



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2020 60 stp**

Fakultet for Miljøvitenskap og Naturforvaltning (MINA)  
Thomas Rohrlack, Ståle Haaland, Throno O. Haugen

# **Fiskesamfunnet i Gjølsjøen, Marker kommune etter gjentatte oppblomstringer av problemalgen *Gonyostomum semen***

Øyvind Sundet  
Msc, Naturforvaltning

## Forord

Dette er en avsluttende oppgave for masterprogram i naturforvaltning ved NMBU.

Arbeidet med oppgaven har vært strevsomt, men også givende og lærerikt.

For at oppgaven kom i havn vil jeg først og fremst takke mine veiledere, Thrond Haugen, Thomas Rohrlack og Ståle Haaland, som har holdt meg i hånda hele veien fra feltarbeidet, gjennom lab-arbeidet, analyser og databehandling, og i skriveprosessen.

Jeg vil også få takke alle andre som har hjulpet meg med arbeidet. Jon Museth (NINA) for deltagelse i feltarbeidet, Professor emeritus Reidar Borgstrøm for hjelp og veiledning på laboratoriet, Anders Johan Konnestad for hjelp med GIS- arbeidet, Ronny Steen (NMBU) for hjelp med tolkning av statistiske resultater, samt alle som har bidratt i litteratursøk og med personlige meddelelser; Ingvar spikkeland (Kanalmuseet), Elin Kollerud (Utmarksforvaltningen AS).

Takk til Fylkesmannen i Østfold for bidrag på kr 15 000,- til å leie båt med elfiskeapparat og mannskap fra NINA, samt Norsk Vannforening som støttet meg med et studentstipend slik at jeg fikk kjøpt inn PC til å skriv oppgaven på.

Sist, men ikke minst må jeg takke alle som har bidratt med innspill og brukt lyse sommerkvelder på korrekturlesing! Ingen nevnt, ingen glemte.

Øyvind Sundet

Arendal 16.07.2020

## Sammendrag

Gjølsjøen i Marker kommune har i løpet av de siste tiårene hatt gjentatte oppblomstringer av den slimproduserende nåleflagelaten *Gonyostomum semen* (Ehrenberg) Diesing (*Raphidophyceae*). En rekke studier har undersøkt effekten av *G. semen* på høyere trofisk nivå, men algens effekt på fiskesamfunnet i boreale innsjøer der den har store oppblomstringer er lite undersøkt, svenske- og amerikanske studier indikerer imidlertid rekrutteringssvikt hos abbor (*Perca fluviatilis*) og mort (*Rutilus rutilus*), samt en endring i dominansforhold, der tettheten av abbor økte på bekostning av mort i innsjøer med oppblomstringer av *G. semen*.

Denne undersøkelsen fant ikke tegn på endring i dominansforhold, men viste indikasjoner på rekrutteringssvikt hos mort i Gjølsjøen.

Fiskesamfunnet i Gjølsjøen ble undersøkt ved standardisert prøvofiske med garn, fiske med elektrisk fiske fra båt og med ekkolodd. Artssammensetning, aldersstruktur, tilvekst og tidspunkt for kjønnsmodning for de dominante artene, abbor og mort ble undersøkt på laboratorium. Resultatene fra Gjølsjøen ble sammenlignet med resultater fra garnfiske i nabo-innsjøen Helgetjern, der *G. semen* ikke forekommer.

Undersøkelsen viste at tre fiskearter, flire (*Blicca bjoerkna*), brasme (*Abramis brama*) og hork (*Gymnocephalus cernua*), med stor sannsynlighet har forsvunnet fra Gjølsjøen i det samme tidsrommet som *G. semen* har hatt store oppblomstringer.

Undersøkelsen viste forskjeller i tilvekst, aldersstruktur og tidspunkt for kjønnsmodning hos mort i de to innsjøene; Mort hadde signifikant bedre tilvekst i Gjølsjøen enn i Helgetjern, Mort ble også kjønnsmoden på et senere tidspunkt i Gjølsjøen.

*G. semen* er trolig delvis årsak til forskjellene i artssammensetning, vekst og tidspunkt for kjønnsmodning mellom de to innsjøene, men de direkte innvirkningene fra algeoppblomstringene er vanskelig å skille fra innvirkninger fra klimaendringer og antropogene påvirkninger.

Den forventede dominansen av abbor på bekostning av mort som er vist i svenske og amerikanske studier var ikke til stede i Gjølsjøen, muligens på grunn av næringsstoffkonsentrasjonen i Gjølsjøen er langt høyere enn i de øvrige studiene.

Mort i størrelsesorden 10-13 cm var underrepresentert i Gjølsjøen, hvilket kan tyde på rekrutteringssvikt i enkelte år, utover dette avdekket studien ingen tegn til forgubbing av fiskesamfunnet slik det er vist i de svenske og amerikanske studiene.

## Abstract

The lake Gjølssjøen in Marker municipality in Norway has through the last two decennia had repeated blooms of the slime producing flagellate *Gonyostomum semen* (Ehrenberg) Diesing (*Raphidophyceae*). A range of studies have investigated the effect of *G. semen* on higher trophic levels, but the effect from the algae on the fish communities in boreal lakes has not been closely studied, however, Swedish- and American studies indicate a drop in recruitment among perch (*Perca fluviatilis* and Roach (*Rutilus rutilus*), as well as changes in species composition, where perch increase in dominance and roach decrease.

This study did not reveal any such changes in species composition, but recruitment amongst roach seems to have failed certain years in Gjølssjøen.

The fish community in Gjølssjøen was studied with standardized gill net sampling, electric fishing from boat and with hydro acoustics. Species composition, age structure growth and time of sexual maturity was examined in laboratory, and the results were compared with results from gill net sampling in the neighbouring lake Helgetjern, where *G. semen* does not occur.

The study revealed that three fish species, white bream (*Blicca bjoerkna*), bream (*Abramis brama*) and ruffe (*Gymnocephalus cernua*), have likely disappeared from the lake during the same period that *G. semen* has had recurring blooms. The study revealed differences in growth, age structure and time of sexual maturity for roach in the two lakes; Roach had significantly better growth in Gjølssjøen than in Helgetjern, roach also reached sexual maturity at later stages in Gjølssjøen.

*G. semen* is likely a partial cause of the differences in species composition, growth, age structure and time of sexual maturity amongst the lakes, however it is hard to separate the direct effects from algal blooms from the effects from climatic changes and anthropogenic disturbances.

The expected dominance of perch over roach, as revealed in Swedish and American studies were not present in Gjølssjøen, possibly due to much higher concentrations of nutrients in Gjølssjøen than in the other studies.

Roach in the size interval of 10 to 13 cm were poorly represented in Gjølssjøen, which might be indicative of recruitment in certain years, beyond this, the study revealed no signs of recruitment failure, such as indicated by the Swedish and American studies.

## Innhold

|   |    |
|---|----|
| 1 Innledning.....   | 3  |
| 1.1 Fiskesamfunn .....  | 4  |
| 1.2 Akvatiske økosystemer.....                                  | 5  |
| 1.3 <i>Gonyostomum semen</i> .....                              | 8  |
| 1.4 Studiespørsmål, hypoteser og forventninger.....             | 12 |
| 2 Områdebeskrivelse .....                                       | 14 |
| 2.1 Gjølsjøen.....  | 15 |
| 2.2 Helgetjern.....   | 18 |
| 3 Metode og utstyr .....  | 19 |
| 3.1 Metoder i felt.....   | 19 |
| 3.1.1 Multisonde.....   | 19 |
| 3.1.2 Prøvefiske med garn .....                                 | 19 |
| 3.1.3 Båt-elfiske .....   | 20 |
| 3.1.4 Ekkoloddundersøkelse .....                                | 23 |
| 3.1.5 Biomasse og fiskestørrelse.....                           | 25 |
| 3.2 Metoder på lab.....   | 26 |
| 3.2.1 Kjønn og modningsstadium .....                            | 26 |
| 3.2.2 Tilbakeberegning av vekst .....                           | 27 |
| 3.3 Databehandling og kvantitative analyser.....                | 29 |
| 3.3.2 Statistisk estimering av tidspunkt for kjønnsmodning..... | 29 |
| 3.3.3 Fangst per innsatsenhet .....                             | 30 |
| 4 Resultater .....  | 31 |
| 4.1 Temperatur, sjiktningsforhold og ledningsevne.....          | 31 |
| 4.2 Garnfiske.....  | 32 |
| 4.3 Elfiske med båt.....  | 33 |
| 4.4 Fangst per innsatsenhet (CPUE) .....                        | 33 |
| 4.5 Ekkolodd-data .....   | 34 |
| 4.6 Vekst, kjønnsmodning og bestandsstruktur .....              | 35 |
| 5 Diskusjon .....   | 41 |
| 5.1 Fiskesamfunnet i Gjølsjøen.....                             | 41 |
| 5.2.1. CPUE og fisketetthet .....                               | 42 |
| 5.2.2 Fiskebiomasse .....                                       | 43 |
| 5.2.3 Vekst og aldersstruktur .....                             | 44 |

|   |    |
|---|----|
| 5.2.4 Artssammensetning.....  | 45 |
| 5.2.5 Mulige konsekvenser av oppblomstringer av <i>G. semen</i> på artssammensetningen i Gjølsjøen..... | 51 |
| 5.2 Sjiktnings-, temperatur- og oksygenforhold.....   | 52 |
| 5.4 Klimaeffekter og antropogen påvirkning.....   | 53 |
| 5.5 Usikkerhet og feilkilder .....  | 54 |
| 6 Konklusjon og forslag til oppfølgende studier .....   | 55 |
| 6.1 Konklusjon.....   | 55 |
| 6.2 Svar på hypoteser .....   | 55 |
| 6.3 Forslag til oppfølgende studier.....  | 56 |
| Kilder.....   | 58 |
| Vedlegg .....   | 66 |

## 1 Innledning

Norge har mye vann fordelt på elver, bekker innsjøer og dammer, i tillegg til grunnvann og kystvannet langs mer enn 100 000 km kystlinje (Thuesen et al., 2020). Alt dette vannet er livsgrunnlaget for mennesker og dyr og en ressurs som gir både rekreasjon og kulturell identitet til menneskene som lever her.

Hvordan vannet og ressursene knyttet til det skal forvaltes er nedfelt i Norges lover, blant annet Lakse- og innlandsfiskloven (1992), Naturmangfoldloven (2009) og Vannressursloven (2000) (Lakse- og innlandsfiskloven, 1992; Naturmangfoldloven, 2009; Vannressursloven, 2000). Felles for flere av disse lovene og forskriftene er at de pålegger forvaltningen å ta beslutninger til beste for nålevende og fremtidige generasjoner på et helhetlig og økosystembasert grunnlag. Dessuten er EUs rammedirektiv for vannforvaltning, som gir normer for kjemisk- og økologisk kvalitet på vannet implementert i norsk lov via Vannforskriften (2006). I overvåkningsarbeidet som utføres under vannforskriften inngår fisk som et kvalitetselement, med flere indekser som gir føringer for hvordan fisk skal brukes til å beregne økologisk tilstand (Sandlund et al., 2013; Sandlund et al., 2015). Bruk av disse indeksene krever kunnskap om tidligere så vel som nåværende tilstand for fiskesamfunnene i vannforekomstene.

For at forvaltningen på lokalt-, regionalt- og nasjonalt nivå skal kunne fatte de rette beslutningene kreves en grunnleggende økosystemforståelse, samt kjennskap til dagens tilstand i vannforekomstene, og dette igjen krever innsikt i hvordan dagens tilstand oppsto.

Fiskerier i ferskvann var tidligere en viktig næring (Borgstrøm & Hansen, 2000), men i dag er ferskvannsfiske kanskje først og fremst viktig en kilde til rekreasjon, som bidrar til verdiskapning i kommunene i form av salg av fiskekort, utleie av båter og overnatting, samt mersalg av mat dagligvarer til tilreisende sportsfiskere. Et eksempel er Haldenvassdraget, hvor undersøkelsene i denne oppgaven fant sted: Ifølge Elin Kollerud, daglig leder i Utmarksforvaltningen AS, selges det 280-290 fiskekort i Haldenvassdraget, noe som tilsvarer om lag kr 180 000,- inklusive moms hvert år, samt at det leies ut om lag 15 000 gjestedøgn hvert år, mye av dette leies ut til tilreisende sportsfiskere (personlig meddelelse).

## 1.1 Fiskesamfunn

Et fiskesamfunn er betegnelsen for samlevende fiskearter i en vannforekomst. Norske elver og innsjøer ble kolonisert i flere puljer etter hvert som isen trakk seg tilbake etter siste istid, og hvilke fiskearter som forekommer på et gitt sted er i første rekke avhengig av innvandringshistorie og migrasjonsmuligheter (Huitfeldt-Kaas 1910)..

I neste omgang er tilstedeværelsen av en fiskeart i en gitt vannforekomst avhengig av at fisken får dekket sine primærbehov. Det vil si at den må finne egnet habitat for fullføre sin livssyklus og for å dekke sine primærbehov; mat, skjul og forplantning (Borgstrøm & Hansen, 2000).

Forskjellige arter har forskjellige nisjer, det vil si at de har varierende krav til- og preferanser for vannkvalitet, næring og habitat. Den enkelte arts preferanser forandrer seg ofte gjennom livsløpet til fisken og gjennom sesonger (Baktoft et al., 2012; Garner, 1996; Jeppesen et al., 2006; Townsend et al., 1986). Dessuten har forskjellige arter forskjellig nisjebredde, hvilket vil si at de i varierende grad kan benytte seg av andre habitater og utnytte forskjellig føde etter lokale forhold og konkurranse (Jamet, 1994; Jeppesen et al., 2006; Lammens et al., 1985a; Lammens et al., 1985b; Ogle et al., 2004; Persson, 1983a; Persson, 1983b; Říha et al., 2014; Vašek & Kubečka, 2004; Winfield et al., 1983). Konkurranse kan dreie seg om at forskjellige årsklasser av en art konkurrerer om de samme ressursene - *intraspesifik* konkurranse, eller det kan dreie seg om konkurranse mellom forskjellige arter – *interspesifik* konkurranse. Interspesifik konkurranse om ressurser kan også oppstå mellom fisk og andre taxa, slik som fugler (Giles et al., 1990).

Nunn et al. (2011) har laget en konseptuell modell som viser hvordan intra- og interspesifik konkurranse, tilgjengelig næring og habitat, samt temporal variasjon påvirker vekst og rekruttering.

De fleste fiskesamfunn i Norge er enkle, med bare en eller noen få fiskearter (Borgstrøm & Hansen, 2000), ofte bestående av kun laksefiskene ørret (*Salmo trutta*), røye (*Salvinus alpinus*) og laks (*Salmo salar*), trepigget stingsild (*Gasterosteus aculeatus*), samt abbor (*Perca fluviatilis*). Dette er fordi disse artene tilhører innvandringsgrupper som tidlig koloniserte vassdragene, flere av laksefiskene, samt ål (*Anguilla anguilla*) er diadrome fiskearter, som vil si at de har mulighet for å gjennomføre forskjellige livsstadier i saltvann og/eller i ferskvann.

I deler av Finnmark, og på Sør-Østlandet, der mulighetene for innvandring har vært flere enn langs mesteparten av kysten finner vi imidlertid mer komplekse fiskesamfunn, med innslag



av flere arter av lakse- og abborfisk, karpefisk, ferskvannsulker, nipigget stingsild (*Pungitius pungitius*), gjedde (*Esox lucius*) og torskefisken lake (*Lota lota*) (Borgstrøm & Hansen, 2000; Brabrand, 2000; Collett, 1875; Huitfeldt-Kaas, 1918).

## 1.2 Akvatiske økosystemer

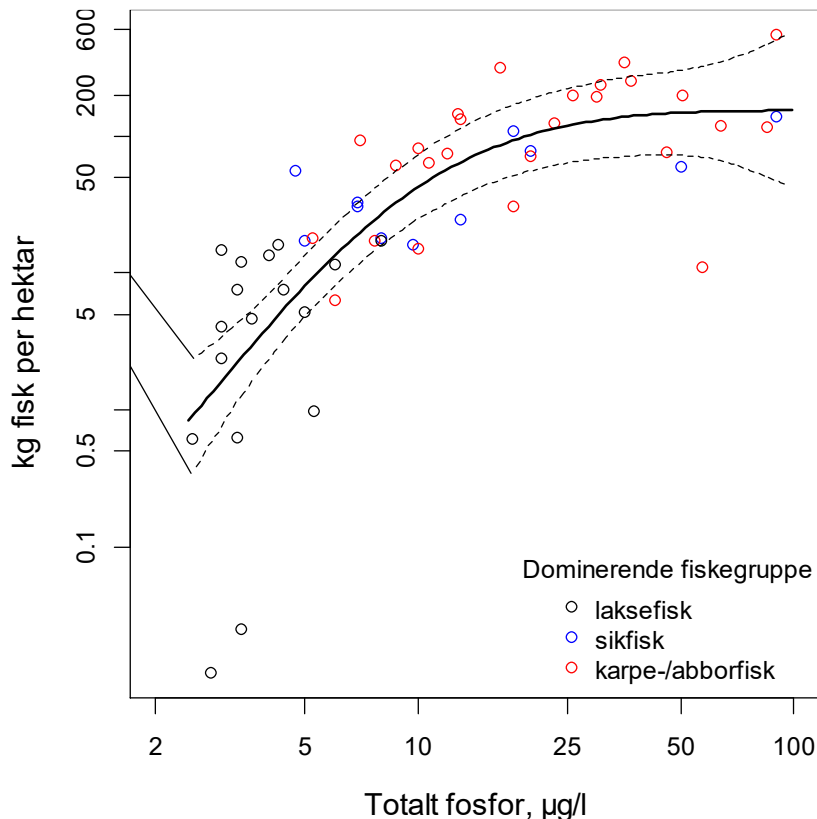
Dynamikken i akvatiske økosystemer er i stor grad styrt av abiotiske faktorer, særlig næringsstoffer, temperatur og lys, men også biotiske faktorer og prosesser som parasittisme, predasjon, sykdom kan ha stor betydning for artsrikdom og biologisk mangfold i en vannforekomst. I tillegg kan geografiske elementer som hydromorfologi og konnektivet være avgjørende for hvilke arter som forekommer i en gitt vannforekomst.

Dette har gitt opphav til to modeller eller tilnærminger for å forklare, påvirkningsprosessene i et innsjøøkosystem:

- a) Bottom-up-tilnærmingen, som fokuserer på at tilførsel av næringsstoffer som gir grobunn for algevekst. Algene er primærprodusenter, det vil si at de omdanner næringsstoffene til biomasse ved hjelp av fotosyntese og danner grunnlaget for primærkonsumentene. (Matsuzaki et al., 2018). Primærkonsumentene, ofte zooplankton, er avhengige av fotosyntetiserende organismer for å få næring, og de danner i sin tur næringsgrunnlaget til planktivore organismer, hvert ledd i en slik næringskjede kalles et trofisk nivå.
- b) Top-down-forklaringen fokuserer på organismer på høyere trofiske nivåer, ofte topp-predatorer, som gjerne er piscivore (fiskespisende) fisker. Denne tilnæringsmetoden blir ofte foretrukket av fiskeforvaltere (Larkin, 1978). Ideen er som følger; en økning i fiskespisende biomasse reduserer zooplanktonspisende biomasse, hvilket videre fører økt planktivor biomasse, og redusert algebiomasse (Carpenter et al., 1985).

De to nevnte tilnærmingene gir grunnlag for konseptet kalt trofiske kaskader, som kort fortalt en teori om gjensidige effekter på konsument og bytte, som endrer forekomst, biomasse eller produktiviteten i en populasjon, et samfunn eller trofisk nivå på tvers av mer enn én kobling i næringsnett, eller at endringer på ett nivå i en næringskjede kan få konsekvenser for flere ledd, både oppover og nedover i næringskjeden. (Lindeman, 1942; Paine, 1980). Lindeman (1942) pekte på at planter og dyr er medbestanddel i økosystemene, og at de har en gjensidig effekt på hverandre. Trofiske kaskader kan være med på å forklare hvordan innsjøer med tilsynelatende like abiotiske egenskaper kan ha vidt forskjellige biotiske egenskaper og vice versa (Carpenter et al., 2001; Pace et al., 1999).

Eutrofiering, er betegnelsen for en prosess der produksjonen i en vannforekomst øker. Endringer i primærproduksjon kan ha sammenheng med at konsentrasjonen av næringsstoffer, hovedsakelig nitrogen og fosfor i vannmassene øker. Totalt fosfor (TotP) brukes ofte som et mål på hvor produktiv en innsjø er. Bakgrunnsmateriale for utviklingen av indeksene som brukes til å fastslå økologisk tilstand for en innsjø (Vannforskriften, 2006), på bakgrunn av fiskedata inneholder dose-responskurver som viser forventet fiskebiomasse i en innsjø på bakgrunn av innsjøens fosfornivå (Figur 1).



Figur 1. Punktene viser målt fisketetthet og målte fosforverdier i norske innsjøer (Brabrand et al., In prep)

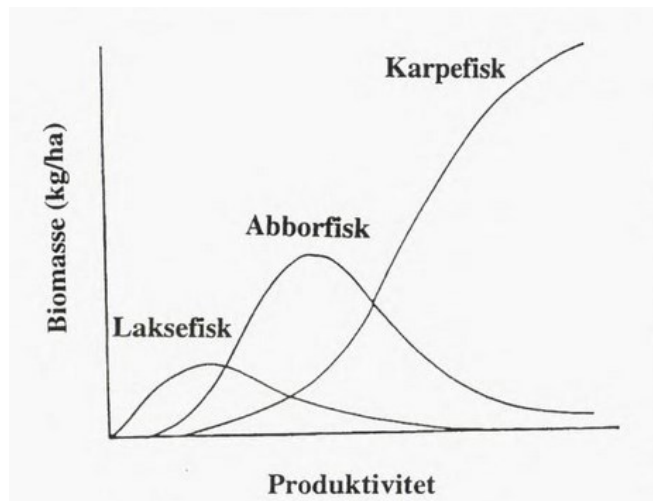
Eutrofiering kan også ha sammenheng med økt tilførsel av organisk karbon, endret vanntemperatur, eller pH og salinitet (Yang et al., 2008). Økt primærproduksjon er positivt korrelert med vanntemperatur og negativt korrelert med løst organisk materiale (DOM/humus), som reduserer siktedyp og lysgjennomtrengning, og derved begrenser algevekst ved at området for primærproduksjon – eufotisk sone – blir mindre innsjøer med høyt innhold av næringsstoffer, men med lav primærproduksjon grunnet lysbegrensning betegnes som dystrofe (Adrian et al., 2009; Yang et al., 2008).

Eutrofiering er en naturlig prosess som ofte forsterkes av menneskers aktivitet, det kan dreie seg om aktiviteter i nedbørsfeltet som fører til økt tilførsel av partikler og næringssalter fra for eksempel landbruk eller kloakkutslipp, eller det kan dreie seg om hydromorfologiske endringer som nedtapping av en vannforekomst. Mengden av pigmentet klorofyll A i

vannforekomsten brukes ofte som et mål på eutrofiering siden alle fytoplankton (fotosyntetiserende primærprodusenter) inneholder dette pigmentet (Brylinsky & Mann, 1973). Høy grad av primærproduksjon i en innsjø kan føre til oksygenovermetning i de øvre vannlagene ved at algene frigjør O<sub>2</sub>, og oksygenvinn i bunnvannet ved at bakterier forbruker oksygen ved nedbryting av døde algeceller. Enkelte fytoplankton kan benytte seg av løst CO<sub>2</sub> som karbonkilde, når CO<sub>2</sub>, som løst i vann er en svak syre, fjernes fra vannmassene stiger pH i den eufotiske sonen. Stor forekomst av alger kan også redusere siktedypet i vannforekomsten og følgelig også påvirke temperaturforhold og lysgjennomtrengning, som igjen kan påvirke forekomst av vannplanter og dyreliv knyttet til disse (Jeppesen et al., 2000; Lammens, 1989).

Eutrofiering kan føre til endringer i fiskesamfunnene. Generelt følger suksesjon i dominansforhold dette forløpet;

På tidlig stadium, med lav primærproduksjon og oksygenrikt vann (oligotrof tilstand) dominerer laksefiskene. Etter hvert som primærproduksjonen øker og mengden løst oksygen under sprangsjiktet avtar (mesotrof tilstand), øker den relative forekomsten av abborfisk på bekostning av laksefisk. Når primærproduksjonen blir så høy at algeoppblomstringer fører til oksygenvinn i bunnvannet, samtidig som at vannet blir så farget at makrofytter forsvinner (eutrof- eller hypereutrof tilstand) øker fiskebiomassen og karpefiskene, samt hork (*Gymnocephalus cernua*) dominerer fiskesamfunnet (Bergman, 1991; Brabrand, 2000) Denne typen fiskesamfunn blir gjerne omtalt som et klimakssamfunn.



Figur 1. Skjematisk fremstilling av endring av dominansforhold mellom fisker i en innsjø etter som produktiviteten i innsjøen øker. Hentet fra Brabrand (2000)

Selv om dominansforholdene og strukturen på fiskesamfunnet endres hører det til sjeldenhetene at en fiskeart forsvinner helt fra en vannforekomst, dette forekommer hovedsakelig i lokaliteter hvor habitatvariasjonen er lav (Eckmann, 1995).

#### Klimaendringer

NOU 2010: 10 (2010) peker på at endret klima kan ha mange og komplekse effekter på ferskvannøkosystemer. Blant annet vil trolig produksjon, biomasse, livssyklus og sammensetning av arter påvirkes. I hovedsak blir økosystema påvirket direkte av økt

temperatur og nedbør, samt av indirekte effekter som endringer i avrenning og dermed tilførsel av næringssalter og forsuring.

Anniken Kvam (2015) presenterer i sin masteroppgave klimadata for sør- øst landet i årene 1900 til 2014 og peker på en økning i årsmiddeltemperatur på om lag 0,5 til 2,5 °C siden slutten av 1980- tallet, og en gradvis økning i gjennomsnittlig nedbørsmengde i det samme tidsrommet.

Tidligere studier har påvist positiv korrelasjon mellom temperatur og vekst hos zooplankton (Khan & Khan, 2008) og både vekst og kroppssammensetning hos fisk (Elliott, 1976).

Effektene av temperatur på biota er imidlertid komplekse, vanskelige å forutsi og vanskelige å skille fra effektene fra andre påvirkninger. Ifølge Rohrlack (2018) kan for eksempel algeoppblomstringer finne sted ved suboptimale temperaturer fordi enkelte fytoplankton kan ha oppblomstringer ved temperaturer som er for lave for at zooplanktonet som beiter på dem kan holde følge med veksten.

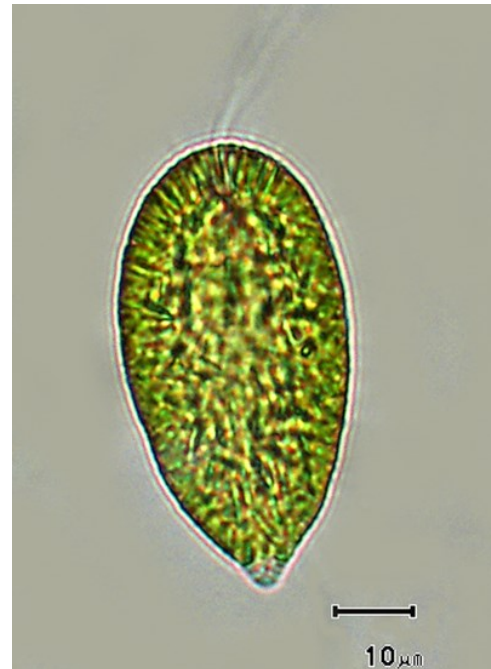
### 1.3 *Gonyostomum semen*

*Gonyostomum semen* (Ehrenberg) Diesing er en nåleflagellat (*Raphidophyceae*) som lever i ferskvann. Algen har i løpet av de siste tiårene hatt gjentatte oppblomstringer i innsjøer, både i Norge og i resten av Fennoskandia (Cronberg et al., 1988; Hagman et al., 2015; Johansson et al., 2013b; Lepistö et al., 1994; Trigo et al., 2013). Algen har i de senere år fått økt oppmerksomhet blant norske forskere (Hagman et al., 2019; Pechinkina, 2018; Rohrlack, 2020; Spikkeland et al., 2019b)

Det foreligger ingen dokumentasjon på at *G. semen* produserer toksiner, men algen har strukturer – trichocyster, som skyter ut slimete polysakkarid tråder på inntil 5 mm når cellen utsettes for mekaniske-, eller kjemiske forstyrrelser (Hongve et al., 1988; Pithart & Pechar, 1997). Dette slimet kan blant annet forårsake hudirritasjon hos mennesker som bader (Cronberg et al., 1988; Hagman et al., 2019; Havens, 1991; Hongve et al., 1988). Slimet produsert av *G. semen* kan også forårsake problemer for drikkevann ved at det tetter filtrene i vanninntaket (Cronberg et al., 1988; Rohrlack, 2020).

*G. semen* kan ved oppblomstringer dominere algesamfunnet i en innsjø fra slutten av juni til sent i september (Peltomaa & Ojala, 2009). Ifølge Havens (1991) kan *G. semen* utgjøre 99 % av algebiomassen i de åpne vannmassene og målinger utført av Pithart og Pechar (1997) viste at klorofyll a konsentrasjonen i *G. semen*-dominerte vannforekomster i visse tilfeller bli så høy som 200-1800  $\mu\text{g l}^{-1}$ .

Trigal et al. (2011) og (2013) undersøkte faktorer som bidro til masseoppblomstringer av *G. semen* og fant at oppblomstringer var positivt korrelert med grunnere vann og høyere fargetall. En forskjell på norske *Gonyostomum*-sjøer og innsjøer i Sverige er at de undersøkte innsjøene i Sverige i all hovedsak er dystrofe mens de norske innsjøene med store oppblomstringer oftere er landbruk- og leirpåvirkede innsjøer med til dels svært høye fosforkonsentrasjoner. *Gonyostomum*-innsjøene som ble undersøkt i Trigal et al. (2011) hadde en gjennomsnittlig fosforkonsentrasjon på  $13,7 \mu\text{g l}^{-1} \pm 3,76$ , dette stemmer overens med påstand i Hagman et al. (2019) om at *G. semen*-oppblomstringer først og fremst finner sted i relativt lavproduktive innsjøer. I norske innsjøer med dominans av *G. semen* kan derimot fosforkonsentrasjonene være svært høye, eksempelvis Brønnerødtjern med total fosfor på 20 - 65  $\mu\text{g l}^{-1}$  (Jerpseth, 2020) og Gjølssjøens 64,7  $\mu\text{g l}^{-1}$  (Vann-nett.no, u.å.-a).



