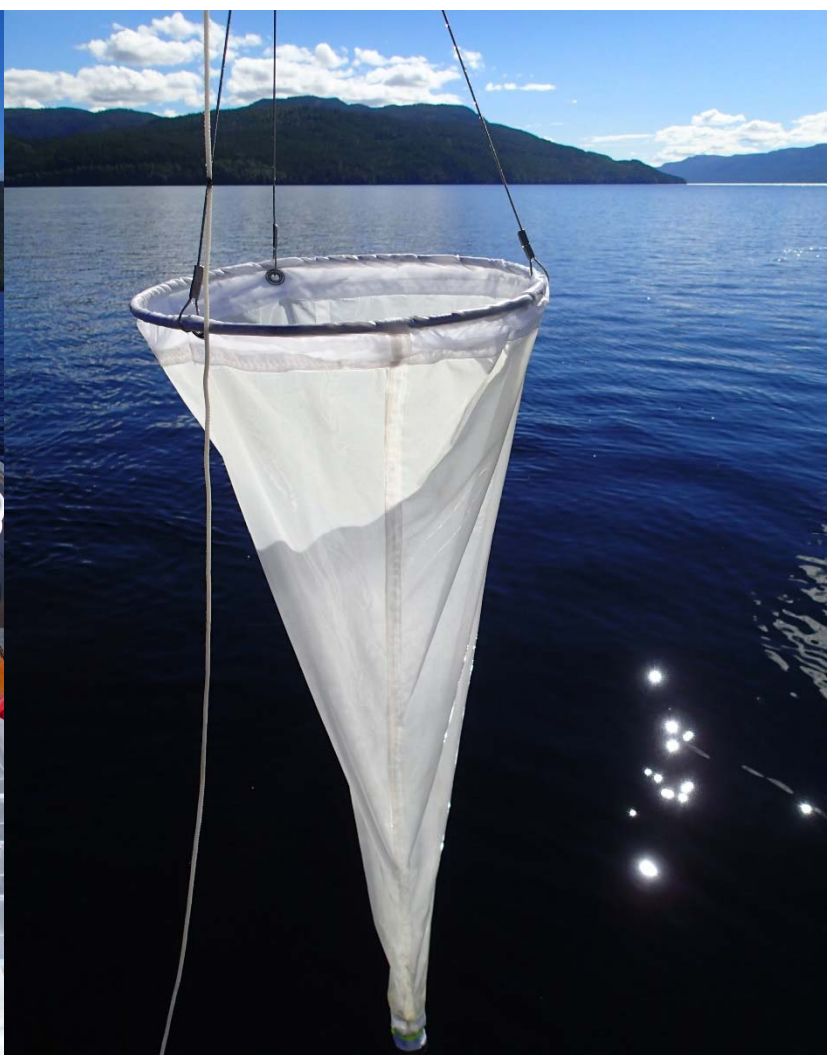


Fiskesamfunnet i Storsjøen i 2016

Effekter av reguleringsinngrep, fiske og introdusert krøkle

Jon Museth, Stein I. Johnsen, Antti Eloranta, Odd Terje Sandlund, Arne Linløkken, Kim Magnus Bærum, John Gunnar Dokk



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Kortrapport

Dette er en enklere og ofte kortere rapportform til oppdragsgiver, gjerne for prosjekt med mindre arbeidsomfang enn det som ligger til grunn for NINA Rapport. Det er ikke krav om sammendrag på engelsk. Rapportserien kan også benyttes til framdriftsrapporter eller foreløpige meldinger til oppdragsgiver.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Fiskesamfunnet i Storsjøen i 2016

Effekter av reguleringsinngrep, fiske og introdusert krøkle

Jon Museth

Stein I. Johnsen

Antti Eloranta

Odd Terje Sandlund

Arne Linløkken

Kim Magnus Bærum

John Gunnar Dokk

Museth, J., Johnsen, S. I., Eloranta, A., Sandlund, O.T., Linløkken, A., Bærum, K. M., Dokk, J. G. 2017. Effekter av reguleringsinngrep, fiske og introdusert krøkle - NINA Rapport 1347. 43 s.

Lillehammer, juni 2017

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-3100-8

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Jon Museth

KVALITETSSIKRET AV

Børre K. Dervo

ANSVARLIG SIGNATUR

Administrerende Norunn S. Myklebust

OPPDRAKSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Rendalen kommune, Storsjøen Fiskeforening og Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB)

OPPDRAKSGIVERS REFERANSE

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Øyvind Fredriksson (Rendalen kommune) og Trond Taugbøl (GLB)

FORSIDEBILDE

Prøvetaking i Storsjøen i forbindelse med isotopstudier (Foto: Antti Eloranta).

NØKKEWORD

Storsjøen, Hedmark fylke, Rendalen kommune, Åmot kommune, vassdragsregulering, avbøtende tiltak, settefisk, sik, krøkle, ørret, røye, storørret, introduksjon av arter

KEY WORDS

Lake Storsjøen, Hedmark county, Rendalen municipality, Åmot municipality, hydroelectric impoundment, compensatory measures, stocked fish, whitefish, brown trout, Arctic char, smelt, yield, piscivorous brown trout.

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Sluppen
7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon: 73 80 14 00

NINA Tromsø

Framsenteret
9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00

NINA Lillehammer

Fakkeldgården
2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Museth, J., Johnsen, S. I., Eloranta, A., Sandlund, O.T., Linløkken, A., Bærum, K. M. og Dokk, J. G. 2017. Fiskesamfunnet i Storsjøen i 2016. Effekten av reguleringsinngrep, fiske og introdusert krøkle. NINA Rapport 1374. 43 s.

Storsjøen (251 m o.h.) ligger i Rendalen og Åmot kommuner og er den tredje største innsjøen i Hedmark. Innsjøen har fra naturens side en livskraftig bestand av sik, og ørreten er klassifisert som storørret. I 2007 ble det gjennomført en omfattende fiskeundersøkelse i innsjøen. Med bakgrunn i resultater og anbefalinger fra denne undersøkelsen ble det startet et kultiveringsfiske på sik i 2013. Støtteutsettingene av ørret har gradvis blitt redusert og har i dag opphørt. Krøkle ble oppdaget i innsjøen i 2007 og etablerte raskt en bestand.

Fiskesamfunnet og økosystemet i Storsjøen er i endring, og det ble besluttet å gjennomføre en ny fiskeundersøkelse i 2016. Målsettingen med denne undersøkelsen har vært å oppdatere kunnskapen om fiskesamfunnet i Storsjøen og særlig vurdere effektene av en etablert krøklebe-stand på det øvrige fiskesamfunnet. Fra lokalt hold har det vært et ønske om å få en vurdering av hvordan den ulovlige utsettingen av krøkle vil påvirke mulighetene til å utvikle et framtidig næringsfiske etter sik. Det har også vært ønskelig å oppdatere status til ørretbestanden etter at utsettingene mer eller mindre har opphørt, og ikke minst hvordan krøklebestanden har påvirket ørreten i innsjøen.

Det ble gjennomført et prøvefiske med bunngarn (strandsona og > 15 m dyp) og flytegarn (0-6 m og 15-21 m dyp) i juni og i månedsskiftet august/september. For å kunne sammenligne fangstene og vurdere utviklingen over tid, var opplegget for garnfisket nær identisk med det som ble gjennomført i 2007. Det ble totalt fanget 741 fisk under prøvefisket. Et utvalg av disse ble analysert mht. alder, vekst og diett. Et utvalg sik ble undersøkt mht. infeksjon av grovhaket gjeddemark i kjøttet. For å få ytterligere informasjon om tetthet, størrelsesfordeling og romlig fordeling av fisk i de frie vannmassene ble det kjørt med ekkolodd den 16. mai og 1. september. Det ble tatt vevsprøver av et utvalg individer av alle fiskearter fanget under prøvefisket for analyse av stabile isotoper. Forholdet mellom stabile isotoper av karbon ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$; $\delta^{13}\text{C}$) og nitrogen ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$; $\delta^{15}\text{N}$) i fisk viser fiskens plass i næringsnett i innsjøen, hvilket innsjøhabitat den har hentet sin næring i og hvor høyt i næringskjeden den lever. Det ble i tillegg analysert vevsprøver av et utvalg ørret fanget under Storsjødreggen i perioden 2008 – 2015. I forbindelse med Storsjødreggen er det samlet inn data på lengde, vekt og kjønn fra ørret i årene 2006-2016. Det ble også samlet inn skjell og otolitter for vekst og aldersanalyser fra disse fiskene.

Prøvefisket i 2016 viste at krøkle nå er tallrik i alle habitater i Storsjøen, noe som også understøttes av ekkoloddregistreringene. Sammenlignet med undersøkelsen i 2007 er fangstene av sik og røye betydelig redusert. Det ble ikke registrert store endringer i vekstmønsteret til siken, og bestanden består fortsatt av forholdsvis mange gamle individer. Reduserte fangster av sik og røye i 2016 er i tråd med upubliserte resultater fra prøvefiske gjennomført av studenter ved Høgskolen i Innlandet, Evenstad, i 2012 og 2015. Diett- og isotopanalysene viser at krøkla er en næringskonkurrent til både sik og røye, og det er sannsynlig at reduserte tettheter av sik og røye skyldes økt konkurranse med krøkle. Vi kan ikke utelukke at økt konkurranse kan ha ført til økt dødelighet til sik og røye, bl.a. på grunn av redusert mulighet til å «spise seg» opp etter gyting, men dette er ikke dokumentert. Undersøkelser i regi av Evenstad viste en dramatisk økning i mengden krøkle fra 2012 til 2015, og sammenlignet med våre resultater fra 2016 ser det ut til at krøklebestanden har fortsatt å øke i antall, men at veksten i bestanden er i ferd med å flate ut.

Den formidable økningen i krøklebestanden fra 2012 til 2015 stemmer godt overens med utviklingen i individuell årlig tilvekst hos ørret. Det var først i 2014 den individuelle tilveksten til ørreten i innsjøen viste en tydelig økning. Introduksjonen av krøkle har ført til store endringer i ørretens nisje – den blir tidligere fiskespiser og har fått et mer pelagisk levevis. Dette har gitt seg utslag i en markant bedre individuell tilvekst, og årlig lengdetilvekst til ørret i lengdeklasse 40-50 cm er

nær tredoblet i 2016 sammenlignet med perioden 2006 – 2013. I tillegg til økt tilvekst viste prøvefisket noe økte fangster av ørret i strandsona sammenlignet med i 2007. Kort oppsummert kan vi derfor si at:

- Introduksjon av krøkle har ført til at sik og røye, i tillegg til å konkurrere med hverandre, har fått ytterligere en næringskonkurrent i sjøen. Selv om noen fiskere rapporterer om fangst av røye av god kvalitet konkluderer vi med at begge disse artene er i tilbakegang.
- Introduksjon av krøkle har ført til store endringer i ørretens nisje og den er i ferd med å få et vekstmønster som er lik de klassiske storørretbestandene som bl.a. i Mjøsa.
- I motsetning til røye, sik og ørret har harren ikke blitt særlig påvirket av introduksjonen av krøkle. Det er mye som tyder på at bestanden av lake har økt noe.
- Selv om strandsona i Storsjøen er påvirket av regulering tilskrives de store endringene i fiskesamfunnet siden forrige undersøkelse (2007) introduksjonen av krøkle.

Fiskesamfunnet i Storsjøen er i endring, og det er lite som tyder på at dagens situasjon er stabil. Krøklebestanden kommer ikke til å vokse i det uendelige, og sannsynligvis vil bestanden stabilisere seg i løpet av noen år. På hvilket nivå er vanskelig å forutse. Introduksjonen av krøkle har redusert muligheten til å utnytte sik ved næringsfiske. I 2007 ble det påvist gjeddemark i 25 % av siken, mens denne andelen hadde økt til 61 % i 2016. Kultiveringsfisket etter sik i Storsjøen er mer eller mindre avsluttet, bl.a. på grunn av lave fangster, og vi anbefaler å avvente utviklingen i Storsjøen før man satser på et næringsfiske etter sik.

Introduksjon av en fremmed art som krøkle er svært uheldig, men samtidig er det en kjensgjerning at etablering av denne arten har ført til en markant bedre gjennomsnittlig tilvekst til ørret i innsjøen. Dette gir noen nye muligheter til å utvikle ørretfisket i Storsjøen og tilløpselvene. En livskraftig ørretbestand vil også kunne opprettholde et høyt predasjonspress på krøkla og muligens redusere skadevirkningen på sik- og røyebestanden. Fiskeforvaltningen i Storsjøen har vært dynamisk de senere årene, med bl.a. flere endringer i minstemål, som tidligere kun var 30 cm. Minstemålet for ørret er i dag 50 cm og interessen for ørretfiske i vassdraget er økende. Ørreten er en vandrende art, og blant annet vandrer ørreten fra Storsjøen til Mistra i forbindelse med gyting. Dette aktualiserer behovet for samordnet forvaltning, og det pågående arbeidet med driftsplan for Storsjøen med tilløpselver er viktig. Det vil bl.a. være en utfordring å sikre at ørretens potensial for gyting og naturlig rekruttering i Mistra og andre tilløpselver utnyttes når ressursen blir mer attraktiv. Vi skal være forsiktige med å definere målsettinger for fiskeforvaltningen i Storsjøen, men ønsker man en livskraftig storørretbestand i vassdraget vil det være behov for å regulere uttaket. Aldersfordelingen til ørreten i innsjøen er fortsatt preget av få eldre fisk, og dette tyder på moderat til høy dødelighet. For å bygge opp en livskraftig ørretbestand kan det være behov for ytterligere regulering av fisket. Ut i fra erfaringer og anbefalinger fra andre steder i verden, vil det mest effektive tiltaket være å innføre maksimalmål i kombinasjon med fangstvindu og kvoter, f.eks. et maksimalmål på 50 cm i en periode, kombinert med en døgnkvote på fisk mellom 40-50 cm.

- Jon Museth (jon.museth@nina.no), Stein I. Johnsen, Kim M. Bærum, John Gunnar Dokk. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Fakkeltgården, 2624 Lillehammer
- Antti Eloranta, Odd Terje Sandlund. NINA, Postboks 5685 Torgard, 7485 Trondheim
- Arne Linløkken. Høgskolen i Innlandet, Avdeling for Lærerutdanning og naturvitenskap, Postboks 400, 2418 Elverum

Abstract

Museth, J., Johnsen, S. I., Eloranta, A., Sandlund, O.T., Linløkken, A., Bærum, K. M. & Dokk, J. G. 2017. The fish community in the lake Storsjøen in 2016. The effects of hydropower development, fishing and introduced smelt. NINA Report 1374.

Lake Storsjøen (251 m a.s.l.) is a deep fjord lake in Åmot and Rendalen municipalities, Hedmark county. The lake has a fish community dominated by whitefish (*Coregonus lavaretus*) and large-bodied piscivorous brown trout (*Salmo trutta*). An extensive fish survey was completed in 2007. Based on this survey, a substantial increase in the exploitation of whitefish was recommended, in order to improve fish growth and quality. The whitefish exploitation project was started in 2016. The survey also revealed that the contribution of stocked brown trout to the catches was negligible, and the stocking programme was gradually reduced, and terminated in 2017. European smelt (*Osmerus eperlanus*) was first reported from Storsjøen in 2007 (but not recorded in the survey nets), and in the following years this introduced species developed an abundant population. Hence, the fish community is nowadays influenced by various factors, including impacts of hydropower regulation.

The aim of the survey in 2016 was to obtain an updated status for the fish stock in Storsjøen, and in particular to assess the impact of the introduced smelt. Local stakeholders also wanted to understand how the illegally introduced smelt may influence the plans to start a commercial whitefish fishery. Moreover, there was a need to assess the status of the brown trout population after the termination of the stocking program and to evaluate whether smelt has had any impact on brown trout.

Survey fishing with benthic (littoral zone and deeper than 15 m) and pelagic (0-6 and 15-21 m depth) gillnets was carried out in June and August/September 2016. The locations and setup for gillnet sampling was copied from the survey in 2007 in order to make the results comparable. The total catch in 2016 was 741 fish, representing all species occurring in the lake. All fish were measured (mm) and weighed (g), and age, growth and diet were recorded for a selected number of fish. A subset of whitefish was checked for *Triaenophorus crassus* cestode parasites in the body muscles. In order to estimate the pelagic fish population abundance, size distribution and spatial distribution, hydro-acoustic surveys were performed on May 16th and September 1th. Samples for stable isotope analyses (SIA) were taken from all fish species, and from invertebrates in the littoral, profundal and pelagic habitat. SIA samples and scales and otoliths for ageing were collected from brown trout caught during an annual trolling competition in 2008-2015.

Survey catches in 2016 demonstrated that smelt was abundant in all lake habitats. This was also evident from the hydroacoustic data. Catches of whitefish and Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) were substantially reduced compared to 2007; the number of Arctic charr declined from 119 to three fish. Whitefish growth had not changed from 2007 to 2016, and the population still contained many old individuals. Diet and stable isotope analyses ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) indicated that smelt, whitefish and Arctic charr had overlapping trophic niches, indicating strong competition among the three species. Thus, competition from newly established and abundant smelt is likely the main reason for the decline in whitefish and Arctic charr populations. Compared to surveys in 2012 and 2015, our survey indicates that the smelt population is still increasing, but at a reduced rate. The relationship between smelt, whitefish and Arctic charr is likely still in transition. The time series on brown trout shows that individual growth started to increase from 2014. The trophic niche of brown trout has also changed compared to 2007, as the species has become more pelagic and turns to piscivory at an earlier age. This has resulted in a substantially higher growth rate; annual length increment of brown trout in the 40-50 cm length group was nearly three times higher in 2016 than in the period 2006-2013. At the same time, catches of brown trout in the littoral zone were higher in 2016 than in 2007.

In summary:

- Arctic charr and whitefish used to be strong competitors, but the introduction of smelt has brought in a new and stronger competitor for the same resources, resulting in a decline in population abundances of the two native fish species.
- The introduced smelt has led to a change in the trophic niche and increased the growth rate of brown trout.
- Grayling (*Thymallus thymallus*) is a littoral specialist species whose trophic niche is not affected by the introduction of smelt, while the population of burbot (*Lota lota*) seems to have increased.

The status of the fish community in Storsjøen is in change. The smelt population may still increase, but it will probably stabilize within a few years. The impact on whitefish seems to indicate that a commercial fishery for whitefish is no longer a feasible option. In addition to a reduced whitefish population abundance, the prevalence of *T. crassus* has increased from 25% in 2007 to 61% in 2016, making the fish less marketable.

Although the introduction of smelt was an illegal action, it is a fact that it has resulted in better growth of brown trout. This has resulted in a more attractive brown trout fishery, which now should be managed to optimize this new growth potential. Major component of the management regime should be protection and management of spawning areas in rivers, in particular the river Mistra, and fishery regulations allowing fish to reach an optimal size at spawning. The management rules in Storsjøen have changed in recent years; e.g. the minimum allowable landing size has increased from 30 cm to 50 cm. In light of the improved growth of brown trout, it may be important to establish rules including maximum landing size and catch quotas in order to optimize the size and number of spawners and thereby brown trout recruitment. A strong piscivorous brown trout population may also help to stabilize the smelt population and reduce the pressure on whitefish and Arctic charr. The on-going development of a management plan for Storsjøen and inflowing rivers should be a valuable outcome of this work.

