situasjonen i Sandvatn vesentlig forskjellig fra magasinet Mår som er regulert 21 m. I Mår var også 1997-årsklassen dominerende og linsekreps var eneste krepsdyr som betydde noe i dietten utover sommeren og høsten. Dette viser at i naturlige innsjøer og magasin med god rekruttering kan sterke årsklasser føre til tette fiskebestander, redusert vekst og dårlig kvalitet. Videre at dette kan skje synkront over et større område på Hardangervidda. Klimatiske forhold ofte er en viktig faktor når sterke årsklasser oppstår.

Temperaturen på forsommeren er kritisk for utviklingen av bestanden av krepsdyr som skjoldkreps og linsekreps. En lengre utviklingstid fram til kjønnsmodning innebærer en risiko for større tap på grunn av fiskepredasjon, og seinere kjønnsmodning vil også bety færre generasjoner før høsten setter inn. Resultatet kan bli at det legges færre hvilegg og grunnlaget blir dårlig for neste års bestand. I overensstemmelse med dette var andelen linsekreps i fiskens mageinnhold i Sandvatn lavest i 2005 og 2007 da kaldt smeltevann satte sitt preg på temperaturen i Sandvatn på forsommeren. Temperaturen var betydelig lavere enn i nærliggende Dargesjøen som ikke var preget av smeltevann i disse årene. Det er derfor klart at ved lavere temperatur er det ikke bare fiskens vekst som er lavere enn optimalt, men dårlig vekst av sentrale krepsdyr som linsekreps vil også medvirke til en dårligere vekst

I Mår har vi indikasjoner på at i år med høy vintervannstand og rask oppfylling til HRV (høyeste regulerte vannstand) i mai har skjoldkreps vært hyppigere registrert i fiskemager, enn i andre år med større nedtapping vinterstid og senere fylling etter isgang. I tillegg bidrar en tett fiskebestand til at skjoldkrepsbestanden er tynn. I Sønstevatn har skjoldkreps fortsatt betydning som fiskeføde til tross for at det opprinnelige Sønstevatnet er regulert 31m. En mulig grunn til disse forskjellene er at Sønstevatn omfattes også av Mevatn og Sjugurdstjørn ved HRV. Disse sistnevnte har mindre regulering hhv 20 og 8 m. Det er mulig at disse områdene fungerer som refugier for skjoldkrepsen.

1. Innledning

HydroFish er et tre-årig FOU-prosjekt (2008 -2010) som skal benytte en kombinasjon av vel etablerte og nye metoder for analyser av næringskjeder og fisk i regulerte magasiner. Det er en forlengelse og utvidelse av Hardangerviddaprojektet (2000 -2007) som var fokusert på klimaendringenes betydning for fiskebestandene på Hardangervidda, også i et historisk perspektiv. Hensikten med HydroFish prosjektet er å skaffe økt kunnskap om fiskebestander i regulerte innsjøer til bruk i forvaltning av disse ressursene. Viktigste i denne sammenheng er en bedre forståelse av hvordan naturlig rekruttering, tilvekst og tetthet av fisk og produksjon av viktige næringsdyr påvirkes av klimatiske forhold, reguleringshøyder og vannstandsvariasjoner over året. Målet er å identifisere kritiske faktorer for fiskeproduksjon slik at et best mulig fiske kan utøves i magasiner som primært skal benyttes til EI-produksjon. I denne sammenheng er det også viktig å ha et sett med referansesjøer som ikke er regulert. Dette for å dokumentere effekter av overordnede faktorer som variasjoner i klima har for fiskebestandene i på den østlige delen av Hardangervidda.

I denne rapporten vises resultatene av fisk- og næringsdyrundersøkelser i Sandvatn, Fjellsjøen og Dargesjøen som er uregulerte innsjøer (referansesjøer) på Hardangervidda, og i Mår, Sønstevatn og Kalhovdfjorden i Gøystmagasinet som er regulerte innsjøer i ytterkanten av Hardangervidda (Fig.1). Valget av innsjøer og magasin er gjort på en slik måte at de skal dekke et spekter av variable som bestandstetthet, reguleringshøyder og naturlig rekruttering. Referansesjøene ligger relativt nær hverandre i et område hvor temperaturen i vekstsesongen i utgangspunktet vil være relativt lik (Rognerud *et al.* 2007). Dargesjøen og Fjellsjøen har imidlertid mindre nedbørfelt og langt mindre snømengder enn Sandvatn som ligger i Kvennas nedbørfelt. Dette betyr at de store snømengdene som enkelte år finnes øvre deler av Kvennas nedbørfelt senker vanntemperaturen i store deler av sommerperioden. På den måten kan effekten av klimarelaterte variable som økt vinternebb studeres i Sandvatn med Dargesjøen som referanse. Dargesjøen og Sandvatn har god rekruttering og tette bestander, mens Fjellsjøen har lav rekruttering og tynnere bestand. Betydningen av temperatur og bestandstetthet for fiskens årsspesifikke vekst kan derfor studeres i disse tre referansesjøene.

Magasinene Mår, Kalhovdfjorden og Sønstevatn har ulike reguleringshøyder henholdsvis 21 m, 12 m og 31m. Kalhovdfjordens regulering er ikke større enn at marflo fortsatt finnes, mens denne har forsvunnet i Mår. Skjoldkreps er til stede i alle tre magasin, men bestanden er svært tynn i Mår og noe bedre Kalhovdfjorden. Selv om Sønstevatn er regulert 31m så omfattes magasinet også av Mevatn og Sjugurdstjørn ved HRV (høyeste regulerte vannstand). Disse sistnevnte har langt mindre regulering henholdsvis 20 m og 8 m (Tysse og Garnås 1992). Det er mulig at disse områdene fungerer som refugier for skjoldkrepsen. Tysse og Garnås rapporterer da også at fisken i Mevatn var større enn i de andre delene av magasinet.

På bakgrunn av data fra referansesjøene kan effekter av klimatiske faktorer og bestandstetthet for fiskens vekst og kvalitet i denne regionen dokumenteres samtidig med at situasjonen i magasinene studeres. Med bakgrunn i forskjeller i HRV og LRV samt hvordan magasinene manøvreres er målsetningen å kunne dokumentere effektene av disse inngrepene på fiskebestander og næringsdyr. Spesielt interessant vil det være om gjenstående vannspeil i magasiner, slik som i Sønstevatn, kan fungere som refugier for krepsdyr som skjoldkreps som er viktig føde for fisken på sensommeren og høsten.



Figur 1. Beliggenheten av de undersøkte innsjøene i Vinje, Tinn, Nore og Uvdal kommuner. Innsjøer merket mørkeblått er regulerte innsjøer. I 2008 ble fiskebestander undersøkt i "referansesjøene" Sandvatn, Dargesjøen og Fjellsjøen i Kvennavassdraget og i de regulerte innsjøene, Mår, Kalhovdfjorden (i Gøystvatnet) og Sønstevatn. Kartgrunnlag: nve no

2. Metoder

2.1 Værdata

Temperaturforholdene på sentrale deler av Hardangervidda ble i 2005 kalibrert ved hjelp av en værstasjon som ble satt opp ved Dargesjøen og sammenlignet med målinger ved Geilostølen og Møsstrand meteorologiske stasjoner. Det var en svært god sammenheng mellom variasjonene av lufttemperaturer (døgnmidler) ved de tre målestasjonene. Forskjellene var i snitt 0,8 °C pr. 100 m høydeforskjell (Rognerud *et al.* 2006). Geilostølen (810 moh.) har til nå vært benyttet som referanse for temperaturforholdene på sentralvidda over tid, men denne stasjonen ble nedlagt i 2005. Ved beregninger av middeltemperaturen i produksjonssesongen i 2006 og 2007 er data fra Møsstrand (977 moh.) benyttet og justert opp med 0,27 °C for å fortsette tidsrekken ved Geilostølen. Meteorologiske data er hentet fra met.no.

Ved hjelp av en modell simuleres snømengder hver dag for hver kvadratkilometer i Norge (nve.no). Modellene beregner snøens vannekvivalenter, fritt vann i snøen og avrenning fra snøen. Vi har hentet ut slike snøkart fra dette nettstedet for fire tidspunkt hvert år i perioden 2001 til 2008.

2.2 Temperaturloggere

I referansesjøene Sandvatn, Dargesjøen og Fjellsjøen ble det satt ut et sett ut temperaturloggere som registrerte vanntemperaturen (1 m's dyp) hver time i perioden 26. juni – 28. september 2008. I tillegg ble en logger satt ut i hver sjø i 2008 med registreringer en gang om dagen. Disse ble hentet inn i juni 2008 for avlesning. Hensikten var å tidfeste islegging i 2007, isgang i 2008 og temperaturen i vinterhalvåret.

2.3 Fiskeundersøkelsene

Prøvefisket ble gjennomført ved følgende tidsperioder: Dargesjøen (26.09.08 – 27.09.08), Sandvatn (10.08.08 – 16.08.08 og 28.09.08 – 29.09.08), Mår og Kalhovdfjorden (10.10.08 – 11.10.08), Fjellsjøen (26.09.08 – 27.09.08) og Sønstevatn (24.09.08 – 25.09.08)

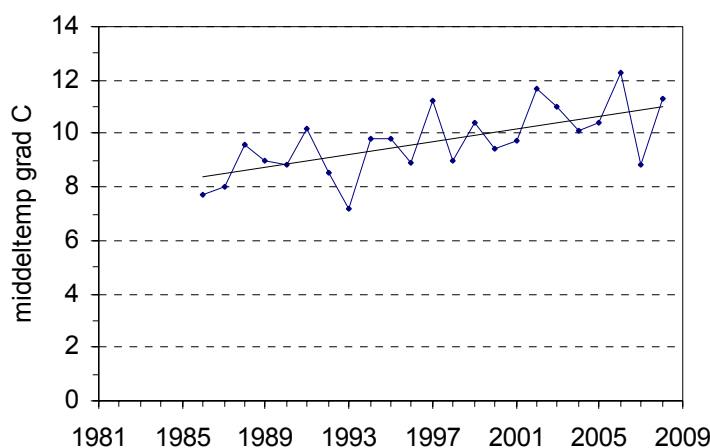
Fiskens lengde er målt fra snute til halespiss i naturlig utstrakt stilling. Vekt er angitt til nærmeste gram på elektronisk vekt. Kjønn og stadium ble bestemt etter Dahl (1917), og fiskens kjøttfarge ble registrert etter en kvalitativ skala med angivelse av hvit, lys rød eller rød kjøttfarge. Mageinnhold ble bestemt i felt. Dominerende grupper i mageinnholdet ble anslått til volumprosent av det totale. Fyllingsgraden ble angitt på en skala fra 0-5 hvor 0 er tom og 5 er utspilt mage. Fiskens kondisjonsfaktor, k-faktor, er beregnet fra formelen: $k = 100 \cdot \text{vekt(g)} / \text{lengde}^3 \text{ (cm)}$. Fisk som har k-faktor < 0,95 betegnes som slank, $0,95 < k < 1,05$ som normalt god kondisjon og k-faktor > 1,05 som feit. Alderen på fisken ble bestemt ved hjelp av otolitter (øresteiner). 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 tilbakeberegnet fra skjell ved hjelp av metode beskrevet av Dahl (1910). Metoden forutsetter en direkte lineær proporsjonalitet mellom skjellradier og fiskens lengde. Ved beregning av årsspesifikk tilvekst, er de to første leveårene ikke tatt med da direkte proporsjonalitet mellom skjellvekst og lengdevekst ikke gir et riktig resultat for ungfisk. For kjønnsmoden fisk (stadie >3) er siste års tilvekst ekskludert i beregningen på grunn av stagnasjon i veksten under kjønnsmodningen. For fisk med påvist tidligere kjønnsmodning (stadie 7) er tilvekst de to siste år ekskludert i beregningen. Tilvekst for 2008 er stipulert etter et forventet gjenværende vekstpotensialet etter prøvefisket. Det ble benyttet et tillegg på mellom 10 til 20 % avhengig av fangst dato og temperaturforhold høsten 2008. Den reelle tilveksten for 2008 vil først kunne klarlegges i undersøkelsene for 2009.