Bilde 1. *Gonyostomum semen*. Foto: Center for Freshwater Biology, New Hampshire, USA, [http://cfb.unh.edu/phycokey/Choices/Raphidophyceae/GONYOSTOMUM/Gonyostomum\\_image\\_page.html](http://cfb.unh.edu/phycokey/Choices/Raphidophyceae/GONYOSTOMUM/Gonyostomum_image_page.html)

At *G. semen* dominerer fytoplanktonsamfunnet i enkelte vannforekomster kan komme av at arten har en rekke egenskaper som kan gi den konkurransefortrinn fremfor andre arter; *G. semen* er miksotrof, det vil si at cellene kan benytte seg ikke bare av sollys til fotosyntese (autrofi), men de kan også ta til seg næring gjennom heterotrof fagotrofi (Trigal et al., 2011). Rohrlack og Haaland (2019) antyder at *G. semen* kan benytte seg av fosfat som akkumuleres i sedimentets porevann på grunn av naturlige nedbrytningsprosesser og anoksiske forhold som oppstår under sedimentoverflaten. Hvis dette stemmer har *G. semen* tilgang til en nesten utømmelig kilde til fosfor, som vanligvis antas å være den viktigste begrensende faktoren for algevekst i ferskvann.



Bilde 2. Bildet viser oppblomstring av *G. semen* i en oligotrof innsjø i Estland (bilde fra (Rakko et al., 2008))

*G. semen* celler kan ved hjelp av flageller foreta vertikale døgnvandring mellom epilimnion, hvor fotosyntese foregår om dagen, til det mer oksygenfattige og næringsrike hypolimnion hvor algen kan unngå predatorer i mørket. (Pithart & Pechar, 1997; Rohrlack, 2020; Salonen & Rosenberg, 2000).

For at denne døgnvandringen skal være mulig og fordelaktig kreves det termisk sjiktning i vannmassene, det vil si en forskjell på 2 °C eller mer, og dette er antagelig en forutsetning for masseoppblomstringer av *G. semen* (personlig meddelelse, Thomas Rohrlack, NMBU).

*G. semen* har en gjennomsnittstørrelse i overkant av 55  $\mu\text{m}$  og er dermed større enn de fleste andre algearter i boreale innsjøer, dette sammen med forsvarsmekanismen de slimproduserende trichocystene utgjør, kan gjøre algen er lite utsatt for predasjon fra zooplankton da de blir for store og/eller uhåndterlige for zooplanktonets filtreringsmekanismer (Trigal et al., 2011). Det fremkommer fra Hansson et al. (2007) og Johansson et al. (2013b) at fytoplankton som er mindre spiselige på grunn av toksinproduksjon eller andre forsvarsmekanismer kan påvirke artssammensetning og total biomasse zooplankton i en innsjø, samt størrelse på voksne individer av zooplankton.

Tetthet og sammensetning av zooplankton i en innsjø er særlig interessant for å forstå tetthet og artssammensetning i fiskesamfunnet fordi de fleste fiskearter er avhengige av zooplankton som føde den første tiden etter at plommesekken er brukt opp (Garner, 1996; Nunn et al.,

2007; Nunn et al., 2011; Ogle et al., 2004; Persson & Greenberg, 1990a), i tillegg til at dietten hos en rekke fiskearter består helt eller delvis av zooplankton også senere i livet (Bergman, 1990; Giles et al., 1990; Lammens et al., 1985a).

Flere studier har undersøkt effekten av *G. semen*- oppblomstringer på dyreliv. Trigal et al. (2011) brukte eksisterende data fra undersøkelser i svenske innsjøer for å undersøke om masseforekomst av algen kunne fungere som en flaskehals for næringstransport til høyere trofiske nivå. Fra studien kom det frem at innsjøer med dominans av *G. semen* hadde lavere total biomasse av zooplankton, samt at zooplanktonsamfunnet i disse innsjøene var dominert av små arter. Det samme kom frem i Johansson et al. (2013a) og Johansson et al. (2013b). Trigals studie viste også at mengden svevemygglarver (*Chaoboridae*) økte kraftig i *G. semen*-innsjøer, dette stemmer overens med en amerikansk studie (Havens, 1989). Trigal et al. (2011) indikerte rekrutteringssvikt for abbor og mort med «forgubbing» i fiskesamfunnene, det vil si en stor andel stor og gammel fisk. Studien indikerte også at abbor dominerte på bekostning av mort. Jerpseth (2020) undersøkte i sin masteroppgave sammensetningen av zooplankton i Brønnerødtjern i Sørøst- Norge, og fant at oppblomstringer av *G. semen* var negativt korrelert med forekomst av store spiselige zooplanktonarter.

Gjølsjøen i Marker kommune har vært mye brukt som studiesystem etter at innsjøen ble vernet som fuglereservat i 1992. Innsjøen har de siste tiårene hatt gjentatte oppblomstringer av *G. semen* (Pechinkina, 2018; Spikkeland et al., 2019b).

Like oppstrøms for Gjølsjøen ligger Helgetjern. I Helgetjern er det ikke påvist *G. semen*, muligens fordi *G. semens* fortrinn av å kunne foreta vertikale døgnvandring faller bort i Helgetjern som er grunnere enn Gjølsjøen (Personlig meddelelse Thomas Rohrlack, NMBU). Nærheten mellom de to innsjøene, samt det faktum at oppblomstringer av *G. semen* kun forekommer i en av dem gjør dem godt egnet som studiesystem

En nylig studie av Spikkeland et al. (2020) undersøkte fugleliv og en rekke andre biologiske faktorer i Gjølsjøen og fant blant annet at krepsdyr- og zooplanktonsamfunnet i innsjøen besto hovedsakelig av små arter og individer, men at store arter som *Leptodora kindti* fantes i små dammer med tilknytning til innsjøen. Spikkeland oppgir at «Tettheten av zooplankton var lavere i midtre- enn i det søndre basseng gjennom hele sommersesongen 2018», og at «det på våren og høsten nesten ikke ble registrert zooplankton i prøvene fra midtre i det hele tatt. Dyreplanktonet i midtre basseng - i den grad de forekom, besto av små individer».

Resultatene fra zooplanktonundersøkelsen er oppdatert med artsinformasjon fra Artsdatabanken.no (u.å.) samlet og i Tabell 1

Tabell 1. Tabellen viser størrelsesorden (mm) på hoppekreps og vannlopper funnet i Gjølssjøen. Tabellen er tilpasset etter Spikkeland et al. (2020), basert på 20 planktonprøver i 2018 og 2019. Forekomsten av hver art er angitt som prosent av prøver hvor arten ble registrert i hhv. Midtre- (M) og søndre (S) basseng

| Vannlopper ( <i>Cladocera</i> ) | Mi<br>n | Ma<br>x | M | S | Hoppekreps ( <i>Copepoda</i> )   | Mi<br>n | Ma<br>x | M  | S  |
|---------------------------------|---------|---------|---|---|----------------------------------|---------|---------|----|----|
| <i>Chydorus sphaericus</i>      | 0,2     | 0,5     | 5 | 2 | <i>Thermocyclops oithonoides</i> | 0,7     | 1       | 10 | 10 |
| <i>Bosmina longirostris</i>     | 0,2     | 0,7     | 6 | 6 | <i>Mesocyclops leuckarti</i>     | 0,7     | 1,5     | 55 | 10 |
| <i>Ceriodaphnia pulchella</i>   | 0,4     | 0,9     | 4 | 7 | <i>Eudiaptomus gracilis</i>      | 1       | 2       | 73 | 89 |
| <i>Bosmina longispina</i>       | 0,4     | 1,2     | 2 | 2 | <i>Cyclops insignis</i>          | 2,1     | 2,8     | 18 | 22 |
| <i>Diaphanosoma brachyurum</i>  | 0,6     | 1,3     | 9 | 0 | <i>Cyclops spp.</i>              |         |         | 9  | 0  |
| <i>Daphnia cucullata</i>        | 0,6     | 1,7     | 9 | 2 |                                  |         |         |    |    |
| <i>Daphnia cristata</i>         | 0,6     | 1,8     | 7 | 8 |                                  |         |         |    |    |
| <i>Limnosida frontosa</i>       | 1       | 2       | 7 | 9 |                                  |         |         |    |    |
| <i>Daphnia longispina</i>       | 0,9     | 3,3     | 2 | 6 |                                  |         |         |    |    |
| <i>Leptodora kindti</i>         | 6,5     | 18      | 7 | 7 |                                  |         |         |    |    |
|                                 |         |         | 0 | 6 |                                  |         |         |    |    |
|                                 |         |         | 9 | 7 |                                  |         |         |    |    |
|                                 |         |         | 1 | 7 |                                  |         |         |    |    |
|                                 |         |         | 8 | 8 |                                  |         |         |    |    |

#### 1.4 Studiespørsmål, hypoteser og forventninger

Formålet med denne undersøkelsen er å gi en beskrivelse av fiskesamfunnet i Gjølssjøen etter gjentatte oppblomstringer av *G. semen* for å se om effekter på høyere trofiske nivå kan sannsynliggjøres. For å sette oppgaven inn i en forvaltningskontekst vil det også forsøkes å bruke data fra fiskeundersøkelsen til å bestemme økologisk status for Gjølssjøen jamført Vannforskriften (2006).

##### *Hypoteser og forventninger*

Forventet generell endring i artssammensetningen i et fiskesamfunn som følge av eutrofieringsprosesser er vist i Figur 1. Avvik fra denne modellen er spesielt interessant i denne studien.

Endringer zooplanktonsamfunnet som resultat av endringer i fytoplanktonsamfunnet er påvist i en rekke studier/innsjøer (DeMott et al., 2001; Hansson et al., 2007; Johansson et al., 2013b; Rohrlack, 2018; Rohrlack & Glosli, 2018; Trigal et al., 2011).

Det forventes at oppblomstringer av lite spiselig *G. semen* vil føre til endringer i zooplankton og zoobenthos, og at dette vil påvirke fiskesamfunnet på følgende måter:



**Hypotese 1.** Det forventes at mangel på spiselig zooplankton vil føre til svake årsklasser av enkelte arter, spesifikt zooplanktonspisende arter av karpefisk som mort og brasme, samt at rekrutteringssvikt vil føre til en overvekt av eldre individer i Gjølssjøen og at denne overvekten vil komme til uttrykk som en uforholdsmessig høy forekomst av storvokste individer.

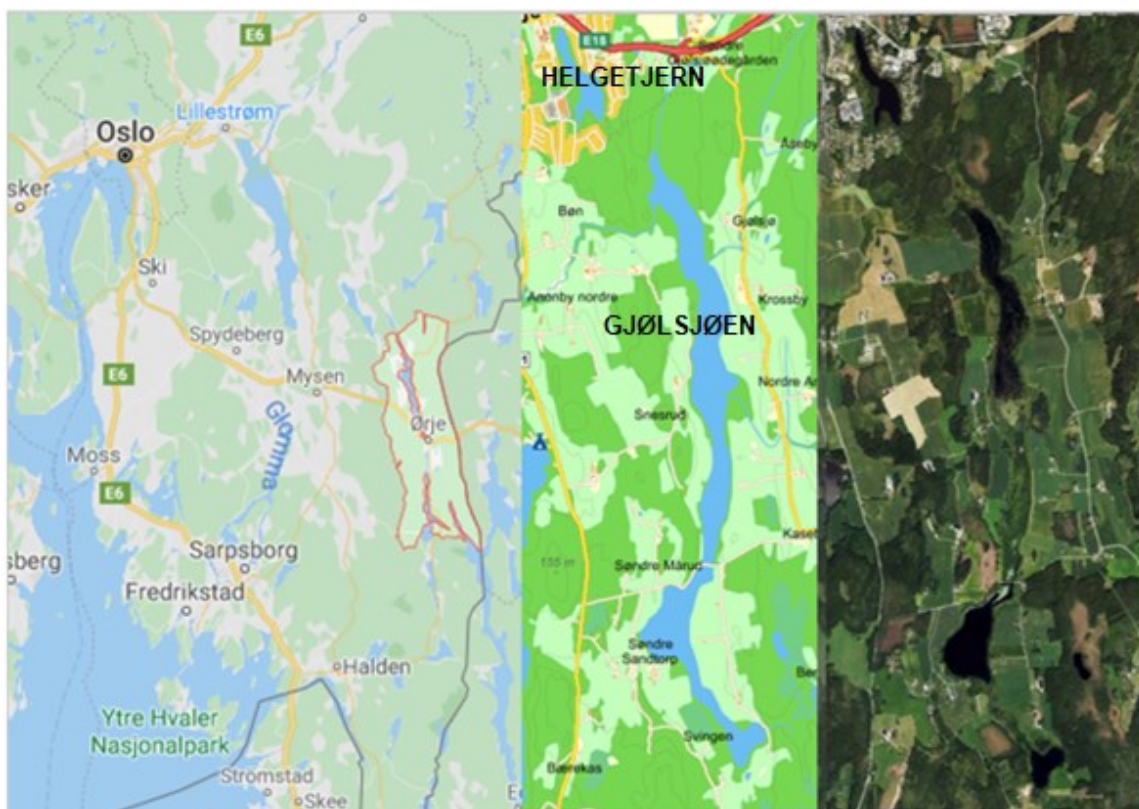
**Hypotese 2.** Det forventes at mangel på spiselig zooplankton vil føre til svake årsklasser av enkelte arter, spesifikt zooplanktonspisende arter av karpefisk som mort og brasme, samt at rekrutteringssvikt vil føre til en overvekt av eldre individer i Gjølssjøen .

**Hypotese 3.** Mort og sørv har i mange systemer horisontale døgnvandring mellom littoralsonen, der de finner skjul på dagtid og pelagialen, der de furasjerer i mørket (Bohl, 1980; Haugen et al., 2019; Říha et al., 2014; Vašek & Kubečka, 2004). Tetthet av fisk i pelagialen er positivt korrelert med innsjøens produksjon (Sandlund et al., 2015). Vi forventer at Gjølssjøen, vil ha lavere fisketetthet enn hva totalfosforinnivået i innsjøen tilsier ut ifra plottet kurven i figur 1.

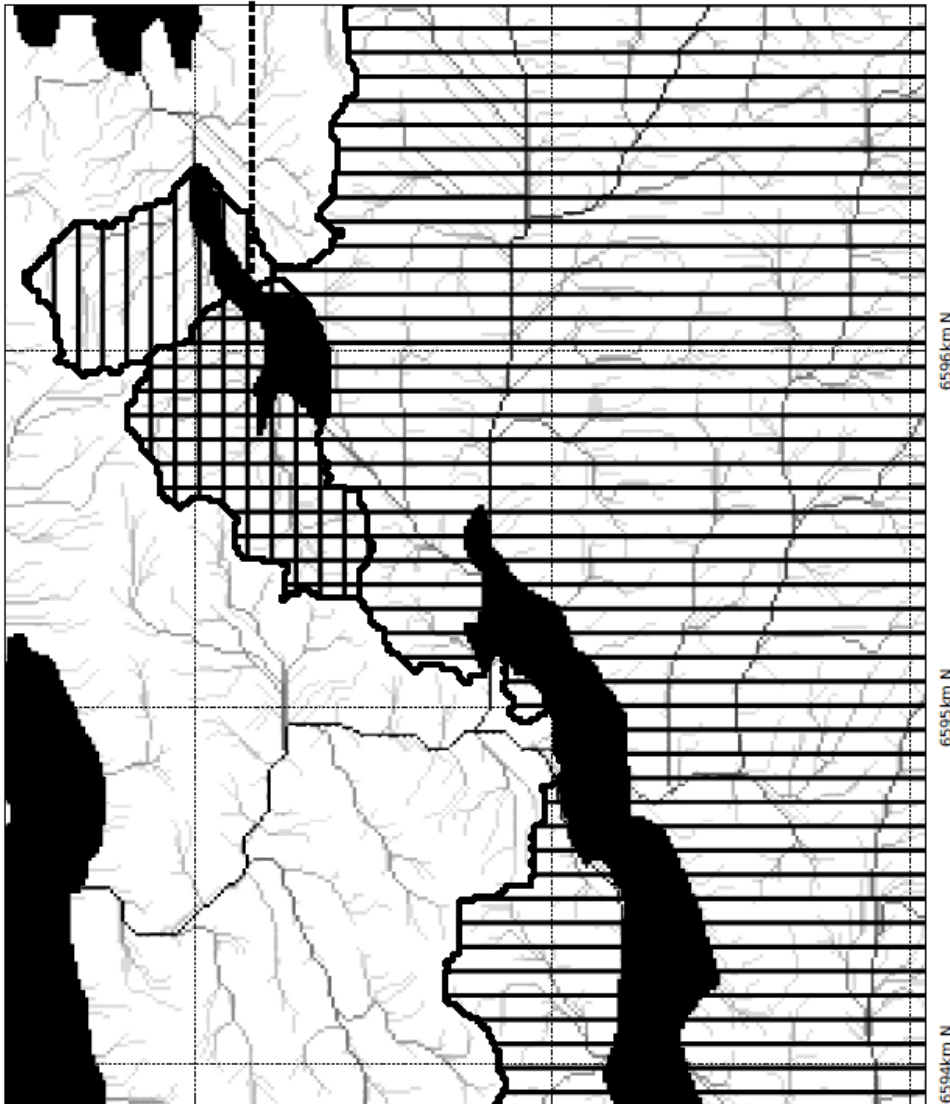
## 2 Områdebeskrivelse

Gjølsjøen og Helgetjern ligger begge i Marker kommune i Viken fylke (tidligere Østfold fylke). Innsjøene ligger sør for E18 ved Ørje, mellom riksgrensen mot Sverige og Øymarksjøen (Bilde 1). Innsjøene hører innunder vannområde Haldenvassdraget i vannregion Innlandet og Viken. Innsjøene utgjør et sidevassdrag som har begrenset kontakt med hovedvassdraget.

Analyse av nedbørsfeltene til Gjølsjøen og Helgetjern utført av Anders Johan Konnestad (Figur 2) indikerer at om lag 60 % av vannet som drenerer inn til Helgetjern, kan komme inn i Gjølsjøen via myrdraget som skiller de to innsjøene. På grunn av høydeforskjellen og terrenget mellom innsjøene er det lite trolig at abbor- og karpefisk kan bruke denne vannstrømmen som migrasjonsrute (Kvam, 2015).



Bilde 3. Fra venstre: Marker kommune (Google.no), kart Helgetjern og Gjølsjøen. (Gulesider.no) og flyfoto 2018 (norgebilder.no)

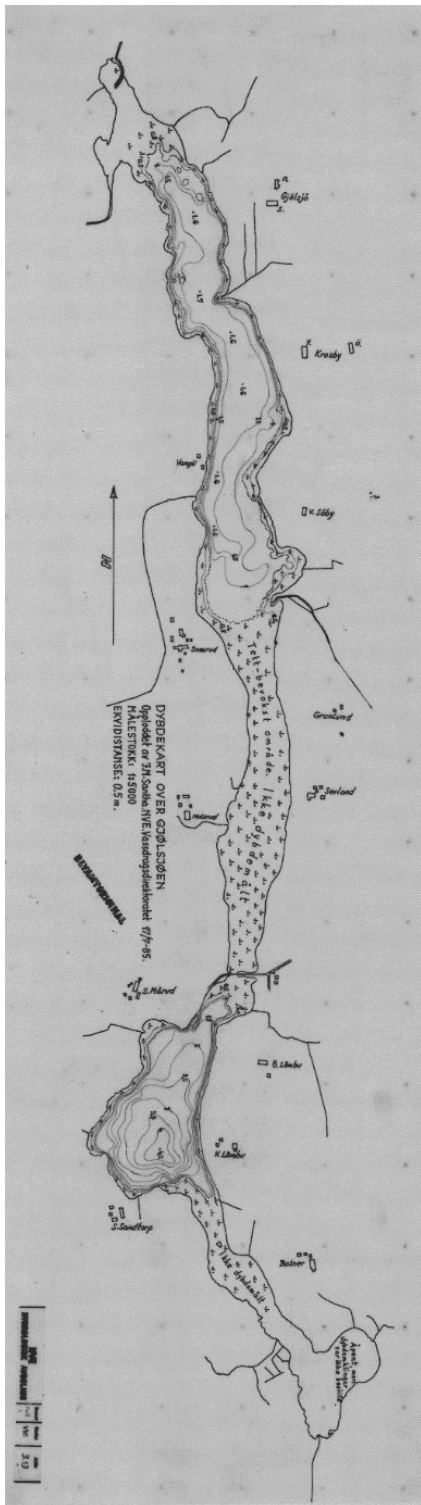


Figur 2 Dette kartet viser nedbørfeltene til Helgetjern og Gjølsjøen. Helgetjern sitt nedbørsfelt er markert med vertikale streker, mens Gjølsjøens nedbørfelt er markert med horisontale. Siden Helgetjern har to utløpsbekker, en som renner til Gjølsjøen og en som renner nordover, er nedbørfeltene til to vannene delvis felles (markert med både horisontale og vertikale streker). Elvenettet er generert med Strahler-algoritmen. Ifølge denne har de to elveutløpene i Helgetjern samme styrke. (Utregninger utført i SAGA-GIS og kartografi i QGIS.)

© Anders Johan Konnestad,  
© Kartverket

## 2.1 Gjølsjøen

Gjølsjøen er en moderat kalkrik og humøs innsjø. Innsjøen er grunn og den strekker seg om lag to kilometer fra nord til sør og har en middelbredde på om lag 200 meter. Innsjødata er gitt i *Tabell 2*. Nedbørsfeltet til Gjølsjøen består hovedsakelig av jordbruksområder og lange strekk av naturreservatet som innsjøen inngår i grenser til dyrket mark (bilde 2). I nord og i sør dreneres myrområder. Vannspeilet ble senket om lag to meter på 1850-tallet (Blindheim & Olsen, 2014; Nilsen, 2009). Største dyp er i dag på 4,2 meter (Vann-nett.no, u.å.-a). Vann-nett.no (u.å.-a) oppgir Gjølsjøens middeldyp til -1m. Dette kommer av at av innsjøens areal på snaut 1 km<sup>2</sup> er kun om lag 56 % åpent eller delvis åpent vann fordelt på tre bassenger. Kun det midterste av disse bassengene inngikk i fiskeundersøkelsen (areal: 0,91 km<sup>2</sup>, hvilket tilsvarer om lag 35 % av det åpne/delvis åpne vannspeilet og i underkant av 20 % av



Figur 2 NVE dybdekart 1985  
<http://gis3.nve.no/dybdekart/334a.pdf>

innsjøens totale areal. Omkringliggende våtmarksområder ble vernet som naturreservat fra 8. mai 1992 med formål om «å bevare et viktig våtmarksområde og en interessant innsjøtype med vegetasjon, fugleliv og annet dyreliv som naturlig er knyttet til området» (Forskrift om Gjølssjøen naturreservat, 1992). Ifølge Blindheim og Olsen (2014) har nedtappingen, sammen med et stort tilsig av næringsstoffer fra omkringliggende landbruk ført til en omfattende gjengroing.

Tabell 2. Innsjødata for Gjølssjøen. Data fra (Vann-nett.no, u.å.-a; Viker & Hardeng, 1992).

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Vannforekomst ID:     | 001-334-L                                  |
| Vanntype:             | Middels, moderat kalkrik, humøs (LEL23212) |
| Største dyp:          | 4,2 m                                      |
| Høyde over havet.:    | 114 m                                      |
| Innsjøareal:          | 0,98 km <sup>2</sup>                       |
| Økologisk tilstand*:  | Svært dårlig                               |
| Kjemisk status*:      | Ukjent                                     |
| Klorofyll a           | 64,86 µg l <sup>-1</sup>                   |
| Nitrat                | 124,9 µg l <sup>-1</sup>                   |
| Tot N                 | 994 µg l <sup>-1</sup>                     |
| Fosfat - ufiltrert    | 12,45 µg l <sup>-1</sup>                   |
| Tot P                 | 64,7 µg l <sup>-1</sup>                    |
| Løst reaktivt silikat | 2600,1 µg l <sup>-1</sup>                  |
| Suspendert stoff      | 5,33 mg l <sup>-1</sup>                    |

\* Jf. Vannforskriften (2006)

Fiskefaunaen i Gjølssjøen ble undersøkt med enkelt prøvofiske med garn tidlig på 2000- tallet i forbindelse med en kartlegging av fiskefaunaen i Marker kommune. Spikkeland et al. (2007) oppgir at syv fiskearter forekommer, men flere er oppgitt som mulig utdødd, da dens oppgitte tilstedeværelse baserer seg på tidligere undersøkelser. Flire ble for øvrig først rapportert som en egen art i Norge i Gjølssjøen og i Aremarksjøen av Collett (1897) og Huitfeldt-Kaas (1918).

Tabell 3. Fiskefaunaen i Gjølssjøen slik den er rapportert i Spikkeland et al. (2007)

---

Gjedde (*Esox lucius*)  
Mort (*Rutilus rutilus*)  
Sørv (*Scardinius erythrophthalmus*)  
Brasme (*Abramis brama*)  
Flire (*Blicca bjoerkna*)\*  
Abbor (*Perca fluviatilis*)  
Hork (*Gymnocephalus cernua*)

---

\* Tilstedeværelse av flire ble ikke bekreftet i denne undersøkelsen



Bilde 4. Flyfoto viser hvordan områdene som skiller de søndre, midtre og nordre bassengene har grodd igjen fra 1965 (sort-hvitt bilder) til 2015. Foto: norgebilder.no.

Ifølge Hans Maarud, som er grunneier ved nordenden av det midtre bassenget, ble vannplantene i strandområdene i Gjølssjøen kuttet ned og fjernet årlig frem til opprettelsen av naturreservatet. Siste gang våren 1992. Maarud forteller videre at mens dette arbeide pågikk var brasme en vanlig art, som lekte rundt bena til de arbeidende (Personlig meddelelse, Hans Maarud, 20.08.2029).

## 2.2 Helgetjern

Helgetjern er en grunn, kalkfattig, humøs og klar innsjø. Innsjødata er gitt i *Tabell 3*.

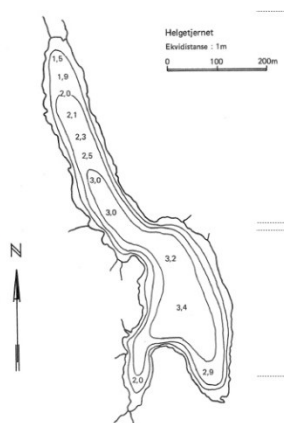
Nedbørsfelt er på om lag 0,9km<sup>2</sup> og består hovedsakelig av barskog og noe urbane områder (bilde 3). Ifølge Berge (2004) har innsjøen hatt en rekke oppblomstringer av cyanobakterier siden 1950-tallet, blant annet som resultat av utlekking av næringsalter fra en kommunal avløpsledning. I et forsøk på å få ned algemengden ble Helgetjern rotenonbehandlet i to omganger i 1984, det ble anslått at disse behandlingene drepte 99,9% av fisken i innsjøen. I 1988 var derimot mort tilbake i samme tetthet som før tiltakene (Berge, 2004; Faafeng & Brabrand, 1990). Faafeng & Brabrand oppgir verdier for totalfosfor på 100-300 µg l<sup>-1</sup> før- og 100-200 µg l<sup>-1</sup> etter rotenonbehandlingen. Nyere tall for fosforverdier i Helgetjern foreligger ikke.

I dag er Helgetjerns eneste utløp via et rør som går under veien i nordenden av innsjøen og som munner ut i Rødenessjøen. Det antas at dette har vært migrasjonsrute for de fiskeartene vi i dag finner i Helgetjern (Faafeng & Brabrand, 1990).

*Tabell 2* Innsjødata for Helgetjern. Data fra (Vann-nett.no, u.å.-b). Data for næringsstoffer, pH og suspendert stoff er ikke tilgjengelig på vann-nett/portal.

|                      |                                       |
|----------------------|---------------------------------------|
| VannforekomstID:     | 001-3394-1-L                          |
| Vanntype:            | Middels, kalkfattig, humøs (LEL22212) |
| Største dyp:         | ca. 3,5 m (målt under feltarbeid)     |
| Høyde over havet.:   | 118 m                                 |
| Innsjøareal:         | 0,093 km <sup>2</sup>                 |
| Nedbørsfeltareal:    | 0,9 km <sup>2</sup>                   |
| Økologisk tilstand*: | Moderat                               |
| Kjemisk status*:     | Ukjent                                |

\*Jf. Vannforskriften (2006)



*Bilde 5. Helgetjern.  
Fra venstre: Kart (Vann-nett.no, 2020b), flyfoto 2018 (norgebilder.no), Dybdekart (Skulberg & Kotai, 1982)*

## 3 Metode og utstyr

### 3.1 Metoder i felt

Feltarbeidet foregikk 19. – 21. august i Gjølsjøen og 23. august i Helgetjern.

Gjølsjøen: Det var opphold, med skiftende skydekke og lite vind mens feltarbeidet pågikk.

Det var vindstille og stjerneklart om natten.

Helgetjern: Det var sol til lettskyet og lite vind mens prøvefisket i Helgetjern pågikk.

#### 3.1.1 Multisonde

I begge innsjøene ble en multisonde av typen EXO2 brukt til måling av oksygenmetning (%) og temperatur (°C). I tillegg målte sonden ledningsevne ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) og turbiditet (FNU). Målingene ble utført fra gummibåt ved innsjøenes største dyp. Sonden ble først akklimatisert ved at den ble holdt i overflatelaget i fem minutter, deretter ble den senket til bunnen med en fart på om lag 10 cm/s. Sonden målte samtlige variabler hvert sekund mens den ble senket og hevet. Målingene registrert ved heving av sonden ble brukt til å lage plott av resultatene.