- Jon Museth (jon.museth@nina.no), Stein I. Johnsen, Kim M. Bærum, John Gunnar Dokk. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Fakkeltgården, 2624 Lillehammer
- Antti Eloranta, Odd Terje Sandlund. NINA, Postboks 5685 Torgard, 7485 Trondheim
- Arne Linløkken. Høgskolen i Innlandet, Avdeling for Lærerutdanning og naturvitenskap, Postboks 400, 2418 Elverum

Innhold

| | |
|--|-----------|
| Sammendrag | 3 |
| Abstract | 6 |
| Innhold | 8 |
| 1 Innledning | 10 |
| 2 Materiale og metode | 12 |
| 2.1 Reguleringsmagasinet Storsjøen | 12 |
| 2.2 Prøvefiske | 12 |
| 2.3 Ekkoloddregistrering | 12 |
| 2.4 Standard prøvetaking | 13 |
| 2.5 Stabile isotoper | 13 |
| 2.6 Ørret fanget under Storsjødreggen | 14 |
| 2.7 Analyse | 14 |
| 2.7.1 Lengde-vekt | 14 |
| 2.7.2 Alder | 14 |
| 2.7.3 Diett | 14 |
| 2.7.4 Gjeddemark | 14 |
| 3 Resultater | 15 |
| 3.1 Fiskeartenes fordeling i innsjøen..... | 15 |
| 3.1.1 Prøvefiske | 15 |
| 3.1.1.1 Pelagialen | 15 |
| 3.1.1.2 Strandsona (< 10 m litoralen)..... | 15 |
| 3.1.1.3 Dypet (profundalsona, > 15 m) | 15 |
| 3.1.2 Ekkoloddresultater | 17 |
| 3.2 De enkelte artene | 19 |
| 3.2.1 Røye | 19 |
| 3.2.2 Sik | 19 |
| 3.2.2.1 Lengdefordeling i ulike habitater | 19 |
| 3.2.2.2 Aldersfordeling | 21 |
| 3.2.2.3 Vekst, kjønnsmodning og kondisjon | 21 |
| 3.2.2.4 Gjeddemark | 23 |
| 3.2.3 Krøkle | 25 |
| 3.2.4 Ørret | 27 |
| 3.2.4.1 Lengdefordeling i ulike habitater | 27 |
| 3.2.4.2 Aldersfordeling | 28 |
| 3.2.4.3 Vekst og kondisjonsfaktor | 29 |
| 3.3 Diett og energistrøm | 31 |
| 3.3.1 Mageprøver | 31 |
| 3.3.1.1 Sik og krøkle | 31 |
| 3.3.1.2 Ørret | 32 |
| 3.3.2 Stabile isotoper | 32 |
| 3.3.2.1 Forskjeller i økologisk nisje mellom fiskeartene | 32 |
| 3.3.2.2 Endringer i økologisk nisje fra 2007 til 2016 | 33 |
| 3.3.2.3 Endringer i ørretens diett | 34 |
| 4 Diskusjon | 36 |
| 5 Referanser | 42 |

Forord

Den store, dype og langstrakte Storsjøen ligger i Rendalen og Åmot kommuner i Hedmark fylke. Siden 2007 har NINA og undertegnede hatt mulighet til å få mer kunnskap om hva som skjer både i og rundt innsjøen. Det har vært fruktbare diskusjoner om effekter av regulering, settefisk, fiskevandring, fiskeregler, forvaltning av fiskeressursene og effekter av ulovlig utsetting av krøkle. Krøkle er en ny fiskeart i innsjøen, og den ble første gang observert i 2007.

I 2013 startet Storsjøen Fiskeforening et kultiveringsfiske for å bedre kvaliteten på sik i Storsjøen slik at denne ressursen kunne utnyttes bedre i forbindelse med næringsfiske. Ut i fra rapporter fra fiskerne i sjøen er det mye som tyder på, trolig pga. etableringen av krøkle, at sikbestanden er i kraftig endring. I tillegg har man avsluttet utsettingene av ørret i innsjøen, og det har vært behov for oppdatert kunnskap om statusen til ørreten i sjøen.

For å øke kunnskapen om fiskesamfunnet i Storsjøen har NINA på oppdrag fra Rendalen kommune, Storsjøen Fiskeforening og Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB) gjennomført en ny undersøkelse av fiskesamfunnet i Storsjøen i 2016.

Vi takker Rendalen kommune, Storsjøen Fiskeforening og Glommens og Laagens Brukseierforening for finansieringen av prosjektet. En stor takk rettes til Frode Næstad (Høgskolen i Innlandet), Jitka Hlavackova (Charles Universitet, Praha) og Arne Magnus Bakken m/ båt (Storsjøen Fiskeforening) for hjelp under feltarbeidet. Professor Michael Power ved Universitet i Waterloo (Canada) og medarbeidere takkes for hjelp i forbindelse med analyse av stabile isotoper.

Trond Taugbøl (GLB), Øyvind Fredriksson (Rendalen kommune) og John Fiskvik m.fl. (Storsjøen Fiskeforening) takkes for nyttige innspill underveis i prosjektperioden

Lillehammer, juni 2017

Jon Museth
Prosjektleder

1 Innledning

Storsjøen (251 m o.h.) ligger i Rendalen og Åmot kommuner og er den tredje største innsjøen i Hedmark. Fiskesamfunnet er relativt komplekst og er karakteristisk for de store innsjøene på Østlandet (Sandlund og Næsje 2000). I Storsjøen finnes sik, røye, harr, ørret, gjedde, abbor, ørekyt, mort og steinsmett naturlig, og man antar at disse har vandret inn fra øst etter siste istid (Huitfeldt-Kaas 1918).

Den første konsesjonen for regulering av Storsjøen forelå i 1943, og i forbindelse med Rendals-overføringen ble det i 1969 gitt tillatelse til en reguleringshøyde på 3,64 m. Fra 1971 har ca. 40 % av årlig vannføring i Glomma blir overført til Renavassdraget gjennom Rendalen kraftverk. Overføringen av vann fra Glomma har redusert den teoretiske oppholdstiden til vannet i Storsjøen fra 6,7 år til 3,5 år (Qvenild 2008). For ytterligere beskrivelse av reguleringen, se Museth m.fl. (2008).

I 2007 ble det gjennomført en grundig undersøkelse av fiskesamfunnet i Storsjøen (Museth m.fl. 2008). Målet med denne undersøkelsen var å evaluere langtidseffektene av reguleringen og vurdere om utsetting av ørret bidro til et bedre fiske. Hovedkonklusjonen fra denne undersøkelsen var:

- Fiskesamfunnet i Storsjøen hadde endret seg mye de siste 50 årene
- Sik var dominerende art i både strandsona, i de frie vannmassene og på dypområdene
- I strandsona hadde ørreten blitt vanligere, mens morten nesten var forsvunnet
- Siken vokste bedre enn tidligere og var av rimelig god kvalitet, men var tydelig forgubbet og innslaget av grovhaket gjeddemark var betydelig. Rapporten anbefalte å beskatte siken langt hardere.
- Ørreten hadde moderat vekst og høy dødelighet, slik at bare en liten andel fisk nådde en størrelse (ca. 1,5 kg) som gjorde at de ble rene fiskeetere.
- Utsettingen av ørret bidro i liten grad til et bedre fiske, og nesten ingen settefisk ble eldre enn 5 år.
- Endringene over tid ble antatt å ha sammenheng med reguleringen av sjøen og overføringen av Glommavann til Nordre Rena, men redusert beskatning av sik og økt vann-temperatur ble også vurdert å ha hatt betydning.

Samme år som NINA gjennomførte prøvefiske i Storsjøen (2007), ble fiskearten krøkle for første gang registrert i innsjøen (Hagenlund 2013). Ut i fra genetiske analyser konkluderte Hagenlund (2013) med at krøkla i Storsjøen stammet fra Mjøsa og at populasjonen i Storsjøen var et resultat av utsetting av relativt mange individer. Det er derfor sannsynlig at etableringen av krøkle i Storsjøen er et resultat av ulovlig utsetting (Hagenlund m.fl. 2015). Flere studier viser at krøkle ofte har en sentral rolle i økosystemene i innsjøer der den finnes (Nilsson 1979, Pettersson 1991, Nyberg m.fl. 2001, Sandlund m.fl. 2005). Krøkla er tilpasset et liv som generalist og økologisk opportunist og den fenotypiske plastisiteten arten utviser (Sandlund m.fl. 2017) gjør det svært vanskelig, om ikke umulig, å forutse de økologiske effektene av introduksjonen av krøkle i Storsjøen. Dette gjelder for øvrig generelt for effekter av introduksjon av fremmede arter (Lodge 1993, Moyle og Light 1996); konsekvensene blir ofte annerledes enn man forutså.

Mulige effekter av introduksjon av krøkle i Storsjøen kan bl.a. være reduserte muligheter til å høste sik av god kvalitet fordi beitepresset på zooplanktonsamfunnet blir vedvarende høyt, selv ved et betydelig uttak av sik. Økt beitepress på zooplanktonsamfunnet kan øke infeksjonene av grovhaket gjeddemark i siken. En annen mulig konsekvens er at røya som allerede var presset ned på dypet i konkurransen med sik i 2007 (Museth m.fl. 2008) blir ytterligere presset i konkurransen med krøkle.

Som en oppfølging av undersøkelsen i 2007 inngikk Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB) og Storsjøen Fiskeforening et samarbeid om å registrere fangster, inkludert innslag av

settefisk, og å ta prøver av et utvalg ørret under den årlige dreggekonkurransen («Storsjødreggen») i juni. Statistikk og prøver samlet inn under «Storsjødreggen» i perioden etter 2007 viser at ørretbestanden i Storsjøen er i positiv utvikling, og det er nærliggende å tilskrive dette en økende bestand av krøkle i sjøen. I perioden 2009-2015 har det vært en økning i fangst per deltagende båt under dreggekonkurransen, en nær dobling av individuell tilvekst i vekstsesongen og en høyere gjennomsnittlig kondisjonsfaktor for ørret (Museth m.fl. 2015). Omfanget av fiskeutsettinger ble gradvis redusert f.o.m. 2011, og i 2016 ble det kun satt ut et lite antall settefisk fra Rendalen settefiskanlegg. Fiskeutsettingene opphører helt f.o.m. 2017.

I 2013 startet Storsjøen Fiskeforening et kultiveringsfiske for å bedre kvaliteten på sik i Storsjøen slik at denne ressursen kunne utnyttes bedre i forbindelse med næringsfiske. Ut i fra rapporter fra fiskere i sjøen er det mye som tyder på, trolig pga. etableringen av krøkle, at sikbestanden er i kraftig endring. Studentoppgaver ved Høgskolen i Hedmark viste at det var etablert en relativt stor bestand av krøkle allerede i 2012 (K. Langdal, pers. med.). Både det tradisjonelle håvfisket i Åkrestrømmen, og flytegarnfiske i de øvre vannlag, har gitt svært lave fangster de siste årene. Det er også registrert en økt forekomst av grovhaket gjeddemark i siken. Storsjøen Fiskeforening og prosjektet FLIRE har derfor hatt behov for å få råd til å definere forvaltningsmål for Storsjøen og tilstøtende elver.

For å øke kunnskapen om fiskesamfunnet i Storsjøen har NINA på oppdrag fra Rendalen kommune, Storsjøen Fiskeforening og Glommens og Laagens Brukseierforening gjennomført en ny undersøkelse av fiskesamfunnet i Storsjøen i 2016. Målsettingene med undersøkelsen har vært å oppdatere kunnskapen om fiskesamfunnet i Storsjøen, og særlig:

- Vurdere effektene av en etablert krøklebestand på det øvrige fiskesamfunnet,
- Vurdere effekten av økt uttak av sik de senere årene (kan trolig være vanskelig å skille fra effekten av krøkle),
- Beskrive status for ørretbestanden etter at fiskeutsettingen mer eller mindre har opphørt

I tillegg har det vært ønskelig at rapporten skal gi en oversikt over mulige tiltak for bedre forvaltning og utnyttelse av fiskebestandene i Storsjøen og tilløpselvene.

2 Materiale og metode

2.1 Reguleringsmagasinet Storsjøen

Storsjøen (251 m o.h.) ligger i Rendalen og Åmot kommuner i Hedmark fylke. Sjøen er et reguleringsmagasin og overflatearealet varierer fra 47,9 – 46,4 km² på henholdsvis HRV (kote 251,88 m) og LRV (kote 248,22 m) (NVE-atlas). Innsjøen er dyp og største målte dyp er 309 m omtrent midt på sjøen. I Storsjøen finnes sik, krøkle, røye, harr, ørret, gjedde, abbor, ørekyt, mort og steinsmett (Museth m.fl. 2008). For nærmere detaljer om reguleringshistorie, fiskesamfunn og fiskeutsetninger, se Museth m. fl. 2008, 2015). I april 2015 fikk GLB konsesjon til å øke overføringen av vann fra Glomma til Rendalen kraftverk med inntil 5 m³/s, dvs. fra 55 til 60 m³/s.

2.2 Prøvefiske

Prøvefiske ble gjennomført i to perioder i 2016. På grunn av mye vind ble den første perioden i juni delt på to netter med fem dagers mellomrom: 6.-7. og 11.-12. juni, mens den siste perioden ble gjennomført fra den 30. august til 1. september. I begge perioder ble det fisket i to områder av innsjøen, nærmere bestemt ved Sjølisand og nord i Storsjøen. Det ble fisket med to typer bunngarn og flytegarn i begge periodene. Den ene bunngarnserien besto av 9 enkeltgarn (25 m lange og 1.5 m dype) med maskeviddene 12, 16, 21, 26, 29, 35, 39, 45 og 52 mm. I hver av periodene ble det satt en slik serie i strandsona (0-10 m) på begge stasjonene (**tabell 2.1**).

Det ble også satt nordiske bunngarn (**tabell 2.1**), hvert garn med 12 integrerte maskevidder; 5, 6.25, 8, 10, 12.5, 15.5, 19.5, 24, 29, 35, 43, 55 mm, med en lengde på 30 meter og dybde på 1.5 meter. Fem garn ble satt både litoralt (grunnere enn 10 m) og profundalt (dypere enn 15 m) i begge perioder (**tabell 2.1**).

I begge perioder ble det fisket med en flytegarnserie på 0-6 meters dyp, og en serie på 15-21 m dyp. En serie besto av maskeviddene 12, 16, 19.5, 22.5, 26, 29, 35, 39, 45, og 52 mm. Hvert av garnene er 25 m lange og 6 m dype. I tillegg ble det på de samme dypene satt to nordiske flytegarn (27,5 x 6 meter). Disse har identisk maskeviddesammensetning som bunngarna med unntak av den minste maskevidden (5 mm) som er utelatt.

Tabell 2.1 Oversikt over fangstinnssats under prøvefiske i Storsjøen i 2016.

| | Juni | | August/September | |
|-------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| | Antall garnnetter | Garnareal (m ²) | Antall garnnetter | Garnareal (m ²) |
| Bunngarn (12-52 mm, 0-10 m) | 18 | 675 | 18 | 675 |
| Flytegarn (12-52 mm, 0-6 m) | 10 | 1800 | 10 | 1800 |
| Flytegarn (12-52 mm, 15-21 m) | 10 | 1800 | 10 | 1800 |
| Flytegarn (Nordisk, 0-6 m) | 2 | 330 | 2 | 330 |
| Flytegarn (Nordisk, 15-21 m) | 2 | 330 | 2 | 330 |
| Nordisk bunngarn (0-10 m) | 5 | 225 | 5 | 225 |
| Nordisk bunngarn (> 15 m) | 5 | 225 | 5 | 225 |

2.3 Ekkoloddregistrering

Det ble brukt ekkolodd for å registrere tetthet, størrelsesfordeling og romlig fordeling av fisk i de åpne vannpasser den 16. mai og den 1. september. I mai ble registreringen foretatt på dag-tid med to typer ekkolodd; SIMRAD EY M (Lindem og Sandlund 1984), som har vært brukt tidligere og SIMRAD EK15 som er en nyere type som styres med en pc. Sammenlikning av resultatene

fra de to ekkoloddene kan brukes når framtidige registreringer med EK15 skal sammenliknes med tidligere registreringer med EY M som er gjort med ujevne mellomrom siden 1985 (Linløkken 1988).

Det ble kjørt 9 kurser som krysset sjøen på skrå sørfra, og som ga totalt ca. 31 km utkjørt lengde og en dekningsgrad på 4,5. Pulsfrekvensen var 1,500 pr. sekund med EY M og 1,335 pr. sekund med EY15. Pulslengden er fast 0,60 msek med EY M, og den ble satt til 0,32 msek med EK15 for bedre å kunne oppløse eventuelle krøklestimer. Opptakene fra EY M ble analysert med programvaren HADAS (Lindem 1990), og EK15 opptakene ble analysert med SONAR 5 (Balk og Lindem 2015).

2.4 Standard prøvetaking

All fisk fra prøvefisket ble lengdemålt og veid til nærmeste gram unntatt ørekyt hvor all fisk ble talt opp og et utvalg ble lengdemålt. Fiskelengde er målt til nærmeste millimeter fra snutespiss til ytterste haleflik i naturlig utstrakt stilling. Kjønn og modningsstadium er bestemt etter Dahl (1917). Det ble tatt ut mager for diettanalyser fra ørret, røye og sik.

2.5 Stabile isotoper

Forholdet mellom stabile isotoper av karbon ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$; $\delta^{13}\text{C}$) og nitrogen ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$; $\delta^{15}\text{N}$) i fisk viser fiskens plass i næringsnett i innsjøen; hvilket innsjøhabitat den har hentet sin næring i, og hvor høyt i næringskjeden den lever. En viktig egenskap ved denne metoden, som skiller den fra analyse av mageinnhold, er at $\delta^{13}\text{C}$ og $\delta^{15}\text{N}$ reflekterer fiskens næringsinntak over en periode på 3–6 måneder. Prøver som samles om høsten viser derfor viktige sider ved fiskens økologiske nisje gjennom hele vekstsesongen (Post 2002; Layman m.fl. 2012). $\delta^{13}\text{C}$ og $\delta^{15}\text{N}$ uttrykkes som «deltaverdier» i promille ‰ (isotopverdi) basert på forholdet mellom isotopene i prøven målt i forhold til en standard (Layman m.fl. 2012).

$\delta^{13}\text{C}$ -verdiene endrer seg lite mellom de trofiske nivåene i næringskjeden. Fordi fotosyntesen hos pelagisk planktonalger og littorale begroingsalger gir ulikt forhold mellom karbon-isotopene, viser $\delta^{13}\text{C}$ -verdiene som måles i fiskekjøttet hvor primærproduksjonen som danner grunnlaget for fiskens næring har foregått. Begroingsalger og moser, som er viktige primærprodusenter i innsjøens grunne områder har de høyeste $\delta^{13}\text{C}$ -verdiene (-22 til -18 ‰), mens planktonalgene har lave $\delta^{13}\text{C}$ -verdier (-36 til -30 ‰).

I motsetning til karbonsignaturen øker $\delta^{15}\text{N}$ -verdiene i gjennomsnitt med 3–4 ‰ for hvert trinn opp i næringskjeden (Post 2002), f.eks. fra algespisende dyreplankton til planktonspisende fisk. $\delta^{15}\text{N}$ benyttes derfor som et mål på organismenes trofiske posisjon i en innsjø.

Kombinasjonen av $\delta^{13}\text{C}$ -verdier, som viser hvor energiopptaket stammer fra, og $\delta^{15}\text{N}$ -verdier, som viser hvor i næringskjeden fisken befinner seg, kaller vi fiskens isotopiske eller trofiske nisje.