3. Resultater

3.1 Værdata

Temperaturen i månedene juli, august og september er viktige for produksjon av fisk og næringsdyr. Denne perioden er mest aktuell da isen på sentralvidda normalt går i midten av juni og legger seg i midten av oktober. Vi har tidligere vist at temperaturen sommerstid ved Geilostølen er godt korrelert til vanntemperaturene i overflatesjiktet av innsjøene på sentralvidda, selv om det er en liten tidsforsinkelse i oppvarmingsfasen og i avkjølingsfasen på grunn av vannets store varmekapasitet (Rognerud *et al.* 2003, 2005, 2006). Basert på en regresjon for gjennomsnittlig lufttemperatur i perioden juli – september (JAS) fra 1986 til 2008 har det vært en generell økning på 2,7 °C på disse 23 årene (Fig. 2). De siste 15 årene har temperaturen (JAS) vært over normalen (9,0 °C, 1961-1990) for denne perioden, med unntak av 2007 som var litt under normalen 8,8 °C (Fig.2).

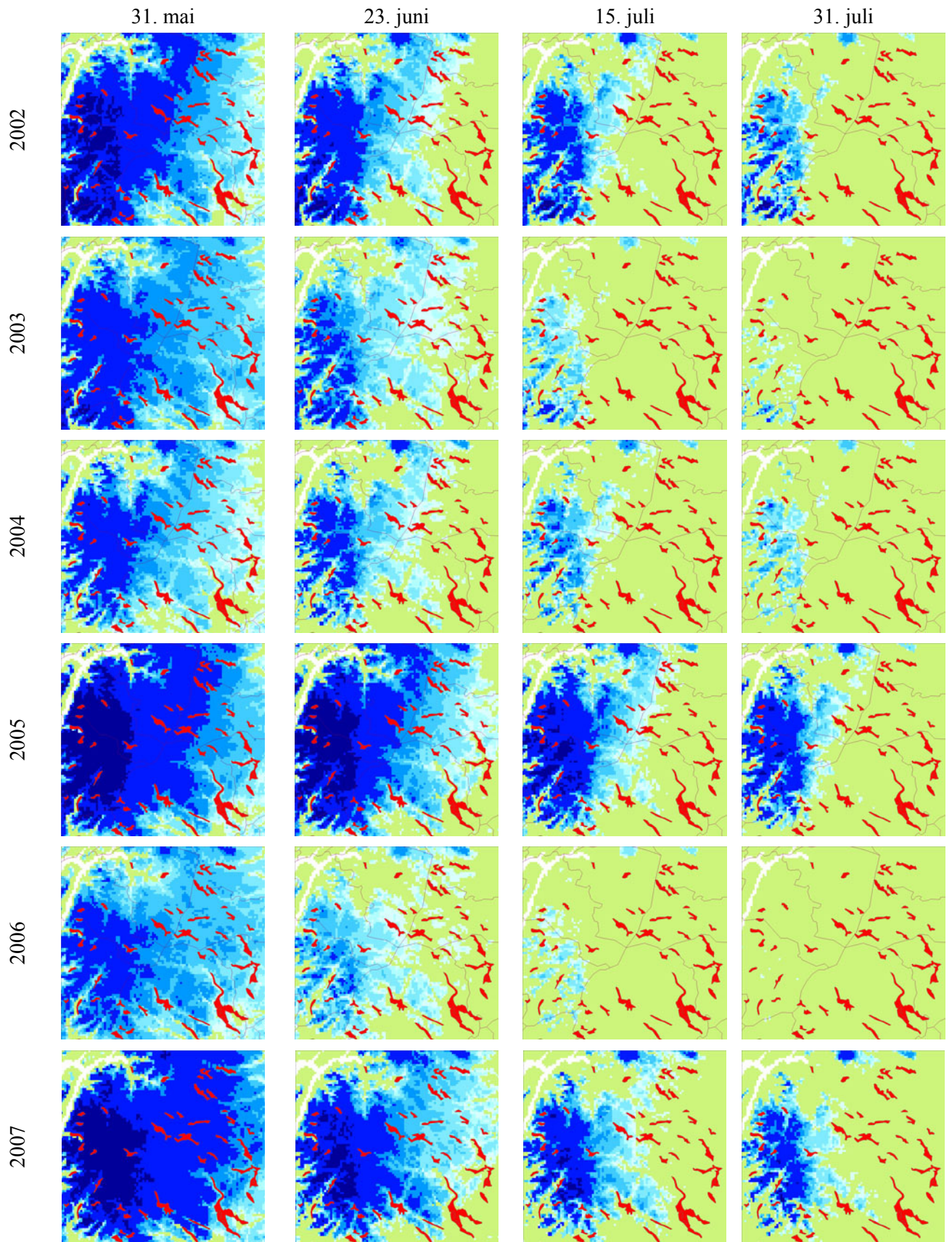


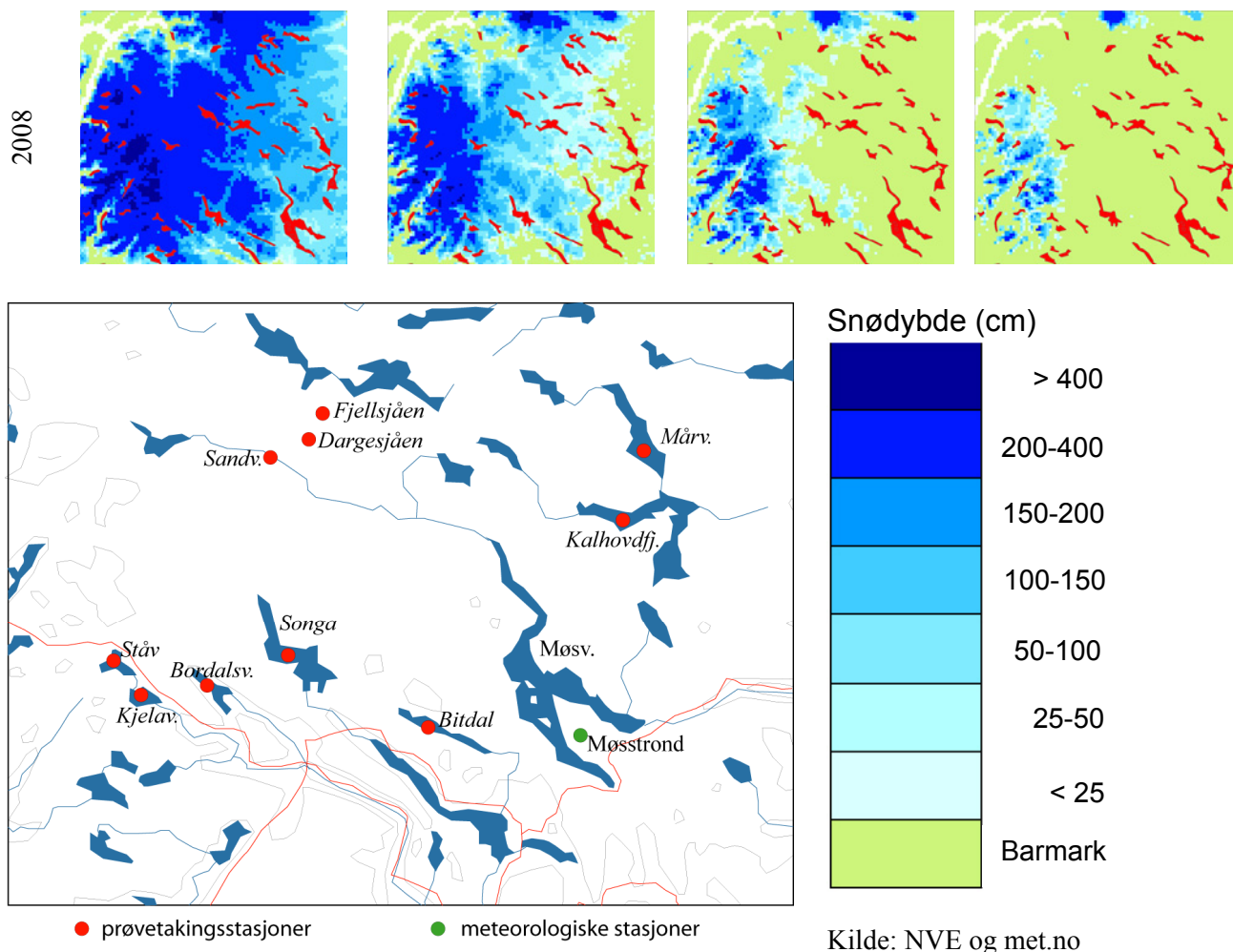
Figur 2. Middeltemperaturen ved Geilostølen meteorologiske stasjon for månedene juli, august og september i perioden 1986 til 2008. I 2006, 2007 og 2008 mangler data fra Geilostølen, men da er data hentet fra Møsstrand meteorologiske stasjon og justert opp med 0,27 °C (se metodekapitlet). Normalen for perioden 1961-1995 er 9,06 °C. Kilde met.no

Undersøkelsene av fiskens vekst i Sandvatn har frembrakt data for perioden 1999 til 2008. I denne perioden har vær-situasjonen i sommerperioden vist store variasjoner. I Norge var 2005, 2008, 2004 og 2003 henholdsvis det sjettede, 7ende, 8ende og 9ende varmeste året siden Meteorologisk Institutt startet sine målinger i 1867. Sommeren 2008 var 2,3 °C varmere enn normalt. Været på Hardangervidda er sterkt preget av været på Vestlandet. Sommeren 2008 var opp mot 2,5 °C varmere enn normalt i denne landsdelen (met.no). Selv om lufttemperaturer og vanntemperaturer i overflatelagene samvarierer etter isgang, så vil innsjøer med nedbørsfelt i høyere liggende områder med mye snø kunne preges av smeltevann utover sommeren. I 2007 var betydningen av smeltevann stor i Sandvatn som ligger i Kvenna og har et nedbørsfelt som inkluderer de snørike områdene i sydvestre deler av Hardangervidda. Derfor er en oversikt over snømengder regionalt på Hardangervidda i undersøkelsesperioden nyttig informasjon.