Bilde 6 Multisonde; exo2  
(<https://www.ysi.com/EXO2>)

#### 3.1.2 Prøvefiske med garn

Prøvefiske med garn ble gjennomført 20. august 2019 i Gjølsjøen og 23. august 2019 i Helgetjern. Prøvefisket ble utført i henhold til NS-EN 14757 (CEN, 2005), med det unntak at det kun ble fisket på dagtid.

I Gjølsjøen ble det fisket med seks bunngarn i dagslys og to bunngarn om natten. I Helgetjern ble det fisket med fem bunngarn og kun i dagslys. Alle garna som ble brukt var av typen Nordiske oversiktsgarn som er et multimaskegarn med maskevidder fra 5 til 55 mm i tre-meters paneler. Garna ble satt i tilfeldig retning og stratifisert dypere og grunnere enn 2 meter. Siden innsjøene er såpass grunne ble flytegarn ikke benyttet.



Bilde 7. A) Gjølsjøen: Røde punkter markerer transekter for elfiske, Hvite bunker markerer garnposisjoner. B) Helgetjern: Hvite punkter markerer garnposisjoner, grønt markerer innsjøens dypeste punkt

Garnfisket ble begrenset til to til tre timers innsats per garn for å unngå metning av garn. Det er kjent, blant annet fra Olin et al. (2004) at fangsteffektiviteten til garn vil falle raskt i tette bestander fordi maskene fylles opp med fisk. Mettede garn kan bidra til et feilaktig bilde av fisketetthet når fangst per innsats- enhet (CPUE) skal beregnes fordi maskene fylles og arealet som fisker effektivt bli mindre.

#### *Behandling av fangst*

Garna ble tatt inn og tømt umiddelbart etter at de kom i land. Fangstene fra hvert garn ble sortert i poser merket med garnnummer, dato, innsjø og klokkeslett. Deretter ble fangsten så fort som mulig transportert til fryser. I Helgetjern hjalp masterstudenter på utferd med NATF 302 til med henting og tømming av garn.

I Gjølsjøen ble det fisket med bunngarn nattetid på de samme koordinatene som garn på dagtid. Fisket foregikk i om lag to timer. Fangstene fra disse garn forsvant imidlertid fra fryseren på NMBU før fangsten ble telt opp og undersøkt utover en rask gjennomgang av arter. Artssammensetningen i fangsten i disse garn var lik den fra dagfiske, men andelen gjedde var noe høyere og det var også et lite innslag av sørv. Fangsten fra disse garn vil ikke bli videre omtalt. I og med at det kun ble fisket med garn på dagtid i Helgetjern ville nattfangstene uansett ha begrenset verdi som sammenlikningsgrunnlag.

#### 3.1.3 Båt-elfiske

Noen fiskearter kan ha lavere fangbarhet i garn, enten på grunn av størrelse, eller fordi de vandrer lite i vannmassene på enkelte tider av døgnet eller visse tider på året. Det er blant annet kjent at gjedda beveger seg lite i det tidsrommet som CEN (2005) spesifiserer for



garnfiske (Baktoft et al., 2012; Haugen, 2018; Jepsen et al., 2001). For å best mulig fange opp bredden i fiskesamfunnet ble det derfor gjennomført elfiske med båt. Elfiske gjør det også mulig å effektivt fiske av områder der vegetasjonen gjør det umulig å gjennomføre et tradisjonelt prøvofiske med garn (Haugen et al., 2009).

Båt med båtfører (Jon Museth) ble innleid fra Norsk Institutt for Naturforskning (NINA). Båten var en Cataraft, som består av en stålkonstruksjon med luftfylte flottører og en påhengsmotor. Båtens konstruksjon gjør at den flyter høyt i vannet og den er således godt egnet til grunne innsjøer. I baugen på båten er to anoder med stålvaiere festet til justerbare svingarmer. Under det elektriske fisket fungerer en rekke vaiere i fremkant av båtens skrog som katode. Strømmen sendes ut via en 7,5 kW generator drevet pulsator (Kohler Marin Generator). Det er mulig å variere mellom pulserende likestrøm (DC) og vekselstrøm (AC). Strømmen aktiveres ved hjelp av en bryter plassert i baugen på båten og et elektrisk felt oppstår rundt hver anode. Fisk som kommer inn i det elektriske feltet blir lammet og trekkes mot anoden, slik at den enkelt kan fanges med en håv. Strømfeltet har en horisontal rekkevidde på inntil 5 meter og vertikal rekkevidde på 2-3 meter. Ledningsevnen i Gjølvsjøen var forholdsvis høy (i overkant av 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  på 1m dyp) og innstillingen som ble brukt er oppgitt i Tabell 4.

Elfisket ble gjennomført ved å kjøre ulike transekter. Klokkeslett, aktiv fisketid (tid med strøm i vannet) og koordinater for start og stopp ble registrert. De samme transektene ble fisket først i dagslys, siden i mørket.



Bilde 8. Thronnd Haugen og Jon Museth (NINA) ved siden av båten som ble benyttet til elfiske (Foto: Ø. Sundet)

Tabell 3. Innstillinger for elfiske

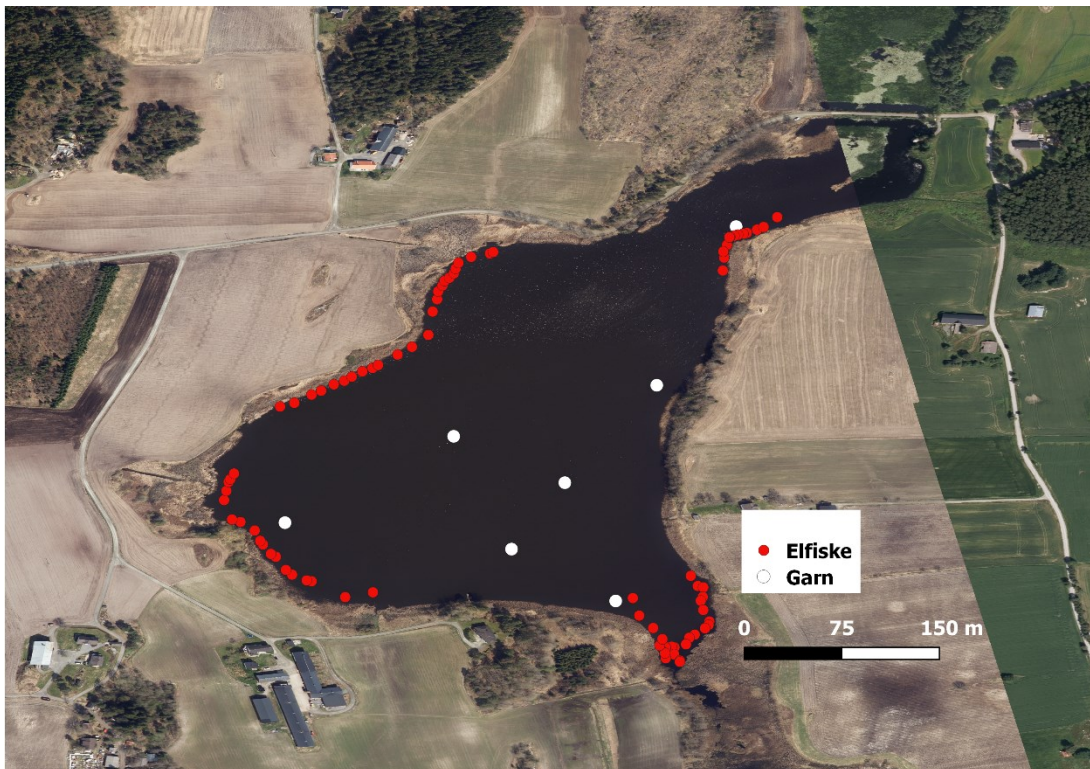
|               |                   |
|---------------|-------------------|
| AC/DC         | Likestrøm (DC)*   |
| Spenning      | 500 – 1000 Volt** |
| Pulsrate      | 30-60 Hertz***    |
| Utgangseffekt | 1-3 Ampere        |

\* Av dyrevelferdsmessige grunner benyttet vi kun pulserende likestrøm.

\*\* 1000V på de fire første stasjonene (dagslys), i mørket ble 500V brukt.

\*\*\* På stille vann går det sakte og man klarer seg ofte med lavere pulsrate enn når man kjører i elv.

Fisket ble gjennomført ved å kjøre ulike transekter. Klokkeslett, aktiv fisketid (tid med strøm i vannet) og koordinater for start og stopp ble registrert. De samme transektene ble fisket først i dagslys, siden i mørket.



Bilde 9. Transekt for elfiske med båt. De samme transektene ble fisket på dagtid og i mørket.

#### Behandling av fangst

Akkurat som med fangstene fra garnfisket ble fangstene fra elfisket puttet i sekker merket med transekt, fisketid og klokkeslett. Deretter ble fangsten så fort som mulig plassert i fryser.

### 3.1.4 Ekkoloddundersøkelse

#### *Surveydesign og dekningsgrad*

Ekkoloddet ble ført rigget og klargjort på dagtid, og ble ekkoloddundersøkelser ble først på dagtid, og siden i mørket 24. – 25. august 2019.

Transektdesignet ( $L = 2,22$  km) var sikksakk. Ved å dele lengden på transektet på kvadratroten av bassengets

areal ( $A = 0,18$  km<sup>2</sup>) får vi en dekningsgrad ( $L/\sqrt{A}$ ) på 5,23. Det ble benyttet en 11 graders 70 kHz svinger.

Under ekkoloddkjøring på dagtid virket ikke den innebygde GPSen, slik at data fra håndholdt GPS måtte brukes for å plotte transektet. Det var opphold og vindstille mens undersøkelsen pågikk.



Bilde 10. Professor Thron Haugen gjør klar for kjøring med ekkolodd på dagtid



Bilde 11. Transekt for kjøring med ekkolodd på dagtid og nattestid. Brudd i linjen markerer et kort opphold i kjøringen. Samme transekt ble kjørt på dagtid og i mørket.

Tabell 4. Spesifikasjoner for utstyr og innstillinger for ekkoloddkjøring.

|                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| Transceiver type        | Simrad EK60 splitbeam |
| (Horisontal) Transducer | Simrad_es70-7c        |
| Frekvens                | 70 kHz                |
| Svingerdybde            | 90 cm                 |
| Pinghastighet           | 1,9 ping s-1          |
| Puls lengde             | 256 $\mu$ s           |
| Effekt                  | 80 W                  |

#### *Programvare og analysestandarder*

Til innsamling av ekkolodddata ble ekkoloddprodusentens egen programvare SIMRAD ER60 benyttet. Til etterbehandling og analyser av de innsamlede dataene har vi benyttet programmet Sonar5 Pro (S5) fra Lindem Data Acquisition.

Dataene ble behandlet i tråd med standardprosedyre utarbeidet for De Store Sjøer (Parker-Stetter et al., 2009), samt CEN-standard for mobile hydroakustiske metoder for Fiskekartlegging (CEN, 2014). Gjennom analyseprosessen beregnes blant annet volumtetthet (antall fisk per m<sup>3</sup> vann), arealtetthet (antall fisk per hektar overflate) og fiskebiomasse i kilogram fisk per hektar.

#### *Dybdestratifisering, støybehandling/terskling og ekkostyrke på enkeltfisk (TS)*

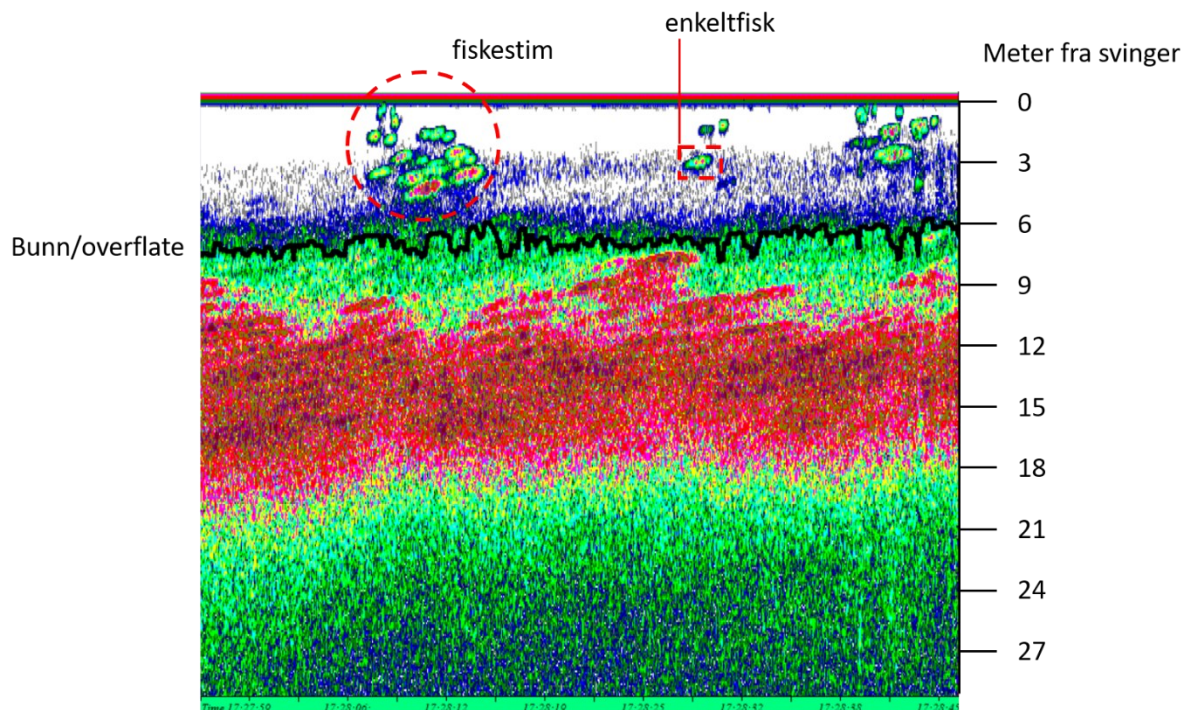
På grunn av det beskjedne dypet i Gjølssjøen ble det ikke benyttet vertikal svinger. Bruk av horisontal svinger byr på visse utfordringer: For mest mulig nøyaktige horisontalregistreringer kreves vindstille forhold, slik at lydstrålen holdes stabilt under overflata, samt for å unngå luftbobler (Haugen et al., 2012).

Dataene fra horisontalregistrering er vanskelige å analysere fordi ekkostyrken mottatt fra fisk påvirkes vesentlig av aspektet fisken står i forhold til ekkoloddet.

En fisk som står med hodet eller halen mot ekkoloddet vil gi et svakere ekko enn om samme fisken står med breidsida til. Det ble antatt at kjøringen kunne forstyrre fisken i området 0-2 m fra svingeren, og således påvirke fiskens aspekt i forhold til båten, ble dette området ekskludert fra analysene. Ved avstand større enn 10 m fra svinger og i littoralsonen er forstyrrelsene så mange og resultatet så usikkert at kun ekko fra pelagialen 2-10 m fra båten ble tatt med i analysene.

Beregning av størrelsessammensetningen for horisontaldata er komplisert, og analysene av disse dataene vil ha en høyere grad av usikkerhet. Frouzova et al. (2005) utviklet metoder for estimater av fiskebiomasse ved bruk av horisontal ekkoloddsvinger. Siden aspektet i

horisontalplanet er uforutsigbart, ble en tilfeldig vinkel mellom 0 og 90 grader tilskrevet hvert individ.



Figur 3. Ekkogram fra horisontalsvinger. Den svarte linja angir grensen for mulig analyseområde hvor støy er innen akseptable rammer, det vil si at lydstrålen ikke når opp i overflata, treffer bunnen eller land). Båten er lokalisert øverst i figuren (Avstand fra svinger 0 m).

### 3.1.5 Biomasse og fiskestørrelse

Jeg fant det ikke hensiktsmessig å ta med resultater fra littoralsonen, fordi disse dataene antyder en kunstig høy fisketetthet fordi ekkoloddet ikke klarer å skille mellom fisk og forstyrrelser fra for eksempel vegetasjon i dette området.

For beregning av biomasse ble en regresjonskurve for lengde-vekt benyttet (Tabell 6)

Sammenhengen mellom ekkostyrke i dB (TS) og fiskelengde i cm (TL) kan være artsspesifikk. Dette gjelder også for vekt-lengde-sammenhenger som benyttes for beregning av biomasse fra lengdestrukturdataene. Tetthets- og biomasseberegningene avhenger dermed av hvilke funksjoner som legges til grunn for analysene og bør alltid vurderes nøye

En generell sammenheng utviklet for 120 kHz ekkolodd av Frouzova et al. (2005) ble benyttet for horisontalregistreringene:

$$TS_{side} = 24,71 * \log(TL) - 89,63 \quad (1)$$

$$TS_{hale} = 19,4 * \log(TL) - 101,08 \quad (2)$$

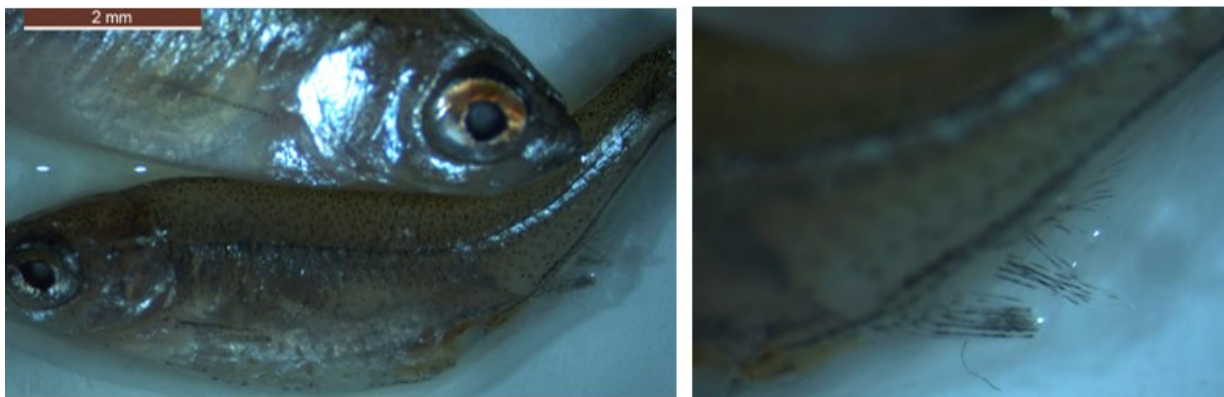
Etter vurdering av ekkostyrkefordelingen for disse ligningene, ble enkeltfisktersklingen satt på -62 dB. Dette tilsvarer en fiskelengde på 3,1 cm ifølge (1) og 7,5 cm ifølge (2). På den måten

skal også årets rekrutter i størst mulig grad være inkludert i tetthets- og biomasseberegningene (Haugen et al., 2012).

### 3.2 Metoder på lab

Alt laboratoriearbeidet ble gjennomført på økologilaboratoriet på NMBU. Posene med fangst ble hentet opp og tint enkeltvis før all fisk ble artsbestemt og lengde ble målt.

For å skille karpefiskene ble finnenes plassering (mort/sørv) og antall skjell langs sidelinjen (brasme/flire) brukt. Hos små individer (<3cm) ble det benyttet lupe og antall stråler finnestråler ble telt. *Den svenske nationalnyckeln till flora och faun* (Kullander & Delling, 2012) ble benyttet som oppslagsverk.



Bilde 12. Mort og sørv fotografert under stereolupe, nærbilde av gattfinne hos sørv (foto: Ø. Sundet)

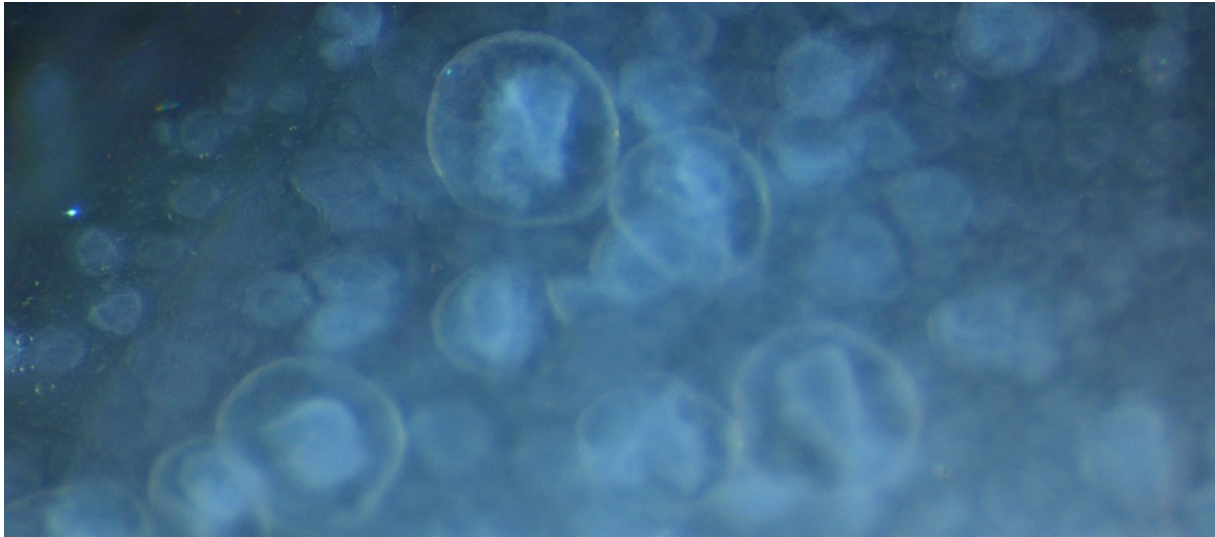
#### Subsampling

For å få et mest mulig representativt utvalg ble noen individer av hver art plukket ut fra hver fangstpose. For mort og abbor, som de dominante artene i begge sjøene ble det plukket ut 80 individer av hver art fra Gjølssjøen og 50 individer fra Helgetjern, fiskene ble delt opp i lengdeintervaller på 4-5 cm for å fange opp alle aldersklasser.

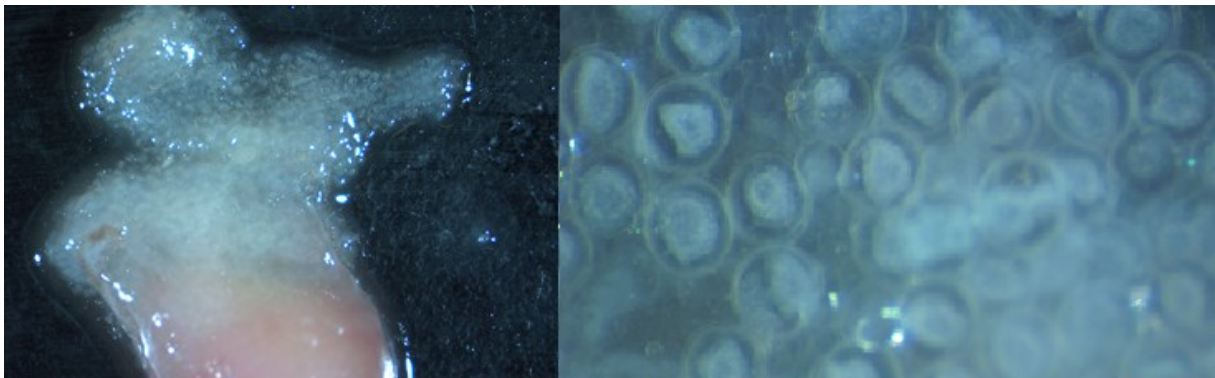
For øvrige arter var antallet under 50 individer av hver og all fisk ble tatt ut for disseksjon og nærmere undersøkelse.

#### 3.2.1 Kjønn og modningsstadium

For undersøkt fisk ble gonadene tatt ut og fiskens kjønn og modningsstadium ble bestemt visuelt. I tvilstilfeller ble stereolupe benyttet. Fisken ble kategorisert etter moden (gytestadie 3-5), eller ikke-moden (gytestadie 1-2). Hunnfisk i gytestadie 2 har delvis, men ikke ferdig utviklede egg. Professor Thronn Haugen og Professor emeritus Reidar Borgstrøm veiledet i dette arbeidet.



Bilde 13. Sørv. Gonader fra ikke- kjønnsmoden hunnfisk (gytestadie 2, enkelte egg (follikler) er nært ferdig utviklet, men flesteparten ikke) (foto: Ø. Sundet)



Bilde 14. Mort. Gonade fra kjønnsmoden (gytestadie 3, de fleste eggene er ferdig utviklet) hunnfisk (Foto: Ø. Sundet)

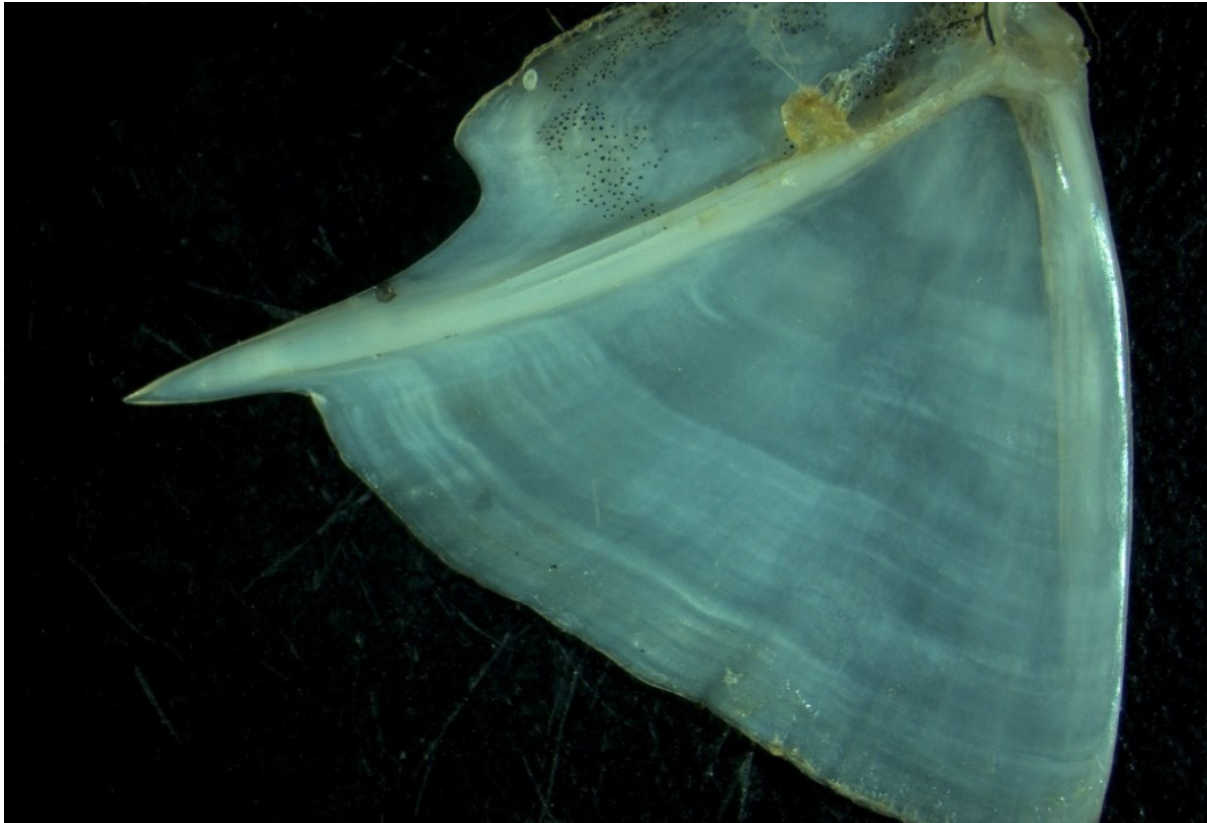
### 3.2.2 Tilbakeberegning av vekst

#### *Strukturer for tilbakeberegning av vekst*

For samtlige dissekerte fisk ble gjellelokkene fjernet og behandlet med kokende vann til kjøtt og skinn kunne fjernes før gjellelokkene ble lagt i papirkonvolutter merket med fiskens ID.

En rekke strukturer som gjellelokk, vingebein, skulderbein otolitter og skjell kan brukes for å lese alder hos fisk. L'Abèe-Lund (1985) anbefaler å bruke gjellelokk (*operculum*) til aldersbestemmelse av blant annet abbor og mort.

For enkelte individer ble også otolitter tatt ut for kontroll av alder. Vintersonene kommer tydeligere frem på otolittene, men otolitter kan ikke brukes til å tilbakeberegne vekst (personlig meddelelse, Prof. Reidar Borgstrøm, NMBU).



Bilde 15. Gjellelokk fra abbor med tre vintersoner (Foto: Ø. Sundet)

De brede opake sonene i operculum blir dannet om sommeren, når fisken vokser fort. Sommersonene går gradvis over i hyaline vintersoner som ender brått, og gir en skarp kant mot neste sommersonene (Nordeng & Jonsson, 1978).

#### *Metode for tilbakeberegning av vekst*

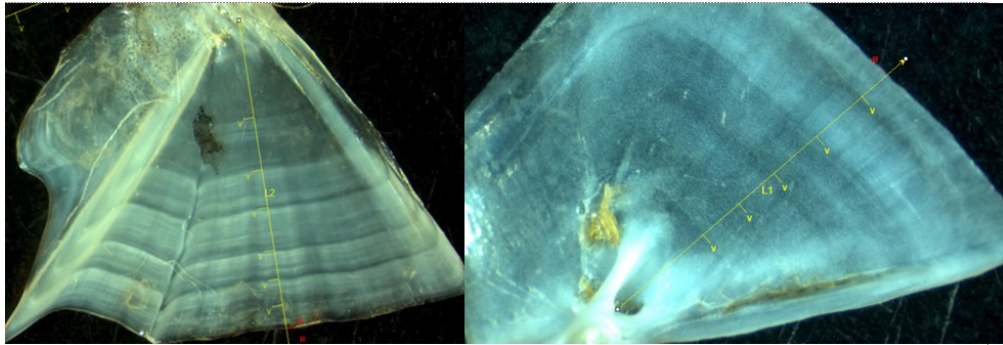
For å holde arbeidsmengden på et overkommelig nivå ble kun tilbakeberegnet vekst for abbor og mort, som var de dominante artene i begge sjøene.