Det ble tatt prøver av muskelvev av fisk fanget ved prøvefisket i august 2016 (**tabell 2.1**). Den 23. august ble det samlet prøver av partikulært organisk materiale og dyreplankton i de åpne vannmassene ved hjelp av flere håvtrekk med planktonhåv med 80 µm maskevidde fra 30 m og opp til overflaten. Bunndyr i den grunneste delen av strandsona (0–1 m) ble samlet med en sparkehåv og med håndplukking. På dypere vann (2–8 og 20–34 m) ble det brukt en bunngrabb med 243 µm masker. Denne prøvetakingen skjedde i den sentrale delen av Storsjøen (Buruaområdet). All dyreplankton og bunndyr ble rensert for detritus e.l., og lagret ved -20 °C inntil klarføring for analyse. På snegler og husbyggende vårfluer ble uorganisk materiale fjernet.

Alle prøver ble frysetørret i 48 timer og homogenisert med en stålmorter. Analysene av stabile isotoper (SIA-analyser) ble utført ved Environmental Isotope Laboratory, University of Waterloo, Canada, på en Delta Plus Continuous Flow Stable Isotope Ratio Mass Spectrometer (Thermo Finnigan, Bremen, Tyskland) koblet til en 4010 Elemental Analyzer (Costech International S. p. A., Milano, Italia). Analytisk presisjon var $\pm 0.1\text{‰}$ og $\pm 0.2\text{‰}$ for henholdsvis $\delta^{13}\text{C}$ og $\delta^{15}\text{N}$, og ble bestemt ved repetert analyse av duplikatprøver.

2.6 Ørret fanget under Storsjødreggen

I forbindelse med Storsjødreggen er det samlet inn data på lengde, vekt og kjønn fra ørret i årene 2006-2016. Det ble også samlet inn skjell og otolitter for vekst- og aldersanalyser fra disse fiskene. For nærmere beskrivelse og tidligere resultater, se Museth m.fl. 2015.

2.7 Analyse

2.7.1 Lengde-vekt

Forholdet mellom lengde og vekt (fiskens kondisjon) er beskrevet ved lineær regresjon mellom den naturlige logaritmen (\ln) til fiskevekt (W , g) og \ln fiskelengde (L , mm) og uttrykt på formelen $\ln W = \ln a + b \ln L$, der a og b er konstanter (Le Cren 1951). Kondisjonen i en gitt lengdegruppe er beregnet fra formelen $k = 10^5 a L^{b-3}$.

2.7.2 Alder

Ørret ble aldersbestemt ved hjelp av otolitter og skjell. Aldersbestemmelse av sik, røye, krøkle, harr og lake er gjort fra otolitter. For ørret er lengdeveksten tilbakeberegnet fra skjellradiene, basert på direkte proporsjonalitet mellom fiskelengde og skjellradius (Lea 1910).

2.7.3 Diett

Mageinnholdet ble dissekert ut og oppbevart dypfrys fram til analyse under binokularlupe på laboratoriet. Andelen av de ulike næringsdyrgruppene i mageinnholdet ble bestemt til volumprosent. Magens fyllingsgrad ble vurdert etter en skala fra 0 (tom) til 5 (full).

2.7.4 Gjeddemark

Grovhaket gjeddemark (*Triaenophorus robustus*) er en bendelorm som blir kjønnsmoden i tarmen til gjedde. For å fullføre livssyklusen må denne bendelormen gjennom mellomstadier i hoppekreps og sik. Sik får i seg gjeddemarken ved å spise infiserte hoppekreps. Gjeddemark er en vanlig parasitt som nesten alltid finnes der sik og gjedde sameksisterer. I denne undersøkelsen er 92 sik sjekket for gjeddemark gjennom tre vertikale kutt i siken i henholdsvis nakke, i forkant av ryggfinne og i bakkant av ryggfinnen. Dette gir ikke et absolutt tall for antall cyster i kjøttet til siken, men må betraktes som en relativ indeks. Det er vist at en slik enkel registrering kan gi en god indikasjon på parasitnivået i fiskebestanden (Kuhn m.fl. 2016).

3 Resultater

3.1 Fiskeartenes fordeling i innsjøen

3.1.1 Prøvefiske

Det ble under prøvefisket i juni og august/september fisket med flytegarn på to dyp (0-6 m og 15-21 m) i de frie vannmassene (pelagialsona). I tillegg ble det satt bunngarn (settegarn og nordiske oversiktsgarn) i strandsona (litoralsona) og på dypet (> 15 m). Totalt ble det fanget 741 fisk, med en samlet vekt på 68,9 kg. Fangstene var desidert størst i strandsona, med 81,4 og 73,4 % av fangsten i henholdsvis antall og vekt. Nedenfor er fangstene framstilt i antall og vekt i de ulike habitatene.

3.1.1.1 Pelagialen

Nær overflata (0-6 m)

Tre av de 10 fiskeartene som finnes i Storsjøen ble fanget i de frie vannmasser (pelagialen). Sik og krøkle dominerte i fangstene nær overflata (0-6 m dyp) med tanke på antall, mens sik dominerte i vekt (biomasse, **figur 3.1 a, c**). Det ble og vekt biomasse av fisk fanget på flytegarna på 0-6 m dyp.

I dypere lag (15-21 m)

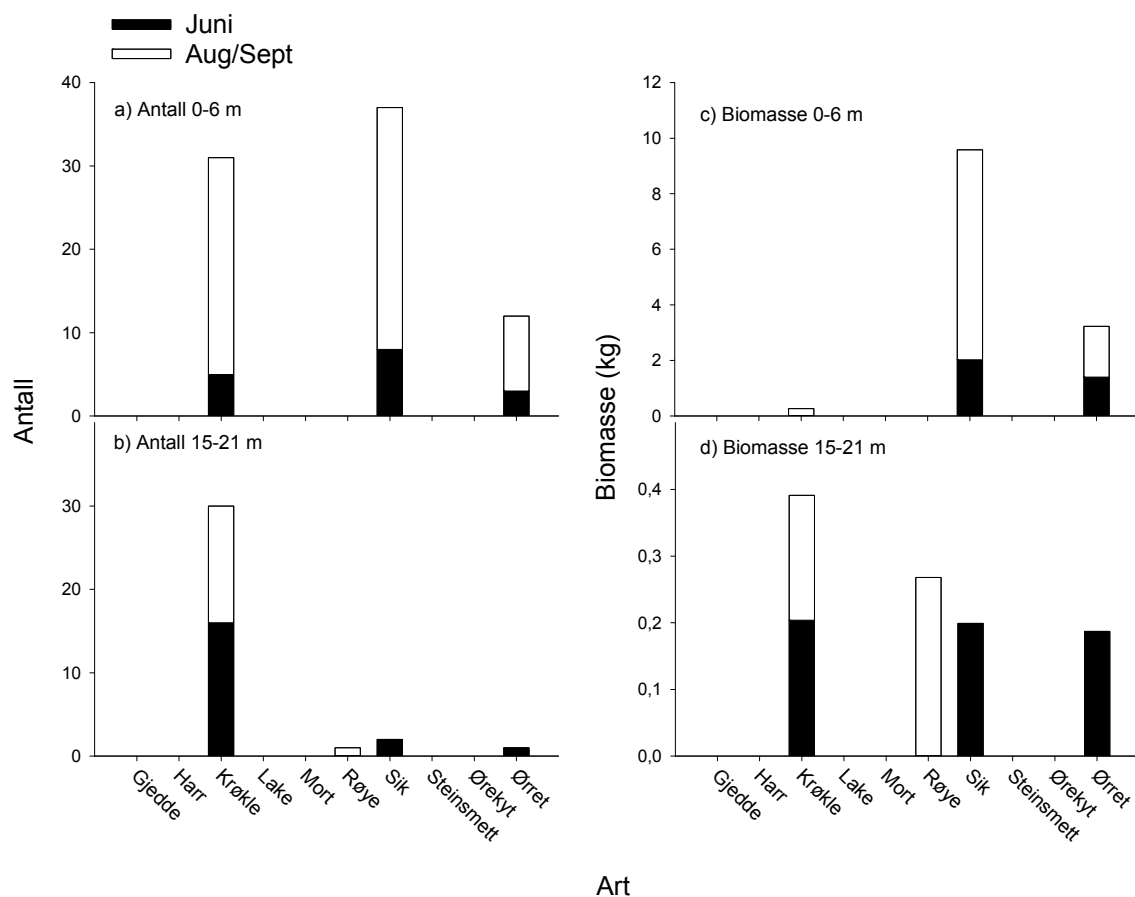
Den mest åpenbare forskjellen mellom fangstene på flytegarna som stod nær overflata (0-6 m) og de som stod dypere (15-21 m) var at krøkle dominerte i både antall og vekt på dypt vann, mens innslaget av sik, ørret og røye var veldig lavt. Generelt var fangstene små, og totalt for begge periodene ble det fanget kun 30 krøkle, to sik, en ørret og en røye på dette dypet (**figur 3.1 b, d**).

3.1.1.2 Strandsona (< 10 m litoralen)

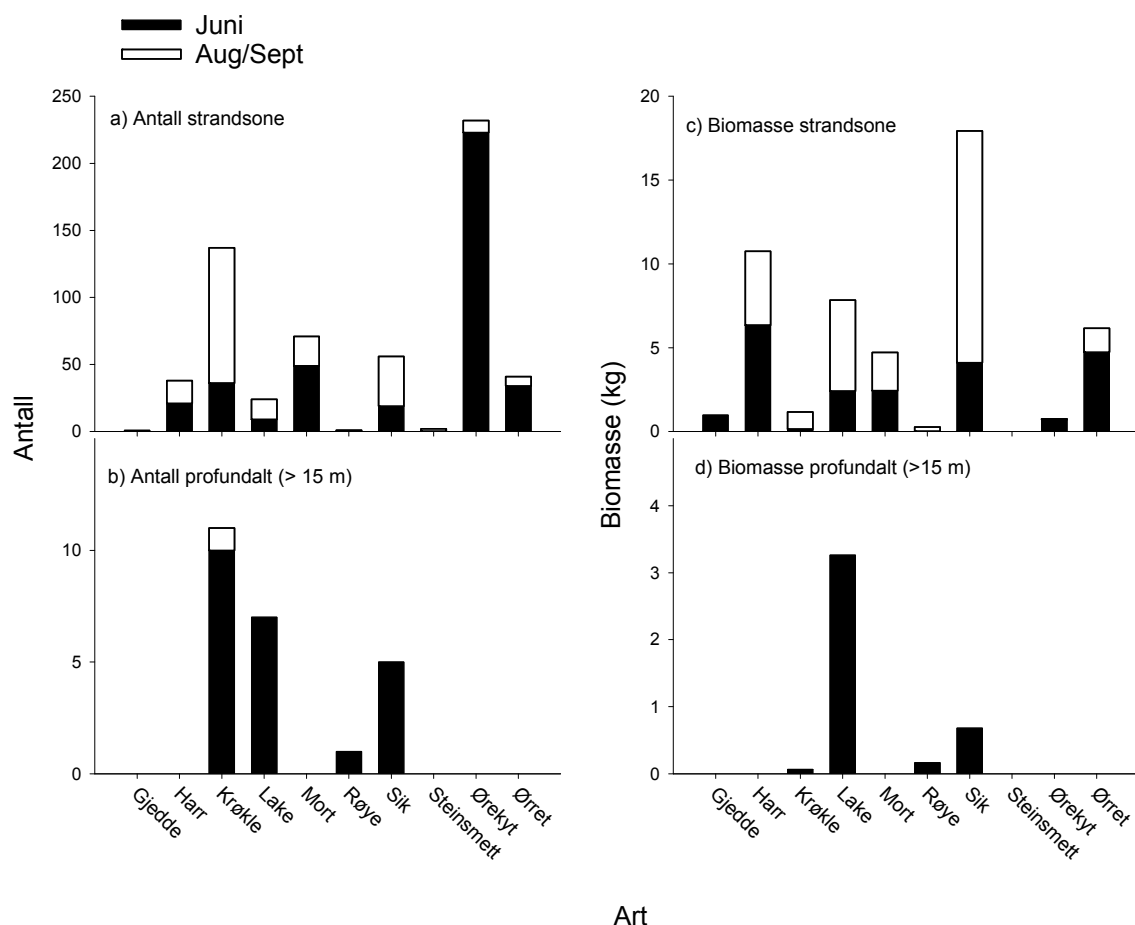
I motsetning til i flytegarnefangstene var alle fiskeartene i Storsjøen representert i fangstene i strandsona (**figur 3.2 a, c**). I antall dominerte ørekyt, særlig i juni, men ørekytas bidrag til den samlede fangsten i vekt var likevel marginal (**figur 3.2 a, c**). Det ble også fanget et stort antall krøkle i strandsona, men som for ørekyt, utgjorde krøkle lite med tanke på vekt. Fangstutbyttet i vekt var størst for sik, og også i antall hvis man ser bort fra ørekyt og krøkle. Sik dominerte i vekt, og utgjorde om lag 35 % av den samlede fangsten i strandsona. I tillegg utgjorde harr, lake og ørret en anseelig andel, med henholdsvis 21, 16, og 12 %, av fangstens i vekt i strandsona.

3.1.1.3 Dypet (profundalsona, > 15 m)

På bunngarna som ble satt relativt dypt (< 15 m) var fangstene svært lave og antall arter var færre enn i strandsona. I dette habitatet dominerte krøkle i antall og lake i vekt. I tillegg ble det fanget en røye og fem sik på dette dypet (**figur 3.2 b, d**).



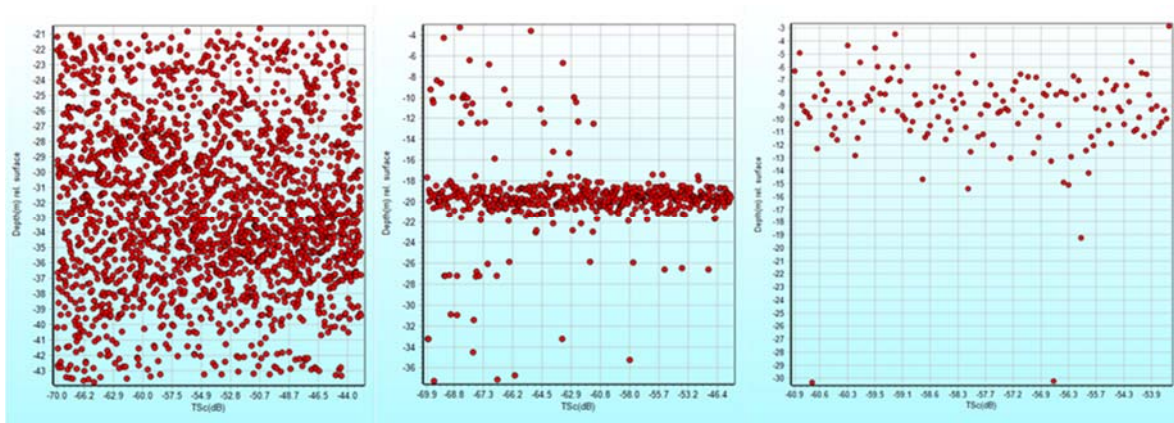
Figur 3.1 Flytegarnefangster i antall og vekt (biomasse) fordelt på ulike dyp og periode. a) antall 0-6 m, b) antall 15-21 m, c) biomasse 0-6 m og d) biomasse 15-21 m. Prøvefiske i Storsjøen, juni og august/september 2016.



Figur 3.2 Bunngarnfangster i antall og vekt (biomasse) fordelt på strandsone og profundalsone (> 15 m). a) antall i strandsone, b) antall profundalsone, c) biomasse i strandsone og d) biomasse profundalsone. Prøvefiske i Storsjøen, juni og august/september 2016.

3.1.2 Ekkoloddresultater

Det stod mye fisk på 20-40 m dyp i mai, og det tilsvarer tidligere kjøringer i Storsjøen og i Osen-sjøen, at fisken står på 20 m og dypere (**figur 3.3**). I september stod fisken nærmere overflata, spesielt om natta. På grunn av at ekkoloddet dekker en økende flate (grunnflata i en kjegle) nedover i dypet, registreres flere fisk slik at det på ekkogrammet ser ut som det er større tetthet på større dyp selv om det ikke er tilfelle. I tetthetsberegningene blir dette justert for, men det var likevel klart større tetthet av fisk i mai enn i september. Det gjelder spesielt for gruppen «stor fisk», som er vesentlig sik (**tabell 3.1** og **figur 3.4**).

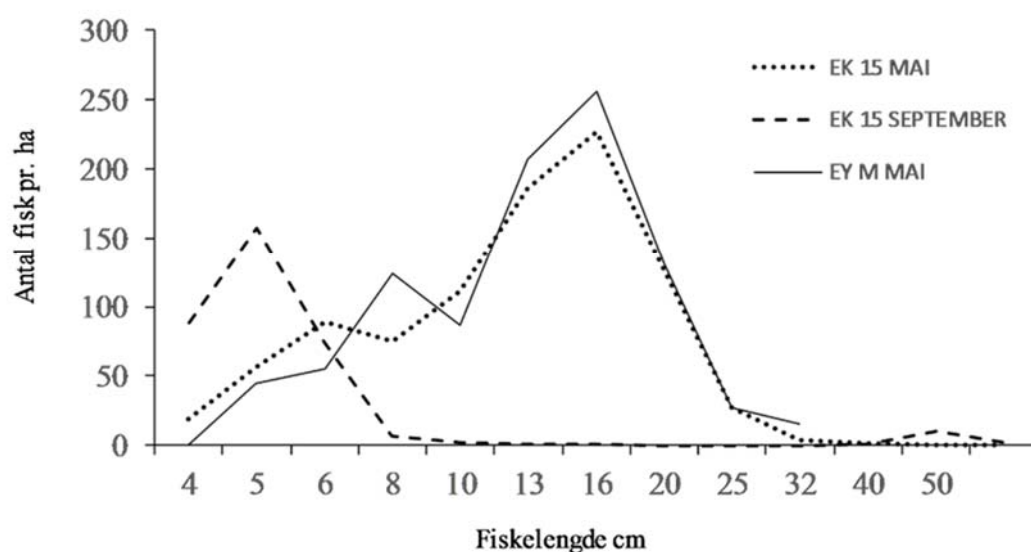


Figur 3.3. Fordeling av ekkosignaler i styrke og avstand under overflata, i mai (t.v.), i september om kvelden (i midten) og i september om natta (til høyre). (Merk: skalaen på y-aksen er forskjellig på alle figurene).

Forskjellen i romlig fordeling mellom mai og september og kveld og natt er ikke uventet, men den store forskjellen mellom lengdefordelingene er påfallende. Det var ikke slik i september 2015 (upubl.), og det tyder på en dramatisk nedgang i forekomsten av fisk i størrelsen 15 – 20 cm. Flytegarngfangstene fra september 2016 var også svært sparsomme, og 12.2 fisk pr. ha (**tabell 3.1**) virker rimelig i forhold til garngfangstene. Det at EK15 ekkoloddet viste noe lavere tetthet enn EY M er litt overraskende, men 35,2 – 42,4 stor fisk pr. ha er uansett relativt lave tettheter. Total tetthet på 892 – 956 fisk pr. ha er relativt høyt, og det skyldes nok krøkla. Totaltettheten i september var mer enn halvert, og kan det skyldes både fiskens romlige fordeling og redusert tetthet av stor fisk. I mai 2017 ble det igjen registrert høy tetthet av fisk (959 pr. ha, 95% C.I.= 661-1265, Linløkken upubl.) og fortsatt få (22.5 pr. ha) større enn ca. 30 cm, og med en topp i lengdefordelingen omkring 20 cm. Dette kan være stor krøkle.