3.2 Snødata

Snømengden på Hardangervidda i perioden juni-august for undersøkelsesperioden er vist i Figur 3.





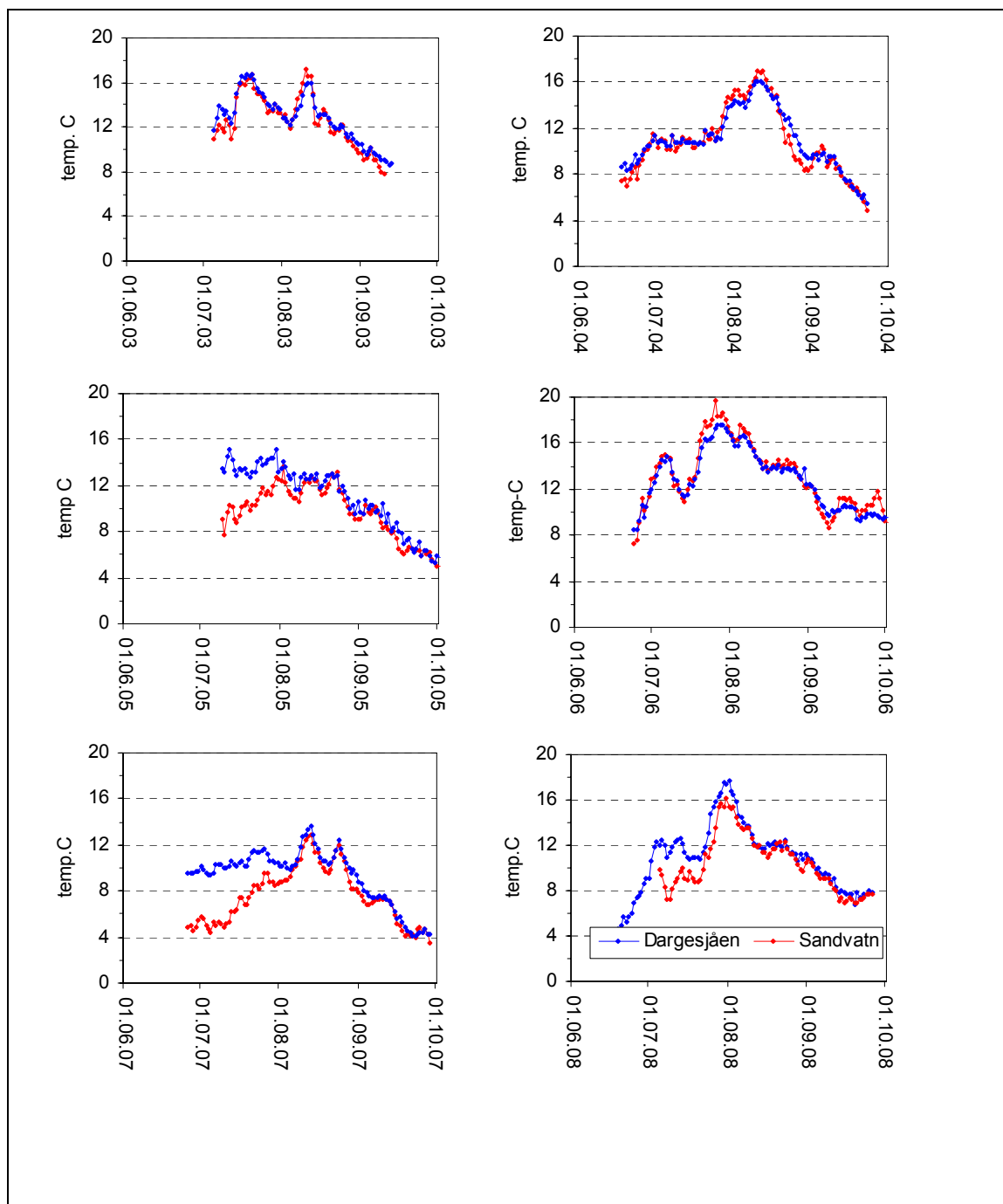
Figur 3. Snøkart for Hardangervidda for 4 tidspunkt hvert år i perioden 2002-2008 (motsatt side). Kartet er fremstilt ved hjelp av en modell som simulerer snømengder for hver kvadratkilometer på bakgrunn av bl.a. interpoleringer mellom målestasjoner (kilde: NVE og met.no). I disse kartrutene er de største innsjøene merket rødt, mens lokaliseringen av undersøkte innsjøer i rutenettet og fargeskala for ulike snødybder også er vist.

Det har vært store regionale forskjeller i snømengder på Hardangervidda de årene undersøkelsene har pågått. Det har vært en betydelig gradient med størst snømengder i vest-sydvest og minst i øst, men dette er normalt (vist i Rognerud *et al.* 2003). I 2002, 2005 og særlig i 2007 var snømengdene så betydelige at snøen flere steder ikke forsvant i løpet av høsten i de vestligste fjellområdene. Disse årene var det fortsatt mye snø i midten av juli i øvre del av nedbørsfeltet til Sandvatn og flekkvis ved Dargesjøen/Fjellsjøen. I 2003, 2004 og 2006 var det snøfritt allerede i månedsskiftet juni/juli ved Dargesjøen og Fjellsjøen og flekkvis i Sandvatns nedbørsfelt. Kvennas nedbørsfelt strekker seg langt mot sør-vest på Hardangervidda. I 2002, 2005 og spesielt i 2007 preget kaldt smeltevann temperaturen i Kvenna sommerstid også innsjøene i fra Kvennsjøen til Møsvatn (Rognerud *et al.* 2007, og denne rapporten). Nedbørsfeltene til de regulerte innsjøene (Mår, Kalhovdfjorden og Sønstevatn) var det tidligst snøfritt i begynnelsen av juni (2002, 2003, 2004, 2008) og seinest i slutten av juni (2001, 2005, 2007).

3.3 Temperatur i innsjøene

3.3.1 Vanntemperatur i Sandvatn og Dargesjøen 2003-2008.

I år med lite snø i nedbørfeltet på våren slik som i 2003, 2004 og 2006 (Fig.3) var det en god overensstemmelse mellom temperaturene i Sandvatn og Dargesjøen (Fig.4). Unntak fra dette skjedde i år med mye snø i Kvennas nedbørfelt slik som i 2005, 2007 og 2008. Særlig sterk var smeltevannseffekten i 2007 da Sandvatn hadde betydelig lavere temperaturer enn i Dargesjøen helt frem til begynnelsen av august, men også i 2008 varte den lenge om ikke så kraftig som året før.



Figur 4. Vanntemperaturer på 1m's dyp i Sandvatn og Dargesjøen i perioden 2003 til 2008.

3.4 Fiskeundersøkelsene

3.4.1 Fangstdata og aldersfordeling

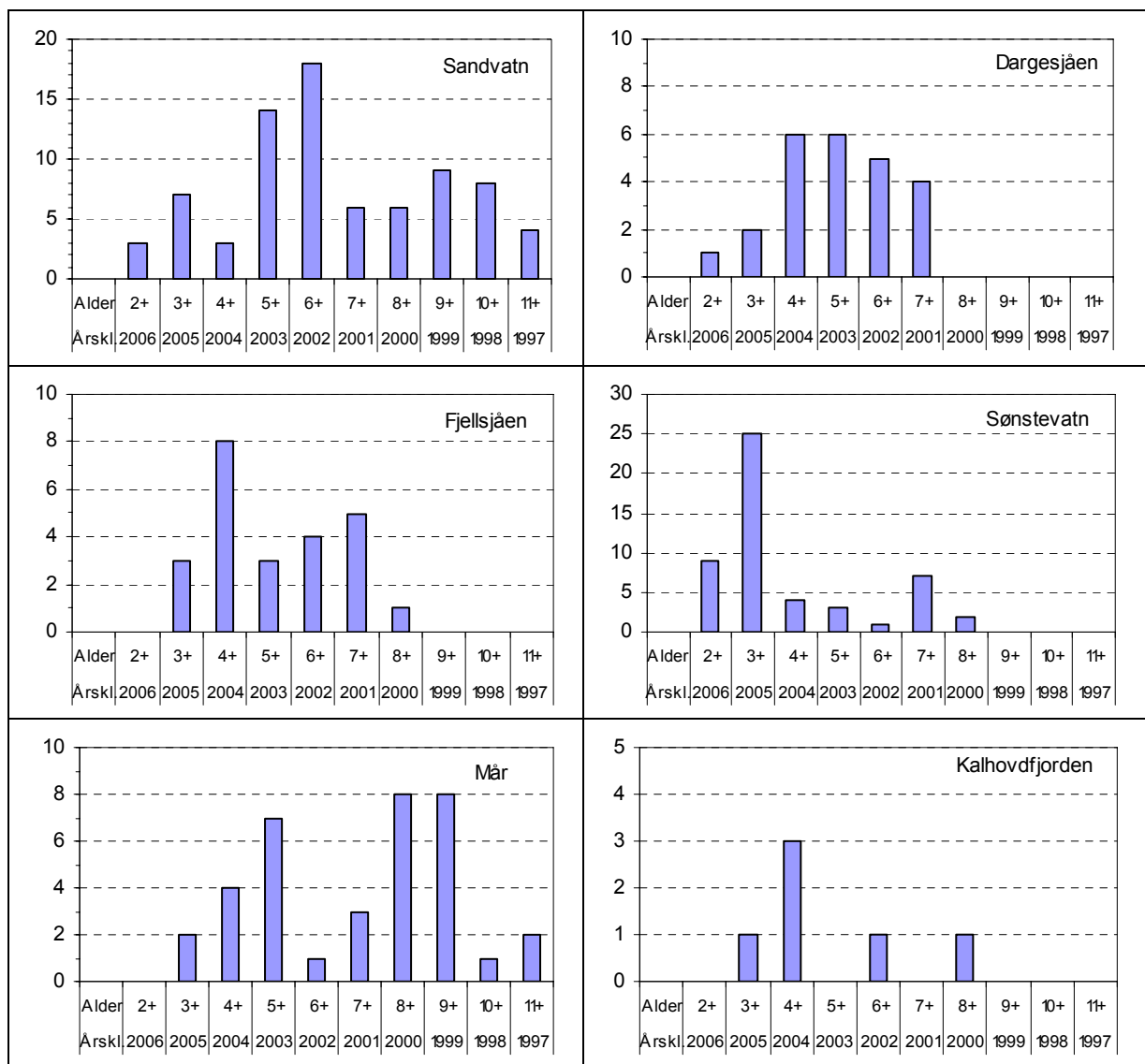
I 2008 ble det fanget og registrert 669 fisk totalt i de uregulerte sjøene Sandvatn, Dargesjøen og Fjellsjøen, samt i de regulerte sjøene Sønstevatn, Mår og Kalhovdfjorden i Gøystvatnet (Tab 1 og 2). Mår og Sandvatn skiller seg fra de andre ved at de har en tettere bestand av fisk hvor det fortsatt henger igjen en del eldre individer. Presisjonen i aldersberegningene synker imidlertid med økende alder. De gamle fiskene i materialet synes å fordele seg på flere årsklasser, men det kan tenkes at alle i aldersgruppa 9-11 år tilhører 1997-årgangen som tidligere undersøkelser har vist seg å være meget dominerende i flere av sjøene over flere år. I de andre sjøene synes denne årgangen nå å være ute (Fig.5). I Sønstevatn har det vært satt ut fisk, men utsetningene er avsluttet fra og med 2007. I fangstene fra prøvefisket var 27 % utsatt fisk. (Tab.2). I de andre innsjøene er det bare villfisk.