Tilbakeberegning ble gjennomført ved at gjellelokkene ble plassert under stereomikroskop og fotografert. Fotografiene ble siden lastet opp i programmet Cybernetics Media: Image-Pro Express 6,3. Programmet teller piksler langs en linje der radius og slutten av hver vintersone blir markert. Dataene ble lagt inn i et Excel-ark og vekst ble tilbakeberegnet på bakgrunn forholdet mellom målt totallengde og gjellelokkets radius. Denne metoden for tilbakeberegning av vekst ble først utviklet for tilbakeberegning av vekst hos sild av Lea (1910). Formelen som ble benyttet til å finne forholdet mellom strukturlengde og fiskelengde:

$$L_c = L_i \left( \frac{S_i}{S_c} \right)$$
, der  $L_c$  er fiskens lengde da den ble fanget,  $L_i$  er tilbakeberegnet lengde ved annuli  $i$ ,  $S_c$  er total radius på gjellelokket og  $S_i$  er radius til årssone  $i$ .

Bruk av denne metoden forutsetter et rettlinjert forhold mellom strukturlengde og fiskelengde.





Bilde 16.  
Gjellelokk fra 6+  
abbor, 13,7 cm og  
5+ mort, 18 cm.  
For å gjøre  
resultatene mest  
mulig  
sammenlignbare  
ble innsiden av  
gjellelokkene  
brukt. (Foto: Ø.  
Sundet)

### 3.3 Databehandling og kvantitative analyser

Statistiske analyser ble utført i R, med et script utviklet av Thrond Haugen. Thrond Haugen veiledet i gjennomføringen og tolkningen av analysene.

For å estimere effekter av innsjø på alderssammensetning innen art ble chi-kvadrat-test som er del av base-pakka i R benyttet.

For å sammenligne vekstforløp mellom arter og kjønn mellom innsjøene ble vekstforløpskurver estimert ut fra tilbakeberegnete lengder fra gjellelokkene. Som vekstmodell ble von Bertalanffy brukt, da dette er en svært mye brukt vekstmodell hos fisk, der parameterne i modellen har en klar biologisk tolkning (Gulland, 1977).

Formelen som ble brukt var:  $l_t = L_\infty [1 - e^{-K(t-t_0)}]$ , der  $l_t$  er fiskens lengde ved alder  $t$ ,  $L_\infty$  er teoretisk maksimallengde fisken kan oppnå,  $K$  er Brodys vekstkoeffisient ( $\text{yr}^{-1}$ ) og  $t_0$  er hypotetisk alder ved lengde 0. Parameterestimatene ble beregnet ut fra nls2-pakka i R.

For å estimere kjønnsmodnings sannsynlighet som funksjon av alder og lengde (såkalt kjønnsmodningsreaksjonsnorm, ) tilpasset jeg generaliserte lineære modeller (GLM) der alder, lengde, samt kjønn og innsjø inngikk som effekter i modellene og der interaksjoner mellom disse inngikk. Dette ga opphav til mange kandidatmodeller, der modellen med mest støtte i dataene ble valgt ut ved hjelp av Akaikes informasjonskriterium (Akaike, 1974). GLM-modellene ble tilpasset ved hjelp av glm-funksjonen i R.

#### 3.3.2 Statistisk estimering av tidspunkt for kjønnsmodning

Statistiske modeller ble tilpasset for å undersøke eventuelle forskjeller mellom de to innsjøene for tidspunkt for kjønnsmodning hos abbor og mort.

Testen er en GLM, binomial fordeling, det vi si en logistisk regresjon. Det ble testet hvilken effekt alder, lengde og kjønn har på sannsynligheten for at fisk er kjønnsmoden. Samtidig ble det testet hvorvidt det er forskjeller mellom innsjøene.

### 3.3.3 Fangst per innsatsenhet

Kun abbor og mort - som var de dominante artene i begge innsjøene - fanget i garn på dagtid er tatt med i beregningene.

Fangst per innsatsenhet (CPUE) ble estimert som antall ( $C$ ) per  $m^2$  garn per time (NPUE) og som antall kg ( $W$ ) per  $m^2$  garn per time (WPUE).

For WPUE ble den estimerte vekten av hvert individ av den enkelte art i det enkelte vann brukt.

Vekt for art som funksjon av lengde ble estimert med en regresjonskurve i Excel basert på de individene som ble både målt og veid.  $R^2$ - verdiene (Tabell 6) indikerer at funksjonene stemmer godt, men kontroll av estimert vekt mot målt vekt viser at kurven underestimerer vekt for de lengste individene.

*Tabell 6. Funksjonene som ble brukt for å estimere vekt på bakgrunn av lengde.  $R^2$  beskriver hvor godt anslått vekt stemmer overens med målt vekt for de individene som ble både målt og veid. På grunn av overvekt av små individer underestimerer funksjonene vekt på de største individene.*

#### Abbor

---

|                                      |                |
|--------------------------------------|----------------|
| Gjølsjøen: $f(x) = 0.0078x^{3.1118}$ | $R^2 = 0,9913$ |
|--------------------------------------|----------------|

|                                       |                |
|---------------------------------------|----------------|
| Helgetjern: $f(x) = 0,0074x^{3.1156}$ | $R^2 = 0,9874$ |
|---------------------------------------|----------------|

#### Mort

---

|                                      |                |
|--------------------------------------|----------------|
| Gjølsjøen: $f(x) = 0,0060x^{3.1755}$ | $R^2 = 0,9942$ |
|--------------------------------------|----------------|

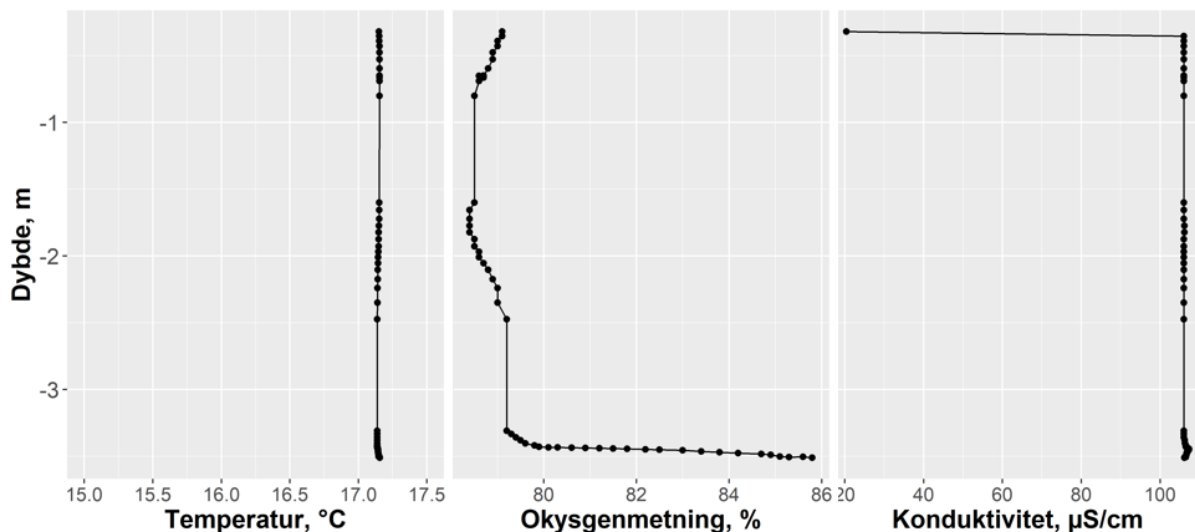
|                                       |                |
|---------------------------------------|----------------|
| Helgetjern: $f(x) = 0,0066x^{3.1347}$ | $R^2 = 0,9668$ |
|---------------------------------------|----------------|

## 4 Resultater

### 4.1 Temperatur, sjiktforhold og ledningsevne

#### Gjølsjøen

Temperaturdataene fra CTD-målingene (Figur 4) viste at det var isoterme forhold i Gjølsjøen da forsøket ble utført. Målinger av oksygenmetning viste en gradient på 94 % i de øverste vannlagene til 79 %, og så en økning mot 86 % i vannlaget nærmest bunnen. Konduktivitet lå på 105-107  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

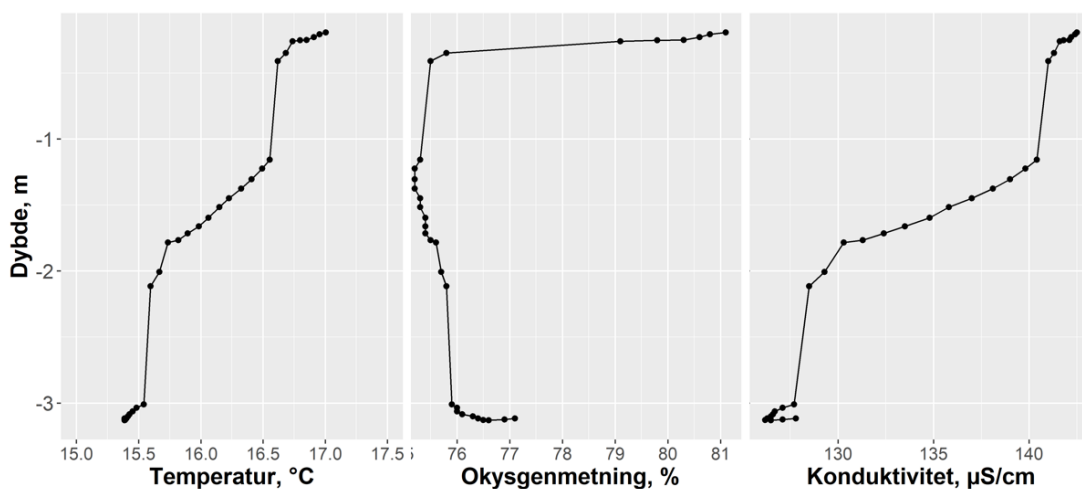


Figur 4. Profiler av temperatur, oksygenmetning og konduktivitet i Gjølsjøen 20.08.2019.

#### Helgetjern

CTD-dataene fra Helgetjern (Figur 5) viste et sprangsjikt på om lag 1-2 meter under overflaten.

Temperaturen falt fra 17,2 til 15,3 C°, oksygenmetning falt fra 86 % til 75 % og konduktivitet lå på 127-146  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .



Figur 5. Profiler av temperatur, oksygenmetning og konduktivitet i Helgetjern 23.08.2019.

## 4.2 Garnfiske

### Gjølsjøen

I alt 736 fisk fordelt på mort, abbor og gjedde ble fanget i garn i Gjølsjøen.



Bilde 14. Fra Helgetjern. Foto: Ø. Sundet

Fra toppen:

Laue (*Osmerus eperlanus*)

Mort (*Rutilus rutilus*)

Flire (*Blicca bjoerkna*)

Brasme (*Abramis brama*)



Bilde 15. Fra Gjølsjøen. Foto Ø. Sundet Fra toppen:

Gjedde (*Esox lucius*)

Sørv (*Scardinius erythrophthalmus*)

Mort

Abbor (*Perca fluviatilis*)

Totalt 711 individer fanget på dagtid og 25 individer, fordelt på to garn ble fanget nattestid.

Total fisketid med garn på dagtid i Gjølsjøen var 13, 8 timer, hvilket gir en gjennomsnittlig fisketid på 2,3 timer per garn

Tabell 7. Artsfordeling i garn, Gjølsjøen, kun fangst fra garn satt på dagtid er med i tabellen

| Art    | Antall | Andel (%) |
|--------|--------|-----------|
| Abbor  | 272    | 38,3      |
| Gjedde | 1      | 0,1       |
| Mort   | 438    | 61,6      |
| N=     | 711    |           |

### Helgetjern

I alt 444 fisk fordelt på mort, abbor, gjedde, brasme, flire, hork og laue ble fanget i garn i Helgetjern. Det ble fisket med fem bunngarn i totalt 3,22 garntimer, hvilket gir en gjennomsnittlig fisketid på 3,22 timer per garn.

Tabell 8. Artsfordeling i garn, Helgetjern

| Art    | Antall | Andel (%) |
|--------|--------|-----------|
| Abbor  | 201    | 45,3      |
| Brasme | 20     | 4,5       |
| Flire  | 13     | 2,9       |
| Hork   | 1      | 0,2       |
| Laue   | 15     | 3,4       |
| Mort   | 194    | 43,7      |
| N=     | 444    |           |

### 4.3 Elfiske med båt

I alt 998 fisk fordelt på mort, abbor, sørv og gjedde ble fanget under elfisket i Gjølssjøen, 625 individer på dagtid og 373 individer nattestid. De fire transektene ble fisket i totalt 42,2 minutter (tid med strøm i vannet) i dagslys og 38,1 minutter i mørket.

Tabell 9. Artsfordeling, elfiske. Tabellen viser samlet antall og prosentvis andel av hver art som er fanget ved elfiske på dagtid og i mørket Totalt antall fisk, samt relativ andel sørv, gjedde og abbor var høyere i mørket enn om dagen.

| Art    | Dag    |           | Natt   |           | Total  |           |
|--------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|
|        | Antall | Andel (%) | Antall | Andel (%) | Antall | Andel (%) |
| Abbor  | 57     | 9,1       | 74     | 19,8      | 131    | 13,1      |
| Gjedde | 12     | 1,9       | 7      | 1,9       | 20     | 2         |
| Mort   | 546    | 87,5      | 230    | 61,7      | 776    | 77,8      |
| Sørv   | 9      | 1,4       | 62     | 16,6      | 71     | 7,1       |
| N=     | 625    |           | 373    |           | 998    |           |

### 4.4 Fangst per innsatsenhet (CPUE)

Det var til dels stor romlig variasjon i garnfangstene, både i forhold til NPUE og WPUE (Tabell 10). Fangst per innsats økte jo nærmere sivbeltet langs land garna sto.

Tabell 10. CPUE i vekt (g) og antall individer per m<sup>2</sup>garn per time for mort og abbor i Gjølssjøen og Helgetjern.

NPUE = Antall fisk per kvadratmeter garn per time

WPUE = Total estimert vekt i gram per kvadratmeter garn per time

#### Gjølssjøen

6 garn á 45 m<sup>2</sup>, total fisketid 13,8 t. Innsats i kvadratmeter garn x timer= 725,25

|      |        |
|------|--------|
| ue   | 725,25 |
| N    | 686    |
| W(g) | 13891  |
| WPUE | 19,15  |
| NPUE | 0,95   |

## Helgetjern

5 garn á 45 m<sup>2</sup>, total fisketid 16,1 t. Innsats i kvadratmeter garn x timer = 624

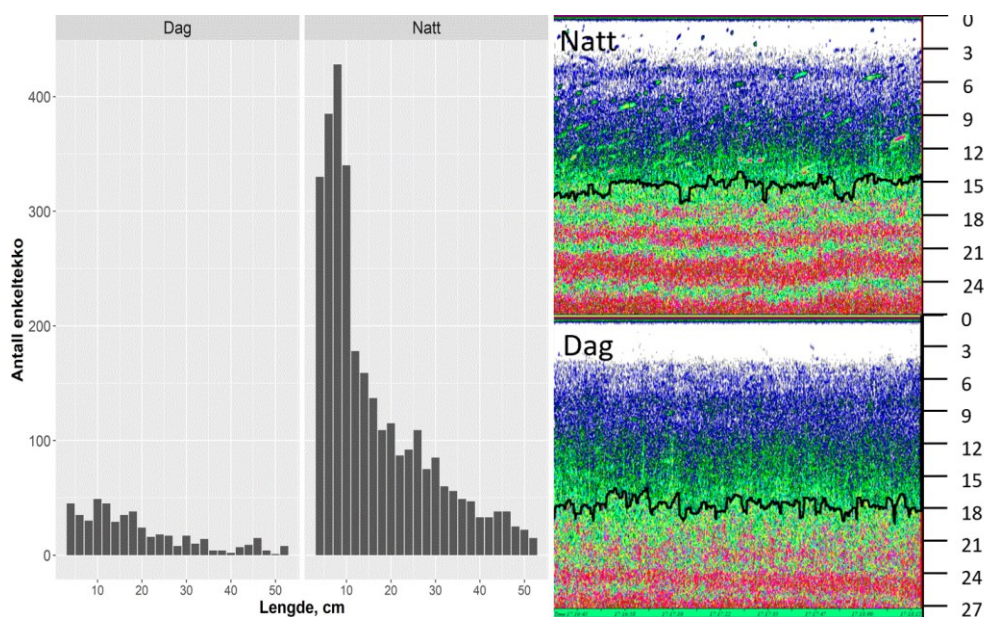
|      |        |
|------|--------|
| ue   | 624    |
| N    | 396    |
| W(g) | 7685,6 |
| WPUE | 12,32  |
| NPUE | 0,63   |

### 4.5 Ekkolodd-data

#### *Fisketetthet og romlig fordeling*

Ekkoloddanalysene viste stor variasjon mellom kjøring på dagtid og i mørket, både med hensyn på i fisketetthet og biomasse. Horisontaldata begrenset til 2 – 10 m fra ekkoloddsvingeren i pelagialen viste en gjennomsnittlig tetthet på  $13,53 \pm 2,86$  kg/ha ( $\pm$ SD) om dagen og  $97,78 \pm 85,31$  kg/ha om natta. Standardavviket antyder stor variasjon i den romlige fordelingen i pelagialen, og at denne er betydelig større om natta enn om dagen. Ekkoloddet lagrer data i to minutters transekter og teller antall enkelttreff for hvert av disse antall enkelttreff per to minutter gjennomsnittlig enkelttekko per transekt var  $19,36$  om dagen  $\pm 14,83$  og  $121,8 \pm 119,79$  om natta. Også her antyder standardavviket stor variasjon i den romlige fordelingen.

Estimert lengdefordeling for fisk basert på enkelttekko viser stor andel fisk  $\leq 10$  cm i pelagialen nattetid. Fisk i dette lengdeintervallet forekom også i pelagialen på dagtid, men i langt mindre tetthet.

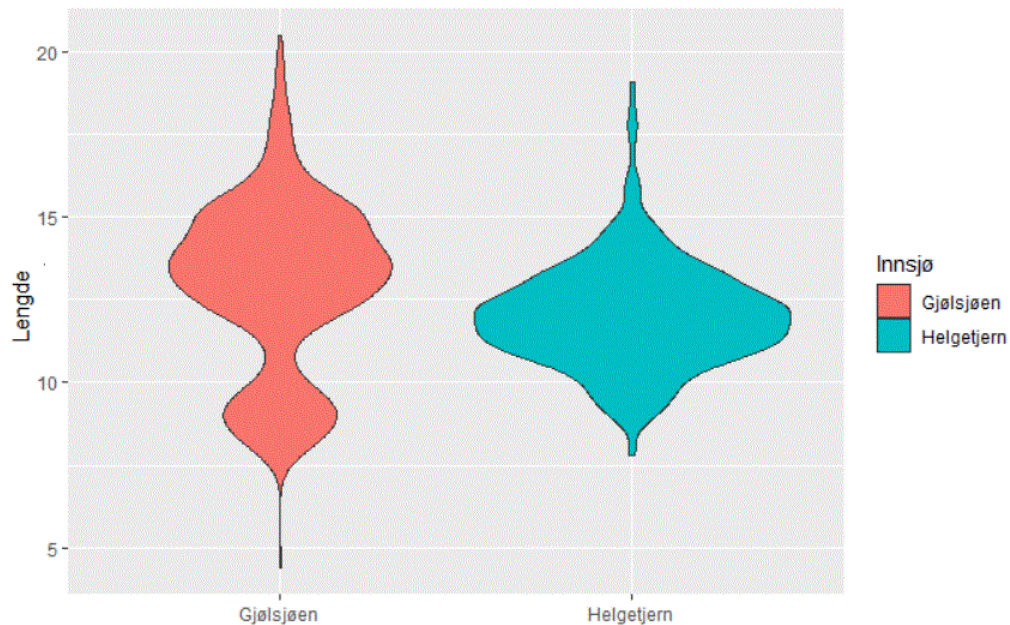


Figur 6. Venstre: lengdefordeling basert på ekkolodd- data der ekkostyrke er omregnet til lengder. Høyre: Eksempelekkogram illustrere forskjell i fisketetthet for samme område dag og natt.

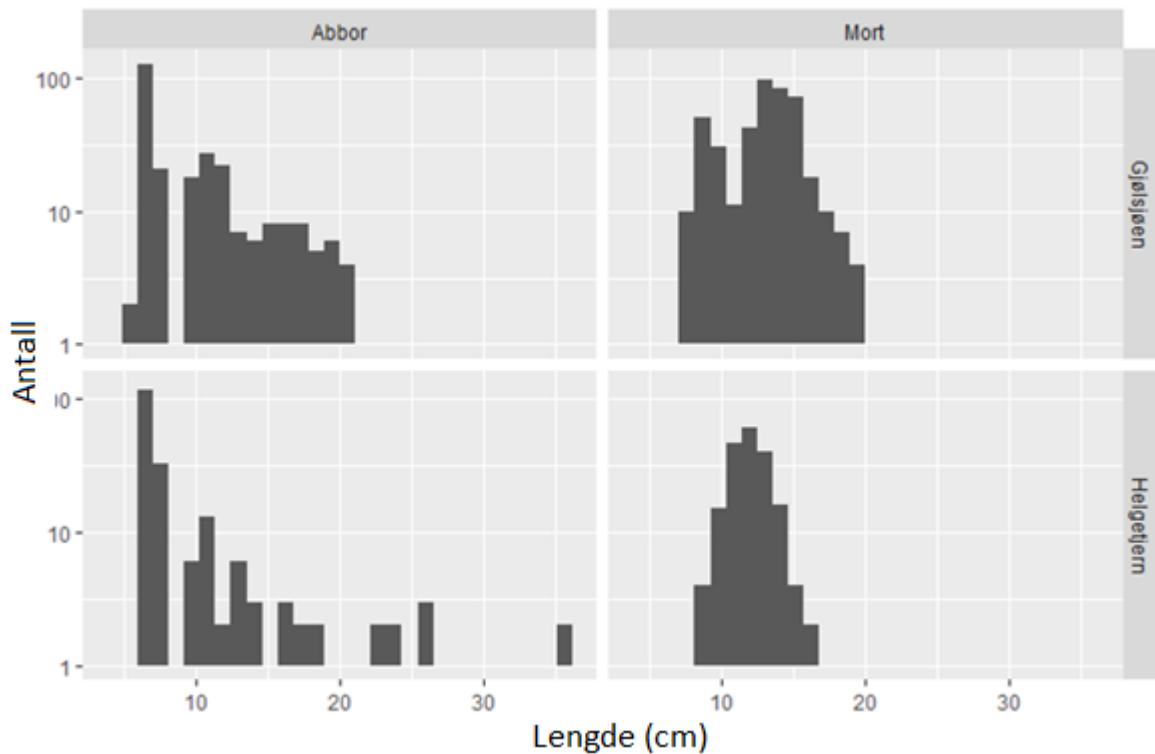
## 4.6 Vekst, kjønnsmodning og bestandsstruktur

### Alder og lengdefordeling

Målt lengde på mort i de to innsjøene viser en tydelig forskjell i lengdefordeling. I Gjølssjøen var mort på 10-13 cm svakt representert, både i garnfangstene og under elfiske, mens gruppen var sterkt til stede i Helgetjern. Den manglende lengdeklassen tilsvarende 2+ fisk, som kun var representert med ett eneste individ. Abbor 9 cm ble ikke fanget i garn på dagtid i hverken Helgetjern eller Gjølssjøen.



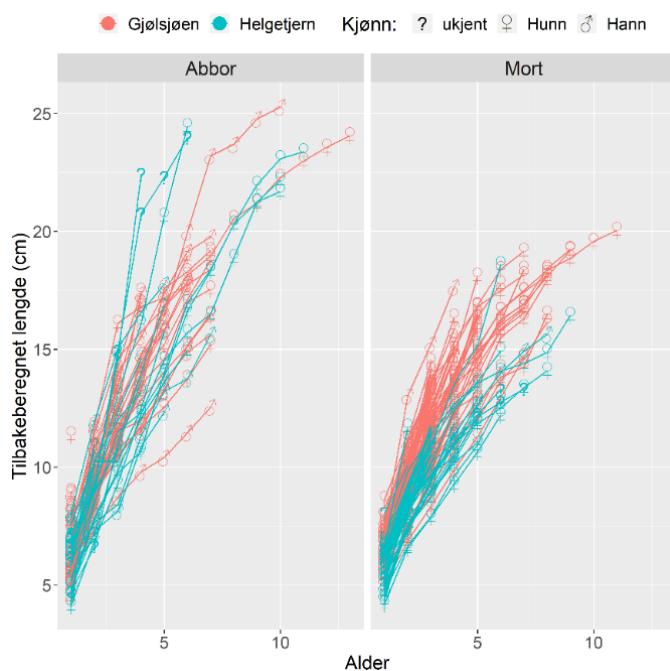
Figur 7. Fiolinplott av målte lengder for mort i begge innsjøene fanget i garn på dagtid.  $N = 438$  for Gjølssjøen og  $194$  for Helgetjern. Jo breiere «fiolinene» er jo større andel av data er innenfor dette størrelsesintervallet.



Figur 8. Histogrammer av lengdefordelingen hos mort og abbor i begge innsjøene, basert på garnfiske.

#### Tilbakeberegnet vekst

Tilbakeberegnet vekstforløp hos mort viser tydelige forskjeller mellom de to innsjøene, og mort har bedre tilvekst i Gjølsjøen enn i Helgetjern, både for hann- og hunnfisk. For abbor er imidlertid forskjellene mindre tydelige og det er også betydelig mellom-individvariasjon innen kjønn i begge innsjøene (Figur 9 og 10).



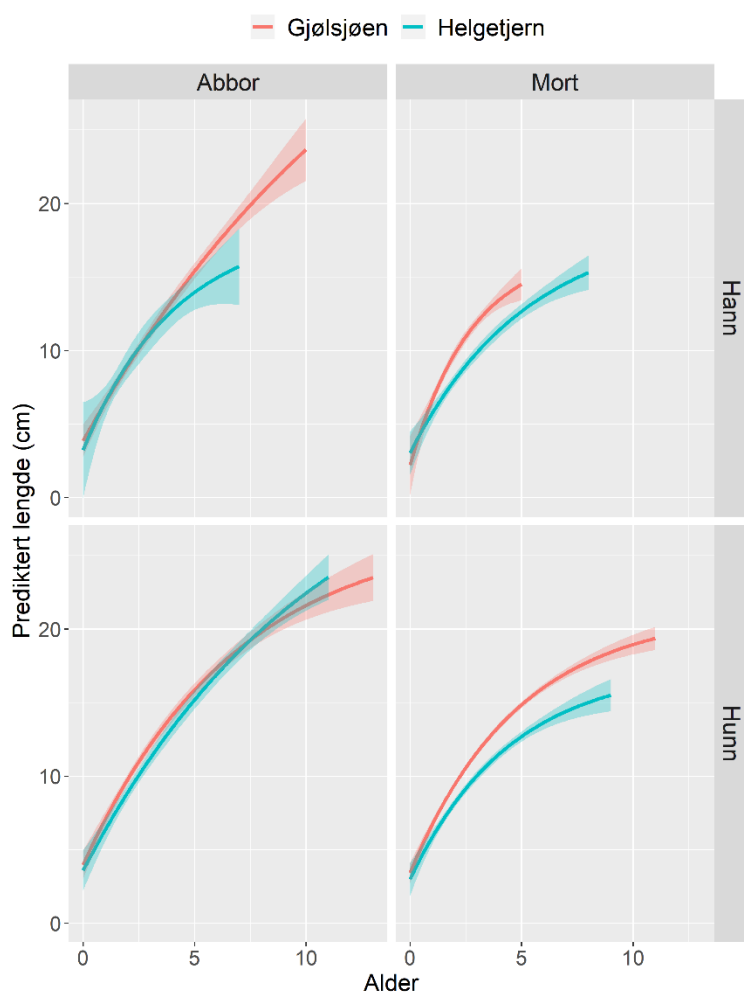
Figur 3. Samleplott viser tilbakeberegnet vekstforløp hos Abbor og mort i begge innsjøene.



Parameterestimaterne til von Bertalanffy vekstmodeller for både mort og abbor fra begge innsjøene er oppgitt i tabell 5. Prediksjonsplott (Figur 10) av modellene viser en signifikant innsjøforskjell, det vil si ikke-overlappende 95% konfidensintervall i vekstforløpet til mort, som har raskere tilvekst og blir både større og lever lengre. For abbor er vekstforløpene ikke signifikant forskjellige mellom de to innsjøene, med mulig forskjell for eldre individ hos hannene.

Tabell 5. Parameterestimater for von Bertalanffy vekstfunksjon hos abbor og mort i Gjølssjøen og Helgetjern basert på tilbakeberegnet vekstforløp fra gjellelokk.