Tabell 3.1. Tetthet av stor fisk og total tetthet av fisk beregnet ved ekkoloddregistreringer i Storsjøen i mai og september 2016 med SIMRAD EY M og SIMRAD EK15 ekkolodd.

| Utstyr | Periode | dB | [-40.0..-34.0> | [-59.0..-34.0> |
|--------|----------|----------------|----------------|----------------|
| | | | "Stor" fisk | Totalt |
| EY M | Mai 2016 | N/ha | 42.4 | 945.5 |
| | | Nedre 95% C.L. | 35.0 | 892.4 |
| | | Øvre 95% C.L. | 49.8 | 998.5 |
| EK 15 | Mai 2016 | N/ha | 35.2 | 892.1 |
| | | Nedre 95% C.L. | 28.6 | 816.0 |
| | | Øvre 95% C.L. | 41.7 | 968.3 |
| EK 15 | Sep 2016 | N/ha | 12.2 | 342.9 |
| | | Nedre 95% C.L. | 0.0 | 256.8 |
| | | Øvre 95% C.L. | 27.1 | 428.9 |



Figur 3.4. Estimert tetthet i ulike lengdegrupper av fisk basert på ekkostyrke ved registrering med SIMRAD EY M og EK15 i mai og med SIMRAD EK15 i september 2016.

3.2 De enkelte artene

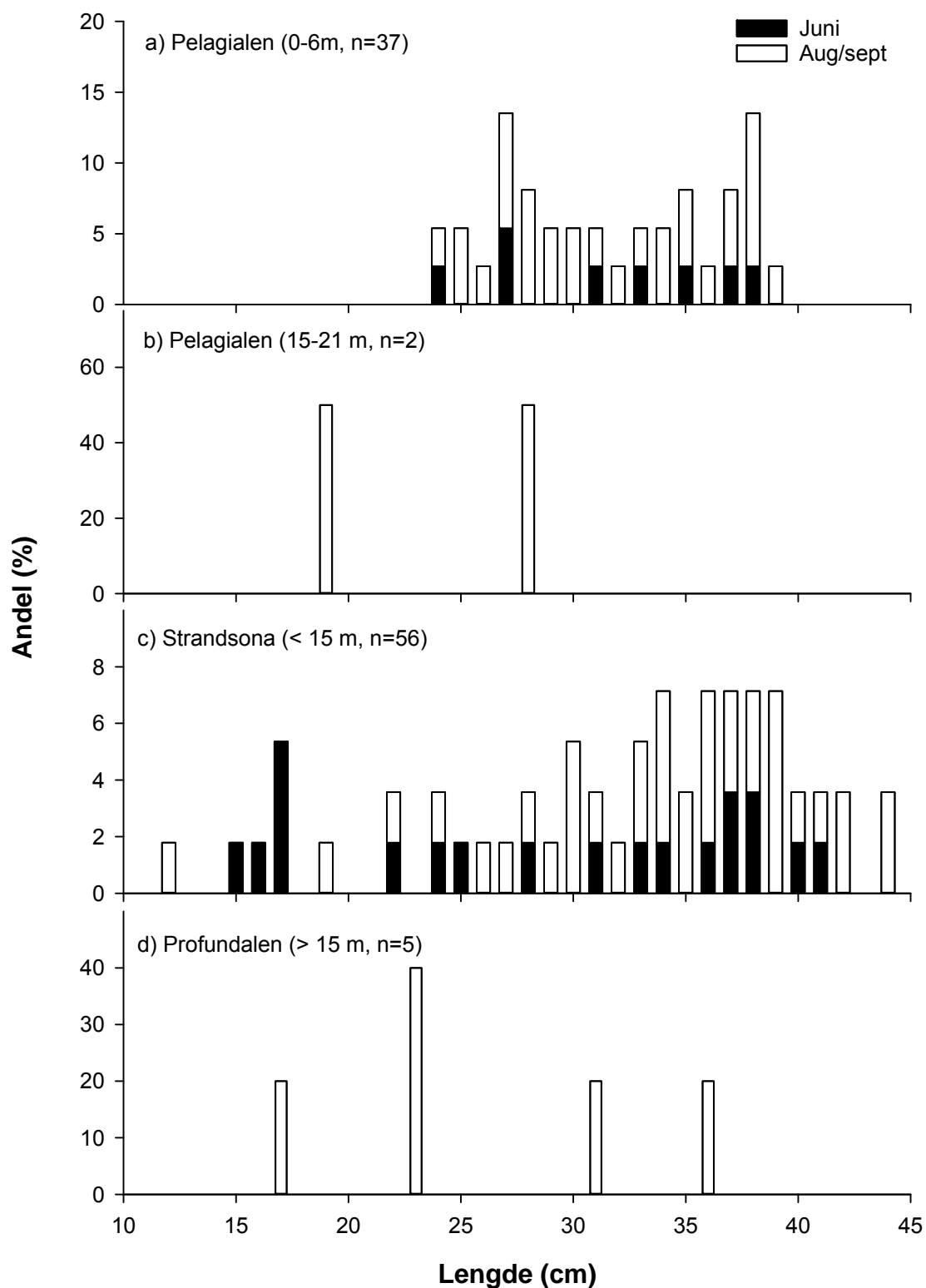
3.2.1 Røye

Totalt i prøvefisket ble det fanget kun tre røye i lengdeintervallet 29,6 – 31,8 cm, hvorav en i juni og to i august. To av røyene var 9 år og en var 12 år. Kondisjonen til røye fanget i juni var veldig lav ($k=0,56$), mens k -faktoren til de to røyene fanget i august/september var på 0,84 og 1,03. Alle røyene var kjønnsmodne. Til sammenligning ble det fanget 119 røye i 2007.

3.2.2 Sik

3.2.2.1 Lengdefordeling i ulike habitater

Totalt ble det fanget 100 sik i lengdeintervallet 12 – 44 cm under det ordinære prøvefisket. Den observerte lengdefordelingen synes å variere mellom de ulike habitatene (**figur 3.5**). Det ble imidlertid fanget svært få fisk i dypere vannlag både pelagialt ($n=2$) og profundalt ($n=5$), og reell lengdefordeling i disse habitatene er svært usikker. I fangsten på flytegarna som stod i overflata (0-6 m) fordelte siken seg i lengdeintervallet 24-39 cm, og 54 % av fisken var ≥ 30 cm (**figur 3.5 a**). I strandsona varierte siken mer i lengde og fordelte seg i intervallet 12-44 cm (**figur 3.5.c**). 68 % av denne siken var ≥ 30 cm (**figur 3.5 c**). I tillegg ble all sik over 40 cm tatt i dette habitatet.

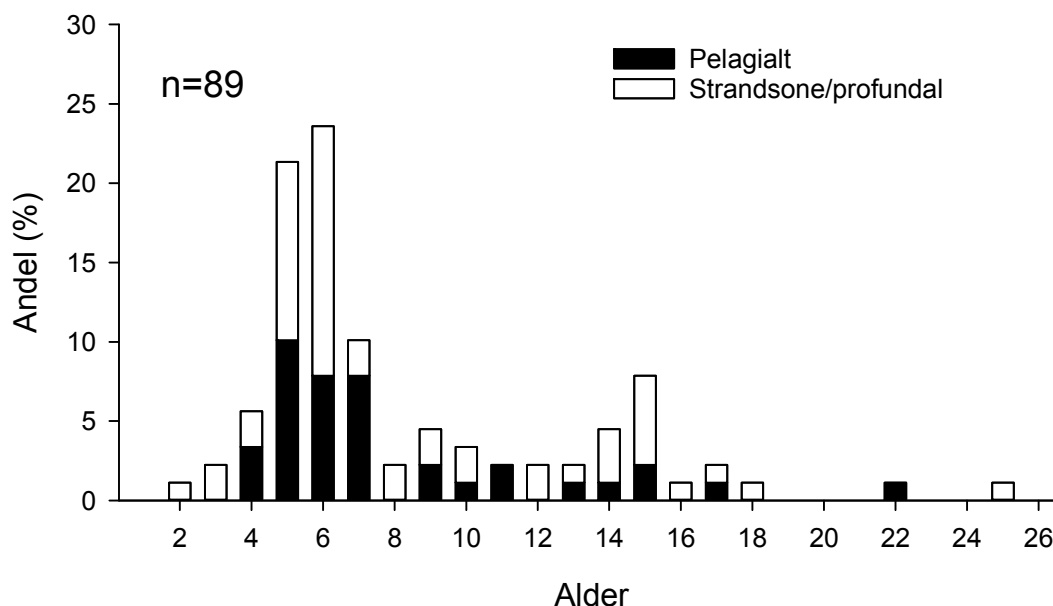


Figur 3.5. Lengdefordeling til sik fanget på flytegarn på a) 0-6 m dyp og b) 15-21 m dyp og med bunngarn i c) strandsona og i d) profundalen (> 15 m).

3.2.2.2 Aldersfordeling

Gjennomsnittsalderen til sik i prøvefiskefangstene i 2016 var på 8,3 år (95% KI = 0,96) og varierte fra 2–25 år. Totalt ble 19 aldersklasser påvist i fangsten. Som i 2007, var aldersklassene 5 og 6 år forholdsvis tallrike og utgjorde i 2016 til sammen 44,9 % av fangsten. Det ble fanget få sik under fem år i prøvefisket, og andelen sik ≥ 10 år var 29,2 % (**figur 3.6**).

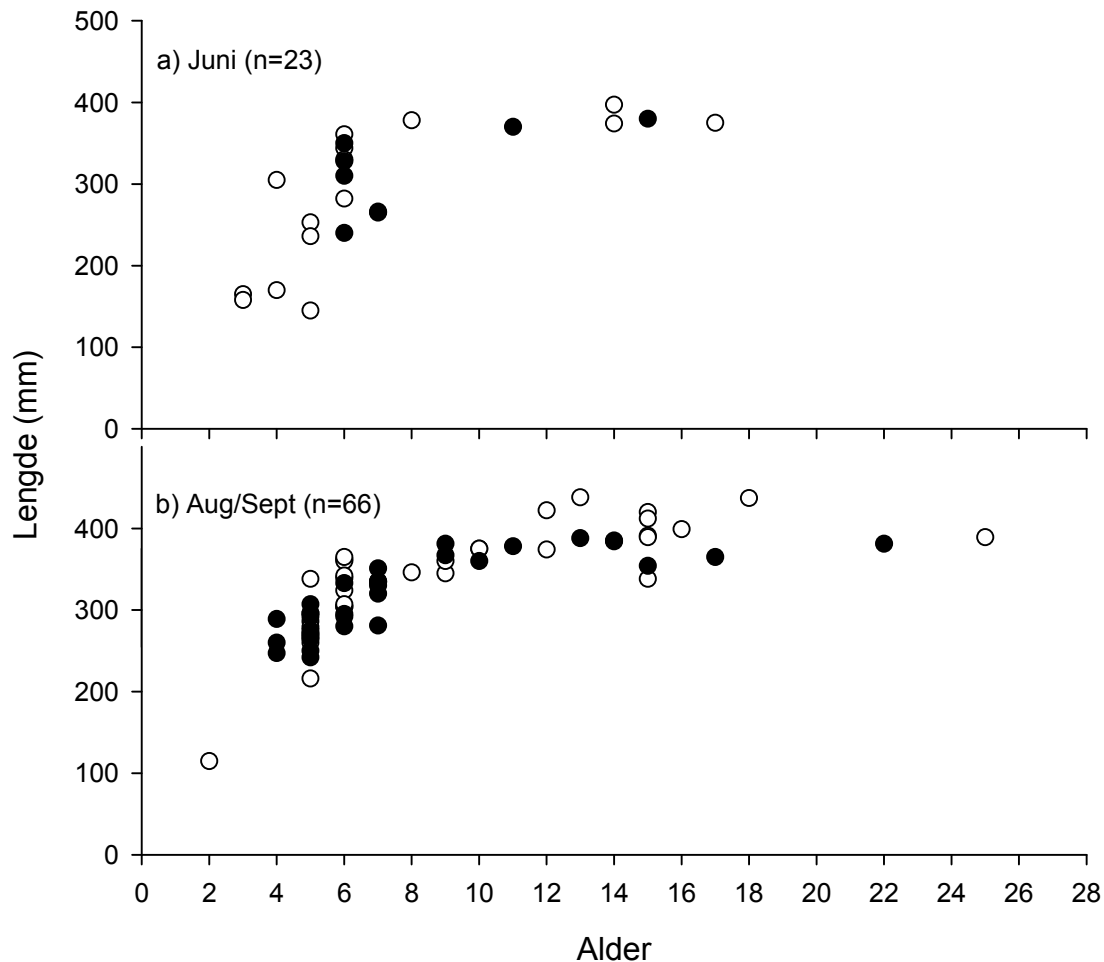
Den store forskjellen i aldersfordelingen fra 2007, var at gjennomsnittsalderen var en del høyere. Dette skyldes i all hovedsak at det ble fanget mye ettåringer i 2007 (nesten 20 % av totalt antall sik dette året).



Figur 3.6 Aldersfordeling til sik fanget ved prøvefiske i Storsjøen i juni og september 2016 på flytegarv i pelagialen og på bunngarv i strandsona og profundalsona (< 15 m).

3.2.2.3 Vekst, kjønnsmodning og kondisjon

Veksten til siken er framstilt som lengde ved gitt alder (**figur 3.7**). Vi ser at det er relativt store individuelle forskjeller innad i hver aldersgruppe. For eksempel varierte lengden på femåringer fanget i august/september mellom 21,6 og 33,8 cm (**figur 3.7 b**). Etter seks-syv år avtar veksten til siken kraftig, og den ser ut til å stagnere på lengder rundt 40 cm. Stagnasjonen, og akkumuleringen av sik i eldre aldersgrupper illustreres av at alderen til sik med lengde mellom 35 og 40 cm varierte fra 6 til 25 år.



Figur 3.6. Forhold mellom alder og lengde til sik fanget på flytegar (svarte prikker) og bunngarn (hvite prikker) ved prøvefiske i Storsjøen i a) juni og b) august/september 2016.

Det ble påvist kjønnsmoden sik f.o.m. 6 års alder. Andelen kjønnsmodne 6-årige hanner og hunner var henholdsvis 7 og 67 % (**tabell 3.2**). Andelen kjønnsmodne hunner eldre enn seks år lå i hovedsak over 60 %, mens andelen kjønnsmodne hanner i tilsvarende aldersgrupper var lav (≤ 40 %). Dette er overraskende lavt sammenlignet med undersøkelsen i 2007, hvor det ble funnet kjønnsmoden sik fra fire års alder for begge kjønn, samt at andelen kjønnsmodne individer av eldre sik var langt høyere.

Gjennomsnittlig kondisjonsfaktor til sik fanget i 2016, var noe høyere enn i 2007 for de yngste aldersklassene (usikre tall pga. lite antall fisk), mens kondisjonsfaktoren for sik eldre enn fire år var relativt lik mellom de to årene (**tabell 3.2**).

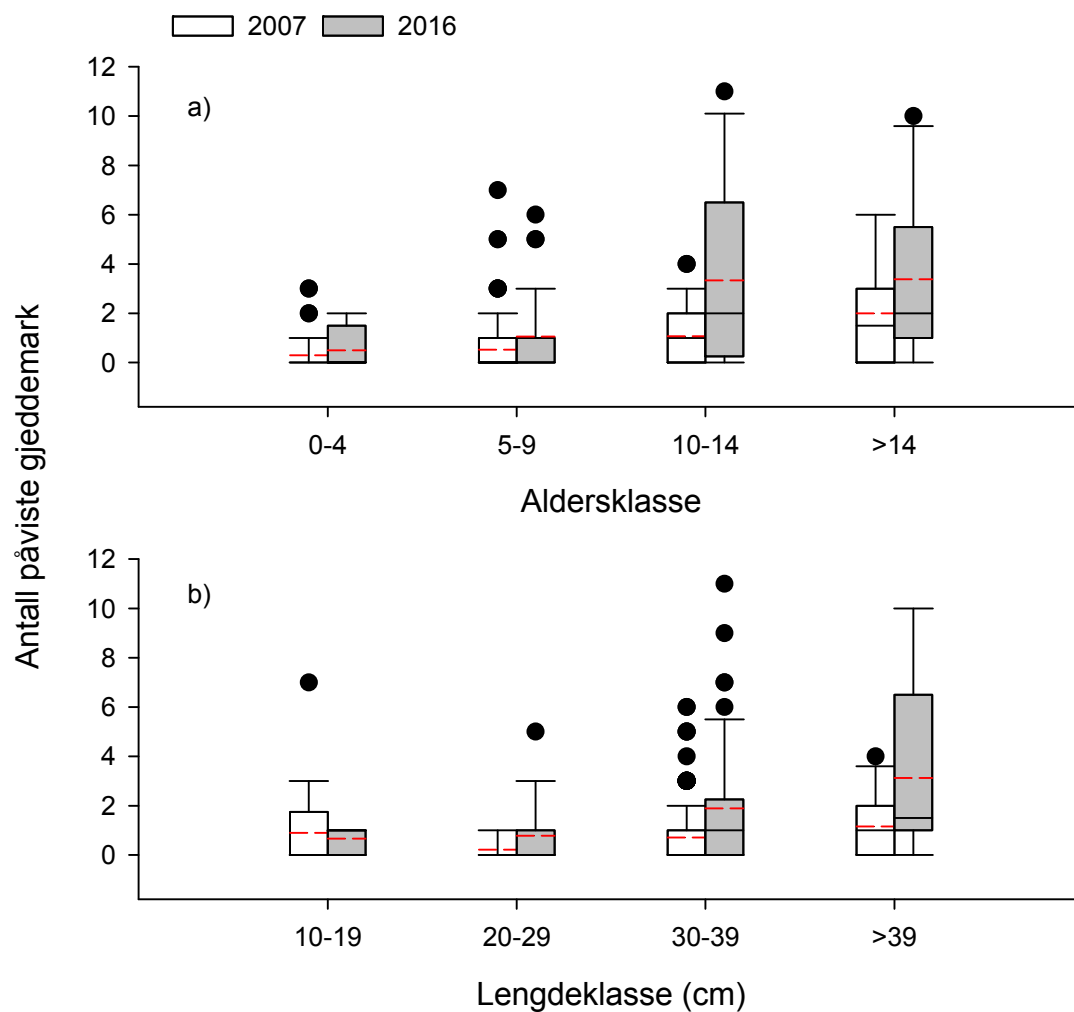
Tabell 3.2. Andel kjønnsmodne individer i aldersklassene ≤ 3 år til ≥ 8 år for sik fanget ved prøvefiske i Storsjøen i juni og august/september 2016, og gjennomsnittlig kondisjonsfaktor (K) for sik fanget i august/september. K-faktor for de samme aldergruppen i 2007 er også vist i tabellen.

| Alder | Kjønnsmodning | | | | Kondisjon | | |
|----------|---------------|---------|------|---------|----------------|----------------|----------|
| | Hann | | Hunn | | Aug/Sept. 2016 | September 2007 | |
| | n | % modne | n | % modne | K-faktor | n | K-faktor |
| ≤ 3 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0,99 | 1 | 0,77 |
| 4 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0,92 | 3 | 0,85 |
| 5 | 11 | 0 | 7 | 0 | 0,85 | 16 | 0,87 |
| 6 | 15 | 7 | 6 | 67 | 0,84 | 13 | 0,85 |
| 7 | 6 | 0 | 3 | 33 | 0,86 | 7 | 0,85 |
| ≥ 8 | 10 | 40 | 22 | 64 | 0,81 | 26 | 0,80 |

3.2.2.4 Gjeddemark

I alt ble 92 sik undersøkt for gjeddemark og infeksjonsgraden er framstilt som en relativ indeks (sum av gjeddemark påvist i tre vertikale snitt gjennom fiskens rygg, for detaljer se kap. 3.4.4). I 60,9 % av fisken ble det påvist en eller flere gjeddemark. I 2007, var denne andelen langt lavere, med 36,4 %. Andelen sik med ≥ 5 påviste gjeddemark var på 12 % i 2016 mot kun 2 % i 2007. En sammenligning av det totale undersøkte materialet, viste også at det var en signifikant høyere infeksjonsgrad (antall påviste parasitter) i 2016 enn i 2007 ($H=18,02$, $p<0,001$, Spearman Anova on ranks).