Tabell 1. Oversikt over fiskedata fra de ulike vann i 2008.

	Sandvatn	Dargesjøen	Fjellsjøen	Sønstevatn	Mår	Kalhovdfjorden
Minste fisk (mm)	102	132	150	140	180	193
Største fisk (mm)	385	407	507	360	320	383
Minste fisk (g)	9,5	22	35	29	55	73
Største fisk (g)	627	650	1 514	500	320	547
Snittvekt (g)	160	223	509	136	148	284
Totalt (kg)	76,0	9,3	26,5	6,9	5,6	2,6
Antall	475	44	52	51	38	9

Tabell 2. Fiskedata fra prøvefisket på Hardangervidda 2008

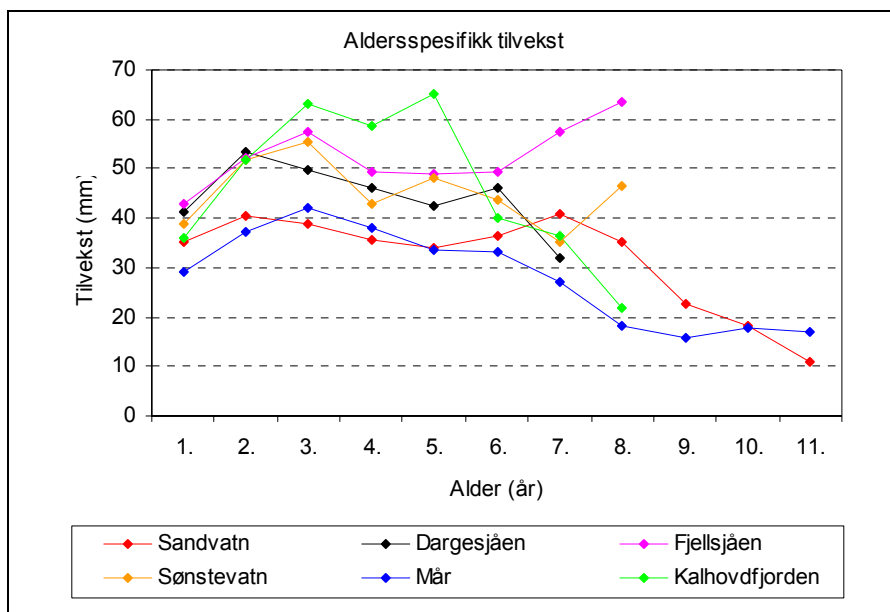
	ant.	k-faktor	Kjønnsford.(%)		Kjønnsmod.(%)		Kjøttfarge (%)			Opprinnelse, %	
			hanner	hunner	hanner	hunner	hvit	lys rød	rød	vill	oppdrett
Sandvatn	475	1,02	50	50	11	15	46	25	29	100	
Dargesjøen	46	0,95	67	33	52	7	15	26	59	100	
Fjellsjøen	52	1,09	52	48	63	60	8	42	50	100	
Sønstevatn	51	1,02	47	53	58	41	53	22	25	73	27
Mår	38	0,98	32	68	33	69	18	29	53	100	
Kalhovdfj.	9	1,08	44	56	50	40	22	22	56	100	



Figur 5. Antall fisk i ulike aldersgrupper for et utvalg av fiskene fanga ved prøvefiske på Hardangervidda 2008.

3.4.2 Aldersspesifikk vekst

Generelt var fiskens aldersspesifikke vekst nær den samme innen hver innsjø fra 2 år og opptil 5-6 års alder (Fig.6). Etter dette avtar aldersspesifikk vekst som følge av økende grad av kjønnsmodning og eventuelt mangel på store krepsdyr som næring. Fisk i Fjellsjøen var noe atypisk da veksten økte fra 6 til 8 års alder, selv om den da kjønnsmodnes i økende grad. En rimelig forklaring er at bestanden er tynn og tilgang på skjoldkrepser er svært god. I Mår er bestanden tett og fisken vokser dårlig. Veksten avtar gradvis etter 3 års alder og fram til 9 til 11 års alder, hvor den er under halvparten av ungfiskens vekst. Dette kan ha sammenheng med at linsekrepser som er basisføden for fisken utover sommeren og på høsten, er mer energikrevende å få tak i for stor fisk enn små fisk (Kap.3.4.5). I Sandvatn var veksten nær den samme helt fram til 7 års alder, men avtok deretter dramatisk antagelig vesentlig som følge av kjønnsmodning og dårlig tilgang på store krepsdyr. I Sønstevatn var veksten svært god fra 3 til 5 års alder, men dette kan bl.a skyldes innslaget av settefisk. I Kalhovdfjorden vokser fisken best av alle de undersøkte sjøene fra 3 til 5 års alder Etter 5 års alder sank aldersspesifikk vekst dramatisk og ved 8 års alder hadde den nær samme vekst som i 8 åringene i Mår.



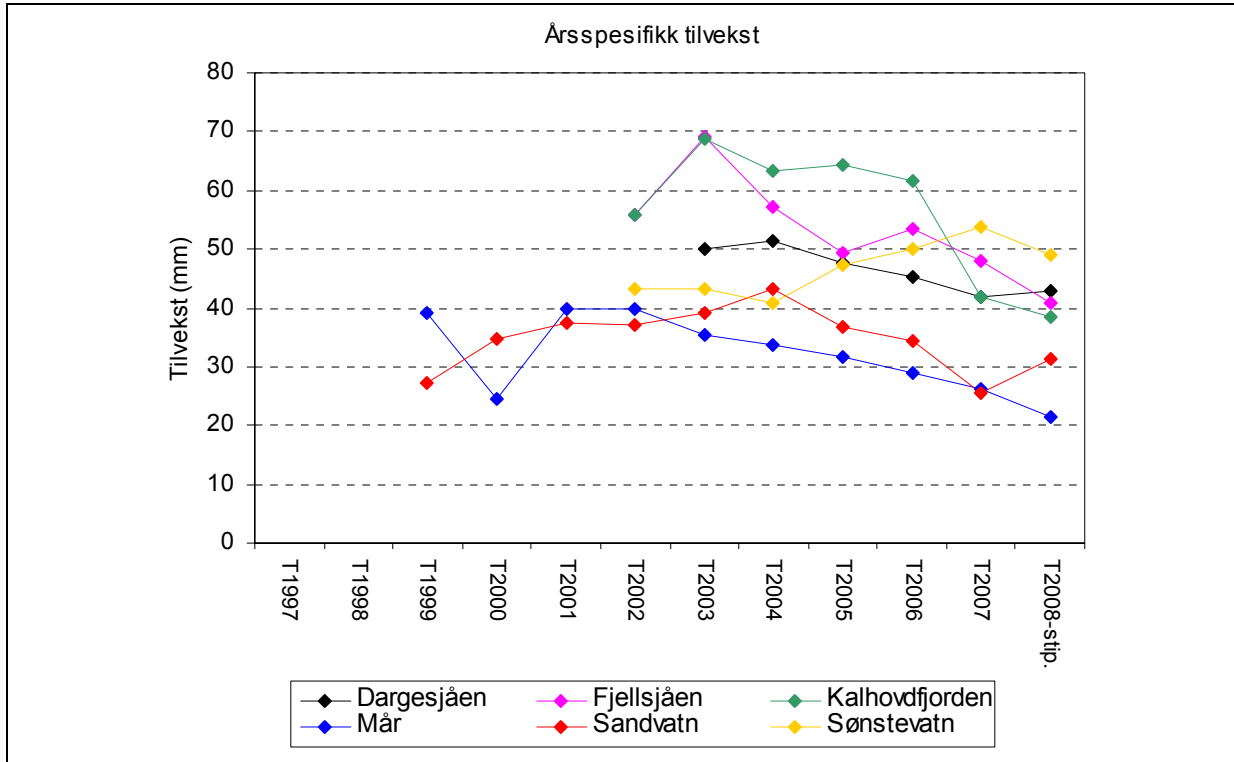
Figur 6. Aldersspesifikk tilvekst i de undersøkte innsjøene i 2008.