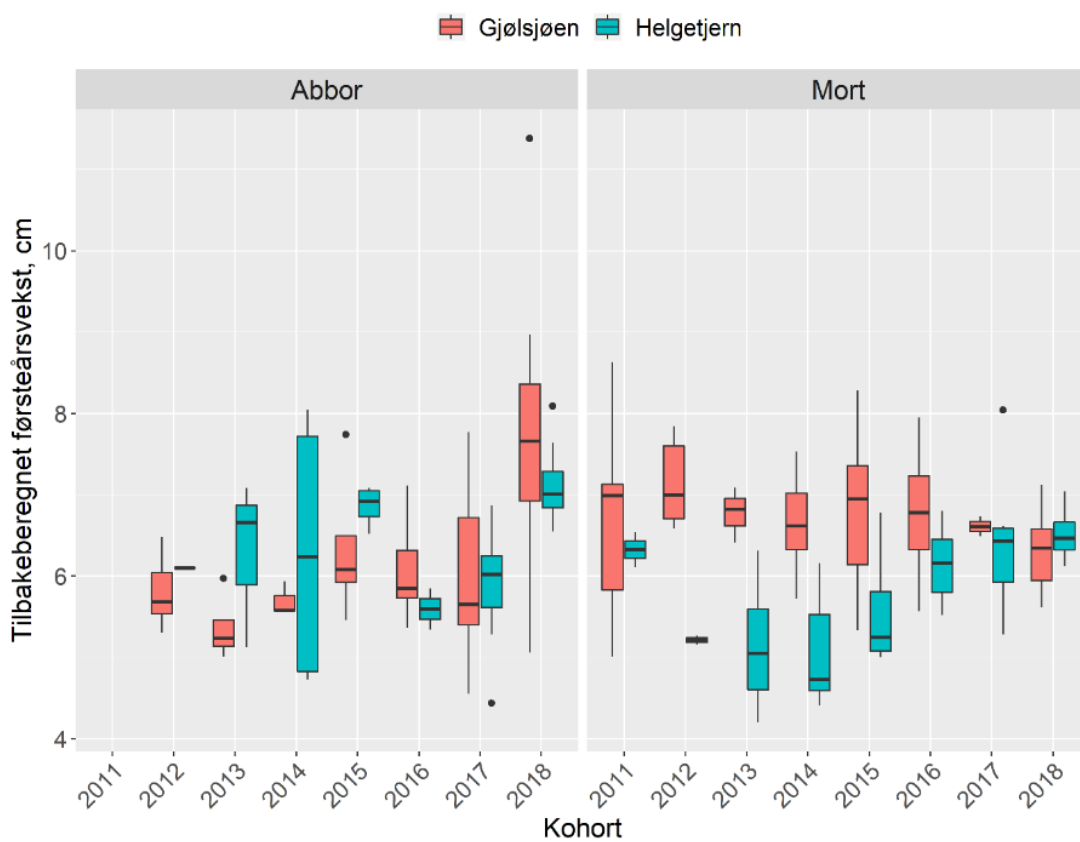
| Art   | Innsjø     | Kjønn | Linf   |        | K     |       | t0     |       |
|-------|------------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|
|       |            |       | Est    | SE     | Est   | SE    | Est    | SE    |
| Abbor | Gjølssjøen | Hann  | 44.499 | 16.613 | 0.067 | 0.035 | -1.360 | 0.387 |
| Abbor | Gjølssjøen | Hunn  | 26.953 | 2.120  | 0.146 | 0.025 | -1.090 | 0.233 |
| Abbor | Helgetjern | Hann  | 18.506 | 4.927  | 0.243 | 0.161 | -0.792 | 0.715 |
| Abbor | Helgetjern | Hunn  | 34.443 | 6.369  | 0.094 | 0.030 | -1.161 | 0.375 |
| Mort  | Gjølssjøen | Hann  | 16.921 | 2.094  | 0.361 | 0.116 | -0.389 | 0.261 |
| Mort  | Gjølssjøen | Hunn  | 21.222 | 0.879  | 0.206 | 0.022 | -0.856 | 0.145 |
| Mort  | Helgetjern | Hann  | 18.695 | 2.459  | 0.191 | 0.058 | -0.930 | 0.381 |
| Mort  | Helgetjern | Hunn  | 17.468 | 1.484  | 0.222 | 0.047 | -0.846 | 0.271 |



Figur 10. Prediksjonsplott av von Bertalanffy-modellene for vekstforløp hos abbor og mort i de to innsjøene. Von Bertalanffy modellene som ble brukt er oppgitt i Tabell 11. Semitransparente intervaller angir 95 % konfidensintervall.

Førsteårsvekst basert på tilbakeberegning fra gjellelokk viste at 2011-2018 kohortene av mort i Gjølsjøen har hatt bedre vekst enn i Helgetjern, med et jevnt snitt frem til 2016/2017.

I Helgetjern ser mort-kohortene ut til å ha hatt en positiv utvikling med tanke på førsteårsvekst, og ligger tilsynelatende likt med kohortene fra Gjølsjøen de siste årene. Merk at 2017-kohorten av mort i Gjølsjøen kun er representert med ett individ og at denne årsklassen sammenfaller med mort i lengdeintervaller 10-12 cm som var svakt representert i garnfangsene i Gjølsjøen (Figur 11). For abbor er det ingen tydelig forskjell i tilbakeberegnet førsteårsvekst, da førsteårsvekst er noe høyere i Helgetjern for de fleste årsklassene, men ikke for individer født i 2016 og 2018.



Figur 4. Viser tilbakeberegnet førsteårsvekst hos abbor og mort i de forskjellige kohortene i Helgetjern og Gjølsjøen

#### Kjønnsmodning

Alders- og lengdejustert sannsynlighet for kjønnsmodning hos mort og abbor varierer noe mellom de to innsjøene. De tilpassede GLM-modellene viste at hos mort øker sannsynligheten for kjønnsmoden fisk med alder, lengde og er forskjellig mellom kjønn (lavere for hann), det er forskjell mellom innsjøene (høyest for Helgetjern). Interaksjonen mellom alder og lengde betyr at effekten av alder avhenger av lengde

Hos abbor økte sannsynligheten for kjønnsmodning med alder og det var forskjeller mellom kjønn (høyere for hann), testen viste kun trend for lengde og ingen signifikant forskjell mellom innsjøene. (Tabell 12 til 14)

Tabell 6 Effekttest for GLM-modell av kjønnsmodning hos mort. Respons i testen er kjønnsmoden eller ikke kjønnsmoden. Parameterestimater til modellen er presentert i Tabell 14.

| Mort          | Effekttest |         |       |
|---------------|------------|---------|-------|
| Effekt        | Df         | Chisq   | p     |
| Alder         | 111        | 101,853 | ***   |
| Lengde        | 110        | 85,312  | ***   |
| Innsjø        | 109        | 75,748  | 0,002 |
| Kjønn         | 108        | 66,411  | 0,002 |
| Alder: Lengde | 107        | 56,148  | 0,001 |

\*\*\*=p<0.00001

Tabell 7 Effekttest for alder, lengde, kjønn og innsjø. Respons i testen er kjønnsmoden eller ikke kjønnsmoden.

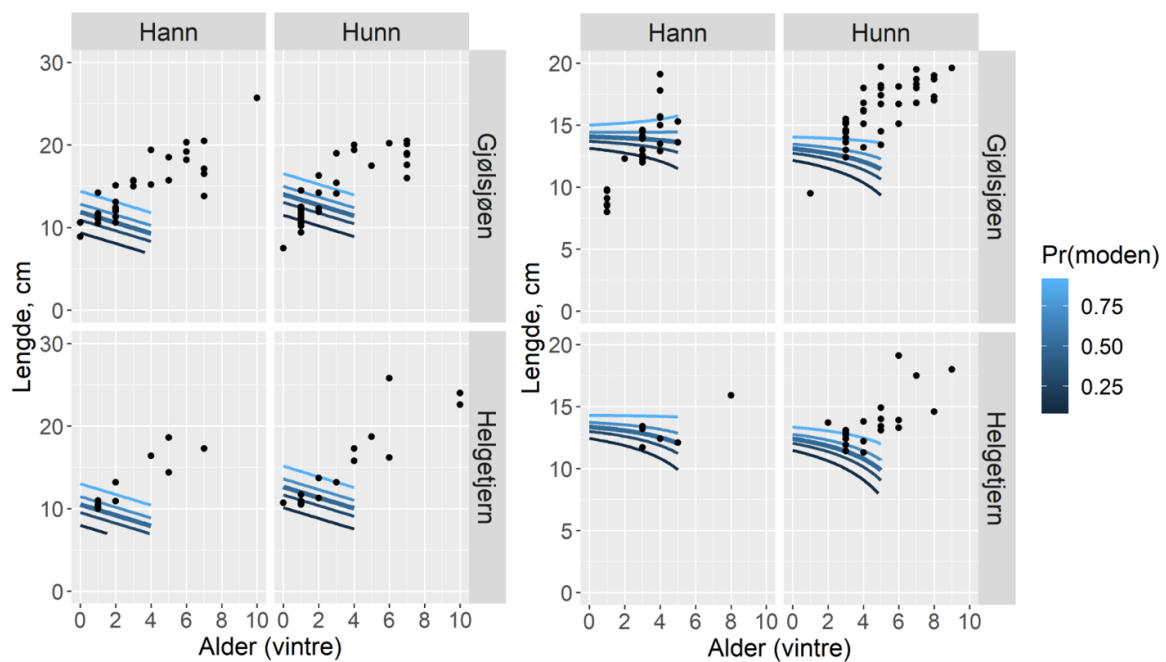
| Abbor  | Effekttest |        |      |
|--------|------------|--------|------|
| Effekt | Df         | Chisq  | p    |
| Alder  | 93         | 68,325 | ***  |
| Lengde | 92         | 65,299 | 0,08 |
| Innsjø | 91         | 63,073 | 0,14 |
| Kjønn  | 90         | 55,649 | 0,01 |

\*\*\*=p<0.00001

Tabell 8. Parameterestimer (logit-skala) for de utvalgte kjønnsmodningsmodellene hos mort og abbor. Modellene estimerer reaksjonsnormer for kjønnsmodning som funksjon av lengde og alder og samtidig estimeres effekter av kjønn og innsjø.

| Mort               | Parameterestimat |      |
|--------------------|------------------|------|
| Term               | Estimat          | SE   |
| Intercept          | -30,75           | 8,34 |
| Alder              | 3,78             | 1,48 |
| Lengde             | 2,35             | 0,60 |
| Innsjø[Helgetjern] | 1,64             | 0,91 |
| Kjønn[Hann]        | -2,25            | 0,74 |
| Alder : Lengde     | -0,26            | 0,09 |

| Abbor              | Parameterestimat |      |
|--------------------|------------------|------|
| Term               | Estimat          | SE   |
| Intercept          | -12,23           | 4,26 |
| Alder              | 0,57             | 0,63 |
| Lengde             | 0,87             | 0,38 |
| Innsjø[Helgetjern] | 1,20             | 0,77 |
| Kjønn[Hann]        | 1,87             | 0,74 |



Figur 12. Prediksjonsplott av GLM-modellene som estimerer sannsynlighet for å være kjønnsmoden som funksjon av alder og lengde hos abbor (venstre) og mort i Helgetjern og Gjølsjøen. Isolinjene markerer predikert sannsynlighet for å være kjønnsmoden fisk ved alder og lengde (50 %-linja er litt tykkere enn de andre). Punktskyen markerer rådata av lengde og alder for de undersøkte individene. Prediksjonene er laget fra GLM-modellene som er presentert i Tabell 12.

Ved å visuelt vurdere hvor det forventede vekstforløpet, slik de ble estimert fra von Betalanffy-modellene (Tabell 12), skjærer 50 % isolinjene i kjønnsmodningsmodellene (Figur 12) fant jeg forventet alder og lengde ved kjønnsmodning.

I Gjølsjøen er 50 % abbor moden ved 3,0 år og 12,4 cm (hunn) og 2,6 år og 10,1 cm (hann).

I Helgetjern 50 % av hunnfisken kjønnsmoden ved 2,9 år og 11,4 cm, og for hannfisk 2,0 år og 9,8 cm.

Hos mort i Gjølsjøen er 50 % hunnfisk kjønnsmoden ved 3,4 år og 12,5 cm i Gjølsjøen

I Helgetjern er 50 % modningssansynlighet ved 3,7 år og 11,5 cm hos hunnfisk og 4,8 år og 12,5 cm hos hannfisk.

## 5 Diskusjon

Blant annet på grunn av forekomst av *G. semen*, og på grunn av fuglereservatet rund Gjølssjøen har innsjøen fått mer oppmerksomhet enn de fleste norske innsjøer av denne typen, men fiskesamfunnet har blitt viet mindre oppmerksomhet enn andre faktorer forbundet med innsjøen. Med implementering av Vannforskriften (2006) i norsk lov har imidlertid en rekke andre innsjøer blitt undersøkt, og bakgrunnsmateriale for indeksene (Sandlund et al., 2013; Sandlund et al., 2015) som blir brukt til å fastslå økologisk tilstand gir føringer for hvordan biota, herunder fisk, kan brukes for å anslå blant annet grad av eutrofiering. I tillegg har en rekke studier fra både Norge og andre steder i verden vist trender for hvordan fiskesamfunnet utvikler seg etter som produksjonen i en innsjø øker (Brabrand, 1983; Kim Michelsen, 1994; Leach et al., 1977; Matsuzaki et al., 2018; Persson, 1983b; Persson, 1983c; Vøllestad, 1985; Yang et al., 2008).

Studien viser at pelagisk fiskebiomasse i Gjølssjøen ligger innenfor konfidensintervallet for innsjøer med fosforverdier på nivå med Gjølssjøens (Figur 1 og 13).

### 5.1 Fiskesamfunnet i Gjølssjøen

Som forventet avdekket fiskeundersøkelsene utført i Gjølssjøen og Helgetjern i august 2019 store forskjeller i fiskesamfunnene. Artssammensetningen i Gjølssjøen ser ut til å være sterk endret i løpet av de siste tiårene. En viktig faktor kan være at Helgetjern har forbindelse til Rødnessjøen via kulvert, og det er trolig at populasjonene i Rødnessjøen kan fungere som «Source population» for fiskesamfunnet Helgetjern. Denne antagelsen styrkes når man tar i betraktning at innsjøen hadde flere arter som manglet i Gjølssjøen, til tross for at Helgetjern ble rotenonbehandlet i flere omganger midt på 1980- tallet (Faafeng & Brabrand, 1990).

Etter nedtappingen av Gjølssjøen midt på 1800-tallet har trolig vandringsruten mellom Helgetjern og Gjølssjøen blitt redusert til at fisk kan vandre på samme måte som mellom Rødnessjøen og Helgetjern.

Eckmann (1995) fremholder at det er svært sjelden at en fiskeart forsvinner helt fra en innsjø. At enkelte arter ikke forekom i fangstene er ikke ensbetydende med at de ikke finnes i innsjøen, men innsatsen på det standardiserte prøvofiske med garn, samt elfiske i flere omganger gir en god indikasjon på at bestandene av arter som tidligere er omtalt som vanlige er, om ikke utryddet, så i alle fall sterkt redusert.

Tatt i betraktning at tidsrommet hvor arter har forsvunnet og oppblomstringer av *G. semen* sammenfaller, samt at liknende utvikling ikke finner sted i Helgetjern er det mer trolig at

årsak til de endringene vi ser i fiskesamfunnet i Gjølssjøen er grunnet *G. semen*, og ikke klimatiske forhold. Det kan imidlertid ikke utelukkes at endringene kan ha andre påvirkningsfaktorer.

#### 5.2.1. CPUE og fisketetthet

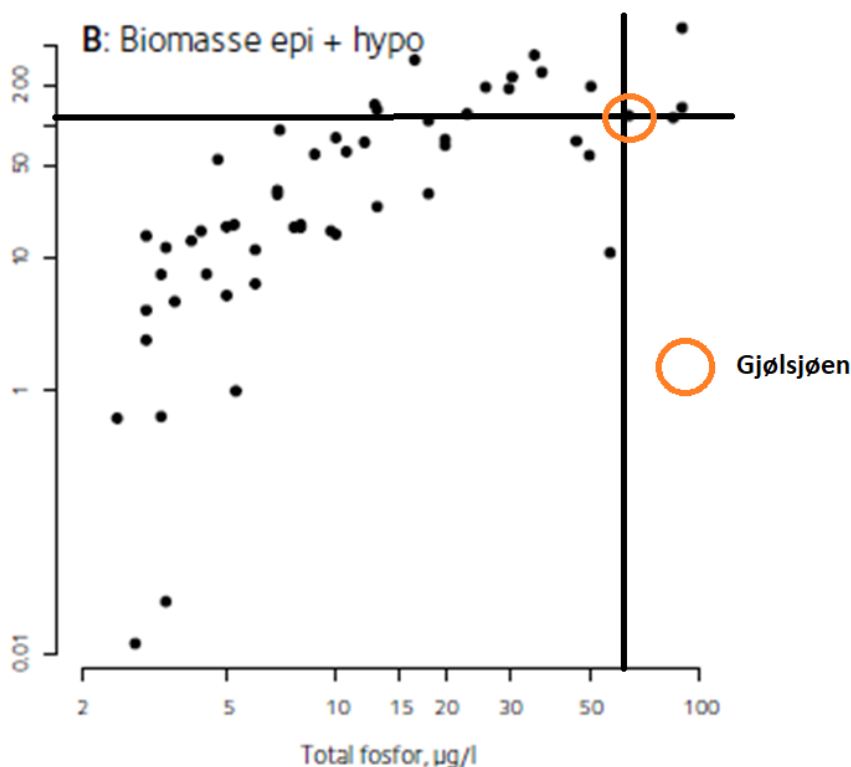
Fangst per innsats enhet (CPUE) av fisk ved bruk av garn gir informasjon om bestandens tetthet. Sammen med informasjon om bestandsstruktur (alders- og lengdefordeling), samt individenes vekstforløp, kan brukes til å vurdere mulige miljøpåvirkninger. CPUE og alders- og lengdefordeling for de ulike fiskeartene gir en indikasjon om produksjonsforholdene i innsjøen og kan således danne grunnlag for en samlet tilstandsvurdering (Miljødirektoratet, 2016).

Andel mort i fangstene, samt beregnet WPUE og NPUE for både mort og abbor var høyere i Gjølssjøen enn i Helgetjern. Dette stemmer godt med forventningene i den generelle modellen figur 1, dersom man bruker TotP som estimat for produktivitet. Det at brasme, flire og hork mangler i fangstene fra Gjølssjøen strider derimot mot forventningene for en eutrof innsjø, etter som nettopp disse artene anses som typiske representanter for et klimakssamfunn (Brabrand, 2000; Leach et al., 1977).

CPUE ble ikke beregnet for elfiske. WPUE og NPUE kan enkelt beregnes for hvert enkelt transekt ved å dele antall fisk eller total vekt og dele på tid med strøm i vannet. Dette ble imidlertid ikke gjort på fordi det ikke foreligger noen standard for prøvefiske med strøm i innsjøer og fordi resultatet vil variere med en rekke faktorer: Hvor godt personellet som utfører undersøkelsen kan se fisken er både en individuell faktor, samt at forholdene varierer med lysforhold og siktedyp. Ifølge Bremset et al. (2015) kan også en rekke fysiske og biologiske faktorer påvirke fangbarheten av fisk under elektrisk fiske. Fysiske faktorene som ledningsevne, vanntemperatur, vannhastighet, vanndybde og habitatforhold, samt biologiske forhold som fiskestørrelse, fisketype, adferd og habitatbruk. I tillegg virker flere av de fysiske og biologiske faktorene sammen, slik at det kan være vanskelig å isolere effekten fra én enkelt faktor fra andre faktorer.

### 5.2.2 Fiskebiomasse

Horisontaldata fra Gjølsjøen viste en gjennomsnittlig tetthet på  $97,78 \pm 85,31$  kg/ha om natta. Dette motstrider Hypostese 3, om at nivået ville være signifikant lavere enn forventet ut i fra Sandlund et al. (2013) på grunn av lite spiselig zooplankton. Figur 13 gjengir resultatene fra Sandlunds undersøkelser og viser målt fisketetthet i Gjølsjøen.



Figur 13. Fisketetthet i Gjølsjøen beregnet ved ekkoloddundersøkelsen og plott av resultater fra Sandlund et al. (2013)

Garner (1996) fremholder at karpefisk på tidlige livsstadier ernærer seg først og fremst på hjuldyr (*rotifera*). Forekomst av denne artsgruppen i Gjølsjøen er ikke undersøkt og det foreligger ikke data for viser hvilken innvirkning oppblomstringer av *G. semen* har på tettheten av hjuldyr. Det er mulig at denne gruppen, eller andre grupper av små næringsemner har stor nok tetthet til at mort er tjent med å forlate vegetasjonsbeltet i littoralsonen for å furasjere i pelagialen. Konkurransen om næring i littoralsonen kan også være så høy at fisken må forlate dette habitatet for å finne næring.

Videre foretar sørv næringsvandring mellom littoralsonen og pelagialen (Bohl, 1980; Říha et al., 2014). I og med at resultat fra garnfiske i mørket ikke foreligger er andelen sørv uviss, men trolig betydelig. Sørv ernærer seg dessuten blant annet på *neustotiske* invertebrater og plantemateriale (Vašek & Kubečka, 2004; Vøllestad, 1985), hvilket kan være en forklaring på hvorfor disse forekommer i pelagialen nattetid.

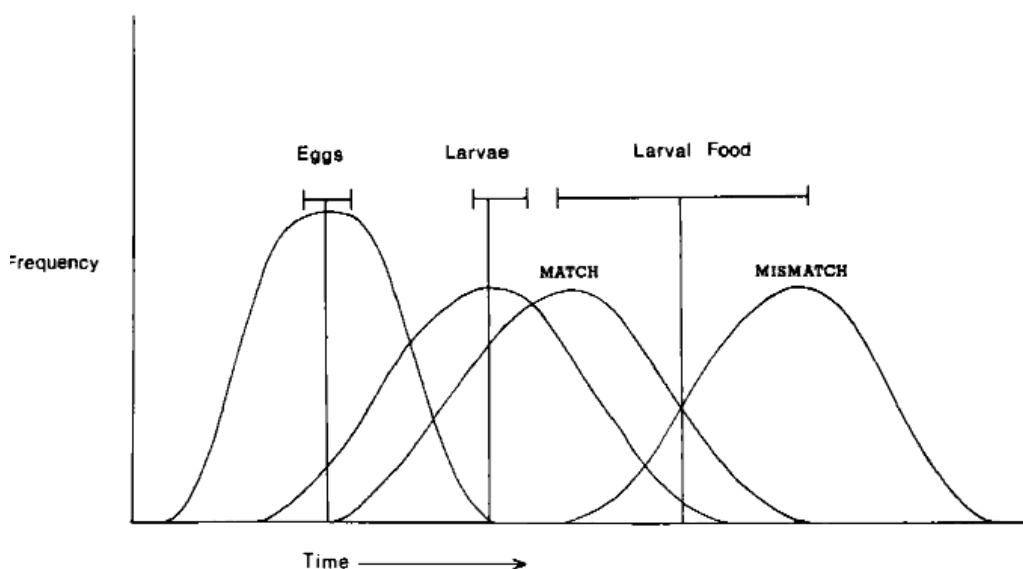
### 5.2.3 Vekst og aldersstruktur

Mort i Gjølssjøen har en signifikant høyere førsteårsvekst i Gjølssjøen enn i Helgetjern. Dette kan ha sammenheng med lavere grad av interspesifik konkurranse i Gjølssjøen, der brasme, flire og hork mangler. For kohortene 2016-2018 er denne effekten imidlertid mindre, eller ikke til stede. 2017 kohorten av mort i Gjølssjøen er kun representert av ett eneste individ.

Målt lengde på all mort fanget i garn i begge innsjøene viser to vidt forskjellige samfunn med hensyn på lengdefordeling hos mort. I Gjølssjøen er fisk med totallengde på 10-12 cm svært fåtallig. Dette sammenfaller med 2017- kohorten som kun er representert med fåtall individer. Individer i denne lengdegruppen forekom heller ikke i fangstene fra elfiske.

At en årsklasse av en art uteblir fra fangstene kan ha flere forklaringer. Persson (1983c) peker på at interkohortkonkurranse kan føre til differensiering i habitat og furasjeringstaktikk mellom ulike årsklasser av mort. Intensiviteten i garn- og elfiske i Gjølssjøen gjør det imidlertid lite trolig at dette er hele forklaringen.

En annen mulig forklaring på den manglende årsklassen er «match-mismatch-hypotesen», forklart av hypotesen (Cushing, 1990) og (Nunn et al., 2011). Match-mismatch-hypotesen innebærer at tidspunktet da fiskelarvene begynner å ta til seg eksogen føde må stemme overens med tidspunktet hvor egnet føde er tilgjengelig. En tidsmessig mismatch kan oppstå ved for eksempel ugunstige klimaforhold. Det faktum at 2017- kohorten av mort var sterkt representert i Helgetjern peker imidlertid mot at heller ikke klima er hele forklaringen på den svake årsklassen. Fravær av spiselig zooplankton som følge av *G. semen*-oppblomstringer står da igjen som en sannsynlig årsak til den svake årsklassen.



Figur 14. Skjematisk fremstilling av match-mismatch-hypotesen. Figur hentet fra (Cushing, 1990)



#### 5.2.4 Artssammensetning

Denne studien avdekket store forskjeller i artssammensetning i de to undersøkte innsjøene og resultatet av prøvefisket i Gjølsjøen viste at fiskesamfunnet har endret seg radikalt jamført tidligere undersøkelser av innsjøen (Spikkeland et al., 2007; Vasshaug & Vøllestad, 1990).

Kjennskap til diett- og furasjeringsøkologi hos fisken er grunnleggende, både for forståelsen av prosessene som virker på individ-, populasjons-, og samfunnsnivå, og videre for bærekraftig forvaltning av fiskeressursene og habitatet fisken lever i (Nunn et al., 2011).

Nunn et al. (2007) undersøkte føde og furasjering og diett hos en rekke arter av fiskelarver og juvenile fisk i engelske vannforekomster. Studien viste at ungfisk hadde et smalt diettsspekter, da de fleste fiskearter er zooplanktivore i det de går fra å være plommeseekkyngel og begynner å ta til seg eksogen føde, men endringer i furasjering inntreffer på forskjellige stadier i utviklingen og at artsspesifikke egenskaper fikk stor betydning etter som fisken utviklet seg.

Diett overlapp var som regel størst mellom økologisk like arter, og konkurranse og nisjedifferansiering hadde høyest sannsynlighet for å inntreffe der tilgangen på bytte var lav. Studien viste at i vannforekomster med høy konnektivitet var tilgangen på zooplankton høyere og diversiteten i fiskesamfunnene var større fordi tilgang på zooplankton økte mulighetene for å finne passende føde og kunne således øke artsrikheten ved at sjansene for vellykket rekruttering.

#### *Intra- og interspesifik konkurranse*

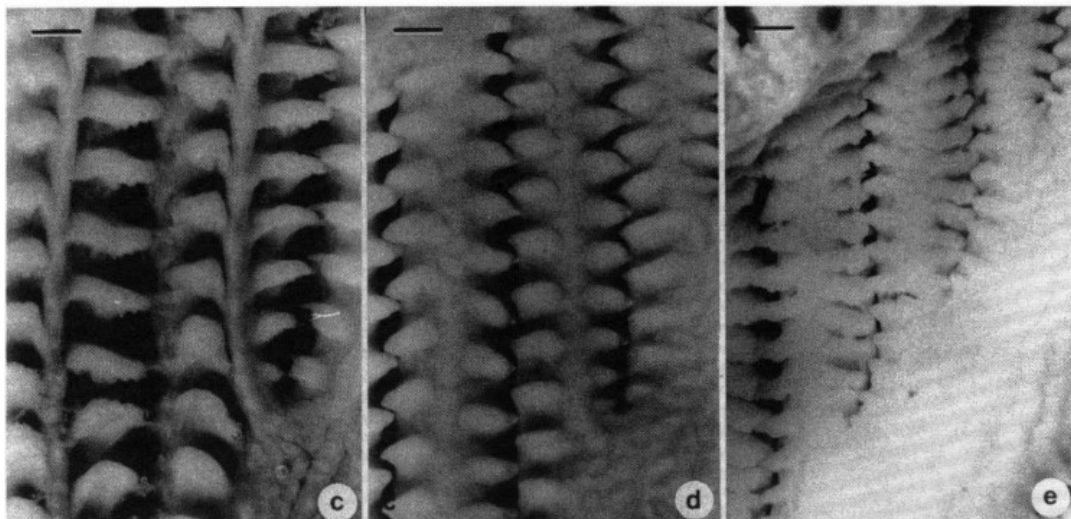
Diett overlapp mellom fiskearter kan være en indikasjon på interspesifik konkurranse og er ofte størst på larvestadiet, antagelig fordi fisken på dette stadiet er mindre morfologisk- og adferdsmessig differensiert enn på senere utviklingsstadier (Garner, 1996).

Intraspesifik konkurranse vil si at fisk av samme art konkurrerer om ressurser, enten individer av samme kohort – intrakohortkonkurranse, eller konkurranse mellom årsklasser – interkohortkonkurranse. En måte å unngå at årsklasser konkurrerer om den samme ressursen kan være nisjedifferansiering i form av at forskjeller i furasjeringsstrategi eller habitatbruk (Persson, 1983a; Persson, 1983c; Persson, 1986).

#### *Diett og Furasjering*

Planktivore fisk har to hovedstrategier for furasjering: Filtrering og partikkelpising, partikkelpising innebærer at fisken identifiserer næringsemner selektivt, mens filterspising

innebærer at de tar inn vann via munnen og filtrerer ut næringsemner. Hvilken strategi en gitt fisk velger er blant annet avhengig av tettheten og størrelsen på tilgjengelige byttedyr. Organet karpefisk bruker for å filtrere føde fra vannmassene består av et nett formet av gjellestavene og små kanaler på gjellebuene. Lengden på- og avstanden mellom gjellestavene, samt størrelsen på kanalene i gjellebuene er avgjørende for hvor store næringsemner fisken kan holde tilbake. Disse trekkene varierer mellom fiskearter og forandres etter hvert som individet vokser. (Hoogenboezern et al., 1991; Langeland & Nøst, 1995; Van Den Berg et al., 1992 ; Van Den Berg et al., 1993; Van Den Berg et al., 1994 ).



Bilde 16. Nærbilde av "gjellesilen" hos brasme (c), flire (d) og mort (e). Bilde fra Van Den Berg et al. (1993)

Ved en gitt lengde har brasme den største avstanden mellom gjellestavene, mort har kortest, og flire intermedier avstand. Dette indikerer at ved en gitt lengde vil mort og flire kunne benytte seg av næringsemner som er for små til at brasmens filtreringsorgan kan plukke dem opp. Van Den Berg et al. (1992 ) fremholder imidlertid at gjellesilen hos brasme er mer utviklet enn hos mort og flire; altså at brasme allokterer større plass til dette organet enn de andre artene. Dette betyr at brasme med en gitt lengde kan filtrere større mengder vann enn konkurrentene, hvilket indikerer at brasme er mer tilpasset furasjering via filtrering enn både flire og mort.

Lammens (1985) undersøkte sammenheng mellom størrelse på brasme og størrelse på zooplankton i dietten. Eksperimentet viste at for filterspisende brasme med lengde over 15 cm var det en signifikant sammenheng mellom fiskens lengde og størrelsen på *Daphnia hyalina* og *Bosmina coregoni* i magen, der små fødeemner forsvant fra mageinnholdet til fisken etter som den vokste. For brasme med lengde under 15 cm viste undersøkelsen en bimodal struktur, der både de minste- og de største næringsemnene var å finne. Dette ble

tilskrevet det faktum at for de minste individene var det ved en viss tetthet mer lønnsomt å selektere enkeltemner (partikkelspising) enn å filtrere.