I 2016 ser vi en økende trend mot økt infeksjonsgrad med økende alder (**figur 3.7 a**). En sammenligning av antall påviste parasitter i sik for aldersgruppene 0-9 år og sik eldre enn ni år (gruppene er slått sammen for å øke antall sik i hver gruppe) viser en signifikant høyere parasitteringsgrad i den eldste fisken ($H=11,54$, $p=0,001$, Spearman Anova on ranks).

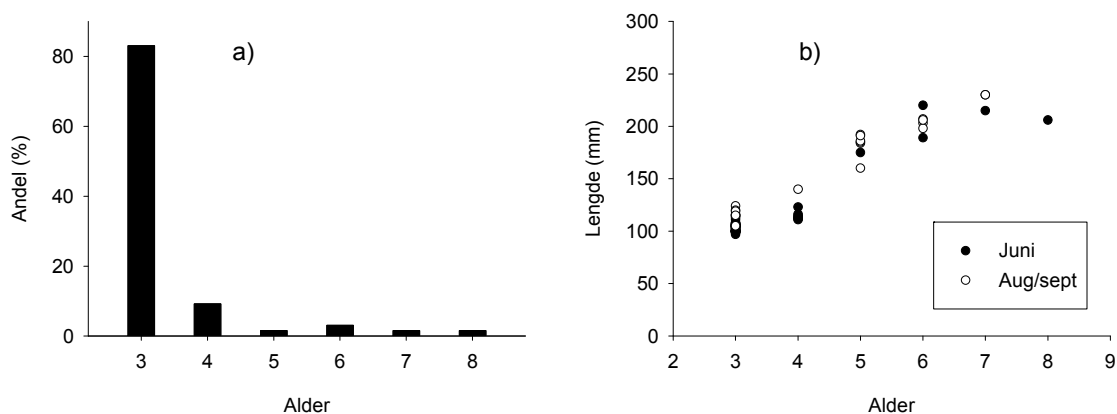


Figur 3.7. Antall påviste gjeddemark (i tre vertikale snitt gjennom ryggen på siken) i ulike a) aldersklasser og b) lengdeklasser hos sik i Storsjøen i 2007 (n=280) og 2016 (n=92). (Boksene omfatter de midtre 50 % av observasjonene. Median og gjennomsnitt vises ved henholdsvis den heltrukne svarte og stiplede røde linjen inne i boksen. De vertikale linjene viser 10 (□) and 90 (⌋) persentilene).

3.2.3 Krøkle

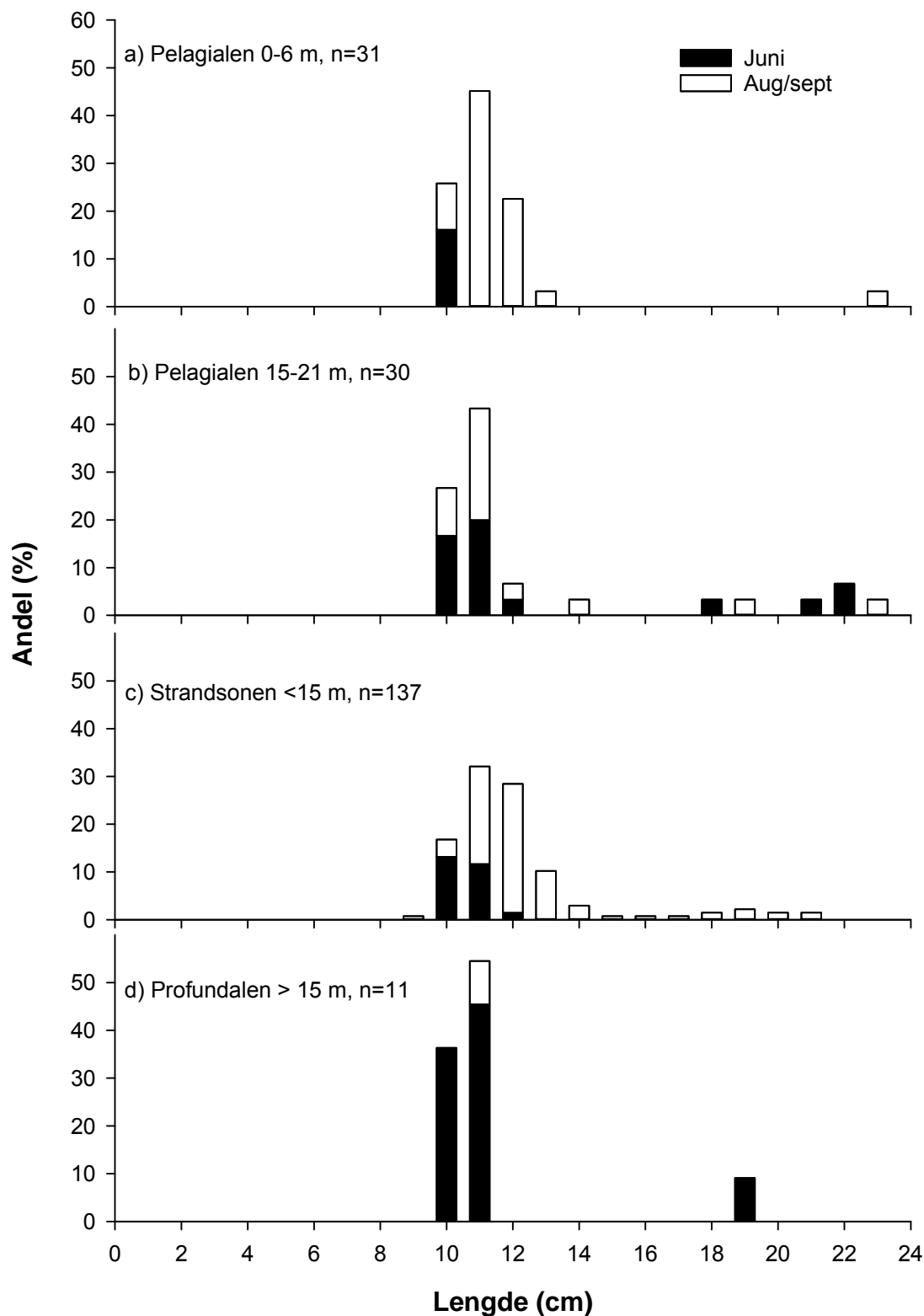
Det ble totalt fanget 209 krøkle under prøvefisket i Storsjøen i 2016. Krøkla fordelte seg i aldersklassene 3-8 år, med en klar dominans av treåringene (**figur 3.8 a**). Treåringene utgjorde over 80 % av krøkla som ble fanget.

Treårig krøkle tatt i juni varierte mellom 97-116 mm, mens fireåringene varierte mellom 111 og 123 mm (**figur 3.8 b**). Etter seks vekstsesonger er krøkla rundt 200 mm. Den største krøkla som ble fanget var syv år og 230 mm.



Figur 3.8. Aldersfordeling til 65 krøkle fanget i juni (a) og aldersspesifikk lengde (b) for 65 og 20 krøkle fanget i henholdsvis juni og august/september 2016 i Storsjøen.

Krøkla som ble fanget fordelte seg i lengdeintervallet 94-230 mm (**figur 3.9**). I begge perioder ble det fanget mest krøkle i strandsona, og samlet utgjorde fangsten i dette habitatet nær 66 % av totalfangsten (**figur 3.9 c**). Det ble fanget svært lite stor krøkle, og ca. 91 % av krøkla var under 150 mm. Den største krøkla ble i all hovedsak fanget i strandsona og på dypet i pelagialen (**figur 3.9 b og c**).



Figur 3.9. Andel krøkle i ulike lengdeklasser, fordelt på habitat og fangstmåned. Figur a) viser fordelingen i pelagialen (0-6 m), b) i pelagialen (15-21 m), c) i strandsona grunnere enn 15 meter og d) krøkle fanget langs bunn dypere enn 15 meter.

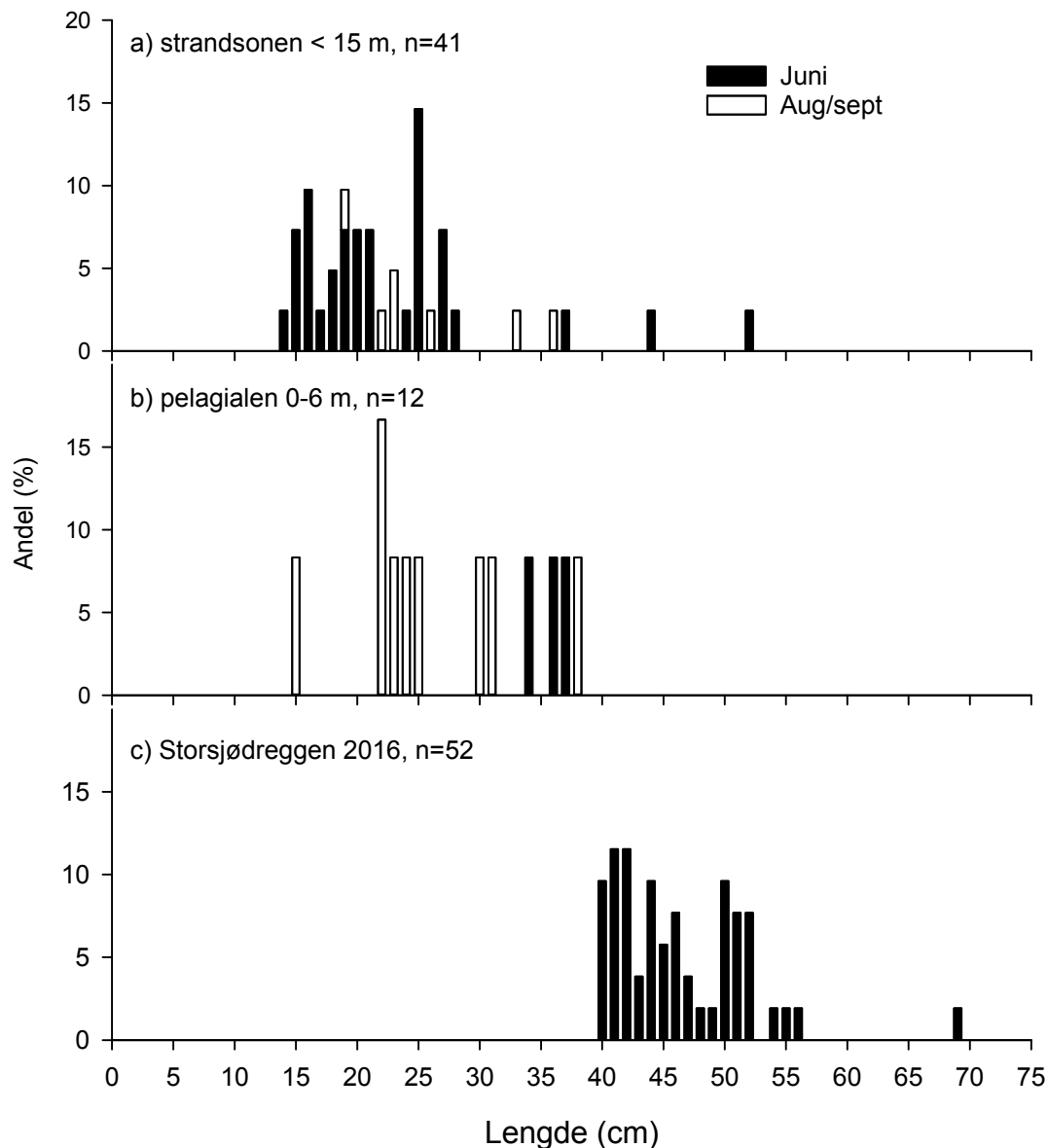
3.2.4 Ørret

I forbindelse med prøvefisket i Storsjøen i 2016, ble det totalt samlet inn data på 54 ørret. Av disse ble 38 fanget under prøvefisket i juni og 16 i august/september. I tillegg er det samlet inn data på totalt 447 ørret fanget under Storsjødreggen i perioden 2006-2016 (ingen fisk samlet inn i 2008) som er benyttet i forbindelse med analyse av endringer i vekst og kondisjonsfaktor.

3.2.4.1 Lengdefordeling i ulike habitater

De 54 ørretene som ble fanget i det ordinære prøvefisket var mellom 14 og 52 cm (**figur 3.10**). Andelen ørret større enn 30, 35 og 40 cm i totalmaterialet var henholdsvis 18,5, 13,0 og 3,7 %. På flytegarna som stod i overflata (0-6 m) ble det fanget ørret i lengdeintervallet 15 – 38 cm (**figur 3.10 b**). Det ble kun fanget én ørret (26 cm) på flytegarna som var senket til 15 - 21 m. I strandsona ble det fanget 41 ørret i lengdeintervallet 14 – 52 cm, med en dominans av ørret i lengdeintervallet 15-28 cm (**figur 3.10 a**). Det ble ikke fanget ørret i bunngarn som stod på dypet (> 15 m). Fangstene viser at ørret mindre enn 20 cm i liten grad bruker pelagialen, og at ørret i de fleste størrelsesklasser bruker strandsona.

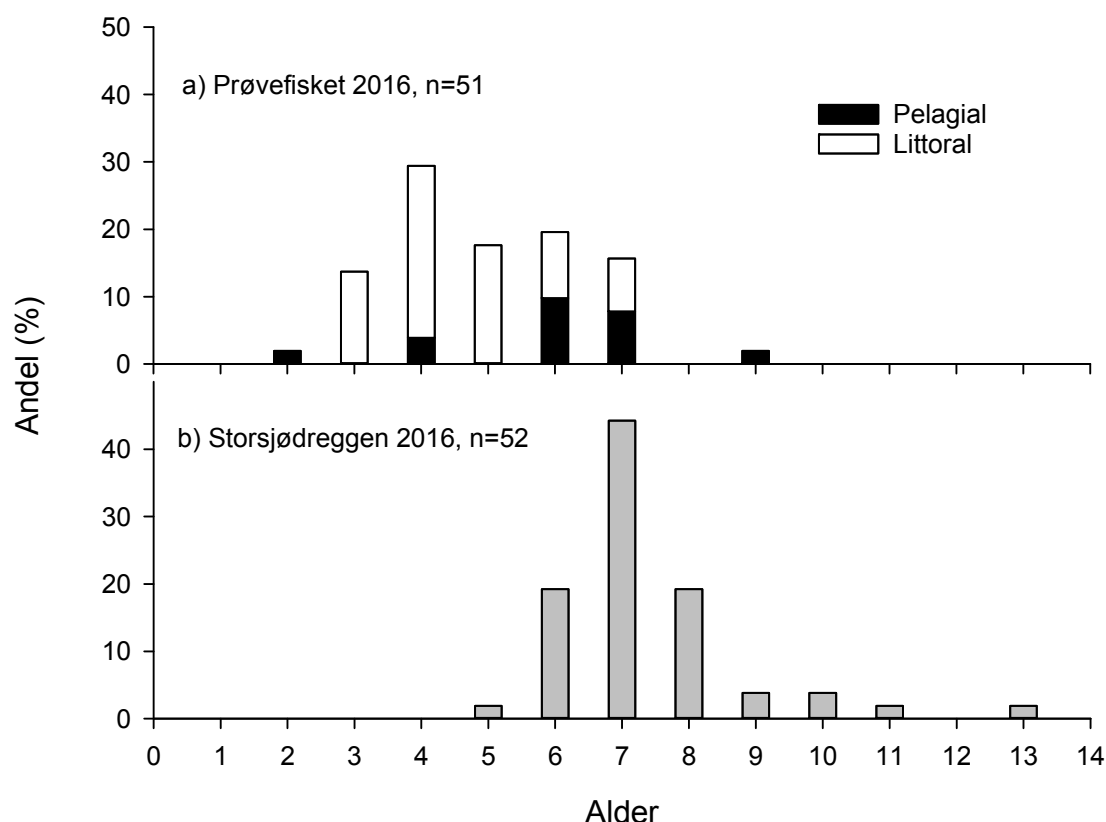
Under Storsjødreggen ble det tatt prøver av 52 ørret i lengdeintervallet 40-69 cm (**figur 3.10 c**). (Minstemålet under Storsjødreggen i 2016 var 40 cm).



Figur 3.10. Lengdefordeling til ørret fanget i a) strandsona og b) på 0-6 m dyp i pelagialen. (Det ble fanget en ørret (26 cm) på 15-21 m i pelagialen og ingen ørret på bunngarn i profundalen, > 15 m). Figur c) viser lengdefordelingen til ørret fanget under Storsjødreggen i 2016.

3.2.4.2 Aldersfordeling

Gjennomsnittsalderen til ørret i prøvafiskefangstene var på 4,96 år (SD = 1,49) og varierte fra 2 til 9 år. Aldersklasse 4 år (årsklasse 2012) dominerte med nær 30 % av fangsten, men treåringer og 5-7 åringer var også godt representert (**figur 3.11 a**). Årsklassefordelingen til ørret fanget på Storsjødreggen i 2016 viser et større innslag av eldre fisk, noe som i hovedsak skyldes at minstetålet i konkurransen er 40 cm (**figur 3.11 b**). Årsklasse 2009 (7-åringer) dominerte i fangstene fra Storsjødreggen, og det var få fisk eldre enn åtte år (**figur 3.11 b**).

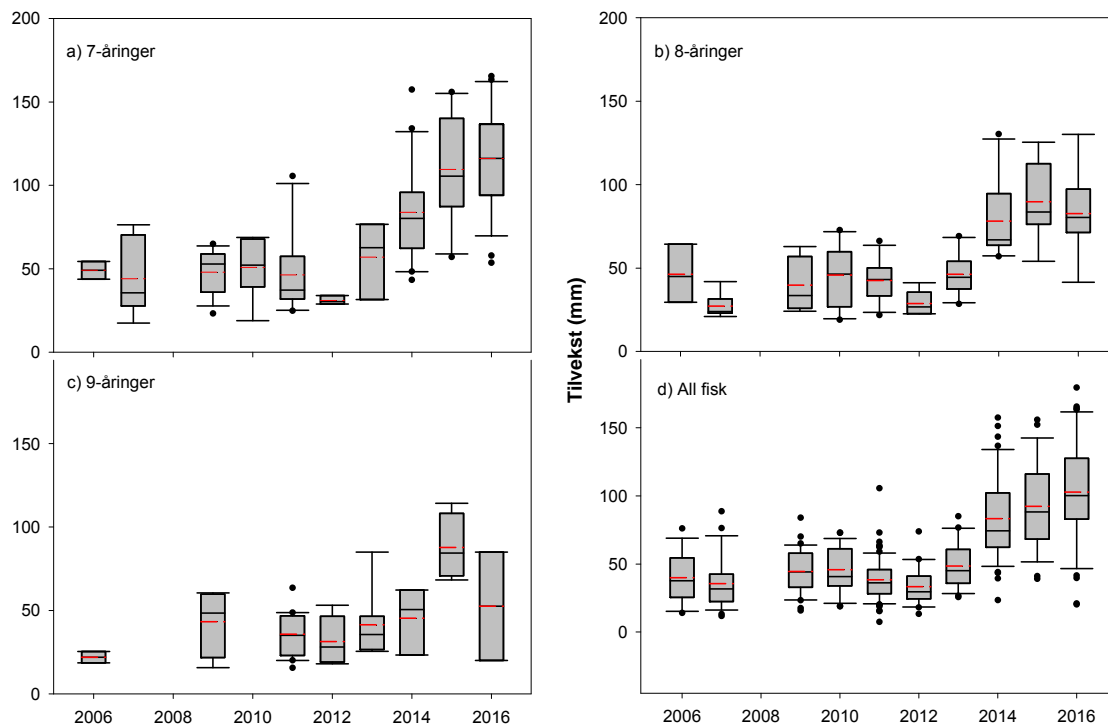


Figur 3.11. Aldersfordeling til 51 ørret fanget under prøvefisket a), og 52 ørret fanget under Storsjødreggen i 2016 b).