3.4.3 Årsspesifikk vekst

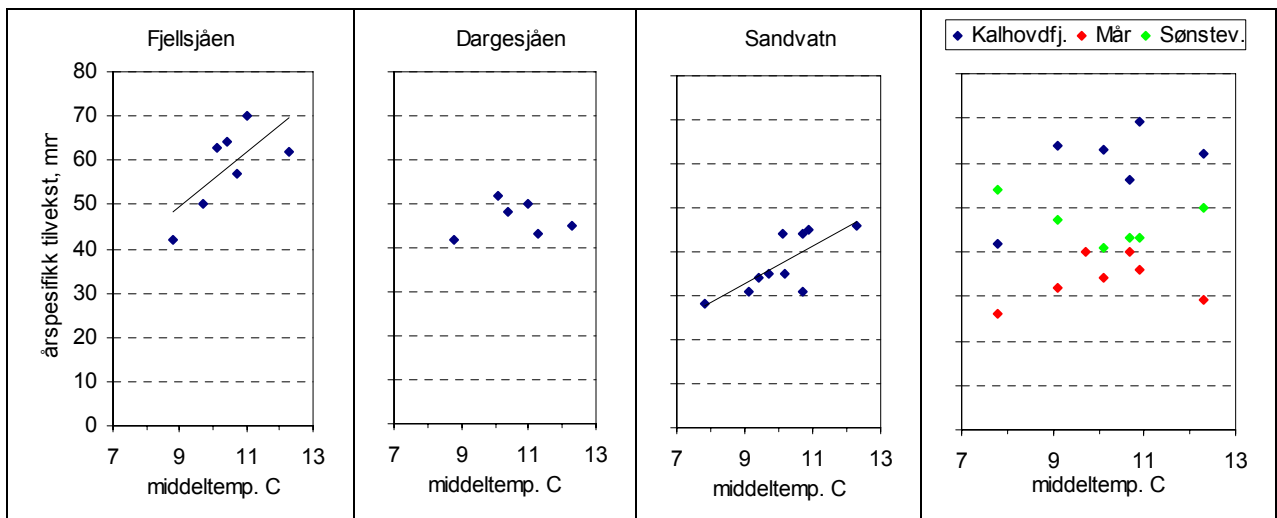
Den årsspesifikke veksten var dårligst i Mår og Sandvatn i hele perioden (Fig.7). Årsspesifikk vekst har vært bedre i regulerte Kalhovdfjorden og Sønstevatn enn i uregulerte Sandvatn i de siste 6 årene. Regulerte Sønstevatn synes også å ha hatt en positiv utvikling i veksten de senere årene, noe som kan skyldes bedre næringsvilkår etter at de pålagte fiskeutsettingene opphørte i 2007. Årsspesifikk vekst i perioden 2003 til 2006 var best i Kalhovdfjorden og Fjellsjøen. Beregningene i Kalhovdfjorden er imidlertid basert på få fisk og er relativt usikre.

Det er imidlertid påfallende at veksten har avtatt gradvis i Mår siden 2002, hvor den sterke 1997 årsklassen dominans var stor. En tilsvarende utvikling fant sted i Sandvatn, men nedgangen startet først i 2005, et år som var preget av lav vanntemperatur på grunn av mye smeltevann i store deler av sommeren.

Sammenhengen mellom årsspesifikk vekst og vanntemperaturer i undersøkelsesperioden viste en god sammenheng for Fjellsjøen og Sandvatn, men ingen signifikant sammenheng for Dargesjøen og de regulerte magasinene (Fig.8). Dargesjøen skiller seg fra Sandvatn og Fjellsjøen ved at det har vært et svært aktivt kommersielt fiske der de siste årene og bestanden av særlig større fisk er betydelig redusert. Det er derfor mulig at endringer i bestandstettheten har vært viktigere for veksten enn betydningen av temperaturen. Sandvatn er i enkelte år betydelig påvirket av kaldt smeltevann i sommerperioden og dette har negativ innvirkning på vekst av næringsdyr og fisk. Dette bidrar til at sammenhengen med temperaturen i vekstsesongen blir viktig. Tettheten av fisk har vært høy i hele perioden så variasjoner i denne har sannsynligvis vært underordnet temperatureffektene. I de regulerte innsjøene er det tydelig at andre faktorer som årlige variasjoner i manøvrering av magasinene, næringsdyrtilgang og bestandstetthet har større betydning enn temperaturvariasjonene i produksjonsesongen.



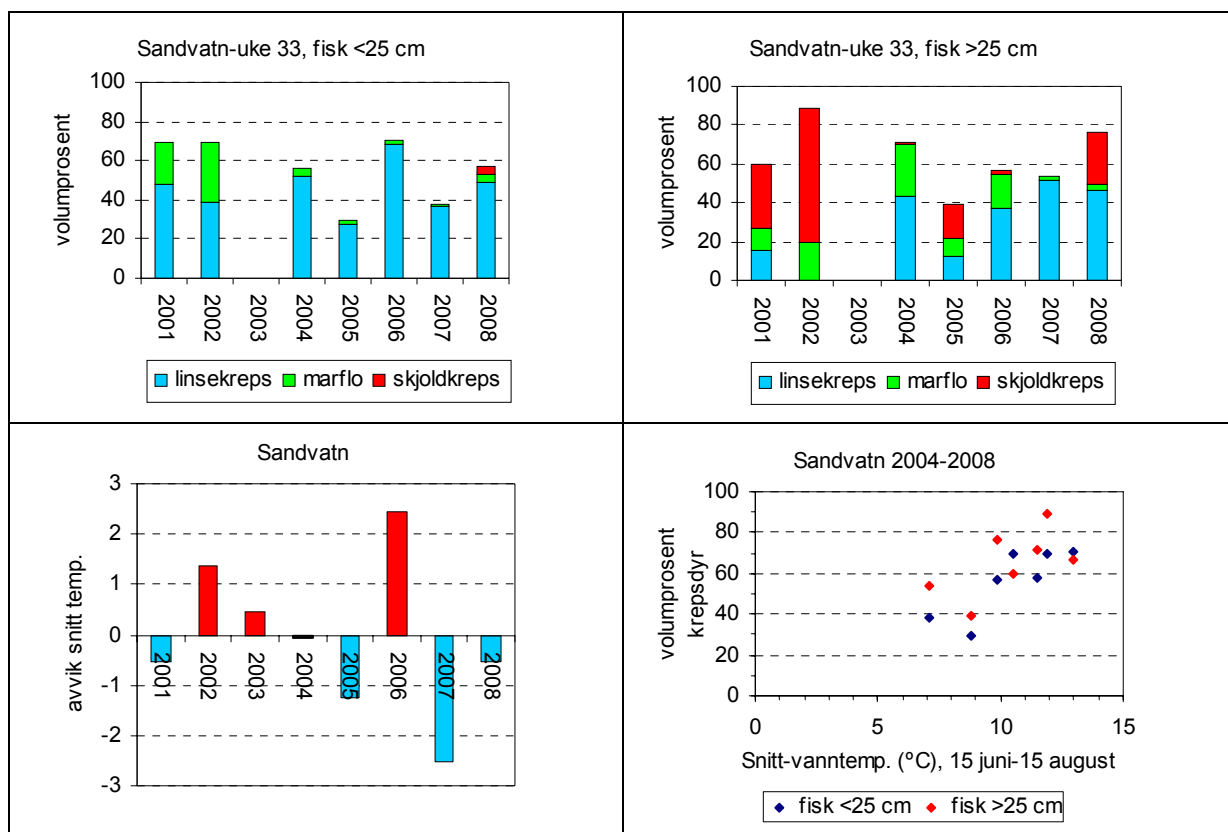
Figur 7. Årsspesifikk tilvekst for et utvalg av fisk som ble samlet inn under prøvafiske på Hardangervidda 2008. Årstilveksten for 2008 er estimert på bakgrunn av prøvafiskedata og forventet andel gjenværende vekst dette året (se metodekapitlet).



Figur 8. Sammenhengen mellom årsspesifikk lengdevekst av 3-5 årig ørret (samme akse i alle figurene) og middeltemperatur for perioden juli – september i uregulerte Fjellsjøen, Dargesjøen og Sandvatn og i de regulerte innsjøen Mår, Sønstevatn og Kalhovdfjorden i Gøystmagasinet.

3.4.4 Tidstrender i fiskens ernæring i Sandvatn

Resultatene fra krepsdyrandelen (volumprosent) i fiskens mage i uke 33 for perioden 2001-2008 fordelt på 2 størrelsesgrupper er gitt i tabell 1-4 i vedlegget og vist i figur 9. I 2005 og 2007 var andel krepsdyr lavest både for småfisk (<25cm) og stor fisk (≥ 25 cm), ellers var den nær 60 % med unntak av 2002 da hele 90 % av mageinnholdet besto av krepsdyr i stor fisk. Vi ser også at skjoldkrepsen var et viktig næringsdyr for stor fisk i 2001, 2002, 2005 og 2008, mens den var fraværende eller var uten betydning i småfiskens diett i hele perioden. Det er linsekrepsen som har vært småfiskens dominerende føde blant krepsdyrene i hele perioden, selv om marflo også utgjorde en viktig del i 2001 og 2002. Linsekrepsens betydning var liten for stor fisk før 2003, men etter 2003 har den vært av stor betydning og i 2007 var den totalt dominerende. Etter 2003 har marflo vært et viktigere næringsdyr for stor fisk enn små fisk, men andelen har vært ubetydelig de siste to årene for begge gruppene. Den laveste andelen krepsdyr var i 2005 og 2007 da Sandvatn var preget av kaldt smeltevann fra isløsning og helt fram til fisketidspunktet i midten av august. Det er tydelig at vanntemperaturen har en viktig betydning for utviklingen av krepsdyrbestandene i sommerperioden. En annen viktig faktor er tettheten av fisk. Den har vært høy i Sandvatn i store deler av perioden særlig på grunn av den sterke 1997-årsklassen.

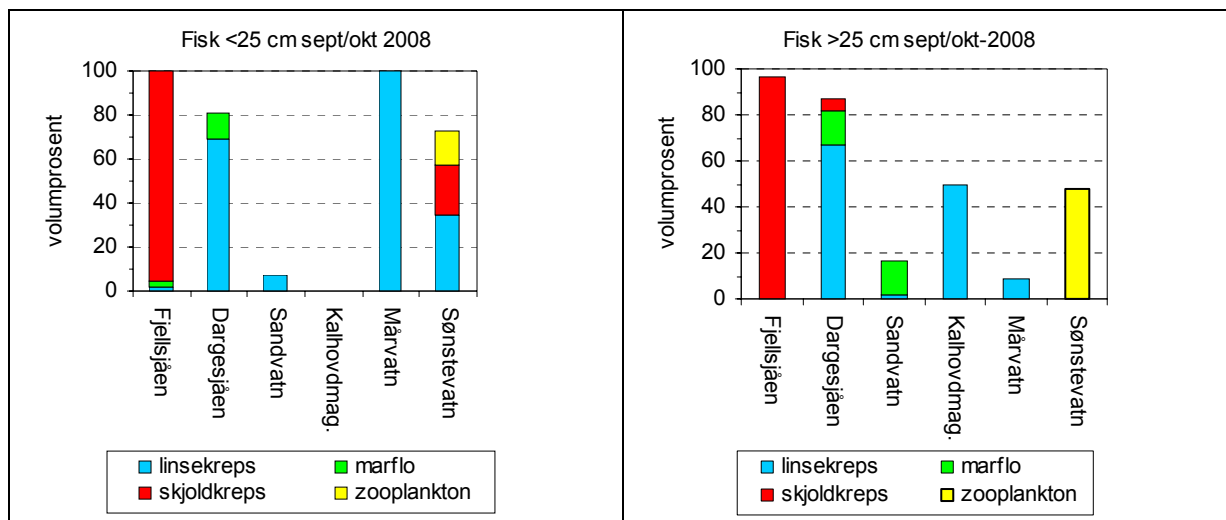


Figur 9. Krepsdyrenes andel i fiskens mageinnhold (volumprosent) i uke 33 i Sandvatn for perioden 2001-2008 (ingen observasjon i 2003) fordelt på to størrelsesgrupper (øvre figurer). Avvik fra gjennomsnittlig vanntemperatur (basert på loggere) i tiden 15. juni-15. august (fra isgang til fisketidspunktet) for perioden 2001-2008 er vist i nedre venstre figur. I nedre høyre figur har vi vist sammenhengen mellom gjennomsnittlig vanntemperatur og volumprosent krepsdyr for små fisk (<25cm) og stor fisk (≥ 25 cm) i perioden 2001-2008 (ingen observasjon i 2003).