Studier fra Nederland viste at i fiskesamfunn der samfunnet av *Daphnia hyalina* var beitet kraftig ned, og samfunnet besto av små individer, byttet brasme fra å filtrere zooplankton i vannmassene (*planktivori*) til å søke næring på bunnen (*benthivori*), og at dette skiftet førte til dårligere kondisjon hos voksen brasme samt dårlig utvikling av gonadene (Lammens et al., 1985b).

#### *Mort, brasme og flire*

I begge de undersøkte innsjøene var mort den mest tallrike arten. Under fiskeinnsatsen i Helgetjern dukket brasme og flire og også laue opp i fangsten. Disse artene forekom derimot ikke, hverken under garnfiske eller elfiske i Gjølssjøen.

Mort er en omnivor opportunist, som furasjerer ved hjelp av synet i dagslys og ved hjelp av berøringssansen (sidelinjen) i mørket (Diehl, 1988). Arten kan endre furasjeringsadferd etter alder og omgivelsene (Jamet, 1994). Mort filtrer ikke bare zooplankton i vannmassene, men kan også filtrere sedimenter for næringsemner (Haugen et al., 2012; Haugen et al., 2019; Tarvainen et al., 2002; Zapletal et al., 2014).

0+ mort og brasme er begge svært effektive predatorer på *D. hyalina*. Eksperimenter utført av Winfield et al. (1983) viste at selv om begge artene hadde stor suksess, var mortens suksessrate noe høyere når den angrep byttet under partikkelspising.

Brasme og flire er to nært beslektede karpefisker med tilnærmet identisk kroppsfasong.

Artenes distribusjon innad i innsjøene er imidlertid vidt forskjellig ifølge Lammens (1984):

Brasme foretrekker generelt større innsjøer med sparsom vegetasjon, mens flire er vanligere i mindre innsjøer med tett vegetasjon. Artene overlapper til en viss grad i littoralsonen.

Lammens fremholder at det er vanskelig å gi en forklaring på hvorfor artene segregeres i habitat, da gyteområdene for begge arter er tilnærmet identiske, og begge arter i all hovedsak livnærer seg på zooplankton og fjørmygglarver.

De første beskrivelsene av flire i norske innsjøer ble gjort i Øymarksjøen og i Gjølssjøen av Collett (1897) og Huitfeldt-Kaas (1918), før dette var det antatt at brasme og flire var samme art. Begge arter var med andre ord til stede i innsjøen tidlig på 1900-tallet. Brasme er registrert i innsjøen på 1950-tallet (Vasshaug & Vøllestad, 1990) og senere i Spikkeland et al. (2007), mens flire er registrert som «usikker», da den ikke ble påvist under prøvefiske i

1999. I Norsk Meiteunions database over fiskevann (Meite.org), sist oppdatert i 2015 oppgis det at det er en del mellomstor brasme i Gjølssjøen. Databasen oppgir også flere som tilstedeværende, uten mer informasjon om bestanden. Det har imidlertid ikke lyktes å få bekreftelse på fangster fra NMUs medlemmer. Grunneier Hans Maarud har oppgitt at brasme var vanlig i innsjøen på 1990-tallet (personlig meddelelse 20.08.2019). Maarud har i epost til Ingvar Spikkeland ved kanalmuseene oppgitt at han pleide å fange brasme i ruser (pers. meddelelse pr. epost).

Ut ifra denne informasjonen kan det se ut som om flere forsvant fra innsjøen først, og siden brasme. Det må her legges til at brasme og flere kan være vanskelig skille fra hverandre for en som ikke vet hva man skal se etter (Vasshaug & Vøllestad, 1990).



*Bilde 20. Flire (Blikka bjoerkna) øverst og brasme (Abramis brama) nederst. Farge på finnene gir en indikasjon, men farger kan variere og er i de fleste tilfeller et dårlig kjennetegn.*

*Hos voksne individer kan øyets diameter relativt til avstanden fra snutetipp til øyet brukes for å skille artene, hos yngre individer må man derimot telle skjell langs sidelinjen eller antall finnestråler for sikker artsbestemmelse (Kullander & Delling, 2012). Foto Ø. Sundet*

### Sørv

Sørv forekom i garnfangstene nattetid i Gjølssjøen, samt under elfiske, men manglet i garnfangsten i Helgetjern. Det er lite trolig at sørv ikke er til stede i Helgetjern, da den er tallrik i omkringliggende innsjøer (Artsobservasjoner.no, u.å.; Spikkeland et al., 2007). Sørv har døgnvandring mellom vegetasjonsbeltet og de åpne vannmassene (Bohl, 1980), og det er trolig at den ville dukket opp dersom garnfiske ble lagt til skumringen når sørven beveger seg mellom disse habitatene. Heller ikke i Gjølssjøen ble det fanget sørv i garn på dagtid. Ifølge ía-Berthou og Moreno-Amich (2000) spiser også sørven zooplankton, særlig om våren og høsten og sørven endrer fødevalg fra mikro- til makroinvertebrater etter som den vokser. Studien pekte også på at det er stor grad av nisjedifferansiering mellom sørv og andre fiskearter fordi sørven i stor grad livnærer seg på detritus og plantemateriale, samt at arten er

en effektiv predator på små *neustotiske* invertebrater, altså mikroskopiske organismer som oppholder seg i vannoverflaten. Dette er en matressurs som sørven ellers deler med laue, som ikke forekom i Gjølssjøen (Vašek & Kubečka, 2004; Vøllestad, 1985), men som var tilstede i Helgetjern.

Det kan her nevnes at det under elfisket dukket opp en rekke fisk som var i ferd med å svelge byttfisk. Dette gjaldt i hovedsak abbor, som er kjent som en fiskespiser (Borgstrøm & Hansen, 2000; Giles et al., 1990; Jamet, 1994), men det ble også fanget sørv med yngel av mort i svelget, dette kan imidlertid grunne i at sørven er opportunistisk, og at den forsynte seg av mort som var svimeslått av elfiskeapparatet.



Bilde 7. Sørv fanget under elfiske i Gjølssjøen. Fisken hadde en liten mort i svelget. Foto: Ø. Sundet

#### *Abbor og hork*

Abbor og hork tilhører abborfamilien (*Percidae*) og som vist i figur 3 faller tettheten til disse artene til fordel for karpfisk etter som grad av eutrofiering øker. Ifølge Leach et al. (1977) inntreffer imidlertid nedgangen i andel hork på et senere tidspunkt for abbor. Abbor og hork konkurrerer om bentiske invertebrater, og Bergman (1991) henviser til upubliserte feltstudier fra E. Bergmann og L. Greenberg som indikerte at tilstedeværelsen av hork påvirket veksten hos abbor negativt. Ut ifra dette er det nærliggende å tro at hork har fortrinn fremfor abbor når det kommer til predasjon på bentiske invertebrater.

Kalas (1995) undersøkelse av diett og habitatbruk hos hork i Mildevatn ved Bergen, der hork er en introdusert art viste at horken der spiste hovedsakelig zooplankton deler av året, mens zoobenthos var viktigste matkilde andre deler av året. Under prøvofiske i det 11 meter dype vannet ble kun 6,2 % av hork fanget i bunngarn fanget på null til fire meters dyp. Disse funnene stemmer overens med (Sandlund & Næsje, 2000), som fremholder at hork er en bentisk art, og ikke en strandfisk. Det samme fremkommer i Brabrand (1983).

Ogle et al. (2004) viste at larver av hork (3-17 mm) hovedsakelig levde av zooplankton, og at størrelsen på føden økte med lengden på fisken.

Abbor, derimot, har et bredere nisjespekter, både med hensyn til habitat og føde (Persson, 1986; Persson & Greenberg, 1990b), bland annet kan enkelte abbor allerede som 0+ spise fiskelarver (Borgstrøm et al., 1995). Under prøvefisket med strøm i Gjølssjøen ble det fanget en rekke abbor >14 cm med fisk i svelget.



Bilde 22. Abbor 14,2 cm med mort 6,5 cm i svelget. Fanget med elfiskeapperat i Gjølssjøen. Foto: Ø. Sundet

Studier av horkens økologi i Mildevatn, der hork er en introduser art (Kalas, 1995) viste at horken der hovedsakelig levde av zooplankton deler av året, men at fjørmygglarver og svevemygg var viktigste næringsemner om høsten og vinteren. I august måned utgjorde den relativt storvokste vannloppearten *Bythotrephes longimanus* (1,2 - 4 mm) 67 – 96 % av mageinnholdet (tørrvekt).

#### *Abbor- vs. karpefisk*

Nedgang i bestanden av abbor i høyproduktive innsjøer blir sett i forbindelse med konkurranse mellom juvenil abbor- og mort om zooplankton (Persson & Greenberg, 1990a), samt endring i oksygen (Brabrand, 2000). Ifølge Persson (1983a) grunner relativ økning i mort og andre karpefisk på bekostning av abbor i at særlig mort er en mer effektiv predator på zooplankton. Nunn et al. (2011) viser også til stor interspesifik konkurranse om føde mellom juvenile karpe- og abborfisk.

Når Trigal et al. (2013) og Havens (1989) fant at abbor dominerte på bekostning av mort i innsjøer med høy tetthet av *G. semen*, så ble dette tilskrevet stor forekomst av svevemygglarver og at abbor mer effektivt enn mort kunne utnytte denne ressursen. Det er ikke dokumentert funn av svevemygglarver i Gjølssjøen. Dessuten er produksjonen i Gjølssjøen, anslått på bakgrunn av totalfosfor langt høyere enn i de nevnte studiene (Vannnett.no, u.å.-a). Forskjellene i resultatene mellom denne studien og de andre studiene kan antagelig delvis tilskrives den mer fremskredne eutrofieringsgraden i Gjølssjøen.

## Gjedde

Som de fleste andre fiskearter er gjedde på tidlige livsstadier avhengig av zooplankton som føde (Nunn et al., 2011) og det er således ikke urimelig å anta at oppblomstringer av *G. semen* kan påvirke også gjedda. Som voksen er gjedda i all hovedsak en piscivor fiskeart. Det vil si at den i stor grad lever av å spise andre fisker – inkludert kannibalisme (Skov & Nilsson, 2018 ). Gjedde ble observert under garnfiske i Helgetjern, men den ble ikke fanget i garn. Det ble fanget en gjedde i garn i Gjølsjøen (0,1 %) og det ble fanget 20 gjedder (2 %) under elfiske. Årsaken til at gjedde er underrepresentert i garnfangstene er at gjedda vandrer lite i det tidsrommet som er spesifisert for standardisert garnfiske etter CEN (2005) (Baktoft et al., 2012; Haugen, 2018; Jepsen et al., 2001). Denne undersøkelsen gir ikke nok data til å si noe om effekter av *G. semen* på gjedde.

### 5.2.5 Mulige konsekvenser av oppblomstringer av *G. semen* på artssammensetningen i Gjølsjøen

Ut ifra resultatene fra de nevnte studiene, sett sammen med opplysningene om nedgang i store zooplankton i innsjøer dominert av *G. semen* (Jerpseth, 2020; Johansson et al., 2013a; Johansson et al., 2013b; Trigal et al., 2011), kan en mulig forklaring på at mort dominerer, mens brasme og flire ser ut til å ha forsvunnet være at mort har et bredere næringspekter enn både brasme og flire (Bergman, 1990; Garner, 1996; Giles et al., 1990; Lammens et al., 1985a). Selv om mort har mindre utviklet gjellesil enn brasme og flire, så er avstanden mellom gjellestavene kortere, og den kan dermed utnytte næringsemner som er for små for de øvrige artene. Mort kan i tillegg ernære seg ved sedimetspising (Haugen et al., 2019).

Flire har kortere avstand mellom gjellestavene enn brasme, men brasmens mer utviklede gjellesil for øvrig, som den bruker til å filtrere myggglarver i vannmassene (Van Den Berg et al., 1992 ; Van Den Berg et al., 1993; Van Den Berg et al., 1994 ) samt at voksen brasme i stor grad livnærer seg på muslinger (Giles et al., 1990; Lammens, 1989; Nagelkerke & Sibbing, 1996), som det er stor forekomst av i Gjølsjøen (Spikkeland, 2014; Spikkeland et al., 2020), kan kanskje forklare hvorfor først flire, og siden brasme forsvant fra innsjøen. Lammens (1984) fant også at flire og brasme har forskjellige optimum med hensyn på størrelsen på partiklene i substratet når de filtrerer sediment for zoobenthos, der flire foretrakk grovere substrat enn brasme. Bunnforholdene i innsjøen kan altså spille inn på konkurranse mellom de to artene.

Persson (1986) viste at i innsjøer med høy tetthet av mort endret brasme tidlig adferd fra å filtrere zooplankton til beiting på bunnen, og at denne strategien gav lavere vekst og dårligere

utvikling av gonadene hos brasme. Dette indikerer at mort kan i en viss grad utkonkurrere brasme når tettheten av spiselig zooplankton er lav. Townsend et al. (1986) og Winfield et al. (1983) viser bl.a. at mort på 40-65 mm (0+) kan spise små planktoniske vannlopper, som *Bosmina longirostris* med maksimal størrelse på 0,7 mm. Winfield et al. (1983) bemerker at fordi mort hadde problemer med å fange mer bevegelig zooplankton var søkte de hovedsakelig zoobenthos deler av året. Mort konkurrerer således med brasme, flire, hork og abbor om denne ressursen.

Når hork tilsynelatende har forsvunnet fra Gjølssjøen, mens abbor ennå er tallrik skylles dette neppe eutrofieringsprosessen. Nedtappingen av innsjøen på 1800- tallet (Nilsen, 2009) kan ha redusert egnet habitat for hork og tvunget den til å konkurrere med de andre fiskeartene i innsjøen om ressurser i strandsonen, samt at nedtappingen kan ha fjernet immigrasjonsmuligheter fra Helgetjern.

Det bør her bemerkes at forekomst av hork i Gjølssjøen ikke er like godt dokumentert som forekomsten av brasme og flire. I følge Spikkeland et al. (2007) er det hork i Gjølssjøen, men Ingvar Spikkeland at registreringen er basert på udokumenterte opplysninger fra sportsfiskere som oppgir å ha fått mye hork i innsjøen (Personlig meddelelse per epost). Det er lite trolig at undersøkelser utført rundt begynnelsen 1900- tallet av blant annet Collett (1905) og Huitfeldt-Kaas (1918) har brukt egnede metoder for å fange hork, da dette krever spesiell redskap som svært finmaskede garn, elfiskeapparat eller ruser.

## 5.2 Sjuktnings-, temperatur- og oksygenforhold

Temperatursjuktning kan ha stor betydning for masseoppblomstringer av *G. semen* (Rohrlack, 2020; Trigal et al., 2013). Multisonden registrerte ikke noe sprangsjikt i Gjølssjøen under feltarbeidet. Sjuktning kan imidlertid oppstå raskt, allerede ved en temperaturforskjell på om lag 2 °C, hvilket var tilfellet i Helgetjern som er mindre vindutsatt enn Gjølssjøen. Noe drastisk oksygenvinn i bunnvannet ble ikke registrert i noen av innsjøene, det er imidlertid registrert fiskedød i Gjølssjøen ved isløsning (Selbekk, 2019), trolig som resultat av oksygenvinn når innsjøen er islagt.



## 5.4 Klimaeffekter og antropogen påvirkning

### *Klimaendringer*

Data fra Miljødirektoratet (u.å.-b) viser hvordan klima har endret seg, med en økning i årsmiddeltemperatur på inntil 2,5 °C jamført normaltemperatur for årene 1961-1990.

Temperatur er en vesentlig faktor for både biotiske og abiotiske faktorer i ferskvannsøkosystemer. Temperatur påvirker blant annet vekst og kroppssammensetning hos biota (Elliott, 1976; Khan & Khan, 2008), samt oksygen- og sjiktningsforhold i innsjøer.

Endret klima medfører også endringer i nedbør.

Kvam (2015) gjengir data fra metrologisk institutt som viser økning i nedbør siden 1900.

Pechinkina (2018) fant i sin masteroppgave, der hun undersøkte korrelasjon mellom oppblomstringer av *G. semen* og endret klima, en kraftig økning i klorofyll A siden 1980- og 90-tallet.

Klimadata og økning av klorofyll A sammenfaller til dels med tidsrom for antatte oppblomstringer av *G. semen* (Spikkeland 2020), og med endringer i fiskesamfunnet, slik de er beskrevet i denne oppgaven. Denne undersøkelsen gir imidlertid ikke svar på om klimaendringer eller oppblomstringer av *G. semen* er bakgrunn for de endringene vi ser i fiskesamfunnet i Gjølssjøen.

### *Andre påvirkningsfaktorer*

Ifølge Miljødirektoratets nettside for informasjon om miljøstatus i Norge, tema ferskvann (Miljødirektoratet, u.å.-a), kan en rekke menneskeskapte påvirkninger ha innvirkninger på naturmiljøet i vannforekomstene våre, eksempler som blir gitt er ulike typer forurensninger og utslipp, forsuring som følge av sur nedbør, vassdragsutbygging og spredning av fremmede arter.

Selv om Gjølssjøen ikke er regulert for vannkraft, så har andre hydromorfologiske endringer funnet sted, Innsjøen er regulert ned om lag to meter og det er anlagt en vei som nå skiller midtre og nordre basseng. Disse tiltakene kan ha både påvirket hydrologien innad i innsjøen og migrasjonsmuligheter mellom Gjølssjøen og resten av vassdraget. I tillegg har nedtappingen senket vannets teoretiske oppholdstid, hvilket kan ha påvirket konsentrasjonen av næringsalter i innsjøen. I tillegg kan endringer i intensitet og metoder for landbruk rundt innsjøen, sammen med økt generell belastning fra økt bosetning og aktivitet i nedbørsfeltet ha påvirket avrenning til innsjøen. Kvam (2015) omtaler disse endringene gjennom de siste århundrene i sin masteroppgave.

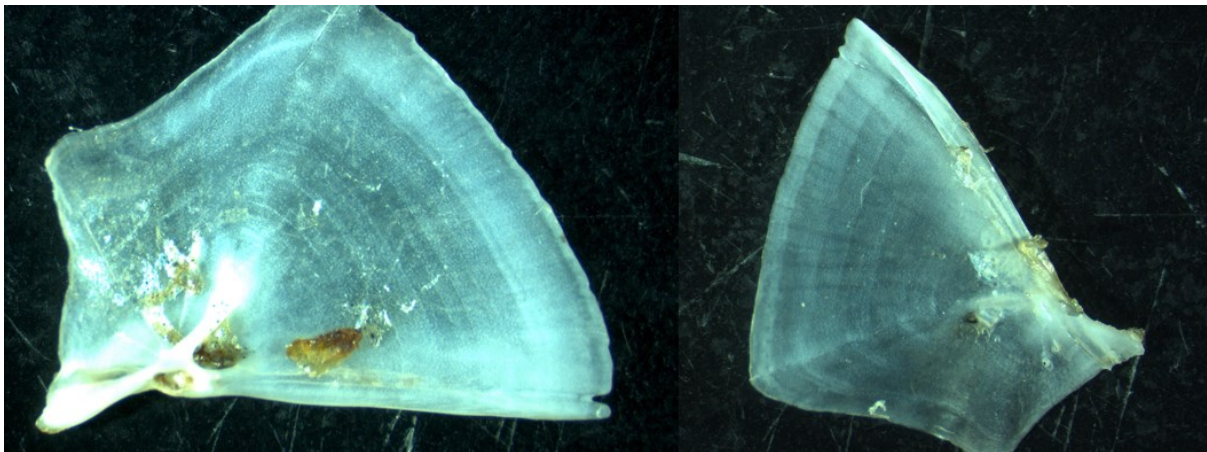
De nevnte påvirkningsfaktorene har trolig påvirket Gjølssjøens grad av eutrofiering, og kan kanskje delvis forklare hvorfor andelen av mort i fangstene er så høy.

Det er vanskelig å skille klimaeffekter og antropogen påvirkning på fiskesamfunnet fra effekter av *G. semen*, men det faktum at artssammensetningen i Helgetjern ikke har hatt samme utvikling som Gjølssjøen styrker hypotesen om at oppblomstringer av *G. semen* har påvirket fiskesamfunnet i Gjølssjøen.

### 5.5 Usikkerhet og feilkilder

Ved tilbakeberegning av vekst for eldre individer, særskilt hos abbor er tilvekst første sommer tilsynelatende lav, dette kan komme av at beinkanten innerst på operculum skjuler innerste del av første sone, samt det såkalte *Lees fenomen*, som sier at fisk med lavere vekstrate har lavere mortalitet enn fisk med høyere vekstrate (Stanley, 1980)

Gjellelokk hos mort, særlig individene fra Gjølssjøen var mer opake hele veien fra første vintersone og ut til kanten, noe som gjorde dem vanskeligere å lese. Det er usikkert om dette kommer av behandlingen av fisken eller om det har med forskjellige forhold i de to sjøene.



Bilde 23. Gjellelokk fra mort fra Gjølssjøen (venstre) og Helgetjern (høyre). Bildet fra Helgetjern viser gjellelokkets utside. Ved tilbakeberegning av vekst ble bilder av gjellelokkenes innside brukt. (Foto: Ø. Sundet)

## 6 Konklusjon og forslag til oppfølgende studier

### 6.1 Konklusjon

Oppblomstringer av *Gonyostomum semen* har trolig påvirket vekst og artssammensetning i fiskesamfunnet i Gjølsjøen. Det er imidlertid vanskelig å skille de virkningene av algeoppblomstringer fra effekter av endret klima og antropogen påvirkning.

### 6.2 Svar på hypoteser

**Hypotese 1.** Endret næringstilgang i innsjøen vil endre artssammensetning i innsjøen på den måten at fiskearter med bredere næringspekter vil øke i dominans på bekostning av arter med mer spesialisert diett. Det forventes å finne liknende resultat som hos Trigal et al. (2011), der forekomsten av abbor økte og bestanden av mort minket.

- Resultatene av fiskeundersøkelsene viste at mort dominerte fremfor abbor i både antall og biomasse i begge innsjøene, og at denne forskjellen var større i Gjølsjøen enn i kontrollvannet, Helgetjern.

Mulige forklaringer på dette avviket fra Trigal et al. (2011) er at Gjølsjøen har større produktivitet enn de svenske innsjøene, estimert ut ifra innsjøenes TotP-nivåer (64,7  $\mu\text{g l}^{-1}$  i Gjølsjøen mot et gjennomsnitt på 13,7 i *Gonyostomum*-innsjøene i den svenske undersøkelsen).

Videre tilskrev Trigal et al. (2011) abbors dominans fremfor mort at tettheten av svevemygglarver var høyere i innsjøer med oppblomstringer av *G. semen* og at abbor sannsynligvis var en mer effektiv predator på denne byttegruppen. Det er ikke registrert svevemygglarver i Gjølsjøen, og det er trolig at mort her finner andre næringsemner den kan utnytte mer effektivt enn abboren.

**Hypotese 2.** Det forventes at mangel på spiselig zooplankton vil føre til svake årsklasser av enkelte arter, spesifikt zooplanktonspisende arter av karpefisk som mort og brasme, samt at rekrutteringssvikt vil føre til en overvekt av eldre individer i Gjølsjøen og at denne overvekten vil komme til uttrykk som en uforholdsmessig høy forekomst av storvokste individer.

- 2017- kohorten av Mort mangler, dette stemmer overens med forventningene i H 2. I tillegg har flere fiskearter tilsynelatende forsvunnet fra innsjøen i samme tidsrommet som *G. semen* har hatt oppblomstringer. Resultatene viste derimot ingen indikasjoner på «forgubbing» av fiskesamfunnet i Gjølsjøen.

**Hypotese 3.** Mort og sørv har døgnvandring mellom littoralsonen, der de finner skjul på dagtid og pelagialen, der de furasjerer i mørket (Bohl, 1980; Haugen et al., 2019; Říha et al., 2014; Vašek & Kubečka, 2004). Tetthet av fisk i pelagialen er positivt korrelert med innsjøens produksjon (Sandlund et al., 2015). Vi forventer at Gjølssjøen, vil ha lavere fisketetthet enn hva totalfosfornivået i innsjøen tilsier ut ifra plottet kurven i figur 1.

- Fisketettheten i Gjølssjøen lå innenfor forventet fisketetthet for en innsjø med Gjølssjøens fosfornivå, hvilket strider mot forventningene ut ifra H 3. Dette kan være et resultat av at stor konkurranse om næring i littoralsonen tvinger fisk ut i pelagialen. Det kan også ha sammenheng med at fisken finner næringsemner som ikke påvirkes negativt av oppblomstringer av *G. semen*.

### 6.3 Forslag til oppfølgende studier

- At enkelte arter ikke ble fanget under prøvefisket er ikke ensbetydende med at de ikke forekommer i innsjøen. En metode som kan brukes for å avgjøre om arten finnes i vannforekomsten er eDNA (Jerde et al., 2011; Taugbøl et al., 2018; Taugbøl & Fossøy, 2019). eDNA, eller miljø-DNA er DNA som er løst i vannmassene og som kan filtreres og testes opp mot kjente markører for den enkelte art. eDNA kan ikke brukes for å estimere tetthet av en organisme, men er svært sensitiv, slik at forekomsten av en eneste levende eller død fisk kan være nok til å gi positivt utslag. Seniorforsker Tor Atle Mo ved Norsk Institutt for Naturforskning i Oslo har i epost til Thronn Haugen uttrykt interesse for å gjennomføre eDNA-undersøkelse i Gjølssjøen og Stikletjern (Personlig meddelelse Prof. Thronn Haugen, NMBU).
- Stikletjern er en liten innsjø med areal 200 daa og største dyp 8m (Spikkeland et al., 2019a). Stikletjern som ligger om lag 3 km sør for Gjølssjøen har hatt liknende utvikling i fiskesamfunnet som Gjølssjøen (Personlig meddelelse, Ingvar Spikkeland, Kanalmuseet), det er ikke påvist *G. semen* i Stikletjern, men Spikkeland et al. (2019a) spekulerer i om årsaken til endringer i fiskesamfunnet i Stikletjern kan være de samme som for Gjølssjøen. Fiskeundersøkelser har ikke vært foretatt i Stikletjern siden 1995. Undersøkelser av *G. semen* og fiskeundersøkelser i denne innsjøen kan kanskje bidra til en bedre forståelse av *G. semens* innvirkning på fiskefaunaen.
- Denne undersøkelsen viste at tettheten av mort var større enn abbor, hvilket er motsatt av funnene i Trigal et al. (2011). Dette kan ha med forskjeller i tilgjengelig næring og forskjeller i furasjering i forskjellige innsjøtyper, blant annet kan filtrering av

sediment spille en rolle. Dersom det foreligger studier av diett og mageinnhold i de svenske innsjøene kan dette sammenliknes med videre diettstudier hos mort, lik den foretatt i Østensjøvann (Haugen et al., 2019), eventuelt kan studier foretas i norske innsjøer med liknende forhold som de svenske. Videre kan mageinnhold hos sørv undersøkes for å styrke hypotesen fremsatt i diskusjonen om at nisjedifferansiering mellom sørv og annen karpefisk føret til at sørv i større grad ernærer seg på plantemateriale og eventuelt fiskelarver i innsjøer med stor forekomst av *G. semen*. Buckland et al. (2017) og (Rindorf & Lewy, 2004) omtaler metodikk og validitet for slike undersøkelser. Metode for undersøkelse av mageinnhold er beskrevet i Hynes (1950).

- For Lundebyvann i Eidsberg kommune foreligger mer nøyaktige målinger for forekomst av *G. semen* gjennom sesongen i senere år (Rohrlack & Haaland, 2019), En undersøkelse av alderssammensetning og tilvekst hos mort og abbor, slik som er utført for Gjølssjøen i denne oppgaven kan gi et bedre bilde av hvordan *G. semen* påvirker vekst hos disse artene.

## Kilder

- Adrian, R., O'Reilly, C. M., Zagarese, H., Baines, S. B., Hessen, D. O., Keller, W., Livingstone, D. M., Sommaruga, R., Straile, D., Donk, E. V., et al. (2009). Lakes as sentinels of climate change. *Limnology and Oceanography*, 54 (6part2): 2283–2297. doi: 10.4319/lo.2009.54.6\_part\_2.2283
- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19 716–723.
- Artsdatabanken.no. (u.å.). Small crustaceans in fresh waters. Tilgjengelig fra: [https://www.artsdatabanken.no/Pages/231126/Small\\_crustaceans\\_in\\_fresh\\_waters](https://www.artsdatabanken.no/Pages/231126/Small_crustaceans_in_fresh_waters) (lest 01.04.2020).
- Artsobservasjoner.no. (u.å.). Sørv, Viken, 1990–2020. Tilgjengelig fra: <https://www.artsobservasjoner.no/ViewSighting/ViewSightingAsTable?storedSearchCriteria=s=3262655> (lest 18.06.2020).
- Baktoft, H., Aarestrup, K., Berg, S., Boel, M., Jacobsen, L., Jepsen, N. & Skov, C. (2012). Seasonal and diel effects on the activity of northern pike studied by high-resolution positional telemetry. *Ecology of Freshwater Fish*, 21 (3): 386–394. doi: 10.1111/j.1600-0633.2012.00558.x
- Berge, D. (2004). *Innsjøinterne- og hydrologiske tiltak i Bjørkelangensjøen - Delutredning i forbindelse med forenklet tiltaksanalyse for Haldenvassdraget*. Vannforskning, N.-N. I. f.
- Bergman, E. (1990). Effects of roach *Rutilus rutilus* on two percids, *Perca fluviatilis* and *Gymnocephalus cernua*: importance of species interactions for diet shifts. *Oikos* 57: 241–249.
- Bergman, E. (1991). Changes in Abundance of Two Percids, *Perca fluviatilis* and *Gymnocephalus cernuus*, along a Productivity Gradient: Relations to Feeding Strategies and Competitive Abilities. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48 (4): 536–545. doi: 10.1139/f91-068
- Blindheim, T. & Olsen, K. M. (2014). *Kartlegging av naturtyper (NiN) i Gjølssjøen NR, Marker kommune, Østfold*. I: BioFokus, S. (red.), BioFokus-rapport 2014-3: Miljødirektoratet.
- Bohl, E. (1980). Diel Pattern of Pelagic Distribution and Feeding in Planktivorous Fish *Oecologia* 44: 368–375.
- Borgstrøm, R., Jonsson, B. & L'Abée-Lund, J. H. (1995). *Ferskvannsfisk - Økologi, kultivering og utnytting - Sluttrapport fra forskningsprosjektet "Fiskeforsterkningstiltak i norske vassdrag"*: Norges Forskningsråd.
- Borgstrøm, R. & Hansen, L. P. (2000). *Fisk i ferskvann - Et samspill mellom bestander, miljø og forvaltning*. 2nd utg.: Landbruksforlaget.
- Brabrand, Å. (1983). Fordeling av fisk, samt ernæring hos mort, laue, brasme og hork i Vansjø, Østfold. *Fauna* 36 (2): 57–64.
- Brabrand, Å. (2000). Komplekse fiskesamfunn med dominans av karpfisk, abborfisk og gjedde. I: Borgstrøm, R. & Hansen, L. P. (red.) *Fisk i ferskvann - Et samspill mellom bestander, miljø og forvaltning*, s. PP 130–144. Valdres trykkeri: Landbruksforlaget.
- Brabrand, Å., Linløkken, A., Rustadbakken, A., Sandlund, O. T., Gjelland, K. Ø. & Haugen, T. O. (In prep). *Pelagic fish density and biomass along a trophic gradient estimated by echo sounding*. Upublisert manuskript.
- Bremset, G., Diserud, O., Saksgård, L. & Sandlund, O. T. (2015). Elektrisk fiske – faktorer som påvirker fangbarhet av ungfisk. Resultater fra eksperimentelle feltstudier 2010–2014. (Rapport 1147): 35.
- Brylinsky, M. & Mann, K. H. (1973). An analysis of factors governing productivity in lakes and reservoirs. *Limnology and Oceanography*, 18 (1): 1–14. doi: 10.4319/lo.1973.18.1.0001.
- Buckland, A., Baker, R., Loneragan, N. & Sheaves, M. (2017). Standardising fish stomach content analysis: The importance of prey condition. *Fisheries Research*, 196: 126–140. doi: 10.1016/j.fishres.2017.08.003.