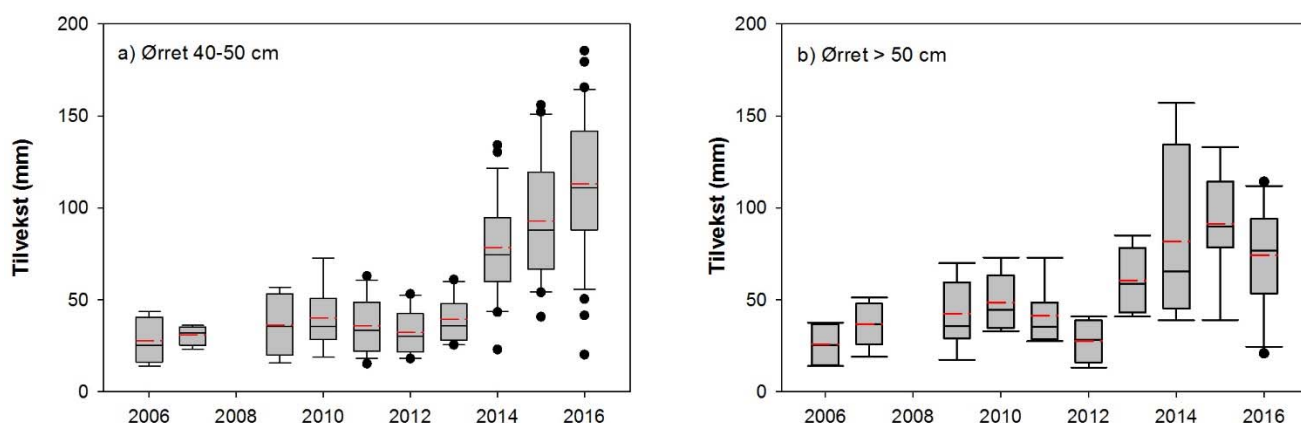
3.2.4.3 Vekst og kondisjonsfaktor

Ørretmaterialet samlet under Storsjødreggen siden 2006 gir mulighet til å analysere utviklingen over tid. En sammenligning av siste års tilvekst for sju- til niåringer, og for alle årsklasser samlet (**figur 3.12**) i perioden 2006 – 2014, viser at det var stor individuell variasjon i tilveksten til ørreten i Storsjøen. Ser vi på all ørret samlet (**figur 3.12 d**) er det imidlertid også en tydelig og signifikant økning i siste års tilvekst for ørret fanget i årene 2014-2016 sammenlignet med tidligere år ($H=177$, $p<0,001$; Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks med parvise tester – Dunn's metode). Det ble ikke funnet signifikante forskjeller mellom de andre årene ($p>0,05$ for alle sammenligninger). Siste års tilvekst for ørret i perioden 2006-2013 var i gjennomsnitt mindre enn fem cm, mens tilveksten i årene 2014-2016 lå fra 8-10 cm (**figur 3.12 d**).

Det er også en tendens til at økningen i tilvekst de siste tre årene er større for 7-8 åinger sammenlignet med 9-åinger (**figur 3.12 a-c**). Dette ser vi også ved å sammenligne årlig tilvekst for ørret mellom 40-50 cm og ørret > 50 cm (**figur 4.13 a og b**). I 2016 var årlig tilvekst for ørret mellom 40-50 cm godt over 10 cm (**figur 4.13 a**).

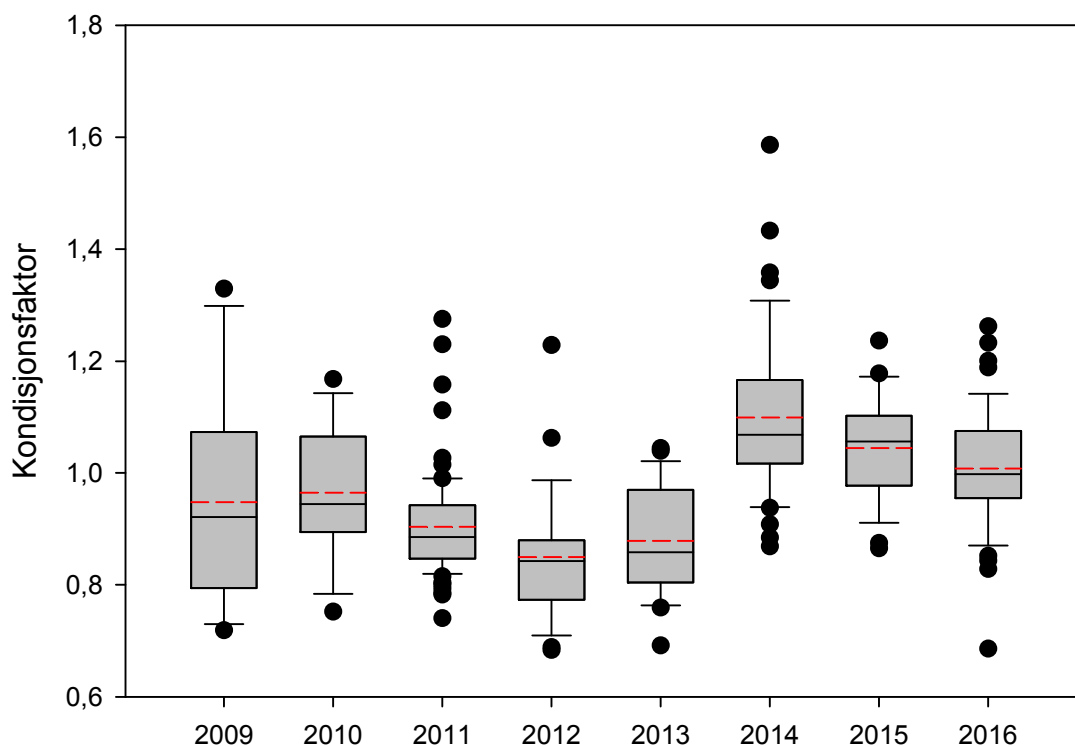


Figur 3.12. Box-plot som viser siste års tilvekst for a) 7-åringer, b) 8-åringer, c) 9-åringer og d) all fisk fanget under Storsjødreggen i årene 2006-2016 (2008 mangler). Boksene omfatter de midtre 50 % av verdiene. Medianen er den heltrukne svarte linjen inne i boksen og gjennomsnittet er vist med rød stiptet linje. De vertikale linjene utenfor boksen representerer 5 og 95 prosentilene (dvs. 90 % av tilvekst-verdiene ligger innenfor disse). Fylte sirkler viser observasjoner utenfor 90 % av verdiene.



Figur 3.13. Box-plot som viser a) siste års tilvekst for ørret mellom 40-50 cm, og b) ørret > 50 cm fanget under Storsjødreggen i årene 2006-2016 (2008 mangler). Boksene omfatter de midtre 50 % av verdiene. Medianen er den heltrukne svarte linjen inne i boksen og gjennomsnittet er vist med rød stiptet linje. De vertikale linjene utenfor boksen representerer 5 og 95 prosentilene (dvs. 90 % av tilvekst-verdiene ligger innenfor disse). Fylte sirkler viser observasjoner utenfor 90 % av verdiene.

Kondisjonsfaktoren til ørret fanget under Storsjødreggen varierte også mye innen og mellom år (**figur 3.14**). Selv om kondisjonsfaktoren synes å ha gått noe ned de to siste årene er det en tendens til at ørreten er i bedre kondisjon i årene 2014-2016, sammenlignet med årene i forkant. Det er som sagt stor variasjon, og i 2014 varierte f.eks. kondisjonsfaktoren fra 0,9 til 1,6.



Figur 314. Box-plot som viser siste kondisjonsfaktor for ørret fanget under Storsjødreggen i årene 2009-2016. Boksene omfatter de midtre 50 % av verdiene. Medianen er den heltrukne svarte linjen inne i boksen og gjennomsnittet er vist med rød stiplet linje. De vertikale linjene utenfor boksen representerer 5 og 95 prosentilene (dvs. 90 % av kondisjonsfaktorverdiene ligger innenfor disse). Fylte sirkler viser observasjoner utenfor 90 % av verdiene.

3.3 Diett og energistrøm

3.3.1 Mageprøver

3.3.1.1 Sik og krøkle

Bosmina vannlopper var svært dominerende i dietten til både sik og krøkle, med unntak for sik i juni. For krøkle utgjorde *Bosmina* «kun» 38 % av dietten i strandsonen, men utgjorde mer enn 84 % i alle andre perioder og habitater (**tabell 3.3**). Vi ser også at krøkle kan spise noe fisk (byttfisk var mellom 10-30 mm). En viktig forskjell mellom 2007 og 2016, er innslaget av store vannlopper som *Bythotrephes longimanus* og *Daphnia*. *B. longimanus* ble ikke funnet i dietten i det hele tatt i 2016, og *Daphnia* kun i liten grad, mens dette var viktige byttedyr for sik og røye i 2007. Dette er en indikasjon på at beitepresset på zooplankton har økt, da de største plankton-artene blir beitet ned først.

Tabell 3.3. Mageinnholdet til sik og krøkle (i volumprosent) fanget i ulike habitater i Storsjøen ved prøvefiske i juni og august/september.

| Habitat | Littoral | | | | Pelagisk | | | | Profundal > 15 m | |
|---------------------|----------|-----|--------|-----|----------|-----|--------|------|---------------------|--------|
| Art | Sik | | Krøkle | | Sik | | Krøkle | | Krøkle | |
| Måned | Juni | Aug | Juni | Aug | Juni | Aug | Juni | Aug | Juni | August |
| Overfl./pupper | 4,5 | | 3 | | 38 | 5 | | | | |
| <i>Bythotrephes</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Bosmina</i> | 3 | | 84,9 | 38 | 20 | 95 | 86,8 | 99,8 | 96,7 | |
| <i>Daphnia</i> | 0,2 | | | | 12 | | | | | |
| <i>Holopedium</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Cyclops</i> | | | | | | | | | | |
| Andre zoopl. | 1 | | | 8 | | | | | | |
| Bunndyr | 49 | | 10,3 | 20 | 30 | | 4,1 | | 1,7 | |
| Rogn | 30 | | | | | | | | | |
| Fisk | | | | 17 | | | 9,1 | | | |
| Ubestemt | 12,5 | | 1,8 | 17 | | | | 0,2 | 1,6 | |
| Tot # mager | 10 | - | 17 | 6 | 5 | 7 | 11 | 6 | 7 | - |

3.3.1.2 Ørret

Som i 2007, synes ørreten i Storsjøen å være svært avhengig av overflateinsekter, og i pelagialen utgjorde denne ressursen 50 % av volumet av mageinnholdet i juni (**tabell 3.4**). Bunndyr utgjorde en stor andel av dietten i strandsonen. Ellers utgjorde fisk en vesentlig del av dietten i både strandsona og i de frie vannmassene. Av de fiskene som hadde spist fisk hadde fem ørret spist krøkle, en ørret spist steinsmett og en spist ørekyte. Det kan nevnes at en av ørretene (34 cm) hadde fem krøkle på ca. 10 cm i magen. Overflateinsekter, bunndyr og fisk var også de viktigste næringsgruppene for ørret i 2007, men krøkle var ikke byttefisk den gangen.

Tabell 3.4. Mageinnholdet til ørret (i volumprosent) fanget i ulike habitater i Storsjøen ved prøvefiske i juni og september. Materialet i september var svært spinkelt, da kun syv av de 16 ørretene som ble fanget hadde mat i magen.

| | Juni | |
|---------------------|----------|----------|
| | Littoral | Pelagisk |
| Overfl. Ins. | 15 | 50 |
| Bunndyr | 58,5 | - |
| <i>Bythotrephes</i> | - | - |
| Annen zoopl. | - | - |
| Fisk | 25,4 | 50 |
| Ubestemt | 1,1 | - |
| # fisk | 19 | 4 |

3.3.2 Stabile isotoper

3.3.2.1 Forskjeller i økologisk nisje mellom fiskeartene

Prøvene fra strandsona og de åpne vannmassene hadde klart forskjellige $\delta^{13}\text{C}$ -verdier, med partikulært organisk materiale (POM) og dyreplankton i gjennomsnitt omtrent 14 ‰ lavere $\delta^{13}\text{C}$ -verdier enn påvekstalter og bunndyr fra strandsona (**figur 3.15**).

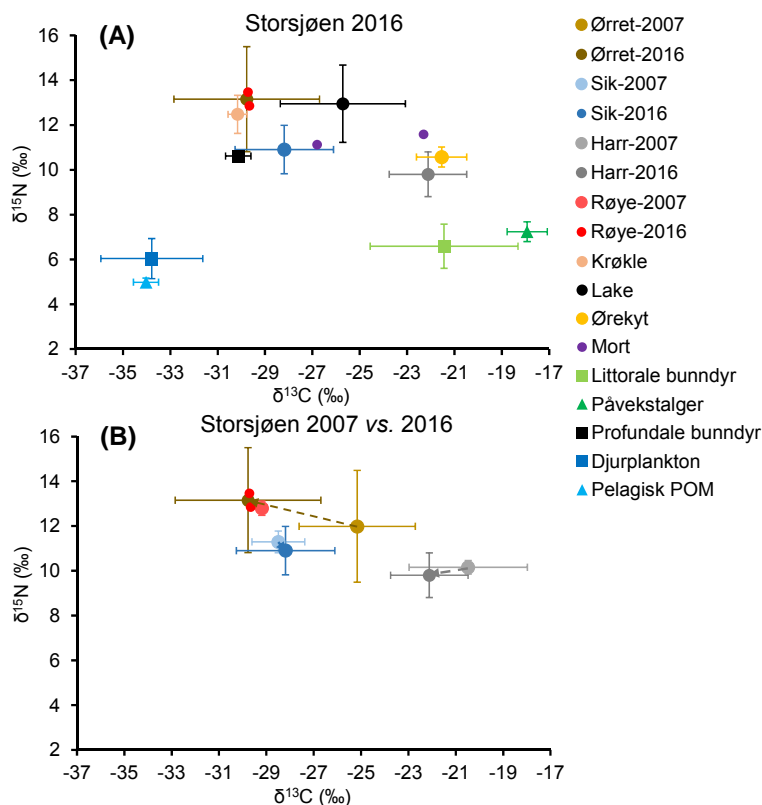
Fjærmygglarver (Chironomidae) fra bunnen på dypt vann hadde lave $\delta^{13}\text{C}$ -verdier, i likhet med planktonet, men hadde betydelig høyere trofisk nivå, slik de forhøyede $\delta^{15}\text{N}$ -verdiene indikerer (**figur 3.15**). Tilsvarende viste de forskjellige fiskeartene markerte forskjeller i sine isotopiske nisjer (**figur 3.15**). Harr og ørekyt hadde høye verdier av $\delta^{13}\text{C}$, men relativt lave $\delta^{15}\text{N}$ -verdier,

noe som viser en diett som hovedsakelig består av bunndyr fra strandsona. På den annen side hadde sik mye lavere $\delta^{13}\text{C}$ -verdier og også ganske lave $\delta^{15}\text{N}$ -verdier. Dette betyr en nisje som er mer knyttet til de åpne vannmassene og/eller dype områder og en diett dominert av algespisende dyreplankton. Røye og krøkle hadde de laveste $\delta^{13}\text{C}$ - og de høyeste $\delta^{15}\text{N}$ -verdiene av alle de artene som ikke er fiskespisende. Dette betyr at de hovedsakelig spiser plankton og bunndyr på dypt vann, trolig med et visst innslag av rovdyrarter i planktonet. De relativt høye $\delta^{15}\text{N}$ -verdiene kan også skyldes at klekkende fjærmygg fra dypt vann ofte er svært viktig fiskeføde i pelagialen. Det er høy grad av nisjeoverlapp mellom røye og krøkle.

Lake og ørret hadde begge relativt høye $\delta^{15}\text{N}$ -verdier, noe som trolig skyldes en diett som for en stor del består av fisk. De høyere $\delta^{13}\text{C}$ -verdiene hos lake viser at den trolig spiser mer næringsdyr knyttet til strandsona. Både lake og ørret viste stor individuell variasjon i $\delta^{13}\text{C}$ - og $\delta^{15}\text{N}$ -verdier, noe som viser at bestandene består av individer med ulik atferd; noen er generalister (dvs. de har middels $\delta^{13}\text{C}$ og $\delta^{15}\text{N}$), noen er svært spesialiserte til en diett dominert av fisk (høy $\delta^{15}\text{N}$), mens andre har spesialisert seg på bunndyr i strandsona (høy $\delta^{13}\text{C}$ og lav $\delta^{15}\text{N}$).