3.4.5 Fiskens ernæring i alle de undersøkte innsjøene

I september 2008 undersøkte vi referansesjøene (Fjellsjøen, Dargesjøen, Sandvatn) samt de regulerte innsjøene Mår, Kalhovdfjorden i Gøystvatnet og Sønstevatn. Krepsdyrandelen i føden var vesentlig forskjellig (Fig.10). Den resterende delen besto i all hovedsak av innsektslarver. I Fjellsjøen var skjoldkreps totalt dominerende føde både for små og stor fisk. I Dargesjøen var også krepsdyrene dominerende, men her var det linsekrepsen som var av størst betydning. I Sandvatn var krepsdyrandelen svært lav for all fisk, og mageinnholdet var dominert av innsektslarver (ikke vist). I Kalhovdfjorden hadde småfisk ikke spist krepsdyr, mens større fisk hadde 50 % innhold av linsekreps. I Mår var småfiskens mageinnhold totalt dominert av linsekreps, mens større fisk hadde lite innslag av linsekreps. I Sønstevatn utgjorde krepsdyrene nær halvparten, men dette magasinet skilte seg ut fra de andre ved at plankton (*Daphnia longispina* og *Bythotrephes longimanus*) var totalt dominerende i stor fisk, mens små fisk også hadde innslag av linsekreps og skjoldkreps.

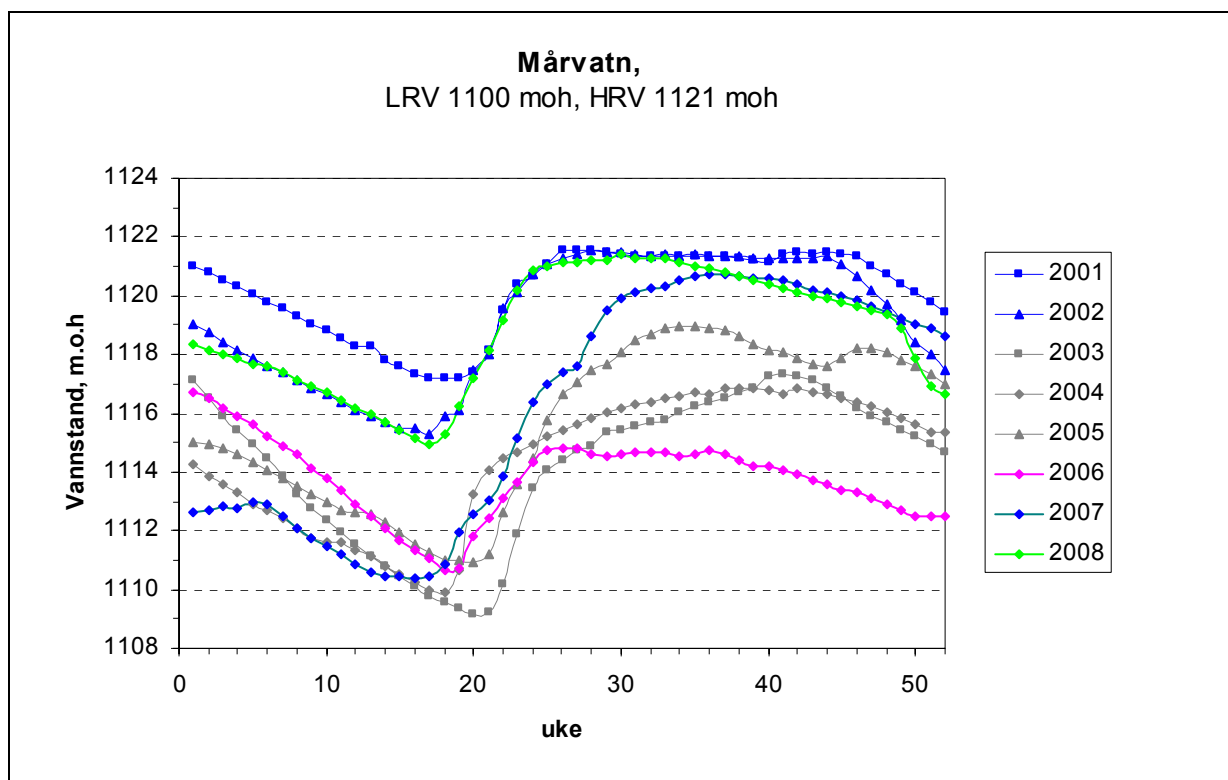
Som en oppsummering kan vi si følgende: Fjellsjøen har en relativt tynn fiskebestand med mat i overskudd. Skjoldkrepsbestanden er god og fisken har tilgang på mat i overflod til sent på høsten. I Sandvatn har skjoldkrepsen forsvunnet i dietten siden august (fig.9) og frem til månedsskiftet september/oktober, og krepsdyrandelen i dietten var betydelig redusert. Dette er et utslag av en tett fiskebestand. I Kalhovdfjorden var krepsdyrandelen svært lav og betydelig lavere enn tidligere (Rognerud *et al.* 2008). Dette er unormalt og kan ha sammenheng med svært lav vannstand på høsten dette året. I Mår besto krepsdyrdietten av linsekreps slik den også har vært tidligere (Rognerud *et al.* 2008), og denne arten er sentral for fiskeproduksjonen i dette magasinet. I Sønstevatn som er betydelig regulert var marflo uten betydning i 2008 da dietten besto av linsekreps, skjoldkreps og zooplankton slik den også gjorde i august 1991 (Tysse og Garnås 1992). Etter reguleringen (vannstandshevingen) består magasinet Sønstevatn av 3 naturlige innsjøer (Sjugurdstjørn, Mevatn og Sønstevatn) som har en reguleringshøyde på hhv. 8, 20 og 31m (Tysse og Garnås 1992). Det er ikke utenkelig at overlevelsen av skjoldkreps i magasinet skyldes at deler av magasinet består av innsjøer som har en langt mer beskjeden vannstandsfluktasjon enn i det gamle Sønstevatnet. Likevel er zooplankton en viktig andel i dietten også i større fisk slik vi også observerte høsten 2002 i Sysenvatn som har en reguleringshøyde på 61 m (Rognerud *et al.* 2003).



Figur 10. Krepsdyrenes andel i fiskens mageinnhold (volumprosent) i de undersøkte innsjøene høsten 2008 fordelt på små fisk (<25 cm) og stor fisk (≥ 25 cm).

3.4.6 Mår – skjoldkreps og magasinifylling

Skjoldkreps er et ettertraktet byttedyr for fisk. Den er lett å fange og er ofte av stor betydning for ørretens vekst på sensommeren og høsten i fjellsjøer. Tette bestander av skjoldkreps finnes da også oftest kun i fisketomme innsjøer eller innsjøer med tynne fiskebestander. Skjoldkrepsen klekkes fra hvileegg og utvikles til voksne individer på høsten. Dersom de er til stede i innsjøen, vil analyser av fiskemager på høsten gi en god indikasjon på effektiviteten av klekkingen. Spredte observasjoner siden 2001 i regulerte Mår viser at skjoldkreps er til stede på høsten enkelte år. På bakgrunn av undersøkelser gjort på 1970-tallet i Mår (Borgstrøm 1973), er det rimelig å anta at dette kan skyldes varierende fyllingsgrad og derved ulik klekkeeffektivitet. Selv om det er få år med data, så ble skjoldkreps observert på høsten i 2001, 2002 og 2008 som alle var år med god fyllingsgrad i magasinet (Fig. 11). I 2006 var fyllingsgraden svært dårlig og ingen skjoldkreps ble observert i fiskemager. I 2002 fanget vi godt med skjoldkreps ved hjelp av håvtrekk for å gjøre stabile isotop-analyser av næringsdyrene i Mår (Rognerud *et al.* 2003). Da var også fisketettheten (basert på fangst pr. innsats) høy. Det var den sterke 1997-årsklassen som totalt dominerte fangstene (Rognerud *et al.* 2003). Det er bemerkelsesverdig at bestanden av skjoldkreps var så god dette året som magasinifyllingen var rask, og at vannstanden ble holdt oppe på maksimalt nivå hele produksjonssesongen. Enkelte individer av skjoldkreps ble også observert i fiskemager i 2008, men den må sies å være sjelden forekommende (Dag Svalastog, NINA pers.medd.). Mår er regulert 21 m, og disse spredte observasjonene indikerer at skjoldkrepsbestanden er rekruttert fra hvileegg som klekker i magasinets gruntområder. En rask oppfylling til maksimal vannstand er antagelig en forutsetning for effektiv klekking og for bestandstørrelsen på høsten.



Figur 11. Vannstandsvariasjoner i Mår 2001 – 2007. Blå kurver representerer år hvor skjoldkreps ble observert i fiskemager under prøvefiske på høsten. I 2008 (grønn kurve) ble skjoldkreps sporadisk observert i fiskemager under garnfiske (Dag Svalastog, NINA pers.medd.). I 2002 var det stor forekomst, og skjoldkreps ble også fanget i håvtrekk 1. september. Grå kurver er år hvor vi ikke har gjort undersøkelser. I 2006 (rød kurve) ble ikke skjoldkreps observert verken i fiskemager eller i håvtrekk på høsten.

4. Kunnskapstatus og veien videre

4.1 Kunnskapstatus i prosjektet

Denne er basert på erfaringer høstet i Hardangervidda-prosjektet (Rognerud *et al.* 2003) og senere i HydroFish prosjektet (Rognerud *et al.* 2005, 2006, 2007). Resultatene viser med all tydelighet hvor viktig det er med systematiske observasjoner over tid innen hver vekstsesong og over flere år i samme lokaliteter. Den lengste tidsserien (2001-2008) har vi fra uregulerte Sandvatn hvor årsklassestyrke, fisketetthet, vanntemperatur og fiskens diett har variert betydelig. Fiskeundersøkelsene er gjennomført med et omfattende prøvafiske i uke 33 hvert år, og supplert med prøvafiske også i juni og slutten av september enkelte år. Vanntemperaturen er en viktig forklaringsvariabel og den er målt ved hjelp av loggere med registreringer hver time.