- Carpenter, S. R., Kitchell, J. F. & Hodgson, J. R. (1985). Cascading Trophic Interactions and Lake Productivity. *BioScience*, 35 (10): 634-639.
- Carpenter, S. R., Cole, J. J., Hodgson, J. R., Kitchell, J. F., Pace, M. L., Bade, D. & Schindler, D. E. (2001). Trophic Cascades, Nutrients, and Lake Productivity: Whole-Lake Experiments. *Ecological Monographs*, 71 (2): 163-186. doi: 10.2307/2657215
- CEN. (2005). *Water quality - Sampling of fish with multi-mesh gillnets*. Brussels: European Committee for Standardization.
- CEN. (2014). *Water quality - Guidance on the estimation of fish abundance with mobile hydroacoustic methods*. Brussels: European Committee for Standardization.
- Collett, R. (1875). *Norges fiske, med Bemærkninger om deres Udbredelse*. Christiania: A. W. Brøgger.
- Collett, R. (1897). Om en Del for Norges Fauna nye Fiske. *Archiv for Matematik og Naturvidenskab*, 19 (8): 23-25.
- Collett, R. (1905). *Meddelelser om Norges fiske i Aarene 1884-1901*. Christiania: A. W. Brøggers Bogtrykkeri.
- Cronberg, G., Lindmark, G. & Bjørk, S. (1988). Mass development of the flagellate *Gonyostomum semen* (Raphidophyta) in Swedish forest lakes - an effect of acidification? *Hydrobiologia*, 161:: 217-236.
- Cushing, D. H. (1990). Plankton Production and Year-class Strength in Fish Populations: an Update of the Match/Mismatch Hypothesis. *Advances in Marine Biology* 26: 249–293. doi: 10.1016/s0065-2881(08)60202-3
- DeMott, W. R., Gulati, R. D. & Van Donk, E. (2001). Daphnia food limitation in three hypereutrophic Dutch lakes: Evidence for exclusion of large-bodied species by interfering filaments of cyanobacteria. *Limnology and Oceanography*, 46 (8): 2054–2060. doi: 10.4319/lo.2001.46.8.2054
- Diehl, S. (1988). Foraging Efficiency of Three Freshwater Fishes: Effects of Structural Complexity and Light. *Oikos*, 53 (2): 207-214
- Eckmann, R. (1995). Fish species richness in lakes of the northeastern lowlands in Germany. *Ecology of Freshwater Fish*, 4: 62-69. doi: 10.1111/j.1600-0633.1995.tb00118.x.
- Elliott, J. M. (1976). Body Composition of Brown Trout (*Salmo trutta* L.) in Relation to Temperature and Ration Size. *The Journal of Animal Ecology*, 45 (1): 273-289. doi: 10.2307/3779
- Faafeng, B. A. & Brabrand, Å. (1990). Biomanipulation of a small, urban lake — removal of fish exclude bluegreen blooms. *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen* 24 (1): 597-602. doi: 10.1080/03680770.1989.11898807.
- Forskrift om Gjølsjøen naturreservat, M. (1992). *Forskrift om vern av Gjølsjøen naturreservat, Marker kommune, Østfold*.
- Frouzova, J., Kubecka, J., Balkc, H. & Frouzd, J. (2005). Target strength of some European fish species and its dependence on fish body parameters. *Fisheries Research* 75 ((2005)): 86-96.
- Garner, P. (1996). Microhabitat use and diet of 0+ cyprinid fishes in a lentic, regulated reach of the River Great Ouse, England. *Journal of Fish Biology*, 48 (3): 367–382. doi: 10.1111/j.1095-8649.1996.tb01434.x
- Giles, N., Street, M. & Wright, R. M. (1990). Diet composition and prey preference of tench, *Tinca tinca* (L.), common bream, *Abramis brama* (L.), perch, *Perca fluviatilis* L. and roach, *Rutilus rutilus* (L.), in two contrasting gravel pit lakes: potential trophic overlap with wildfowl. *Journal of Fish Biology*, 37 (6): 945–957. doi: 10.1111/j.1095-8649.1990.tb03598.x
- Gulland, J. A. (red.). (1977). *Fish Population Dynamics*. London and New York: John Wiley & Sons.
- Hagman, C., Rohrlack, T., Uhlig, S. & Hostyeva, V. (2019). Heteroxanthin as a pigment biomarker for *Gonyostomum semen* (Raphidophyceae). *PLoS ONE*, 14 (12). doi: 10.1371/journal.pone.0226650.
- Hagman, C. H. C., Ballot, A., Hjermann, D. Ø., Skjelbred, B., Brettum, P. & Ptacnik, R. (2015). The occurrence and spread of *Gonyostomum semen* (Ehr.) Diesing (Raphidophyceae) in Norwegian lakes. *Hydrobiologia*, 744 (1): 1-14. doi: 10.1007/s10750-014-2050-y.

- Hansson, L.-A., Gustafsson, S., Rengefors, K. & Bomark, L. (2007). Cyanobacterial chemical warfare affects zooplankton community composition. *Freshwater Biology*, 52 (7): 1290–1301. doi: 10.1111/j.1365-2427.2007.01765.x
- Haugen, A. (2018). *Effects from environmental factors and individual characters on activity and depth use in a Northern pike (Esox lucius) population subjected to recreational fishing: an acoustic telemetry study*. Ås, Norway: NMBU Norges Miljø- og Biovitenskaplige Universitet.
- Haugen, T. O., Lund, E., Bækken, T., Mjelde, M. & Norling, K. (2009). *Biologisk undersøkelse av indre Drammensfjord med spesielt fokus på gruntvannsområdene*: Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA).
- Haugen, T. O., Rustadbakken, A. & Steen, R. (2012). *Prøvefiske i Østensjøvann 2012: kartlegging av status for fiskesamfunnet*: MNBU, PURA.
- Haugen, T. O., Riise, G., Rohrlack, T., Schneider, S., Kristiansen, J. & Haaland, S. (2019). *Interne tilførsler og omsetning av næringsstoffer i Østensjøvann, Ås kommune, 2017*, MINA fagrapport 59.: PURA, Vannområdet Bunnefjorden med Årungen- og Gjersjøvassdraget.
- Havens, K. E. (1989). Seasonal succession in the plankton of a naturally acidic, highly humic lake in Northeastern Ohio, USA. *Journal of Plankton Research*, 11 (6): 1321–1327. doi: 10.1093/plankt/11.6.1321
- Havens, K. E. (1991). Summer zooplankton dynamics in the limnetic and littoral zones of a humic acid lake. *Hydrobiologia*, 215 (1): 21–29. doi: 10.1007/bf00005897
- Hongve, D., Løvstad, Ø. & Bjørndalen, K. (1988). *Gonyostomum semen* — a new nuisance to bathers in Norwegian lakes. *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen*, 23 (1): 430-434. doi: 10.1080/03680770.1987.11897957.
- Hoogenboezern, W., Boogaart, G. M. v. d. & Sibbing, F. A. (1991). A New Model of Particle Retention and Branchial Sieve Adjustment in Filter-Feeding Bream (*Abramis brama*, Cyprinidae). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48 (1): 7–18. doi: 10.1139/f91-002
- Huitfeldt-Kaas, H. (1918). *Ferskvandsfiskenes utbredelse og indvandring i Norge med et tillæg om krebsen*. Kristiania: Centraltrykkeriet.
- Hynes, H. B. N. (1950). The Food of Fresh-Water Sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a Review of Methods Used in Studies of the Food of Fishes. *Journal of Animal Ecology*, Vol. 19 (No. 1 (May, 1950)): pp. 36-58.
- Ísa-Berthou, E. G. & Moreno-Amich, R. (2000). Rudd (*Scardinius erythrophthalmus*) introduced to the Iberianpeninsula: feeding ecology in Lake Banyoles. *Hydrobiologia*, 436: 159–164.
- Jamet, J.-L. (1994). Feeding activity of adult roach (*Rutilus rutilus* (L.)), perch (*Perca fluviatilis* L.) and ruffe (*Gymnocephalus cernuus* (L.)) in eutrophic Lake Aydat (France) *Aquatic Sciences*, 56 (4). doi: 10.1007/BF00877183.
- Jeppesen, E., Jensen, J. P., Søndergaard, M., Lauridsen, T. & Landkildehus, F. (2000). Trophic structure, species richness and biodiversity in Danish lakes: changes along a phosphorus gradient. *Freshwater Biology*, 45 (2): 201–218. doi: 10.1046/j.1365-2427.2000.00675.x
- Jeppesen, E., Pekcan-Hekim, Z., Lauridsen, T. L., Søndergaard, M. & Jensen, J. P. (2006). Habitat distribution of fish in late summer: changes along a nutrient gradient in Danish lakes. *Ecology of Freshwater Fish*, 15 (2): 180–190. doi: 10.1111/j.1600-0633.2006.00142.x
- Jepsen, N., Beck, S., Skov, C. & Koed, A. (2001). Behavior of pike (*Esox lucius* L.) → 50 cm in a turbid reservoir and in a clearwater lake. *Ecology of Freshwater Fish* 10: 26–34.
- Jerde, C. L., Mahon, A. R., Chadderton, W. L. & Lodge, D. M. (2011). “Sight-unseen” detection of rare aquatic species using environmental DNA. *Conservation Letters*, 4 (2): 150-157. doi: 10.1111/j.1755-263X.2010.00158.x.
- Jerpseth, M. K. (2020). *Zooplanktonsammensetning i en innsjø dominert av Gonyostomum semen - Species composition of zooplankton in a lake dominated by Gonyostomum semen*. Master thesis. Norges Miljø- og Biovitenskaplige Universitet, Ås: NMBU.



- Johansson, K. S. L., Lebetn, K., Vrede, T. & Johnson, R. K. (2013a). Zooplankton Feeding on the Nuisance Flagellate *Gonyostomum semen*. *PLoS ONE*, 8 (5). doi: 10.1371/journal.pone.0062557.
- Johansson, K. S. L., Vrede, T., Trigel, C. & Johnson, R. K. (2013b). Community structure in boreal lakes with recurring blooms of the nuisance flagellate *Gonyostomum semen*. *Aquatic Sciences* (75): 447–455. doi: 10.1007/s00027-013-0291-x.
- Kalas, S. (1995). The ecology of ruffe, *Gymnocephalus cernuus* (Pisces: Percidae) introduced to Mildevatn, western Norway. *Environmental Biology of Fishes*, 42: 219-232. doi: 10.1007/BF00004915.
- Khan, M. A. Q. & Khan, M. A. (2008). *Effect of temperature on waterflea Daphnia magna (Crustacea:Cladocera)*: Biological sciences, University of Illinois at Chicago 845 West Taylor Street, Chicago. IL. 60607.
- Kim Michelsen, J. P., Kirsten Christoffersen, Frank Jensen (1994). Ecological consequences of food partitioning for the fish population structure in a eutrophic lake. *Hydrobiologia* (291): 35-45.
- Kullander, S. O. & Dellings, B. (2012). *Ryggstrangsdjur: Strålfeniga fiskar*. Nationalencyklopedin till Sveriges flora och faun: Art databanken, SLU.
- Kvam, A. (2015). *Langtidsutvikling og drivkrefter til variasjon i vannkvalitet i en eutrof innsjø - Innsjøsedimenter som arkiv for autotrof produksjon og alloktone tilførsler av organisk materiale, med eksempel fra Helgetjern*. Msc. NMBU, Ås, Norway: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.
- L'Abèe-Lund, J. H. (1985). Aldersbestemmelse av norske ferskvannsfisk. *Fauna*, 38 (2): 44-49.
- Lakse- og innlandsfiskloven. (1992). *Lov om laksefisk og innlandsfisk mv*.
- Lammens, E. H. R. R. (1984). A comparison between the feeding of white bream (*Blicca björkna*) and bream (*Abramis brama*). *Verhandlungen der Internationale Vereinigung Limnologie* (22): 886-890
- Lammens, E. H. R. R. (1985). A test of a model for planktivorous filter feeding by bream *Abramis brama*. *Environmental Biology of Fishes*, Vol. 13 (No. 4): pp. 289-296.
- Lammens, E. H. R. R., Geursen, J. & Schuurmans, A. L. G. (1985a). Diet shifts, feeding efficiency and coexistence of bream (*Abramis brama*), roach (*Rutilus rutilus*) and white bream (*Blicca bjoerkna*) in hypertrophic lakes. I: Kullander, S. & Fernholm, B. (red.) *Proc. Fifth Congress of European Ichthyologists, Stockholm*, s. 153-162. Stockholm: Department of Vertebrate Zoology, Swedish Museum of Natural History.
- Lammens, E. H. R. R., Nie, H. W. d., Vijverberg, J. & Densen, W. L. T. v. (1985b). Resource Partitioning and Niche Shifts of Bream (*Abramis brama*) and Eel (*Anguilla anguilla*) Mediated by Predation of Smelt (*Osmerus eperlanus*) on *Daphnia hyalina*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42 (8): 1342–1351. doi: 10.1139/f85-169
- Lammens, E. H. R. R. (1989). Causes and consequences of the success of bream in Dutch eutrophic lakes. *Hydrobiological Bulletin*, 23 (1): 11–18. doi: 10.1007/bf02286423
- Langeland, A. & Nøst, T. (1995). Gill raker structure and selective predation on zooplankton by particulate feeding fish. *Journal of Fish Biology*, 47 (4): 719–732. doi: 10.1111/j.1095-8649.1995.tb01937.x
- Larkin, P. A. (1978). Fisheries Management--an Essay for Ecologists. . *Annual Review of Ecology and Systematics*, 9 (1): 57–73. doi: 10.1146/annurev.es.09.110178.000421.
- Lea, E. (1910). Contributions to the methods used in herring-investigations. *ICES Journal of Marine Science*, 1 (53): 7–33. doi: 10.1093/icesjms/s1.53.7
- Leach, J. H., Johnson, M. G., Kelso, J. R. M., Hartmann, J., Nümann, W. & Entz, B. (1977). Responses of Percid Fishes and Their Habitats to Eutrophication. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 34 (10): 1964–1971. doi: 10.1139/f77-263
- Lepistö, L., Antikainen, S. & Kivinen, J. (1994). The occurrence of *Gonyostomum semen* (Ehr.) Diesing in Finnish lakes. *Hydrobiologia* 273: 1-8,. doi: 10.1007/bf00126764.
- Lindeman, R. L. (1942). The Trophic-Dynamic Aspect of Ecology. *Ecology* 23 (4): 399-417.

- Matsuzaki, S. S., Suzuki, K., Kadoya, T., Nakagawa, M. & Takamura, N. (2018). Bottom-up linkages between primary production, zooplankton, and fish in a shallow, hypereutrophic lake. . . *Ecology and Society of America*, 99 (9): 2025-2036. doi: 10.1002/ecy.2414
- Meite.org. (u.å.). Fiskevann, Gjølsjøen, Marker i Østfold. Tilgjengelig fra: <http://meite.org/specimen?view=fiskevann&id=153> (lest 01.06.2020).
- Miljødirektoratet. (2016). *ØKOFERSK: Basisovervåking av utvalgte innsjøer 2015 - Utprøving av metodikk for overvåking og klassifisering av økologisk tilstand iht vannforskriften*. Miljødirektoratet, NINA & NIVA.
- Miljødirektoratet. (u.å.-a). Miljøstatus - Ferskvann. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/ferskvann/>.
- Miljødirektoratet. (u.å.-b). Norges miljøstatus for 2020. Miljødirektoratet online database (Miljøstatus). Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/norgesmiljostatus/> (lest 15.06.2020).
- Nagelkerke, L. & Sibbing, F. A. (1996). Efficiency of feeding on zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) by common bream (*Abramis brama*), white bream (*Blicca bjoerkna*), and roach (*Rutilus rutilus*): the effects of morphology and behavior. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53 (12): 2847–2861. doi: 10.1139/f96-229
- Naturmangfoldloven. (2009). *Lov om forvaltning av naturens mangfold*.
- Nilsen, G. B. (2009). *Gårds- og slekthistorie for Øymark, Bind III: Marker* Historielag
- Nordeng, H. & Jonsson, B. (1978). Skjell, øresteiner og gjellelokk til aldersbestemmelse av fisk. *Fauna*, 31: 184-195.
- Nunn, A. D., Harvey, J. P. & Cowx, I. G. (2007). The food and feeding relationships of larval and 0+ year juvenile fishes in lowland rivers and connected waterbodies. I. Ontogenetic shifts and interspecific diet similarity. *Journal of Fish Biology*, 70 (3): 726–742. doi: 10.1111/j.1095-8649.2007.01334.x
- Nunn, A. D., Tewson, L. H. & Cowx, I. G. (2011). The foraging ecology of larval and juvenile fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 22 (2): 377–408. doi: 10.1007/s11160-011-9240-8.
- Ogle, D. H., Ray, B. A. & Brown, W. P. (2004). Diet of Larval Ruffe (*Gymnocephalus cernuus*) in the St. Louis River Harbor, Lake Superior. *Journal of Great Lakes Research*, 30 (2): 287–292. doi: 10.1016/s0380-1330(04)70346-9
- Olin, M., Kurkilahti, M., Peitola, P. & Ruuhijärvi, J. (2004). The effects of fish accumulation on the catchability of multimesh gillnet. *Fisheries Research*, 68: 135–147.
- Pace, M. L., Cole, J. J., Carpenter, S. R. & Kitchell, J. F. (1999). Trophic cascades revealed in diverse ecosystems. . *Trends in Ecology & Evolution*, 14 (12): 483–488. doi: 10.1016/s0169-5347(99)01723-1.
- Paine, R. T. (1980). Food Webs: Linkage, Interaction Strength and Community Infrastructure. . *The Journal of Animal Ecology*, 49 (3): 666-685. doi: 10.2307/4220
- Parker-Stetter, S. L., Rudstam, L. G., Sullivan, P. J. & Warner, D. M. (2009). *Standard operating procedures for fisheries acoustic surveys in the great lakes*. I: Arbor, A. (red.), 09-01: Great Lakes Fisheries Commission.
- Pechinkina, L. (2018). *Gonyostomum semen – en klimaflyktning? Utvikling av algens dominans i to innsjøer i Østfold. En paleolimnologisk studie*. Msc. NMBU, Ås, Norway: Norgea Miljø- og Biotenskaplige Universitet.
- Persson, L. (1983a). Effects of Intra- and Interspecific Competition on Dynamics and Size Structure of a Perch *Perca fluviatilis* and a Roach *Rutilus rutilus* Population. *Oikos*, 41 (1): 126-132. doi: 10.2307/3544354
- Persson, L. (1983b). Food Consumption and Competition between Age Classes in a Perch *Perca fluviatilis* Population in a Shallow Eutrophic Lake. *Oikos*, 40 (2 ): 197-207. doi: 10.2307/3544583

- Persson, L. (1983c). Food Consumption and the Significance of Detritus and Algae to Intraspecific Competition in Roach *Rutilus rutilus* in a Shallow Eutrophic Lake. *Oikos*, 41 (1 ): 118-125. doi: 10.2307/3544353
- Persson, L. (1986). Effects of Reduced Interspecific Competition on Resource Utilization in Perch (*Perca Fluviatilis*). *Ecology*, 67 (2): 355–364. doi: 10.2307/1938578
- Persson, L. & Greenberg, L. A. (1990a). Juvenile Competitive Bottlenecks: The Perch (*Perca Fluviatilis*)-Roach (*Rutilus rutilus*) Interaction. *Ecology*, 71 (1): 44–56. doi: 10.2307/1940246.
- Persson, L. & Greenberg, L. A. (1990b). Optimal Foraging and Habitat Shift in Perch (*Perca Fluviatilis*) in a Resource Gradient. *Ecology*, 71 (5): 1699–1713. doi: 10.2307/1937579
- Pithart, D. & Pechar, L. (1997). Summer blooms of raphidophyte *Gonyostomum semen* and its diurnal vertical migration in a floodplain pool. *Algological studies*, 85: 119-133
- Rakko, A., Laugaste, R. & Ott, I. (2008). Algal Blooms in Estonian Small Lakes. NATO Science for Peace and Security (Series A: Chemistry and Biology): 211–220. doi: 10.1007/978-1-4020-8480-5\_8
- Říha, M., Ricard, D., Vašek, M., Prchalová, M., Mrkvička, T., Jůza, T. & Kubečka, J. (2014). Patterns in diel habitat use of fish covering the littoral and pelagic zones in a reservoir. . *Hydrobiologia*, 747 (1): 111–131. doi: 10.1007/s10750-014-2124-x.
- Rindorf, A. & Lewy, P. (2004). Bias in estimating food consumption of fish by stomach-content analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 61 (12): 2487–2498. doi: 10.1139/f04-200
- Rohrlack, T. (2018). Low temperatures can promote cyanobacterial bloom formation by providing refuge from microbial antagonists *AIMS Microbiology*, 4 (2): 304–318. doi: DOI: 10.3934/microbiol.2018.2.304.
- Rohrlack, T. & Glosli, C. (2018). Fravær av fiender, ikke nødvendigvis gode næringsforhold, utløser algeoppblomstringer – Vår forståelse av algeoppblomstringer er mangelfull. Tilgjengelig fra: <https://forskning.no/partner-biologisk-mangfold-nmbu-norges-miljo-og-biovitenskapelige-universitet/var-forstaelse-av-algeoppblomstringer-er-mangelfull/267221> (lest 11.06.2020).
- Rohrlack, T. & Haaland, S. (2019 ). *Transport av næringsstoffer og humus til Lundebyvannet i Eidsberg kommune*, MINA fagrapport 55: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.
- Rohrlack, T. (2020). The diel vertical migration of the nuisance alga *Gonyostomum semen* is controlled by temperature and by a circadian clock *Limnologia*, 80. doi: 10.1016/j.limno.2019.125746.
- Salonen, K. & Rosenberg, M. (2000). Advantages from diel vertical migration can explain the dominance of *Gonyostomum semen* (Raphidophyceae) in a small, steeply-stratified humic lake. *Journal of Plankton Research*, 22 (10): 1841–1853. doi: 10.1093/plankt/22.10.1841
- Sandlund, O. T. & Næsje, T. F. (2000). Komplekse laksefiskdominerte fiskesamfunn på Østlandet. I: Borgstrøm, R. & Hansen, L. P. (red.) *Fisk i ferskvann - Et samspill mellom bestander, miljø og forvaltning*, s. PP 109 - 129. Valdres trykkeri: Landbruksforlaget.
- Sandlund, O. T., Bergan, M. A., Brabrand, Å., Diserud, O. H., Fjeldstad, H.-P., Gausen, D., Halleraker, J. H., Haugen, T., Hegge, O., Helland, I. P., et al. (2013). *Vannforskriften og fisk – forslag til klassifiseringssystem*, M22 - 2013: NINA, NIVA, UiO, UNIMILJØ.
- Sandlund, O. T., Pedersen, A., Schartau, A. K., Zlatko Petrin, Hesthagen, T., Bergan, M. A., Solheim, A. L., Skjelbred, B., Berge, D., Moe, J., et al. (2015). *Veileder 02:2013 Klassifisering av miljøtilstand i vann Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver Norsk klassifiseringssystem for vann i henhold til vannforskriften*.
- Selbekk, L. K. (2019, 12. Mars 2019). Ruth Kristin (33) oppdaget mange døde gjedder i naturreservat: – Tragisk. *Smaalenenes Avis*.
- Skov, C. & Nilsson, P. A. (2018 ). *Biology and Ecology of Pike*: CRC Press.
- Skulberg, O. & Kotai, J. (1982). *Haldenvassdraget. Vannkvalitet og forurensningsvirkninger. Resultater av vassdragsundersøkelser for Haldenvassdragets vassdragsforbund 1975-1981*, Rapportnr.0-70219: Norsk institutt for vannforskning, NIVA.

- Spikkeland, I., Andersen, J. G., Andersen, O., Halvorsrud, A. K., Lindblad, F., Lund, S. V., Opsahl, R. & Vaaler, J. P. (2007). Fiskefaunaen i Marker. *Natur i Østfold*: , 25 ((1-2)): 45-56. .
- Spikkeland, I. (2014). *Biologisk mangfold i Haldenvassdraget Om planter og dyr knyttet til vann i vassdragets nedbørfelt*, Rapport 1/2014: Østfold Museene, Avd. Haldenvassdragets Kanalmuseum, Ørje.
- Spikkeland, I., Dolmen, D., Haga, A. & Krogstad, D. (2019a). *Biologisk mangfold i Stikletjern, Marker*: Kanalmuseet.
- Spikkeland, I., Haga, A., Rohrlac, T., Hagman, C., Ørjasæter, H. & Andersen, A. (2019b). *Vannfugl i Gjølssjøen - Utviklingen av fuglebestandene sett i forhold til andre endringer i økosystemet*, Rapport 1/2019: Østfoldmuseene avd. Haldenvassdragets Kanalmuseum Ørje.
- Spikkeland, I., Dolmen, D. & Haga, A. (2020). *Biologisk mangfold i Gjølssjøen, Marker*, Rapport 4: Müller-Sars Biologiske Stasjon Ørje.
- Stanley, C. A. (1980). Lee's Phenomenon in the Western Subspecies of the Australian Salmon, *Arripis trutta esper*. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 31 (1): 13 - 19 doi: 10.1071/mf9800013
- Tarvainen, M., Sarvala, J. & Helminen, H. (2002). The role of phosphorus release by roach [*Rutilus rutilus* (L.)] in the water quality changes of a biomanipulated lake. *Freshwater Biology*, 47 (12): 2325–2336. doi: 10.1046/j.1365-2427.2002.00992.x
- Taugbøl, A., Fossøy, F. & Dervo, B. (2018). Bruk av miljø-DNA for deteksjon av arter. *VANN*, 1: 78-84.
- Taugbøl, A. A. & Fossøy, F. (2019). Miljø-DNA som overvåkningsverktøy av fremmede ferskvannsfisker. *VANN*, 3: 213-220.
- Thuesen, N. P., Thorsnæs, G. & Røvik, S. (2020). *Norge i Store norske leksikon*.
- Townsend, C. R., Winfield, I. J., Peirson, G. & work, M. C. (1986). The Response of Young Roach *Rutilus rutilus* to Seasonal Changes in Abundance of Microcrustacean Prey: A Field Demonstration of Switching. *Oikos*, 46 (3 ): 372-378. doi: 10.2307/3565837
- Trigal, C., Goedkoop, W. & Johnson, R. K. (2011). Changes in phytoplankton, benthic invertebrate and fish assemblages of boreal lakes following invasion by *Gonyostomum semen*. *Freshwater Biology*, (2011) 56 ( 1937–1948). doi: 10.1111/j.1365-2427.2011.02615.x.
- Trigal, C., Hallstan, S., Johansson, K. S. L. & Johnson, R. K. (2013). Factors affecting occurrence and bloom formation of the nuisance flagellate *Gonyostomum semen* in boreal lakes. *Harmful algae*, 27: 60-67. doi: 10.1016/j.hal.2013.04.008.
- Van Den Berg, C., Sibbing, F. A., Osse, J. W. M. & Hoogenboezem, W. (1992 ). Structure, development and function of the branchial sieve of the common bream, *Abramis brama*, white bream, *Blicca bjoerkna* and roach, *Rutilus rutilus*. *Environmental Biology of Fishes*, 33: 105-124.
- Van Den Berg, C., Osse, J. W. M., Sibbing, F. A. & Van Den Boogaart, J. G. M. (1993). Zooplankton Feeding in Common Bream (*Abramis Brama*), White Bream (*Blicca Bjoerkna*) and Roach (*Rutilus Rutilus*). *Netherlands Journal of Zoology*, 44 (1): 15–42. doi: 10.1163/156854294x00024
- Van Den Berg, C., Osse, J. W. M., Sibbing, F. A. & Van Den Boogaart, J. G. M. (1994 ). Implications og gill arch movements for filterfeeding: An X-ray cinematographical study of filter-feeding white brean (*Blicca bjoerkna*) and common bream (*Abramis brama*). *Journal of Experimental Biology*, 191: 257-282.
- Vann-nett.no. (u.å.-a). Gjølssjøen. Tilgjengelig fra: <https://www.vann-nett.no/portal/#/waterbody/001-334-L> (lest 9. januar 2020).
- Vann-nett.no. (u.å.-b). Helgetjern. Tilgjengelig fra: <https://www.vann-nett.no/portal/#/waterbody/001-3394-1-L> (lest 9. januar 2020).
- Vannforskriften. (2006). *Forskrift om rammer for vannforvaltningen*.
- Vannressursloven. (2000). *Lov om vassdrag og grunnvann*.

- Vašek, M. & Kubečka, J. (2004). In situ diel patterns of zooplankton consumption by subadult/adult roach *Rutilus rutilus*, bream *Abramis brama*, and bleak *Alburnus alburnus*. *Folia Zool.*, 53 (2): 203–214.
- Vasshaug, J. & Vøllestad, A. (1990). *Undersøkelse av fiskevann i Østfold i årene 1950-52: Fylkesmannen i Østfold, miljøvernavdelingen.*
- Viker, M. & Hardeng, G. (1992). *Naturfaglige forhold i Gjølsjøen naturreservat i Marker 8/92: Miljøvernavdelinga Fylkesmannen i Østfold.*
- Vøllestad, L. A. (1985). Resource partitioning of roach *Rutilus rutilus* and bleak *Alburnus alburnus* in two eutrophic lakes in SE Norway. *Holarctic Ecology*, 8 (2): 88–92. doi: 10.1111/j.1600-0587.1985.tb01157.x
- Winfield, I. J., Peirson, G., Cryer, M. & Townsend, C. R. (1983). The behavioural basis of prey selection by underyearling bream (*Abramis brama* (L.)) and roach (*Rutilus rutilus* (L.)). *Freshwater Biology*, 13 (2): 139–149. doi: 10.1111/j.1365-2427.1983.tb00666.x
- Yang, X.-e., Wu, X., Hao, H.-l. & He, Z.-l. (2008). Mechanisms and assessment of water eutrophication. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B*, 9 (3): 197–209. doi: 10.1631/jzus.b0710626
- Zapletal, T. S., J. Mareš, Jurajda, P. & Všetičková., L. (2014). The food of roach, *Rutilus rutilus* (Actinopterygii: Cypriniformes: Cyprinidae), in a biomanipulated water supply reservoir. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 44: 15-22. doi: 10.3750/AIP2014.44.1.03.

Vedlegg

Ln = Tilbakeberegnet lengde (cm) ved alder n

Rn = Radius (mm) fra vekstsentrum til enden av sone n

Rtot = Total radus (mm) på gjellelokk

| Lengde | alder | Rtot | R1  | R2  | R3   | R4   | R5   | R6   | R7   | R8   | R9   | R10  | R11  | R12  | R13  | R14  | L1   | L2    | L3    | L4    | L5    | L6    | L7    | L8    | L9    | L10   | L11   | L12   | L13   | Art   | Vann      |
|--------|-------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| 19     | 7     | 1188 | 347 | 736 | 1007 | 1052 | 1074 | 1109 | 1150 |      |      |      |      |      |      |      | 5,55 | 11,77 | 16,11 | 16,82 | 17,18 | 17,74 | 18,39 |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |
| 14,2   | 2     | 848  | 272 | 625 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 4,55 | 10,47 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |
| 7,4    | 0     | 416  |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |
| 12,1   | 2     | 774  | 445 | 567 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6,96 | 8,86  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |
| 10,5   | 1     | 676  | 466 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 7,24 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |
| 6,4    | 1     | 335  | 335 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6,40 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |
| 6,7    | 0     | 327  |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |
| 6,1    | 0     | 308  |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |
| 5,3    | 0     | 290  |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |
| 10,6   | 1     | 621  | 369 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6,30 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |
| 12,3   | 2     | 791  | 494 | 701 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 7,68 | 10,90 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |
| 7      | 0     | 348  |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |
| 10,5   | 1     | 610  | 488 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 8,40 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |
| 24,8   | 14    | 1687 | 507 | 780 | 996  | 1071 | 1141 | 1234 | 1290 | 1398 | 1442 | 1517 | 1564 | 1603 | 1637 | 1668 | 7,45 | 11,47 | 14,64 | 15,74 | 16,77 | 18,14 | 18,96 | 20,55 | 21,20 | 22,30 | 22,99 | 23,57 | 24,06 | Abbor | Gjølsjøen |
| 9,4    | 1     | 567  | 305 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 5,06 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |
| 20     | 4     | 1164 | 354 | 550 | 828  | 1016 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6,08 | 9,45  | 14,23 | 17,46 |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |
| 19,4   | 4     | 1197 | 337 | 590 | 774  | 1070 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 5,46 | 9,56  | 12,54 | 17,34 |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |
| 18,5   | 5     | 1134 | 342 | 570 | 671  | 859  | 992  |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 5,58 | 9,30  | 10,95 | 14,01 | 16,18 |       |       |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |
| 11,5   | 1     | 610  | 476 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 8,97 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |
| 6,6    | 0     | 390  |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |
| 10,5   | 1     | 625  | 377 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6,33 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |
| 11,9   | 2     | 716  | 340 | 446 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 5,65 | 7,41  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |
| 25,7   | 10    | 1663 | 345 | 638 | 816  | 958  | 1062 | 1293 | 1501 | 1533 | 1603 | 1635 |      |      |      |      | 5,33 | 9,86  | 12,61 | 14,80 | 16,41 | 19,98 | 23,20 | 23,69 | 24,77 | 25,27 |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |
| 11,5   | 1     | 664  | 442 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 7,66 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |
| 13,8   | 7     | 797  | 306 | 429 | 504  | 566  | 601  | 662  | 725  |      |      |      |      |      |      |      | 5,30 | 7,43  | 8,73  | 9,80  | 10,41 | 11,46 | 12,55 |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |
| 7,5    | 0     | 386  |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |
| 15,4   | 3     | 963  | 400 | 527 | 745  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6,40 | 8,43  | 11,91 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |
| 15     | 3     | 846  | 326 | 491 | 652  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 5,78 | 8,71  | 11,56 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |
| 14,1   | 3     | 812  | 359 | 564 | 771  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6,23 | 9,79  | 13,39 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen |





|      |    |      |     |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |            |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
|------|----|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|
| 16,5 | 7  | 1042 | 386 | 548 | 686  | 727  | 862  | 940  | 987  |      | 6,11 | 8,68  | 10,86 | 11,51 | 13,65 | 14,88 | 15,63 | Abbor | Gjølsjøen  |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 11,7 | 1  | 698  | 501 |     |      |      |      |      |      |      | 8,40 |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen  |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 19   | 3  | 1181 | 353 | 732 | 1001 |      |      |      |      |      | 5,68 | 11,78 | 16,10 |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen  |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 20,2 | 6  | 1317 | 338 | 589 | 789  | 931  | 1096 | 1237 |      |      | 5,18 | 9,03  | 12,10 | 14,28 | 16,81 | 18,97 |       | Abbor | Gjølsjøen  |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 15,7 | 3  | 922  | 315 | 636 | 815  |      |      |      |      |      | 5,36 | 10,83 | 13,88 |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen  |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 19,4 | 4  | 1294 | 516 | 707 | 903  | 1132 |      |      |      |      | 7,74 | 10,60 | 13,54 | 16,97 |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen  |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 17,5 | 5  | 1036 | 330 | 567 | 624  | 873  | 940  |      |      |      | 5,57 | 9,58  | 10,54 | 14,75 | 15,88 |       |       | Abbor | Gjølsjøen  |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 11,2 | 1  | 658  | 522 |     |      |      |      |      |      |      | 8,89 |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen  |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 11,5 | 1  | 708  | 426 |     |      |      |      |      |      |      | 6,92 |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen  |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 11,8 | 1  | 742  | 515 |     |      |      |      |      |      |      | 8,19 |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen  |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 10,5 | 1  | 627  | 414 |     |      |      |      |      |      |      | 6,93 |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen  |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 13,1 | 2  | 777  | 320 | 647 |      |      |      |      |      |      | 5,40 | 10,91 |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen  |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 12,1 | 1  | 785  | 487 |     |      |      |      |      |      |      | 7,51 |       |       |       |       |       |       | Abbor | Gjølsjøen  |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 24,3 | 11 | 1632 | 304 | 570 | 773  | 827  | 931  | 1116 | 1232 | 1365 | 1477 | 1550  | 1570  |       |       |       |       | 4,53  | 8,49       | 11,51      | 12,31 | 13,86 | 16,62 | 18,34 | 20,32 | 21,99 | 23,08 | 23,38 | Abbor | Helgetjern |
| 22,6 | 0  |      |     |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       | Abbor      | Helgetjern |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 18,6 | 5  | 1289 | 558 | 828 | 1042 | 1148 | 1230 |      |      |      | 8,05 | 11,95 | 15,04 | 16,57 | 17,75 |       |       | Abbor | Helgetjern |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 10,6 | 1  | 560  | 377 |     |      |      |      |      |      |      | 7,14 |       |       |       |       |       |       | Abbor | Helgetjern |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 15,8 | 4  | 1139 | 490 | 655 | 894  | 1054 |      |      |      |      | 6,80 | 9,09  | 12,40 | 14,62 |       |       |       | Abbor | Helgetjern |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 16,4 | 4  | 1187 | 472 | 645 | 784  | 991  |      |      |      |      | 6,52 | 8,91  | 10,83 | 13,69 |       |       |       | Abbor | Helgetjern |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 18,7 | 5  | 1180 | 480 | 646 | 646  | 788  | 995  |      |      |      | 7,61 | 10,24 | 10,24 | 12,49 | 15,77 |       |       | Abbor | Helgetjern |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 10,2 | 1  | 592  | 412 |     |      |      |      |      |      |      | 7,10 |       |       |       |       |       |       | Abbor | Helgetjern |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 11,8 | 2  | 645  | 325 | 551 |      |      |      |      |      |      | 5,95 | 10,08 |       |       |       |       |       | Abbor | Helgetjern |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 35,2 | 0  |      |     |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       | Abbor | Helgetjern |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 10,3 | 1  | 605  | 412 |     |      |      |      |      |      |      | 7,01 |       |       |       |       |       |       | Abbor | Helgetjern |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 13,5 | 3  | 821  | 325 | 439 | 658  |      |      |      |      |      | 5,34 | 7,22  | 10,82 |       |       |       |       | Abbor | Helgetjern |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 14   | 2  | 863  | 378 | 676 |      |      |      |      |      |      | 6,13 | 10,97 |       |       |       |       |       | Abbor | Helgetjern |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 12,9 | 2  | 756  | 260 | 569 |      |      |      |      |      |      | 4,44 | 9,71  |       |       |       |       |       | Abbor | Helgetjern |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 30,6 | 0  |      |     |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       | Abbor | Helgetjern |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 26,2 | 6  | 1797 | 457 | 634 | 1025 | 1423 | 1529 | 1645 |      |      | 6,66 | 9,24  | 14,94 | 20,75 | 22,29 | 23,98 |       | Abbor | Helgetjern |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 18,7 | 5  | 2108 | 533 | 749 | 1248 | 1582 | 1904 |      |      |      | 4,73 | 6,64  | 11,07 | 14,03 | 16,89 |       |       | Abbor | Helgetjern |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 25,5 | 4  | 1747 | 485 | 622 | 1003 | 1537 |      |      |      |      | 7,08 | 9,08  | 14,64 | 22,43 |       |       |       | Abbor | Helgetjern |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 6,6  | 0  | 391  |     |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       | Abbor | Helgetjern |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |
| 6,8  | 0  | 385  |     |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       | Abbor | Helgetjern |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |            |





|      |   |      |     |     |     |      |     |      |      |      |       |       |       |       |       |       |            |           |
|------|---|------|-----|-----|-----|------|-----|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-----------|
| 13,3 | 6 | 738  | 233 | 365 | 438 | 515  | 591 | 677  |      | 4,20 | 6,58  | 7,89  | 9,28  | 10,65 | 12,20 | Mort  | Helgetjern |           |
| 13,7 | 2 | 852  | 412 | 728 |     |      |     |      |      | 6,62 | 11,71 |       |       |       |       | Mort  | Helgetjern |           |
| 13,4 | 5 | 773  | 276 | 423 | 519 | 609  | 729 |      |      | 4,78 | 7,33  | 9,00  | 10,56 | 12,64 |       | Mort  | Helgetjern |           |
| 19,1 | 6 | 1181 | 390 | 536 | 674 | 835  | 939 | 1150 |      | 6,31 | 8,67  | 10,90 | 13,50 | 15,19 | 18,60 | Mort  | Helgetjern |           |
| 15,9 | 8 | 899  | 370 | 458 | 545 | 623  | 717 | 792  | 844  | 884  |       |       |       |       |       | Mort  | Helgetjern |           |
| 13,8 | 4 | 734  | 279 | 396 | 496 | 633  |     |      |      | 5,25 | 7,45  | 9,33  | 11,90 |       |       | Mort  | Helgetjern |           |
| 12,1 | 5 | 700  | 271 | 459 | 516 | 589  | 639 |      |      | 4,68 | 7,93  | 8,92  | 10,18 | 11,05 |       | Mort  | Helgetjern |           |
| 12,2 | 4 | 738  | 410 | 501 | 572 | 664  |     |      |      | 6,78 | 8,28  | 9,46  | 10,98 |       |       | Mort  | Helgetjern |           |
| 14,3 |   |      |     |     |     |      |     |      |      |      |       |       |       |       |       | Mort  | Helgetjern |           |
| 11,9 | 3 | 691  | 337 | 472 | 612 |      |     |      |      | 5,80 | 8,13  | 10,54 |       |       |       | Mort  | Helgetjern |           |
| 11,3 | 4 | 667  | 343 | 441 | 515 | 618  |     |      |      | 5,81 | 7,47  | 8,72  | 10,47 |       |       | Mort  | Helgetjern |           |
| 11,9 | 3 | 674  | 354 | 482 | 576 |      |     |      |      | 6,25 | 8,51  | 10,17 |       |       |       | Mort  | Helgetjern |           |
| 8,6  | 1 | 492  | 359 |     |     |      |     |      |      | 6,28 |       |       |       |       |       | Mort  | Gjølsjøen  |           |
| 16,7 | 5 | 1025 | 422 | 549 | 711 | 851  | 967 |      |      | 6,88 | 8,94  | 11,58 | 13,87 | 15,76 |       | Mort  | Gjølsjøen  |           |
| 17,8 | 4 | 1064 | 495 | 618 | 805 | 948  |     |      |      | 8,28 | 10,34 | 13,47 | 15,86 |       |       | Mort  | Gjølsjøen  |           |
| 14,5 | 5 | 753  | 308 | 414 | 521 | 634  | 719 |      |      | 5,93 | 7,97  | 10,03 | 12,21 | 13,85 |       | Mort  | Gjølsjøen  |           |
| 16,8 | 7 | 1035 | 431 | 547 | 583 | 691  | 738 | 843  | 906  | 7,00 | 8,88  | 9,46  | 11,22 | 11,98 | 13,68 | 14,71 | Mort       | Gjølsjøen |
| 13,6 | 5 | 793  | 370 | 443 | 539 | 622  | 754 |      |      | 6,35 | 7,60  | 9,24  | 10,67 | 12,93 |       | Mort  | Gjølsjøen  |           |
| 15,2 | 3 | 830  | 412 | 552 | 727 |      |     |      |      | 7,55 | 10,11 | 13,31 |       |       |       | Mort  | Gjølsjøen  |           |
| 18,3 | 7 | 1065 | 456 | 582 | 751 | 893  | 978 | 1017 | 1057 | 7,84 | 10,00 | 12,90 | 15,34 | 16,81 | 17,48 | 18,16 | Mort       | Gjølsjøen |
| 18   | 7 | 1094 | 462 | 639 | 730 | 826  | 869 | 960  | 1006 | 7,60 | 10,51 | 12,01 | 13,59 | 14,30 | 15,80 | 16,55 | Mort       | Gjølsjøen |
| 16,7 | 6 | 997  | 423 | 522 | 615 | 744  | 892 | 946  |      | 7,09 | 8,74  | 10,30 | 12,46 | 14,94 | 15,85 |       | Mort       | Gjølsjøen |
| 17,4 | 5 | 1050 | 390 | 528 | 675 | 824  | 994 |      |      | 6,46 | 8,75  | 11,19 | 13,65 | 16,47 |       | Mort  | Gjølsjøen  |           |
| 15,3 | 5 | 933  | 459 | 535 | 648 | 740  | 865 |      |      | 7,53 | 8,77  | 10,63 | 12,14 | 14,18 |       | Mort  | Gjølsjøen  |           |
| 16,1 | 4 | 853  | 361 | 595 | 709 | 796  |     |      |      | 6,81 | 11,23 | 13,38 | 15,02 |       |       | Mort  | Gjølsjøen  |           |
| 15,1 | 4 | 971  | 395 | 590 | 754 | 854  |     |      |      | 6,14 | 9,18  | 11,73 | 13,28 |       |       | Mort  | Gjølsjøen  |           |
| 14   | 3 | 767  | 305 | 485 | 664 |      |     |      |      | 5,57 | 8,85  | 12,12 |       |       |       | Mort  | Gjølsjøen  |           |
| 14   | 3 | 860  | 391 | 589 | 774 |      |     |      |      | 6,37 | 9,59  | 12,60 |       |       |       | Mort  | Gjølsjøen  |           |
| 18   | 4 | 1204 | 531 | 723 | 902 | 1095 |     |      |      | 7,94 | 10,81 | 13,49 | 16,37 |       |       | Mort  | Gjølsjøen  |           |
| 14   | 3 | 830  | 409 | 576 | 776 |      |     |      |      | 6,90 | 9,72  | 13,09 |       |       |       | Mort  | Gjølsjøen  |           |
| 19,1 | 4 | 1215 | 471 | 829 | 969 | 1122 |     |      |      | 7,40 | 13,03 | 15,23 | 17,64 |       |       | Mort  | Gjølsjøen  |           |
| 12   | 3 | 771  | 380 | 540 | 723 |      |     |      |      | 5,91 | 8,40  | 11,25 |       |       |       | Mort  | Gjølsjøen  |           |
| 15   | 4 | 913  | 436 | 523 | 615 | 755  |     |      |      | 7,16 | 8,59  | 10,10 | 12,40 |       |       | Mort  | Gjølsjøen  |           |

|      |   |      |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |           |           |           |
|------|---|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|
| 13   | 3 | 732  | 383 | 575 | 699 |     |      |      |      |      |      | 6,80 | 10,21 | 12,41 |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |           |
| 16,8 | 4 | 1002 | 439 | 589 | 748 | 903 |      |      |      |      |      | 7,36 | 9,88  | 12,54 | 15,14 |       | Mort  | Gjølsjøen |           |           |
| 14,6 | 3 | 834  | 332 | 517 | 691 |     |      |      |      |      |      | 5,81 | 9,05  | 12,10 |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |           |
| 19,6 | 9 | 1166 | 416 | 516 | 733 | 786 | 871  | 968  | 1006 | 1077 | 1142 | 6,99 | 8,67  | 12,32 | 13,21 | 14,64 | 16,27 | 16,91     | 18,10     | 19,20     |
| 20,1 | 7 | 1153 | 385 | 527 | 714 | 861 | 967  | 1055 | 1099 |      |      | 6,71 | 9,19  | 12,45 | 15,01 | 16,86 | 18,39 | 19,16     |           |           |
| 13   | 3 | 804  | 374 | 581 | 753 |     |      |      |      |      |      | 6,05 | 9,39  | 12,18 |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |           |
| 13   | 3 | 775  | 366 | 550 | 718 |     |      |      |      |      |      | 6,14 | 9,23  | 12,04 |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |           |
| 14,5 | 3 | 827  | 393 | 528 | 736 |     |      |      |      |      |      | 6,89 | 9,26  | 12,90 |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |           |
| 12,6 | 3 | 716  | 382 | 552 | 661 |     |      |      |      |      |      | 6,72 | 9,71  | 11,63 |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |           |
| 14,5 | 3 | 804  | 409 | 576 | 742 |     |      |      |      |      |      | 7,38 | 10,39 | 13,38 |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |           |
| 14,5 | 3 | 838  | 448 | 637 | 783 |     |      |      |      |      |      | 7,75 | 11,02 | 13,55 |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |           |
| 13,4 | 5 | 798  | 372 | 506 | 580 | 740 | 778  |      |      |      |      | 6,25 | 8,50  | 9,74  | 12,43 | 13,06 |       | Mort      | Gjølsjøen |           |
| 14,1 | 3 | 816  | 391 | 554 | 747 |     |      |      |      |      |      | 6,76 | 9,57  | 12,91 |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |           |
| 15,1 | 3 | 884  | 394 | 579 | 824 |     |      |      |      |      |      | 6,73 | 9,89  | 14,08 |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |           |
| 12,4 | 3 | 771  | 369 | 509 | 711 |     |      |      |      |      |      | 5,93 | 8,19  | 11,44 |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |           |
| 13   | 3 | 791  | 431 | 543 | 733 |     |      |      |      |      |      | 7,08 | 8,92  | 12,05 |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |           |
| 12,3 | 2 | 631  | 345 | 485 |     |     |      |      |      |      |      | 6,73 | 9,45  |       |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |           |
| 13,6 | 3 | 930  | 423 | 640 | 841 |     |      |      |      |      |      | 6,19 | 9,36  | 12,30 |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |           |
| 18   | 5 | 1106 | 405 | 535 | 677 | 846 | 1018 |      |      |      |      | 6,59 | 8,71  | 11,02 | 13,77 | 16,57 |       | Mort      | Gjølsjøen |           |
| 9,1  | 1 | 524  | 369 |     |     |     |      |      |      |      |      | 6,41 |       |       |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |           |
| 14,6 | 3 | 892  | 444 | 622 | 833 |     |      |      |      |      |      | 7,27 | 10,18 | 13,63 |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |           |
| 18,7 | 8 | 1116 | 515 | 668 | 741 | 823 | 886  | 957  | 1002 | 1088 |      | 8,63 | 11,19 | 12,42 | 13,79 | 14,85 | 16,04 | 16,79     | 18,23     |           |
| 12,4 | 3 | 709  | 365 | 519 | 660 |     |      |      |      |      |      | 6,38 | 9,08  | 11,54 |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |           |
| 18,7 | 8 | 1136 | 354 | 426 | 610 | 709 | 811  | 942  | 990  | 1090 |      | 5,83 | 7,01  | 10,04 | 11,67 | 13,35 | 15,51 | 16,30     | 17,94     |           |
| 14,4 | 3 | 834  | 355 | 557 | 764 |     |      |      |      |      |      | 6,13 | 9,62  | 13,19 |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |           |
| 15,7 | 4 | 978  | 355 | 572 | 751 | 915 |      |      |      |      |      | 5,70 | 9,18  | 12,06 | 14,69 |       | Mort  | Gjølsjøen |           |           |
| 18,1 | 6 | 1086 | 409 | 559 | 719 | 838 | 981  | 1067 |      |      |      | 6,82 | 9,32  | 11,98 | 13,97 | 16,35 | 17,78 |           | Mort      | Gjølsjøen |
| 19   | 8 | 1155 | 425 | 545 | 718 | 846 | 918  | 1012 | 1061 | 1101 |      | 6,99 | 8,97  | 11,81 | 13,92 | 15,10 | 16,65 | 17,45     | 18,11     |           |
| 19,6 | 9 | 1144 | 356 | 523 | 649 | 807 | 855  | 947  | 989  | 1076 | 1123 | 6,10 | 8,96  | 11,12 | 13,83 | 14,65 | 16,22 | 16,94     | 18,43     | 19,24     |
| 13,5 | 4 | 876  | 472 | 687 | 748 | 806 |      |      |      |      |      | 7,27 | 10,59 | 11,53 | 12,42 |       |       | Mort      | Gjølsjøen |           |
| 12,4 | 3 | 707  | 371 | 515 | 657 |     |      |      |      |      |      | 6,51 | 9,03  | 11,52 |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |           |
| 15,3 | 3 | 880  | 415 | 605 | 793 |     |      |      |      |      |      | 7,22 | 10,52 | 13,79 |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |           |
| 13,6 | 3 | 830  | 404 | 620 | 769 |     |      |      |      |      |      | 6,62 | 10,16 | 12,60 |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |           |

|      |    |      |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |           |           |       |           |           |           |           |
|------|----|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-----------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 12,2 | 3  | 778  | 412 | 587 | 716 |     |      |      |      |      |      |      |      | 6,46 | 9,20  | 11,23 |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |       |           |           |           |           |
| 15,5 | 3  | 940  | 425 | 632 | 860 |     |      |      |      |      |      |      |      | 7,01 | 10,42 | 14,18 |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |       |           |           |           |           |
| 9,5  | 1  | 489  | 341 |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      | 6,62 |       |       |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |       |           |           |           |           |
| 13,9 | 3  | 742  | 404 | 535 | 704 |     |      |      |      |      |      |      |      | 7,57 | 10,02 | 13,19 |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |       |           |           |           |           |
| 18   | 5  | 1130 | 359 | 508 | 655 | 833 | 1024 |      |      |      |      |      |      | 5,72 | 8,09  | 10,43 | 13,27 | 16,31 | Mort  | Gjølsjøen |           |       |           |           |           |           |
| 13,2 | 4  | 835  | 392 | 564 | 633 | 774 |      |      |      |      |      |      |      | 6,20 | 8,92  | 10,01 | 12,24 |       | Mort  | Gjølsjøen |           |       |           |           |           |           |
| 20,5 | 11 | 1276 | 477 | 580 | 755 | 829 | 936  | 1037 | 1089 | 1143 | 1174 | 1219 | 1248 | 7,66 | 9,32  | 12,13 | 13,32 | 15,04 | 16,66 | 17,50     | 18,36     | 18,86 | 19,58     | 20,05     | Mort      | Gjølsjøen |
| 13   | 3  | 746  | 430 | 548 | 674 |     |      |      |      |      |      |      |      | 7,49 | 9,55  | 11,75 |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |       |           |           |           |           |
| 18,2 | 5  | 1041 | 403 | 538 | 646 | 767 | 920  |      |      |      |      |      |      | 7,05 | 9,41  | 11,29 | 13,41 | 16,08 |       | Mort      | Gjølsjøen |       |           |           |           |           |
| 14   | 3  | 876  | 473 | 646 | 787 |     |      |      |      |      |      |      |      | 7,56 | 10,32 | 12,58 |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |       |           |           |           |           |
| 19,7 | 5  | 1299 | 438 | 651 | 817 | 967 | 1194 |      |      |      |      |      |      | 6,64 | 9,87  | 12,39 | 14,67 | 18,11 |       | Mort      | Gjølsjøen |       |           |           |           |           |
| 9,7  | 1  | 561  | 342 |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      | 5,91 |       |       |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |       |           |           |           |           |
| 8    | 1  | 498  | 349 |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      | 5,61 |       |       |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |       |           |           |           |           |
| 12,5 | 3  | 731  | 413 | 519 | 676 |     |      |      |      |      |      |      |      | 7,06 | 8,87  | 11,56 |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |       |           |           |           |           |
| 17,3 | 8  | 1111 | 322 | 441 | 536 | 635 | 725  | 832  | 941  | 1038 |      |      |      | 5,01 | 6,87  | 8,35  | 9,89  | 11,29 | 12,96 | 14,65     | 16,16     |       |           | Mort      | Gjølsjøen |           |
| 9,1  | 1  | 571  | 412 |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      | 6,57 |       |       |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |       |           |           |           |           |
| 17,4 | 5  | 1176 | 474 | 641 | 770 | 942 | 1074 |      |      |      |      |      |      | 7,01 | 9,48  | 11,39 | 13,94 | 15,89 |       | Mort      | Gjølsjøen |       |           |           |           |           |
| 15,6 | 4  | 957  | 369 | 591 | 846 | 906 |      |      |      |      |      |      |      | 6,02 | 9,63  | 13,79 | 14,77 |       | Mort  | Gjølsjøen |           |       |           |           |           |           |
| 12,3 | 2  | 752  | 397 | 574 |     |     |      |      |      |      |      |      |      | 6,49 | 9,39  |       |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |       |           |           |           |           |
| 17   | 8  | 1118 | 469 | 562 | 713 | 761 | 831  | 908  | 937  | 1085 |      |      |      | 7,13 | 8,55  | 10,84 | 11,57 | 12,64 | 13,81 | 14,25     | 16,50     |       |           | Mort      | Gjølsjøen |           |
| 8,5  | 1  | 501  | 351 |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      | 5,96 |       |       |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |       |           |           |           |           |
| 15,3 | 3  | 966  | 502 | 706 | 914 |     |      |      |      |      |      |      |      | 7,95 | 11,18 | 14,48 |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |       |           |           |           |           |
| 18,2 | 5  | 1119 | 438 | 562 | 717 | 826 | 1036 |      |      |      |      |      |      | 7,12 | 9,14  | 11,66 | 13,43 | 16,85 |       | Mort      | Gjølsjøen |       |           |           |           |           |
| 16,2 | 4  | 1003 | 430 | 648 | 742 | 908 |      |      |      |      |      |      |      | 6,95 | 10,47 | 11,98 | 14,67 |       | Mort  | Gjølsjøen |           |       |           |           |           |           |
| 19,5 | 7  | 1317 | 445 | 550 | 715 | 831 | 983  | 1093 | 1243 |      |      |      |      | 6,59 | 8,14  | 10,59 | 12,30 | 14,55 | 16,18 | 18,40     |           |       | Mort      | Gjølsjøen |           |           |
| 14,4 | 3  | 883  | 427 | 601 | 823 |     |      |      |      |      |      |      |      | 6,96 | 9,80  | 13,42 |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |       |           |           |           |           |
| 9,8  | 1  | 574  | 417 |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      | 7,12 |       |       |       |       | Mort  | Gjølsjøen |           |       |           |           |           |           |
| 18,7 | 7  | 1071 | 509 | 668 | 740 | 797 | 907  | 960  |      |      |      |      |      |      | 8,89  | 11,66 | 12,92 | 13,92 | 15,84 | 16,76     |           |       | Mort      | Gjølsjøen |           |           |
| 15,1 | 6  | 938  | 398 | 470 | 546 | 648 | 757  | 884  |      |      |      |      |      | 6,41 | 7,57  | 8,79  | 10,43 | 12,19 | 14,23 |           |           | Mort  | Gjølsjøen |           |           |           |
| 12,9 | 4  | 821  | 339 | 479 | 610 | 751 |      |      |      |      |      |      |      | 5,33 | 7,53  | 9,58  | 11,80 |       |       | Mort      | Gjølsjøen |       |           |           |           |           |

---