3.3.2.2 Endringer i økologisk nisje fra 2007 til 2016

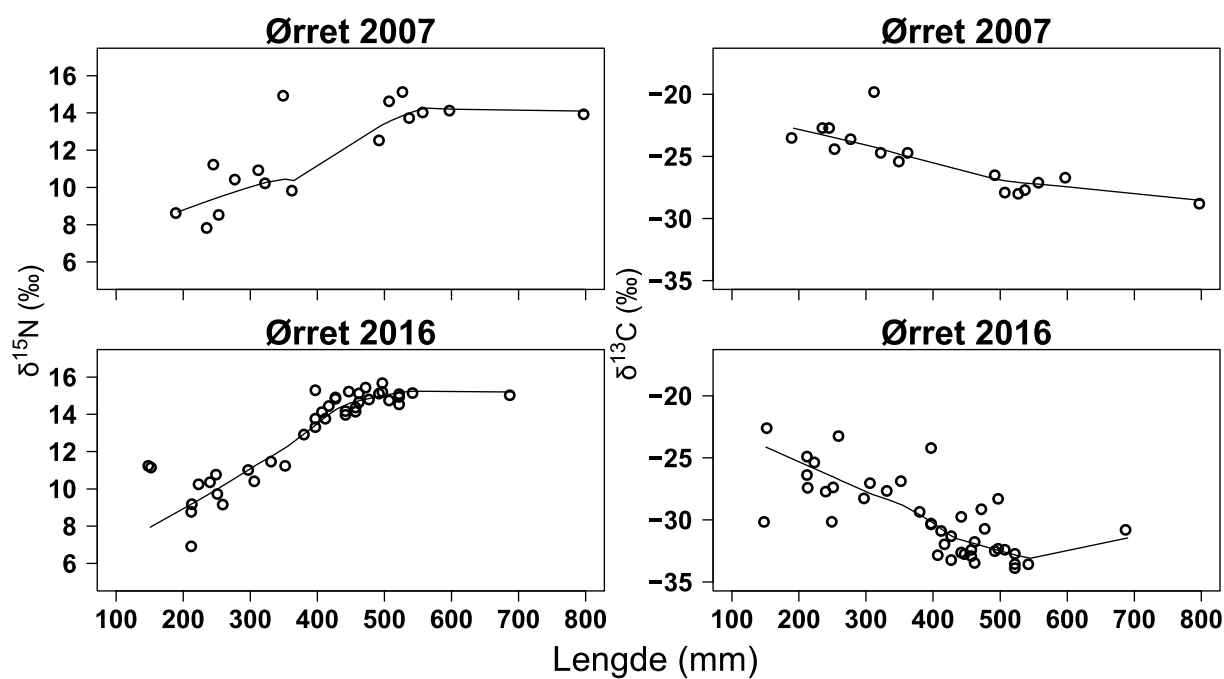
Ettersom vi har data for stabile isotoper fra Storsjøen fra 2007, da krøkla ennå ikke var observert i innsjøen (og ikke forekom i fangstene fra prøvefisket) kan vi analysere hvordan næringsnett og forholdet mellom fiskeartene har endret seg som følge av den introduserte fiskearten. Sammenligningene av isotopdata fra 2007 og 2016 viser at ørreten, etter at krøkla ble introdusert, har skiftet til en økologisk nisje som er mer knyttet til de åpne vannmassene (**figur 3.15**). Dette skjer til tross for at ørreten som ble fanget ved prøvefisket i 2016 gjennomsnittlig var 89 mm mindre enn i 2007 ($t = 2,26$, $df = 16,3$, $p = 0,038$) og derfor skulle ha et mer strandnært levevis. I gjennomsnitt var $\delta^{13}\text{C}$ -verdiene i 2016 2,6 ‰ lavere ($t = 3,01$, $df = 23,92$, $p = 0,006$), mens endringene i posisjon i næringskjeden var små (gjennomsnittlig 0,8 ‰ lavere $\delta^{15}\text{N}$ i 2016; $t = 1,01$, $df = 17,4$, $p = 0,327$). Hos sik og harr, derimot, var det ingen endringer i økologisk nisje (<1,7 ‰ endring i gjennomsnittlig $\delta^{13}\text{C}$ - og $\delta^{15}\text{N}$ -verdi) eller i størrelse (<30 mm endring i gjennomsnittslengde) ($p > 0,07$ for alle sammenligninger; **figur 3.15**). De små fangstene av røye i 2016 (bare to fisk) gjør det ikke mulig å foreta statistiske sammenligninger for denne arten, men de isotopdata som foreligger antyder at det ikke har skjedd noen endringer i $\delta^{13}\text{C}$ og $\delta^{15}\text{N}$ fra 2007 til 2016, men at det er en høy grad av nisjeoverlapp mellom røye og krøkle (**figur 3.15**).



Figur 3.15. A: Gjennomsnittlige (\pm SD) verdier for $\delta^{13}\text{C}$ og $\delta^{15}\text{N}$ hos næringsressurser i de åpne vannmassene (partikulært organisk materiale (POM) og dyreplankton) og langs bunnen (bunndyr fra strandsona og dypområder), og hos ulike fiskearter i totalmaterialet fra Storsjøen samlet i 2007 og 2016. B: Endringer (vist ved piler) i $\delta^{13}\text{C}$ - og $\delta^{15}\text{N}$ -verdier (\pm SD) hos ørret, sik, harr og røye fra 2007 til 2016.

3.3.2.3 Endringer i ørretens diett

Basert på $\delta^{15}\text{N}$ - og $\delta^{13}\text{C}$ -verdier viste ørret en endring i økologisk nisje med økende størrelse både i 2007 og 2016 (**figur 3.16**). Økende $\delta^{15}\text{N}$ -verdier viser at fisk blir viktigere i dietten ettersom fisken blir større. Nedgang i $\delta^{13}\text{C}$ -verdier viser samtidig at fisken finner mer og mer av sin føde i de åpne vannmassene. Den positive tendensen i $\delta^{15}\text{N}$ og den negative tendensen i $\delta^{13}\text{C}$ var statistisk signifikant i alle tilfellene ($p < 0,01$ for alle lineære modeller). Det er likevel en forskjell mellom 2007 og 2016. Regresjonsanalysen viser at det var et brattere forhold mellom ørretlengde og $\delta^{15}\text{N}$ -verdier i 2016 enn i 2007 (stigningskoeffesient henholdsvis $0,017 \pm 0,002\%$ og $0,011 \pm 0,003\%$). Dette betyr at skiftet til fiskediett skjedde tidligere (ved en mindre størrelse) hos ørreten i 2016, etter at krøkle hadde blitt et tilgjengelig bytte.



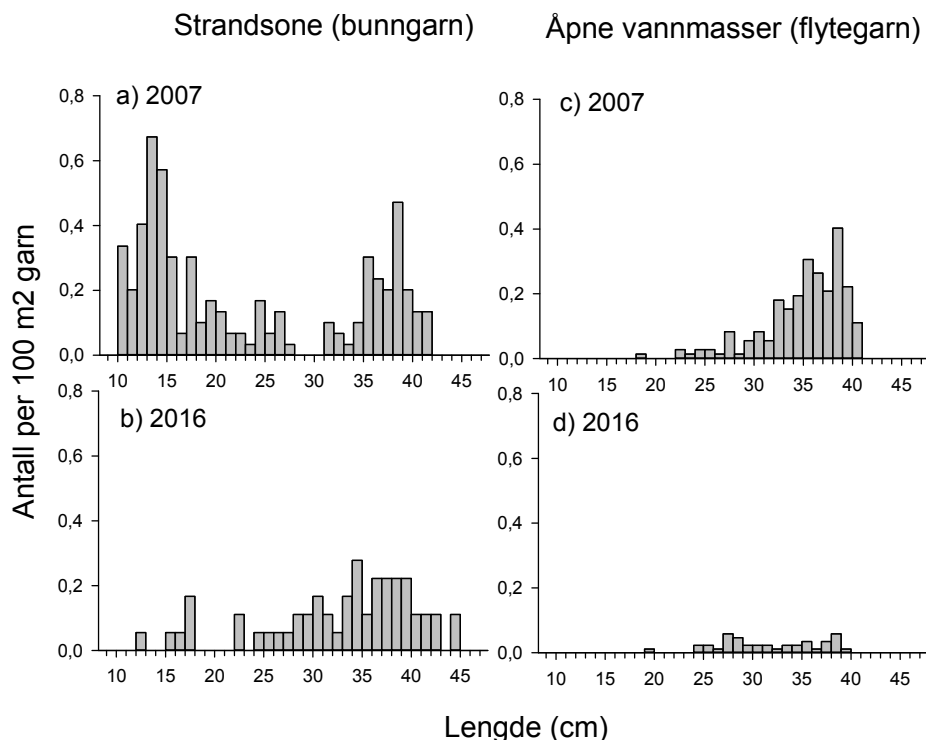
Figur 3.16. Forholdet mellom ørretens kroppslengde og $\delta^{15}\text{N}$ - (venstre) og $\delta^{13}\text{C}$ -verdier (høyre) i prøver av ørretmuskel samlet i Storsjøen i 2007 og 2016.

4 Diskusjon

Det gjennomførte prøvefisket med garn i Storsjøen i 2016 viser at introduksjonen av krøkle trolig har medført en til dels dramatisk nedgang i bestandene av sik og røye. Prøvefisket viste at krøkle nå er tallrik i alle habitater i Storsjøen, noe som også understøttes av de gjennomførte ekkolodd-registreringene. Selv om en rekke ytre faktorer kan påvirke garnfangstene, er endringene så store at det er liten tvil om reelle endringer i bestandene. Sammenligner vi fangstene i strandsona ser vi at fangst per innsatsenhet (CPUE) av sik er nær halvert (47 %) i 2016 sammenlignet med 2007 (**figur 4.1 a & b**). Nedgangen i CPUE i strandsona skyldes særlig en markant reduksjon i fangst av sik i de minste lengdeklassene, dvs. ung sik. Fangsten av sik < 25 cm var 86 % lavere i 2016 enn i 2007, mens fangsten av sik ≥ 25 cm var 29 % lavere i 2016 enn i 2007. Selv om vi observerte en nedgang i fangstene av sik i alle størrelsesklasser, er det nedgangen i fangstene av ung sik som er i en slik størrelsesorden at man kan betegne det som noe nær en rekrutteringssvikt. Aldersfordelingen til sik fanget under de to prøvefiskene viste at 34 % av fangsten bestod av individer ≤ 3 år i 2007 (Museth m.fl. 2008), mens denne andelen var kun 4 % i 2016. Fangstene av sik < 25 cm på flytegarna var lav også i 2007, men også i de åpne vannmasser var det en betydelig nedgang i fangstene av sik fra 2007 til 2016. Her var totalfangsten redusert med 81 % i 2016 sammenlignet med i 2007 (**figur 4.1 c & d**).

Utviklingen i fangsten av røye er om mulig enda mer dramatisk. I 2007 ble det fanget totalt 119 røye fordelt på de ulike habitatene, mens det i 2016 ble fanget kun tre røye. Nedgangen i CPUE i strandsona og i de åpne vannmasser var på hhv. 97,5 og 97,4 % i 2016 sammenlignet med i 2007. Storsjøen er en dyp sjø og det er ikke mulig å dekke alle dybdelag med flytegarn. I 2007 var det tydelig at røya var presset av siken ned på dypet, og det var på flytegarna som stod på 15-21 m dyp at det ble fanget røye (det ble fanget en røye på 0-6 m dyp og 66 røye på 15-21 m dyp). I 2016 ble det fisket med flytegarn på de samme dybdene, og vi kan ikke utelukke at røya stod i et annet dybdelag enn i 2007, men sammenligner vi fangstene med bunngarn satt på dypet nær bunnen (profundalsonen > 20 m dyp) ser vi også her en betydelig nedgang i CPUE i 2016 sammenlignet med i 2007 (nedgang på 92 %).

Vi vet at varierende årsklassestyrke er relativt vanlig hos sik og at dette bl.a. kan skyldes varierende temperatur og næringstilgang (Ugedal m.fl. 2002). Nedgangene i fangstene av sik i alle størrelsesklasser er imidlertid i en størrelsesorden at vi ikke kan tilskrive dette kun varierende årsklassestyrke. Dette gjelder også røyebestanden. Det er rimelig å tro at den markante nedgangene i fangstene av sik og røye skyldes at krøkla er en sterk konkurrent til disse to artene i matfatet. Det faktum at krøkla også fanges i alle habitatene i innsjøen, både i strandsonen, på dypt vann og i de åpne vannmassene betyr at sik og røye ikke kan finne noe tilfluktssted der de kan unngå krøkla. I Mjøsa forekom også krøkla i alle habitatene i innsjøen (Sandlund m.fl. 1985). I Storsjøen i 2007 hadde siken i nærmest monopol på det viktige planktonkrepsdyret *Bosmina* i strandsona (Museth m.fl. 2008), mens denne rollen var fullstendig overtatt av krøkla i 2016. I de åpne vannmassene spiste siken i 2007 både *Bosmina*, *Daphnia* og *Holopedium*, som alle er attraktive næringsdyr for planktonspisende fisk. I 2016 spiste pelagisk sik fremdeles mye *Bosmina* og litt *Daphnia*, mens *Holopedium* hadde forsvunnet fullstendig fra dietten. Det samme gjaldt den store planktonformen *Bythotrephes*, som i 2007 var viktig byttedyr for røya. Fraværet av *Bythotrephes* og *Holopedium*, det lave innslaget av *Daphnia* og det svært store innslaget av *Bosmina* i magene hos krøkla kan tyde på at den store tettheten av krøkle har ført til at mange av de store planktonartene er sterkt nedbeitet og at krøkla vinner i konkurransen om disse næringsdyra. Krøkla kan være svært allsidig i kosten (Sandlund m.fl. 2017), men størrelsesseleksjonen av *Bosmina* og *Daphnia* synes å være den samme som hos siken (Sandlund m.fl. 1987). Krøklas konkurransestyrke kan derfor ligge i at den er så tallrik, snarere enn at den er en mer effektiv planktonpredator.



Figur 4.1 Totalt antall sik fanget per 100 m² garn i strandsona (bunngarn) og de åpne vannmasser (flytegarn på 0-6 og 15-21 m dyp) i Storsjøen i 2007 og 2016 (slått sammen for begge prøvetiskeperiodene).

Mageanalysene gir imidlertid kun et øyeblikksbilde av fiskens rolle i næringsnett. Analysene av stabile karbon- og nitrogenisotoper reflekterer derimot næringsopptaket gjennom hele vekstsesongen. I analysene fra 2016 stemmer $\delta^{15}\text{N}$ - og $\delta^{13}\text{C}$ -verdiene godt overens med hvor fisken ble fanget. Harr og ørekyt er sterkt bundet til strandsona, mens sik, krøkle og røye henter mye av sin næring i de åpne vannmassene. Relativt høye $\delta^{15}\text{N}$ -verdier hos røye og krøkle kan tyde på at de utnytter klekkende fjærmygg som stiger opp mot overflata når de skal sverme. Lake og ørret er begge fiskespisere med relativt høye $\delta^{15}\text{N}$ -verdier, men mens laken henter sin næring i eller nær strandsona er ørreten knyttet til de åpne vannmassene. Og ørretens nisje er blitt langt sterkere knyttet til det pelagiske habitatet etter at krøkla kom inn i bildet. Sik og røye har ikke forandret næringsnisje siden krøkla kom, men krøklas nisje er svært lik disse to artene. Dette styrker antagelsen om at krøkla er en sterk næringskonkurrent til disse to artene, og trolig er årsaken til deres tilbakegang. Dette ligner på forholdet mellom sik og røye i sjøer der disse to artene lever sammen, der sik utkonkurrerer røye med mindre røya kan finne et tilfluktssted på dypt vann (jf. Sandlund m.fl. 2016). Det er usikkert om røya i Storsjøen kan klare å opprettholde en bestand på dypt vann, men ettersom krøkla ser ut til å være bedre i stand til å utnytte profundalsona i innsjøen enn siken, kan dette synes tvilsomt. Det er interessant at harren, som har en nisje nært knyttet til strandsona, ser ut til å bli lite påvirket av krøkla.

Analysene av stabile isotoper i ørret viser tydelig at krøkla har ført til at ørretens nisje har endret seg til å være sterkere knyttet til de åpne vannmassene. Det er også tydelig at ørreten slår tidligere over på fiskediett i 2016 enn det den gjorde i 2007, før krøkla kom inn i bildet.

Tidligere studier har vist at overlevelsen til årsyngel av sik er avhengig av tettheten av dyreplankton (Rellstab m.fl. 2004). Svikten i rekrutteringen til sik de senere årene kan derfor skyldes økt næringskonkurranse som følge av introduksjonen av krøkle og et nedbeitet planktonsamfunn. Det er forventet at redusert vekstrate, og dermed kroppsstørrelse, kan føre til redusert overlevelse for bl.a. årsyngel fordi de blir utsatt for predasjon fra fiskespisende fisk i lengre perioder.

Videre synes vinteroverlevelsen til flere fiskearter å være størrelsesavhengig, slik at de store individene har større overlevelse om vinteren (Svårdson 1976, Byström m.fl. 1998). Dermed vil redusert vekst som følge av konkurransen med krøkle kunne føre til redusert overlevelse hos årsyngel av sik.

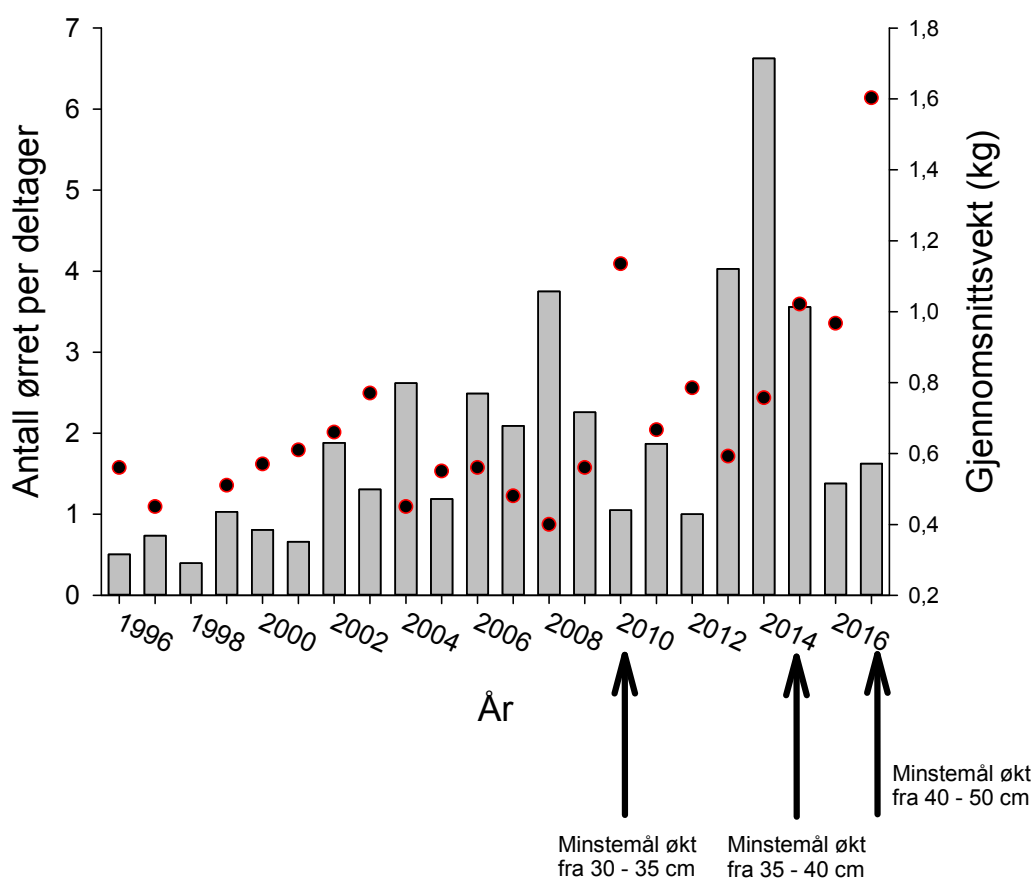
Det er derfor ikke uventet at denne undersøkelsen har dokumentert en rekrutteringssvikt hos siken, selv om vi må ta noe forbehold om varierende årsklassestyrke som kan skyldes andre forhold. Vi vet blant annet at sommeren 2015 var kald og at dette spesielt kan ha påvirket årsklassen av sik født dette året og derved lave fangster av ettåringer i 2016.

Det er fortsatt en stor andel gammel sik i Storsjøen og totalt 19 aldersklasser av sik ≥ 2 år ble påvist under prøvefisket i 2016. Dette er i samme størrelsesorden som i 2007 (21 aldersklasser ≥ 2 år). Utviklingen i prøvefiskefangstene indikerer imidlertid også en betydelig reduksjon i bestanden av voksen sik – i tillegg til sviktende rekruttering de senere årene. Det er ikke påvist store endringer i individuell tilvekst hos siken, men to forhold er påfallende: I 2016 ble det påvist kjønnsmoden sik f.o.m. 6 års alder mot 4 år i 2007 og andelen gytemoden sik blant eldre sik var betydelig lavere i 2016 enn i 2007. I etterpåklokskapens lys ser vi at vi burde ha registrert mengden rogn og melke (fekunditeten) hos sik i 2007 og 2016. Birger Johnsen har fisket gytesik i Åkrestrømmen i snart en mannsalder og har registrert følgende (Johnsen pers. med.): Fangsten av gytemoden sik de senere årene er betydelig redusert (med ca. 70 % de tre siste årene sammenlignet med i 2013) og mengden rogn i siken er betydelig redusert. Året 2015 var spesielt dårlig med fangst av kun ca. 280 sik som samlet kun ga ca. 1 kg rogn). Dette rimer også godt med opplysninger fra andre fiskere i Storsjøen – det fanges voksen sik uten rogn og melke, og dette var ikke vanlig tidligere. Vi kan ikke utelukke at økt konkurranse kan ha ført til økt dødelighet til sik og røye, bl.a. på grunn av redusert mulighet til å «spise seg» opp etter gyting, men dette er usikkert. Nedgangen i bestanden av voksen sik støttes også av opplysninger fra kultiveringsfisket etter sik som startet opp i 2014 – store fangster av sik har uteblitt og prosjektet er foreløpig lagt på is.