I 2001 og 2002 hadde Sandvatn en god bestand av stor fisk (0,5 - 1 kg) som var 8-10 år gamle og i god kondisjon. Nærings situasjonen var god og skjoldkreps var et viktig næringsdyr. Slik sett var situasjonen typisk for et godt fiskevatn på Hardangervidda (Rognerud *et al.* 2003). Men så skjer dramatiske forandringer i de neste to årene. Etter at den store fisken hadde gytt høsten 2003 klarte den ikke å spise seg opp i kondisjon i 2004. K-faktor ned mot 0,6 er så lav at økt dødelighet er sannsynlig (Borgstrøm *et al.* 1992). I 2005 var de færre avmagret gytefisk antagelig på grunn av overdødelighet som følge av næringsmangel etter gyting høsten 2004. Sentrale krepsdyr som skjoldkreps og marflo var i praksis fraværende, vesentlig på grunn av predasjon fra en meget sterk årsklasse (1997). Denne årsklassen dominerte og bestandstettheten var høy helt fram til 2007. I denne perioden var fisken slank og småfallen og blant krepsdyrene var det i all hovedsak linsekreps som var tilgjengelig som mat. I denne perioden var ikke situasjonen i Sandvatn vesentlig forskjelling fra magasinet Mår som er regulert 21 m. I Mår var også 1997-årsklassen dominerende og linsekreps var eneste krepsdyr som betydde noe i dietten utover sommeren og høsten. Dette viser at i naturlige innsjøer og magasin med god rekruttering kan sterke årsklasser føre til tette fiskebestander, redusert vekst og dårlig kvalitet. Videre viser det at dette kan skje synkront over et større område (for eksempel Hardangervidda) da klimatiske forhold ofte er en utløsende faktor når sterke årsklasser oppstår (Rognerud *et al.* 2003).

Undersøkelsene i Sandvatn har vist at tilstedeværelsen av større krepsdyr som marflo og skjoldkreps er avgjørende for konkurransen mellom stor og liten fisk. Den store fisken taper i konkurransen mot de små hvis bestanden av disse næringsdyrene er tynn eller fraværende. Marflo og skjoldkreps er ettertraktete næringsdyr og svært utsatt for predasjon. Skjoldkrepsens utbredelse er begrenset til høyereliggende sjøer og til arktiske områder (Vekhoff 1997, Hessen *et al.* 2004, Økland og Økland 2003). I denne regionen er de oftest til stede grunne fisketomme sjøer og dammer, men er fraværende eller i opptrer i tynne bestander hvis fisk er til stede (Jeppesen *et al.* 2001). Sjansen for at skjoldkrepsen skal utvikle levedyktige bestander i innsjøer som har fisk er størst i større, litt dypere sjøer der refugiene er større og sjansen for å overleve er større i dypere områder med lavere lysintensitet enn i den grunne strandsonen. Likevel er det klart at tettheten av fisk avgjørende for skjoldkrepsbestanden. Dette vises tydelig i tidsserien fra Sandvatn. I 2001/2002 viste prøvafisket i dypområdene at den store fisken dominerte totalt i denne delen av sjøen. Det var også et stort innslag av skjoldkreps i fiskens mager. I de grunne områdene/strandsonen var småfisk dominierende og skjoldkrepsen utgjorde kun en liten andel av næringen. Den burde imidlertid også vært der da den foretrekker disse områdene i fisketomme sjøer, men en tett bestand av småfisk (1997-årsklassen) hadde sannsynligvis desimert bestanden. Et nytt prøvafiske i 2004 viste at småfisk nå fantes over alt i innsjøen, også i dypområdene. Dette var katastrofalt for skjoldkrepsbestanden som i praksis har vært borte i fiskemagene fra dette tidspunkt og til og med 2007. I 2008 var tettheten av fisk mindre som

følge av at 1997 årsklassen var betydelig redusert. Det at skjoldkrepsen igjen dukker opp som næring dette året kan forklares med at tettheten av fisk har blitt lavere.

I den perioden som de store krepsdyrene var nærmest fraværende var krepsdyrandelen i fiskens næring totalt dominert av linsekreps. Andelen krepsdyr var lavest i 2005 og 2007. I disse årene var Sandvatn betydelig påvirket av kaldt smeltevann fra store snøleier i Kvennas nedbørfelt. Innsjøens korte oppholdstid gjør at temperaturen i hele innsjøen skifter raskt med temperaturen i Kvenna ved innløpet. Tidligere har vi vist at smeltevannet setter sitt preg på temperaturforholdene i alle innsjøene mellom Sandvatn og Møsvatn (Rognerud *et al.* 2007). Denne betydelige nedkjølingen disse årene varte frem til midten av august og gjorde at temperaturen ble langt lavere enn den som er kjent for optimal vekst med mat i overskudd (se Vøllestad *et al.* 2002). Lengdeveksten for ikke kjønnsmodne fisk var i denne perioden negativt korrelert til temperaturen. Det er imidlertid ikke bare for fisk at lavere temperaturer fører til lavere vekst, men også for krepsdyrene. Linsekrepsen klekkes fra hvilegg like etter isgang og utvikles til voksne kjønnsmodne individer utover sesongen. Generasjonstiden (fra utviklingen av egget til kjønnsmodent individ) er temperaturavhengig (Gillooly 2000). Som eksempel er generasjonstiden 3 måneder ved 5 grader, men mindre enn 30 dager ved 15 grader (Gillooly 2000). Temperaturen på forsommeren er derfor kritisk for utviklingen av bestanden. En lengre utviklingstid fram til kjønnsmodning innebærer en risiko for større tap på grunn av fiskepredasjon, og seinere kjønnsmodning vil også bety færre generasjoner før høsten setter inn. Resultatet kan bli at det legges færre hvilegg og grunnlaget blir dårlige for neste års bestand. I overensstemmelse med dette var andelen linsekreps i fiskens mageinnhold i Sandvatn lavest i 2005 og 2007 da kaldt smeltevann satte sitt preg på temperaturen i Sandvatn på forsommeren. Temperaturen var betydelig lavere enn i nærliggende Dargesjøen som ikke var preget av smeltevann i samme perioder (Kap.3.3.1 og 3.4.1). Det er derfor klart at ved lavere temperatur er det ikke bare fiskens vekst som er lavere enn optimalt, men dårlig vekst av sentrale krepsdyr som linsekreps kan også medvirke til en dårligere vekst.

Dette kan synliggjøres ved å studere avvik fra optimal vekst i ørretbestander med mat i overskudd ved de ulike temperaturforhold. Modeller for optimal vekst med mat i overskudd er utviklet for laks i elver av Forseth *et al.* (2001), og bekkeøret av Vøllestad *et al.* (2002). Vår hypotese er at ørretmodellen til Vøllestad *et al.* (2002) også må gjelde for ørret i innsjøer på Hardangervidda. For å teste dette har vi undersøkt Fjellsjøen som har lav rekruttering, lav tetthet og tette bestander av marflo og skjoldkreps (Rognerud *et al.* 2008, og denne rapporten). Fjellsjøen ble prøvofisket i juni og september 2007 og 2008 og vekstøkningen over sesongen i bestanden kan beregnes for denne tidsperioden. Foreløpige beregninger viste at veksten var nær det som modellen predikerer ved det observerte temperaturregimet for perioden. Med andre ord var forholdet mellom observert vekst og beregnet vekst nær 1. Tilsvarende beregninger for Sandvatn i 2007 ga 0,7 ved observert temperatur i perioden. Dette indikerer at veksten var næringsbegrenset i Sandvatn. Årsaken er for tett bestand i forhold til produksjon av krepsdyr, som høyst sannsynlig var lav grunnet lav temperatur i 2007.

Tilbakeregnet vekst for fisken i magasinene viste ingen sammenheng med temperaturen i produksjonsperioden. Ingen av magasinene (Mår, Kalhovdfjorden) er preget av mye kaldt smeltevann over lengre tid på forsommeren fordi snømengdene på østlige deler av Hardangervidda er langt mindre på våren enn i øvre deler av Kvennas nedbørfelt (Fig. 2). Fiskebestandene er relativt tette i både Kalhovdfjorden og Mår i forhold til næringsgrunnlaget. Bestandene i disse magasinene har også vært preget av 1997 årsklassen i samme tidsperioden som i Sandvatn og mange andre innsjøer på Hardangervidda. Det er derfor mulig at tilgangen på næringsdyr, og da særlig linsekrepsen som er viktig byttedyr i begge magasinene, har vært mest avhengig av variasjoner i fyllingsgrad og vannstand ved krepsdyrenes egglegging og klekking. I Mår har vi indikasjoner på at i år med høy vintervannstand og rask oppfylling til HRV i mai har skjoldkreps vært hyppigere registrert i fiskemager, enn i andre år med større nedtapping vinterstid og senere fylling etter isgang. Skjoldkrepsbestanden er imidlertid svært tynn og skjoldkrepsen er mye sjeldnere nå enn i 2002, da den ble hyppigere observert i fiskemager og var mulig å fange med bunnskrape (Rognerud *et al.* 2003). Det kan være at 1997 årsklassen har ført til for tett bestand i Mår fra 2004 til 2007 og at dette har ført til at skjoldkrepsen ikke har betydd noe som næring i den perioden slik det også skjedde i Sandvatn.

I magasinet Sønstevatn har skjoldkreps fortsatt betydning som fiskeføde til tross for at det opprinnelige Sønstevatnet er regulert 31m. I andre magasin i Vinje som ble undersøkt i 2007 med tilsvarende reguleringshøyde var skjoldkreps fraværende (Rognerud *et al.* 2008). En mulig grunn til disse forskjellene er at Sønstevatn-magasinet omfattes også av Mevatn og Sjugurdstjørn ved HRV, men disse sistnevnte har langt mindre regulering hhv 20 og 8 m (Tysse og Garnås 1992). Det er mulig at disse områdene fungerer som refugier for skjoldkrepsen. Tysse og Garnås rapporterer da også at fisken i Mevatn var større enn i de andre delene av magasinet.

Erfaringene fra undersøkelsene i Hardangervidda prosjektet og HydroFish prosjektet har vist følgende et klart mønster i fiskens diett. Insektslarver i vann, klekkende og utklekte insekter en viktig energikilde for fisken i første del av vekstsesongen både i uregulerte og regulerte innsjøer. Særlig er fjæmygg viktig da den klekker fra larver i sedimenter og er derfor lite følsom for reguleringer som i størst grad berører strandsonene. Etter som krepsdyrene klekker fra hvilegg og utvikles utover sommeren dominerer disse normalt i fiskens diett fra august og ut sesongen i uregulerte innsjøer. Ørreten er selektiv i valg av byttedyr og større næringsrike dyr foretrekkes (Fjellheim *et al.* 2007, med sitert litteratur). I de regulerte innsjøene avtok betydningen av de store krepsdyrene med økende reguleringshøyde. I de moderat regulerte innsjøene øker betydningen av linsekrepsen når marflo og bestandene svekkes som følge av reguleringen. I de betydelig regulerte innsjøene var krepsdyrenes betydning i dietten på høsten redusert ytterligere i forhold til i de moderat regulerte. Blant krepsdyrene var det bare linsekreps og planktonkreps som hadde betydning i fiskens diett, mens terrestriske insekter øker i betydning med økende reguleringshøyde. Dette er i god overensstemmelse med resultatene fra de stabile isotopanalysene av næringsdyr og fisk (Rognerud *et al.* 2008) og mange andre fiskeribiologiske undersøkelser i regionen (oppsummert i Qvenild 2004).

4.2 Fiskens vekst

Årsspesifikk vekst samvarierte med vanntemperaturen i vekstsesongen i Fjellsjøen og Sandvatn. Veksten var best i Fjellsjøen som har tynnest bestand (basert på fangst pr. innsats) og lavest i Sandvatn som har tettest bestand. I Dargesjøen var det ingen klar samvariasjon, men dette kan skyldes at tettheten av særlig større fisk de siste 2 årene har blitt betydelig mindre på grunn av et hardt fiske. Endringer i tetthet av fisk i undersøkelsesperioden er derfor viktigere for veksten enn temperaturen. Dersom viktige faktorer som tetthet av fisk ikke varierer betydelig vil endringer i temperaturen i produksjonssesongen ha stor betydning for fiskens vekstforhold (Elliott *et al.* 1995). I tynne bestander som i Fjellsjøen hvor næring finnes i overskudd vil veksten i stor grad være temperaturstyrt. I Sandvatn der bestander har vært tett siden 2003 (Rognerud *et al.* 2007), vil veksten begrenses gjennom intraspesifikk konkurranse og sterkt og selektiv nedbeiting av de viktigste næringsdyrene. I slike tilfeller vil fisken ikke få utnyttet sitt vekstpotensiale (Ugedal *et al.* 2005), og dette forklarer en lavere vekst enn i Fjellsjøen. Likevel er årsspesifikk vekst godt korrelert til vanntemperaturen de siste 5 årene fordi det har vært en tett bestand hele perioden. I de regulerte innsjøene Mår og Kalhovdfjorden var det ingen sammenheng mellom vanntemperatur og årsspesifikk vekst. Basert på fangst pr. garnnatt på høsten er bestandstettheten vurdert som tett i Mår og middels tett i Kalhovdfjorden. Slik synes det også å ha vært de siste 5 årene. Dette kan tyde på at variasjoner i bestanden av særlig krepsdyr på høsten, forårsaket av variasjoner i fyllingsgrad og vannstandsvariasjoner gjennom produksjonssesongen, er viktigere enn temperatureffekten på fiskens vekst i disse magasinene.

4.3 Videre arbeid

Vi anbefaler å forsette langtidsserien i Sandvatn for å følge utviklingen av fiskebestanden etter at 1997-årsklassens dominans forsvinner. Store uttak i 2007 og 2008 har nå ført til en noe tynnere bestand. Vil innsjøen i 2009 være på vei tilbake til "et godt fiskevann" med en god bestand av stor fisk slik situasjonen var i 2001/2002 før den sterke 1997-årsklassen gjorde sitt inntog for alvor? Dette bør i så all gi seg utslag i bedre vekst og kondisjon og større forekomst av marflo og skjoldkreps.

Videre bør vi skaffe grunnlag for vekstberegninger i Fjellsjøen, Sandvatn, Mår og Kalhovdfjorden ved prøvofiske om våren og høsten. Vi bør også undersøke næringsdyrenes status og da særlig skjoldkrepsen og linsekrepsens status i Mår og Kalhovdfjorden.

5. Referanser

Borgstrøm, R. 1973. The effect of increased water level fluctuations upon the brown trout population of Mårvatn, a Norwegian reservoir. *Norwegian J. Zool.* 21.: 101 – 112.

Borgstrøm R, Brabrand, Å., and Solheim, J.T. 1992. Effects of siltation on resource utilization and dynamics of allopatric brown trout, *Salmo trutta*, in a reservoir. *Environ. Biol. Fishes* 34: 247 – 255.

Dahl, K. 1910. Alder og vekst hos laks og ørret belyst ved studier av deres skjæl. Centraltrykkeriet, Kristiania.

Dahl, K. 1917. Studier og forsøk over ørret og ørret-vand. Centraltrykkeriet, Kristiania.]

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.

Forseth, T., Hurley, M.A., Jensen, A.J., and Elliot, J.M. 2001. Functional models for growth and food consumption of Atlantic salmon parr, *Salmo salar*, from a Norwegian river. *Fresh. Biol.* 46, 173-186.

Fjellheim, A., Tysse, Å. and Bjerknes, V. 2007. Fish stomachs as a biomonitoring tool in studies of invertebrate recovery. *Water Air Soil Pollut. Focus* 7: 293-300.

Gillooly, J. F. 2000. Effects of body size and temperature on generation time in zooplankton. *J. Plankton Res.* 22, 241-251.

Hessen, D. O., Rueness, E. K., and Stabell, M. 2004. Circumpolar analysis of morphological and genetic diversity in the Nostostracan *Lepidurus arcticus*. *Hydrobiologia* 519: 73-84.

Jeppesen, E., Christoffersen, K., Landkildehus, F., Lauridsen, T., Amsinck, S.L., Riget, F. and Søndergaard, M. 2001. Fish and crustaceans in northeast Greenland lakes with special emphasis on interactions between Arctic charr (*Salvelinus alpinus*), *Lepidurus arcticus* and benthic chydorids. *Hydrobiologia* 442: 329-337.

NVE : <http://www.nve.no>

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 undersøkelsene i 2005. NIVA-rapport LNR 5181-2006. 35 s.

- Rognerud, S., Rustadbakken, A., og Qvenild, T. 2007. Hardangervidda-prosjektet. Resultater for undersøkelsene i 2006. NIVA-rapport LNR 5428-2007. 38s.
- Rognerud, S., Fjeld, E., Rustadbakken, A., Qvenild, T., Hekne, A.M., og Meland, A. 2008. HydroFish-prosjektet. Resultater fra undersøkelsene i 2007. NIVA-rapport LNR 5622-2008. 32s.
- Tysse, Å, og Garnås, E. 1992. Fiskeribiologiske undersøkingar i Sønstevatn, Damtjørn og Vikvatn i Nore Undal kommune 1991. Fylkesmannen i Buskerud, Miljøvernavdelingen. Rapport Nr. 23 -1992. 43s.
- Ugedal, O., Forseth T. og Hesthagen, T. 2005. Garnfangst og størrelse på gytefisk som hjelpemiddel i karakterisering av aurebestander. NINA-rapport 73. 52 s.
- Vekhoff, N.V. 1997. Large brachiopod Crustacea (Anostraca, Notostraca, Spinicaudata) of the Barents Region of Russia. Hydrobiologia 359: 69-74.
- 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.
- Økland, k.A. og Økland, J. 2003. Skjoldkrepser i Norge *Lepidurus arcticus* i Norge – historikk og utbredelse. Fauna nr. 1-2003. 2-12

6. Vedlegg

Tabell 1. Magefyllingsgraden i fisk tatt under prøvefisaket i august 2001 – 2008 (unntatt 2003)

Magefyllingsgrad							
	2001	2002	2004	2005	2006	2007	2008
Grunna, 0 - 7 m							
All fisk	0,68	1,96	1,10	0,77	1,24	2,34	0,95
Små fisk < 25 cm	0,62	1,30	1,19	0,79	1,41	2,58	0,89
Stor fisk >= 25 cm	0,79	2,20	1,04	0,74	1,09	2,12	1,05
Dypet, 7 - 13 m							
All fisk	1,42		0,74	0,69	0,91	3,25	1,33

Tabell 2. Prosent tomme mager i fisk tatt under prøvefisaket i august 2001 – 2008 (unntatt 2003).

% tomme mager							
	2001	2002	2004	2005	2006	2007	2008
Grunna, 0 - 7 m							
All fisk	72	34	43	54	40	24	57
Små fisk < 25 cm	77	50	33	52	33	19	61
Stor fisk > 25 cm	66	29	50	57	46	29	50
Dypet, 7-13 m							
All fisk	58		68	53	55	4	50

Tabell 3. Volumprosent krepsdyr (linsekreps, marflo, skjoldkreps) i mageprøver fra prøvefisaket på Sandvatn i perioden 2001 – 2008 (ingen observasjoner i 2003).

% krepsdyr							
	2001	2002	2004	2005	2006	2007	2008
Grunna, 0 - 7 m							
All fisk	49	86	71	25	56	40	67
Små fisk < 25 cm	70	69	68	30	70	38	59
Stor fisk > 25 cm	23	89	74	17	39	42	80
Dypet, 7 - 13 m							
All fisk	97		69	63	76	65	74

Tabell 4. Prosentvis fordeling (volum) av krepsdyrene i mageprøver fra prøvefisket på Sandvatn i perioden 2001 – 2008 (ingen observasjoner i 2003).

	2001	2002	2004	2005	2006	2007	2008
All fisk, grunna, 0 - 7 m							
Linsekreps	34,3	6,7	56,7	20,2	52,6	39,2	50,0
Marflo	14,2	21,9	9,3	4,8	3,6	0,7	3,1
Skjoldkreps	0,6	57,0	-	-	-	-	13,0
Småfisk < 25 cm, grunna, 0 - 7 m							
Linsekreps	48,3	38,5	52,0	27,5	68,3	36,7	49,0
Marflo	21,4	30,8	4,0	2,4	2,1	1,3	3,8
Skjoldkreps	-	-	-	-	-	-	4,5
Storfisk > 25 cm, grunna, 0 - 7 m							
Linsekreps	16,7	-	60,7	7,9	33,4	42,1	51,6
Marflo	5,0	20,0	13,8	8,9	5,3	-	1,9
Skjoldkreps	1,3	69,1	-	-	-	-	26,0
All fisk, dypet, 7 - 13 m							
Linsekreps	15,1		26,5	17,6	40,0	60,9	42,1
Marflo	16,9		40,2	9,4	31,0	4,0	3,0
Skjoldkreps	65,3		2,0	35,8	5,0	-	28,9