Undersøkelser i regi av høgskolen på Evenstad viste en markant økning i mengden krøkle fra 2012 til 2015, og sammenlignet med våre resultater fra 2016 ser det ut til at krøklebestanden har fortsatt å øke i antall, men at veksten i bestanden er i ferd med å flate ut. Den formidable økningen i krøklebestanden fra 2012 til 2015 stemmer godt overens med utviklingen i individuell tilvekst hos ørret. Det var først i 2014 den individuelle tilveksten til ørreten i innsjøen viste en tydelig økning. Introduksjonen av krøkle har ført til store endringer i ørretens nisje – den blir tidligere fiskespiser og har fått et mer pelagisk levevis. Dette har gitt seg utslag i en markant bedre individuell tilvekst, og årlig lengdetilvekst til ørret i lengdeklasse 40-50 cm er nær tredoblet i 2016 sammenlignet med perioden 2006 – 2013.

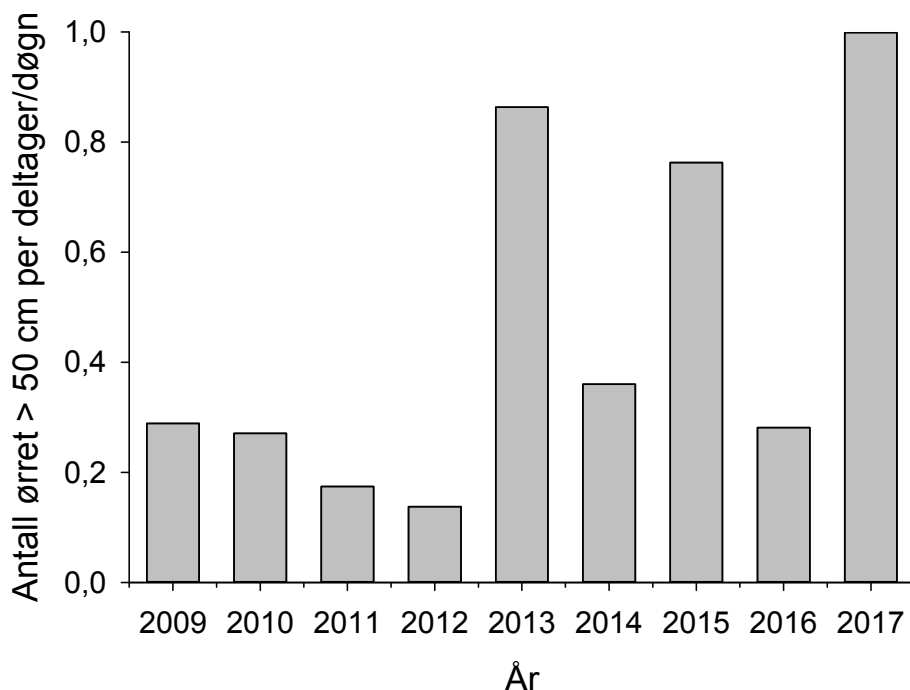
I samarbeid med Storsjøen Fiskeforening og GLB har NINA fortsatt prøvetakingen av fisk under Storsjødreggen som arrangeres i juni hvert år. Dette har vist seg å være en kostnadseffektiv måte å skaffe data på alder og individuell tilvekst til større ørret. Selv om forholdene under konkurransen kan variere fra år til år, gir dette også verdifulle data for utviklingen i fisket over tid (**figur 4.2**). Det har imidlertid skjedd flere endringer i perioden som gjør at resultatene ikke kan sammenlignes direkte. Fra og med 2010 ble minstemålet økt fra 30 til 35 cm. I 2009 var så mye som 60 % av fisken som ble lengdemålt under Storsjødreggen mindre enn 35 cm. Dette viser at en økning i minstemålet med bare 5 cm burde få betydning for innrapporterte fangster året etter. Dette viste seg å stemme da fangst per deltager ble redusert fra 2,3 til 1,1 fra 2009 til 2010. Utviklingen i årene etter har imidlertid vært positiv, og i 2013 ble det fanget i gjennomsnitt fire ørret per deltager. I 2014 ble konkurransen utvidet med ett døgn, og i stedet for å starte lørdag morgen ble det åpnet for konkurransestart fredag morgen. Den betydelige økningen i antall ørreter fanger per deltager skyldes derfor i stor grad økt innsats. Vi har ikke fullstendig kontroll på innsatsen til hver båt (team), men ut fra rapportene fra konkurransen kan vi anta at gjennomsnittlig innsats økte med ca. 50 % (Museth m.fl. 2015). Det ble fanget 6,6 ørreter per deltager i 2014, men skal vi sammenligne med tidligere år blir det riktigere å bruke 4,4 ørret, dvs. en liten økning fra 2013 til 2014. I 2015 ble minstemålet økt ytterligere til 40 cm, og det førte ikke uventet

igjen til en reduksjon i fangst per deltager (i 2014 var 43 % av fangsten som ble lengdemål < 40 cm). Det ble likevel fanget 3,6 ørret per deltager og gjennomsnittsvekta økte fra 760 gram i 2014 til 1021 gram i 2015. Resultatet i 2016 var overraskende dårlig sammenlignet med i 2015, og man burde forventet en økning fra 2015 til 2016. Vi har ingen god forklaring på det dårlige resultatet i 2016, men Georg Larsen, som har fisket – og ført fangstdagbok – i Storsjøen siden 1984 opplyser at ørretfisket i 2016 var det dårligste han har opplevd siden han startet opp med dreggefiske i sjøen (Larsen 2016, notat til Storsjøen Fiskeforening). I 2017 var resultatet under dreggekonkurransen bedre, og det ble fanget 1,6 ørret per deltager selv om minstemålet var økt til 50 cm. Gjennomsnittsvekta til ørret fanget under Storsjødreggen i 2017 var naturlig nok historisk høy (1,6 kg). Introduksjonen av krøkle til Storsjøen vil trolig påvirke både ørretens habitatbruk og furasjeringsadferd, og resultatet fra 2016 kan være en viktig påminnelse om at utviklingen i ørretfiske ikke nødvendigvis når uante høyder selv om det utvilsomt er mer stor ørret i innsjøen nå enn tidligere.



Figur 4.2 Utvikling i fangst av ørret per deltager ved Storsjødreggen fra 1996 – 2017 (søyler), og ørretens gjennomsnittsvekt (svarte punkter). (NB! Minstemålet økt fra 30 til 35 cm i 2010, fra 35 til 40 cm i 2015 og fra 40 til 50 cm i 2017). Innsatsen økte med ca. 50 % i 2014.

Fra og med 2009 har vi målt lengden til et representativt utvalg av ørret fanget under Storsjødreggen og framstiller vi fangst av ørret ≥ 50 cm, og tar hensyn til en 50 % økning i innsatsen fra 2014, viser **figur 4.3** at CPUE varierer mellom år, men at nivået de fem siste årene (2013-2017) jevnt over ligger høyere enn de fire foregående årene (2009-2012).



Figur 4.3 Utvikling i fangst av ørret ≥ 50 cm per deltager ved Storsjødreggen fra 2009 – 2017 (figuren tar hensyn til at fangsttinnssatsen økte med ca. 50 % i 2014).

Kort oppsummert har denne undersøkelsen vist at:

- Introduksjon av krøkle har ført til at sik og røye, i tillegg til å konkurrere med hverandre, har fått ytterligere en næringskonkurrent i sjøen. Selv om noen fiskere rapporterer om fangst av røye av god kvalitet konkluderer vi med at begge disse artene er i tilbakegang.
- Introduksjon av krøkle har ført til store endringer i ørretens nisje og den er i ferd med å få et vekstmønster som er lik de klassiske storørretbestandene som bl.a. i Mjøsa.
- I motsetning til røye, sik og ørret har harren ikke blitt særlig påvirket av introduksjonen av krøkle. Det er mye som tyder på at bestanden av lake har økt noe.

Fiskesamfunnet i Storsjøen er i endring, og det er lite som tyder på at dagens situasjon er stabil. Krøklebestanden kommer ikke til å vokse i det uendelige. Sannsynligvis vil bestanden stabilisere seg i løpet av noen år, og vi kan ikke utelukke at en framtidig likevekstilstand i sjøen er med mindre krøkle enn det er i dag. På hvilket nivå er vanskelig å forutse. Det er ikke uvanlig at introduserte arter har en såkalt «boom & bust utvikling», og at bestanden etter å ha vokst nærmest ukontrollert rett etter introduksjon reduseres betydelig etter noen år. Dette er bl.a. observert for introdusert lagesild i Pasvikvassdraget (Salonen m.fl. 2007). Introduksjonen av krøkle har redusert muligheten til å utnytte sik ved næringsfiske. I 2007 ble det påvist gjeddemark i 25 % av siken, mens denne andelen hadde økt til 61 % i 2016. Kultiveringsfisket etter sik i Storsjøen er mer eller mindre avsluttet, bl.a. på grunn av lave fangster, og vi anbefaler å avvende utviklingen i Storsjøen før man satser på et næringsfiske etter sik. Introduksjon av en fremmed art som krøkle er svært uheldig, men samtidig er det en kjensgjerning at etablering av denne arten har ført til en markant bedre gjennomsnittlig tilvekst hos ørret i innsjøen. Dette gir noen nye muligheter til å utvikle ørretfisket i Storsjøen og tilløpselvene. En livskraftig ørretbestand vil også kunne opprettholde et høyt predasjonspress på krøkla og muligens redusere skadevirkningen på sik- og røyebestanden. Fiskeforvaltningen i Storsjøen har vært dynamisk de senere årene, med bl.a. flere endringer i minstemål, som tidligere kun var 30 cm. Minstemålet for ørret er i dag 50 cm og

interessen for ørretfiske i vassdraget er økende. Ørreten er en vandrende art, og blant annet vandrer ørreten fra Storsjøen til Mistra i forbindelse med gyting. Det er også vandringer mellom Storsjøen og Nordre Rena, og Storsjøen har trolig også en utløpsgytende bestand av ørret som gyter i Søndre Rena.

Dette aktualiserer behovet for samordnet forvaltning, og det pågående arbeidet med driftsplan for Storsjøen med tilløpselver er viktig. Det vil bl.a. være en utfordring å sikre at ørretens potensial for gyting og naturlig rekruttering i Mistra og andre tilløpselver utnyttes når ressursen blir mer attraktiv. Vi skal være forsiktige med å definere målsettinger for fiskeforvaltningen i Storsjøen, men ønsker man en livskraftig storørretbestand i vassdraget vil det trolig være behov for å regulere uttaket utover dagens minstemål på 50 cm. Aldersfordelingen til ørreten i innsjøen er fortsatt preget av et lite innslag av eldre fisk, og dette tyder på fra moderat til høy dødelighet. For å bygge opp en livskraftig ørretbestand kan det være behov for ytterligere regulering av fisket, og ut i fra erfaringer og anbefalinger fra andre steder i verden (Arlinghaus 2010, Pierce 2010), vil det mest effektive tiltaket være å innføre maksimalmål i kombinasjon med fangstvindu og kvoter, f.eks. et alternativ kan være å innføre maksimalmål på 50 cm i en periode, kombinert med en døgnkvote.

5 Referanser

- Arlinghaus, R., Matsumura, S. & Dieckmann, U. (2010). The conservation and fishery benefits of protecting large pike (*Esox lucius* L.) by harvest regulations in recreational fishing. *Biological Conservation*, 143 (6): 1444-1459.
- Balk H, & Lindem T. (2015). Sonar4 and Sonar5-Pro. Post processing systems Operator manual version 6.0.3. http://folk.uio.no/hbalk/sonar4_5/Downloads.htm
- Byström, P., Persson, L. & Wahlström, E. 1998. Competing predators and prey: juvenile bottlenecks in whole-lake experiments. *Ecology* 79: 2153-2167.
- Hagenlund, M. 2013. Using genetic markers to reveal the source and introduction history of the translocated European smelt (*Osmerus eperlanus* L.) in Lake Storsjön. Master in Anvendt Økologi, Høgskolen i Hedmark.
- Hagenlund, M., Østbye, K., Langdal, K., Hassve, M., Pettersen, R.A., Anderson, E., Gregersen, F., Præbel, K. 2015. Fauna crime: elucidating the potential source and introduction history of European smelt (*Osmerus eperlanus* L.) into Lake Storsjön, Norway. *Conservation Genetics* 16: 1085-1098
- Huitfeldt-Kaas, H. (1918). Ferskvandsfiskenes utbredelse og indvandring i Norge med et til-læg om krebsen, pp 106. Kristiania: Centraltrykkeriet. Edsall, T. A. 1999. The growth-temperature relation of juvenile lake whitefish. *Transactions of the American Fisheries Society* 128: 962-964.
- Kuhn, J.A., Knudsen, R., Kristoffersen, R. & Amundsen, P.-A. 2016. A simplified method to estimate *Diphyllbothrium* spp. infection in salmonids. *Journal of Fish Diseases*. doi:10.1111/jfd.12566
- Layman CA, Araujo MS, Boucek R, Hammerschlag-Peyer CM, Harrison E, Jud ZR, Matich P, Rosenblatt AE, Vaudo JJ, Yeager LA, Post DM, Bearhop S. 2012. Applying stable isotope to examine food-web structure: an overview of analytical tools. *Biological Reviews* 87: 545–532. DOI: 10.1111/j.1469-185X.2011.00208.x.
- Le Cren, E. D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis* L.) *Journal of Animal Ecology* 20: 201-219.
- Lea, E. 1910. On the methods used in herring investigations. *Publ. Circ. Cons. perm. int. Explor. Mer.*, 53, 7 - 174.
- Lindem T. (1990). Hydro Acoustic Data Acquisition System Instruction Manual ver. 3.9, p. 25.
- Lindem T, & Sandlund OT. (1984). Ekkoloddregistreringer av pelagiske fiskebestander i innsjøer. *Fauna* 37, 105-111.
- Linløkken A. (1988). Årsrapport. Glommaprosjektet, p. 42. Fylkesmannen i Hedmark. Miljøvernavdelingen
- Lodge, D. M. (1993). Biological invasions: Lessons for ecology. *Trends in Ecology & Evolution* 8, 133-137.
- Moyle, P. B. and Light, T. (1996). Biological invasions of fresh water: Empirical rules and assembly theory. *Biological Conservation* 78, 149-161.
- Museth, J., Sandlund, O. T., Johnsen, S. I., Rognrud, S. & Saksgård, R. 2008. Fiskesamfunnet i Storsjön i Åmot og Rendalen kommuner. Betydningen av reguleringsinngrep, endret beskatning og avbøtende tiltak – NINA Rapport 388, 63 s.
- Museth, J., Johnsen, S. I. & Sandlund, O. T. 2015. Fiskesamfunnet i Nordre Rena og Storsjön. Oppsummering av resultater fra båtelfiske og dreggefiske i perioden 2009-2014 – NINA Rapport 1206. 25 s.
- Nilsson, N.-A. (1979). Food and habitat of the fish community of the offshore region of Lake Vänern, Sweden. *Report Institute of Freshwater Research Drottningholm* 58: 126-139. Nyberg m.fl. 2001 (Krøkle)
- Pettersson, F. (1991). Relativ abundans, tillväxt, födoval och parasiter hos nors (*Osmerus eperlanus* (L.)) i Hjälmaren, Mälaren, Storsjön, Vänern och Vättern. *Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm* (4): 1-22.

- Pierce, R. B. (2010). Long-term evaluations of length limit regulations for northern pike in Minnesota. *North American Journal of Fisheries Management*, 30 (2): 412-432.
- Post DM. 2002. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. *Ecology* **83**: 703–718. DOI: 10.1890/0012-9658(2002)083[0703:USITET]2.0.CO;2.
- Qvenild, T. 2008. Fisken i Glommavassraget. Fylkesmannen i Hedmark, miljøvernavdelingen. Rapport nr. 2-2008, 136 s.
- Rellstab, C., Bürgi, H. R. & Müller, R. 2004. Population regulation in coregonids: the significance of zooplankton cocentration for larval mortality. *Ann. Zool. Fennici* 41: 281-290.
- Salonen, E., Amundsen, P-A. & Bøhn, T. 2007. Invasion, boom and bust by vendace (*Coregonus albula*) in the subarctic Lake Inari, Finland and the Pasvik watercourse, Norway. *Advances in Limnology* 60: 331-342.
- Sandlund, O. T. & Næsje, T. F. 2000. Komplekse, laksefiskdominerte fiskesamfunn på Østlandet. – I: R. Borgstrøm & L.P. Hansen (red.) Fisk i ferskvann. Landbruksforlaget, Oslo.
- Sandlund, O.T., T.F. Næsje & G. Kjellberg 1987. The size selection of *Bosmina longispina* and *Daphnia galeata* by co-occurring cisco *Coregonus albula*, whitefish *C. lavaretus* and smelt *Osmerus eperlanus*. - *Arch. Hydrobiol.* 110: 357-363.
- Sandlund, O.T., T.F. Næsje, L. Klyve & T. Lindem 1985. The vertical distribution of fish species in Lake Mjøsa, Norway, as shown by gill net catches and echo sounder. - *Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm* 62: 136-149.
- Sandlund, O.T., Eloranta, A.P., Borgstrøm, R., Hesthagen, T., Johnsen, S.I., Museth, J. & Rognerud, S. 2016. The trophic niche of Arctic charr in large southern Scandinavian lakes is determined by fish community and lake morphometry. *Hydrobiologia* <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-016-2646-5>
- Sandlund, O.T., Grøndahl, F.A., Kjellberg, G. & Næsje, T.F. 2017. Variabel livshistorie hos krøkle (*Osmerus eperlanus*) i Mjøsa og Randsfjorden. VANN 01-2017: 81-92.
- Sandlund, O.T., Stang, Y.G., Kjellberg, G., Næsje, T.F., Hambo, M.U. (2005). European smelt (*Osmerus eperlanus*) eats all; eaten by all: Is it a key species in lakes? *Verh. Int. Verein. Limnol.* 29: 432-436.
- Svårdson, G. 1976. Interspecific population dominance in fish communities of Scandinavian lakes. *Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm* 55: 144-171.
- Ugedal, O., Næsje, T.F., Saksgård, R., Sandlund, O.T. & Østbye, K. 2002. Do commercial gill-net fisheries impact polymorphic European whitefish in Lake Femund, Norway?. *Archiv für Hydrobiologie. Special Issues* 57: 563-576.



Norsk institutt for naturforskning (NINA) er et nasjonalt og internasjonalt kompetansesenter innen naturforskning. Vår kompetanse utøves gjennom forskning, utredningsarbeid, overvåking og konsekvensutredninger.

NINAs primære aktivitet er å drive anvendt forskning. Stikkord for forskningen er kvalitet og relevans, samarbeid med andre institusjoner, tverrfaglighet og økosystemtilnærming. Offentlig forvaltning, næringsliv og industri samt Norges forskningsråd og EU er blant NINAs oppdragsgivere og finansieringskilder.

Virksomheten er hovedsakelig rettet mot forskning på natur og samfunn, og NINA leverer et bredt spekter av tjenester gjennom forskningsprosjekter, miljøovervåking, utredninger og rådgiving.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-3100-8

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Hogskoleringen 9, 7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger