



Høgskolen i **Hedmark**

Avdeling for anvendt økologi og landbruksfag
Institutt for skog- og utmarksfag
Campus Evenstad

Pål Åge Joten

Morfologi, livshistorie og forvaltningsmessige aspekter hos siken (*Coregonus lavaretus* L.) i Isteren

Morphology, life history and management related aspects of the
Whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) in Lake Isteren

Bachelor i utmarksforvaltning

2014

Samtykker til utlån hos høgskolebiblioteket

JA NEI

Samtykker til tilgjengeliggjøring i digitalt arkiv Brage

JA NEI

Sammendrag

Joten, P. Å. (2014). *Morfologi, livshistorie og forvaltningsmessige aspekter hos siken (Coregonus lavaretus L.) i Isteren.*

Målet med oppgaven var å undersøke morfologi og livshistorie til siken (*Coregonus lavaretus* L.) i innsjøen Isteren, i tillegg til å komme med forslag om forvaltning av innsjøen. Prøvefisket ble gjennomført i oktober, 2013. Det viste seg at det finnes to morfer av sik i Isteren; den kortvokste siksilda og normalsiken, som skilles på alder og lengde ved kjønnsmodning. Jeg viser at 50 % av henholdsvis siksild- og normalsikbestanden er kjønnsmoden før nådde 15 cm og innen 1.5 år, og 33 cm og 7.5 år. Det viste seg at sikmorfene ikke kan skilles på noe annet enn livshistorien, da ved lengde og alder ved kjønnsmodning. Maksimale fiskelengde i bestanden (L_{∞}) for henholdsvis siksild og normalsik er på 16 cm og 46.2 cm. Begge morfene har like mange gjellestaver, men siksilda har et mindre gjelleorgan, som dermed gir tettere gjellegitter som filtrerer finere partikler av zooplanton, enn normalsikens gjelleorgan. Siksildbestanden er noe infisert av gjeddemark, mens begge morfene er infisert av fiskeandmark/måkemark, hvor normalsiken er sterkest infisert.

Ut fra trofiske karakterer som gjellestavtetthet og parasittering, i tillegg til genetiske målinger som viser at siksild og normalsik er til dels reprodusivt adskilte, er det sannsynlig morfene også har delvis segregerte økologiske nisjer, men at de har noe nisjeoverlapp, og kan opptre på samme gytelokalitet. Dette gir derfor grunn til å forvalte morfene hovedsakelig hver for seg. Det er spesielt den større normalsiken som er ettertraktet matfisk både privat og kommersielt, mens siksilda er svært viktig føde for ørreten i innsjøen. Siksilda kan i stor grad forvaltes uten stor direkte påvirkning av fiske, siden kun et fåtall fisker siksild, og siksild er primærnæring for ørretbestanden i pelagialen, i tillegg til føde for gjedde. Når det gjelder normalsikbestanden, så kan den se ut til å forgubbes. Derfor mener jeg ut fra mine resultater på livshistoriemønsteret kan denne beskattes hardere enn den gjør i dag, da den er beskattet med opp til 10 tonn for noen tiår siden uten å svekkes at dette.

Abstract

Joten, P. Å. (2014). *Morphology, life history and management related aspects of the Whitefish (Coregonus lavaretus L.) in Lake Isteren.*

The goal of my study was to investigate morphology and life history of whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) in Lake Isteren, as well as to provide suggestions on the management of the lake. Test fishing was conducted in October 2013. It turned out that there are two morphs of whitefish in Isteren; the dwarf whitefish and normal sized whitefish, as distinguished by age and length at maturity. I show that 50 % of dwarf whitefish- and the normal sized whitefish stock are sexually mature before reaching 15 cm and 1.5 years, and 33 cm and 7.5 years respectively. The study showed that the morphs can't be distinguished on factors besides growth process. Maximum length of fish in the population (L_{∞}) respectively dwarf whitefish and normal sized whitefish is 16 cm and 46.2 cm. Both morphs have the same number of gill rakers, but the dwarf whitefish has a smaller gill organ, thus giving a higher gill raker density, which filtering finer particles of zooplankton than the gill organ of normally sized whitefish. The dwarf whitefish stock is lightly infected by *Triaenophorus crassus*, while both morphs are infected by *Diphyllbothrium* spp., of which normal sized whitefish is strongest infected.

The findings indicate that it is likely that dwarf whitefish and normally sized whitefish have partially segregated ecological niches, based upon trophic characters such as gill raker density and parasitic flora, which gives reason to administer morphs separately. However, they do have some niche overlap, and can act in the same spawning area. The normally sized whitefish is a sought after food fish for both private and commercial purposes, while the dwarf whitefish is very important food for trout in the lake. The latter may for the main part do without direct management, since only a few humans fish dwarf whitefish, and since the stock is primary food for the pelagic trout and also predated by pike. The normally sized whitefish stock, on the other hand, contains many old individuals and can be taxed multiple times harder than it is today. It has previously been taxed at up to 10 tons per hectare a few decades back without weakening the stock.

Forord

Denne oppgaven er siste del av mitt bachelorstudie i Utmarksforvaltning ved Høgskolen i Hedmark, avdeling Evenstad. Oppgaven bygger på prøvefiskeresultater fra Isteren utført av undertegnede, hvor jeg undersøker morfologien og livshistorien på siken i Isteren, sikens innvandring til innsjøen og kommersiell utnyttelse av sikressursen i området.

Jeg har selv vokst opp i Sømådalen, rett nord for Isteren, og for meg er utnyttelse av sikressursen og tradisjonene rundt dette velkjent. Det er dette som ligger til grunn for min motivasjon med å knytte det praktiske fisket opp mot teori, for å lære enda mer om dette fiskesamfunnet. Prosjektet har vært svært lærerikt, og jeg nå ser på sikressursen med et annet, og mer kunnskapsrikt syn.

Jeg håper resultatene fra denne oppgaven kan tas med i vurderingen av hvordan Isteren Fiskelag skal forvalte sikressursen på en best mulig måte, sammen med de andre artene, spesielt med tanke på storørretstammen i sjøen.

Jeg vil gjerne takke mine medhjelpere gjennom prosjektet, uten disse personene ville prosjektet blitt vanskelig å gjennomføre; først og fremst rettes en stor takk til min meget kunnskapsrike veileder og diskusjonspartner gjennom prosjektet, professor Kjartan Østbye, som sitter med svært bred kompetanse på fagfeltet i denne rapporten. Takk også til PhD. Marius Hassve, i tillegg til Morten Døviken for retting av oppgaven. En stor takk også til lokale kjentfolk, som har drevet med sikfiske, og kjenner dets historie gjennom hundrevis av år; leder i Isteren Fiskelag Thore Joten, oppsynsmann Ove Henning Eggen som begge er fritidsfiskere og leverandører av fisk til Femundfisk AS, i tillegg til hjelp med garn av Ola Joten og Berit Joten. Takk også til Brit Elin Fossum, for hjelp med registrering av fisk ved Elvålsvollen. Svein Joten takkes for lånet av båt.

Pål Åge Joten

2014

Innholdsfortegnelse

Sammendrag.....	2
Abstract	3
Forord	4
Innledning.....	6
Materiale og metoder	9
Områdebeskrivelse	9
Gjennomføring av prøvefiske.....	11
Laboratorieanalyser	12
Statistiske analyser	15
Resultater.....	18
Morfometriske målinger	18
Livshistorie	19
Parasitter	20
Gjellestaver.....	21
Diskusjon.....	22
Livshistoriemønstre hos siken i Isteren	22
Er det en eller fler morfer av sik i Isteren?	23
Har siksilda og normalsiken i Isteren ulike økologiske nisjer?	24
Hva er opprinnelsen til de to sikmorfene i Isteren?.....	26
Forvaltningsmessige aspekter av mine undersøkelser av siken i Isteren.....	28
Konklusjon	31
Referanser.....	32

Innledning

Siken (*Coregonus lavaretus* L.) er en hvitfisk som er utbredt over store deler av den nordlige halvkule, ofte i sjøer med klart og oksygenrikt vann (Etheridge et al., 2012; Muus & Dahlstrøm, 1967). Den er velkjent for sin store fenotypiske variasjon (polymorfisme) både mellom og innenfor vann i Fennoskandia (Østbye et al., 2005a). På grunn av morfologisk variasjon har siken vært vanskelig å identifisere til taxonomisk nivå, selv for eksperter (Muus & Dahlstrøm, 1967). Det har vært uenighet om de ulike siktypene er egne arter, eller underarter/morfer (Borgstrøm & Hansen, 2000) av *Coregonus*. Kottelat og Freyhof (2007) har basert på morfologi, definert et minimum av 59 arter av *Coregonus* i Europa. De sier at «lavaret» (fransk for «sik») først ble brukt i 1555 av Guillaume Rondelet for siken i innsjøen Bourget, Frankrike (Alpene). Svärdsen (1979) skiller mellom de seks artene storsik, elvesik, blåsik, planktonsik, aspsik og sandsik fra undersøkelser i Sverige basert på antall gjellestaver og til dels leveområde (nisjebruk). I motsetning til dette mener Etheridge et al. (2012) at det kun er stor fenotypisk variasjon innen sikkomplekset, og at artsnavnet *Coregonus lavaretus* må bestå, og at man bør se på siken som en polymorf art i form av morfer (Borgstrøm & Hansen, 2000).

I Europa kan man observere mellom en og fire sikmorfer innen samme vann (Østbye et al. 2005a). I Femund, Engerdal, fant Næsje et al. (1992) at det finnes tre forskjellige morfer av sik, mens Østbye et al. (2005a) beskriver fire morfer. Sikens store morfologiske variasjon i Nord-Europa er relativt godt beskrevet (Gowell et al., 2012; Kahilainen et al., 2010; Kahilainen & Østbye, 2006; Svärdsen, 1979; Østbye et al., 2005a). Det er ulike fenotypiske karakterer som skiller morfene, ofte relatert til adaptive morfologiske trekk med hensyn på næringsopptak (Østbye et al., 2005a). Morfene ser ut til å være tilpasset til ulike nisjer i vannet der de bruker littoralsonen (nær land), pelagialsonen (de frie vannmasser langt fra land) og profundalsonen (på bunn langt fra land) (Borgstrøm & Hansen, 2000; Svärdsen, 1979; Østbye et al., 2005a). Generelt er den vanlige siken omnivor («alteter»), og har en liten munn med overbitt, som tilsier et variabelt næringsopptak som omfatter blant annet krepsdyrplankton, overflateinsekter og bunndyr (Borgstrøm & Hansen, 2000; Kahilainen & Østbye, 2006). Den kan spise også fiskeyngel (Pethon, 1998). Man ser ofte at sik i littoralsonen spiser større dyreplankton og har få og korte gjellestaver som gir et åpent gjellegitter, mens sik som spiser mindre zooplankton pelagialt har flere og lengre gjellestaver som gir et mer lukket gjellegitter (Kahilainen & Østbye, 2006). Ofte er hodestørrelsen

korrelert med gjellegitter-utformingen, hvor et åpent gjellegitter er assosiert med et stort hode (Kahilainen & Østbye, 2006). Det er også variasjon i livshistorien som vises ved alder og lengde ved kjønnsmodning og populasjonens maksimale oppnådde lengde (L_{∞}) (Østbye et al., 2005a).

Når det gjelder Isteren, fant Østbye et al. (2005a) at det finnes to morfer av sik i Isteren; siksild og normalsik (Figur 2). Disse skiller fra hverandre i deres artikkel ved å ha ulike morfologiske trekk, også presentert opp mot andre sjøer i nærheten; Femund og Engeren i Femund-/Trysilvassdraget, Vurrusjøen og Drevsjøen i Dalälvs-vassdraget, og Storsjøen i Glomma-vassdraget. I en rapport om siken i Isteren skrevet av Qvenild & Linløkken (1986), sies det ingenting om morfologi, selv om det er et svært stort spenn i lengde ved kjønnsmodning (moden fisk <25 cm, umoden fisk >35 cm). Det nevnes også her at siken i Isteren, i likhet med siken i Sølensjøen, Rendalen, har en svært rask vekst med liten tendens til stagnasjon. Ung fisk har raskere vekst enn eldre fisk, noe som kan skyldes Lee's fenomen (selektiv utfisking av rasktvoksende fisk), og det nevnes at grunnen til disse resultatene, er hard beskatning (Borgstrøm & Hansen, 2000; Qvenild & Linløkken, 1986).

Siken er ofte meget tallrik der den forekommer, og er en god og ettertraktet matfisk som har sterke høstingstradisjoner i Femund/Isteren-området (Næsje et al., 1992). Siken er kvantumsmessig den største fiskeressursen i området (Flø, 1998). Trolig ligger mye av vilkårene for dagens sikkfiske i hvor viktig siken har vært før i tiden, og at man hele tiden har vært bevisst på at dette har vært en verdifull ressurs. Mange år med utnyttelse og forvaltning av sikressursen, gjør at vi fremdeles i dag kan utnytte en god sikbestand, og fortsette med det tradisjonelle sikkfiske (Flø, 2000). Garn- og notfisket etter sik i Isteren har vært svært aktivt opp gjennom tiden (Qvenild & Nashoug, 1999), da spesielt av lokale fiskere (Flø, 2000). Femund-/Trysilvassdraget er i dag det vassdraget i Hedmark som tiltrekker seg flest fiskere i løpet av en sesong. Sportsfiskets popularitet blir større og større, da spesielt etter storørret i form av trollingfiske i sjøene Isteren, Femund og Storsjøen, Rendalen (Museth et al., 2008; Qvenild & Nashoug, 1999; Sandlund et al., 2012). Isterfossen er et svært attraktivt område og velkjent for fluefiskere, hvor det tas store mengder harr og sik (Qvenild & Nashoug, 1999).

Isteren blir forvaltet av Isteren Fiskelag, som består av et styre og rettighetshavere, eller «lotteiere» (Qvenild, 2010), hvor disse fritt kan fiske i sjøen. Noen av rettighetshaverne

leverer fisk kommersielt til Femundfisk AS, og i 2012 ble det tatt ut omlag 850 kg sik fra Isteren til foredlingsanlegget (Oppsynsmann Ove Henning Eggen, personlig kommunikasjon, 2012). Femundfisk AS kjøper rund fisk (usløyet fisk), foredler i form av røking eller graving, og selger til lokale og regionale butikker mellom Elverum og Røros. Noe er også solgt gjennom grossist til for eksempel Hurtigruten (Rye & Krokann, 2010). Hele 90 % av intervjuobjektene som bor i området rundt Femund og Isteren mener at det er rett å satse på kommersielt fiske, og at foretaket er godt forankra i den lokale kulturen (Flø, 1998). Siken i Isteren har derfor en sterkt tradisjonsfestet rolle i husholdsfiske, samt at lokale kommersielle foretak ønsker ressursene.

Hovedmålet med denne bacheloroppgaven var å kartlegge sikens morfologi og livshistorie i Isteren. Dette ble gjort ved å undersøke metriske (målbare) og meristiske karakterer (tellbare) samt å analysere alder, lengdevekst og kjønnsmodning. Det er ”kjent” fra tidligere rapporter og lokale fiskere i området rundt Isteren at det skal finnes to typer sik i Isteren, men dette har i kun liten skala blitt undersøkt vitenskapelig. Det ble derfor gjennomført en innsamling av et egnet materiale for å vurdere disse forhold i Isteren. Min hypotese er at det kun finnes en type/morf av sik i Isteren når man analyserer morfologi (både målbare og tellbare karakterer samlet), men at det finnes to sikmorfer basert på alder, vekst og modningsforløp. Videre undersøkte jeg sikens økologiske rolle i Isteren ved å telle individer av to parasittarter. Ved å sammenstille resultatene mine diskuterer jeg videre noen forvaltningsmessige aspekter av høstingen av siken i Isteren slik den gjennomføres nå og fremmer forslag til nye vurderinger.

Materiale og metoder

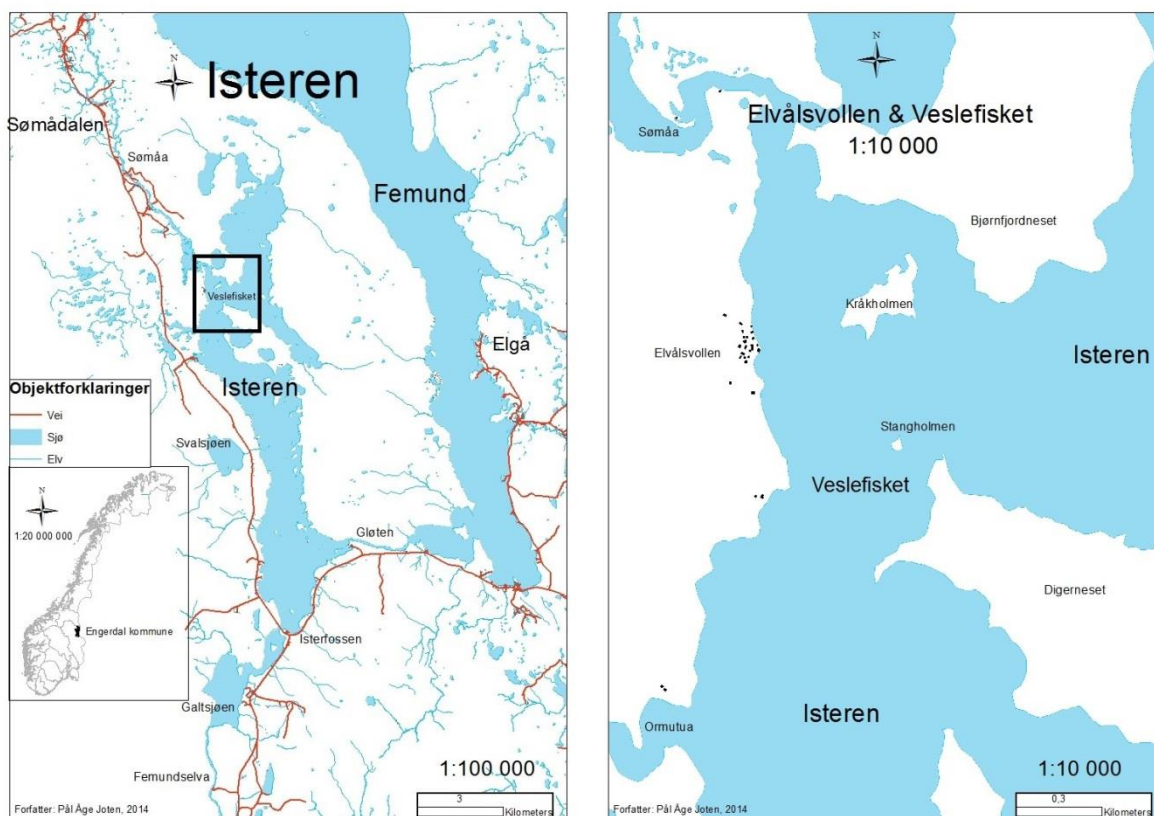
Områdebeskrivelse

Isteren (29 km², 645 moh) ligger i Hedmark fylke, Engerdal kommune, og er ett av få private vann i denne kommunen, hvor det meste av arealet er statsallmenning (Figur 1). Sjøen ligger høyt opp i Trysil-Klarälvvassdraget, og er kjent for sine grunne farvann (Qvenild, 2010). Vann fra Rogen/Femund, Langsjøen og Sømåa renner gjennom Isteren før det renner ut i Galtsjøen, Femundselva og Trysilelva før Klarälven på svensk side.

Sjøen er velkjent for å være næringsrik, og man antar at navnet stammer fra «ister», som er fett fra bukhulen som brukes som talg (Qvenild, 2010). Jacob B. Bull mener navnet kommer fra all vieren som vokser rundt sjøen, som kan sies å være en frodig fjellsjø (Qvenild, 2010).

Fiskeværet Haugsetvollen var bebodd allerede i 1685, da det her er funnet årstallet innrisset (Qvenild, 2010), mens bosettingen i Sømådalen skjedde rundt av 1740 (Sæter, 1908), da gruvearbeidere under Røros kobberverk slo seg ned i området for å kjøre kull til gruvene. Allikevel antas det at folk har benyttet området til jakt og fiske lengde før dette (Qvenild, 2010). I alle år har primærressurser vært viktige for befolkningen i Femundregionen, og har fremdeles en stor verdi, både som «spisskammers» og rekreasjon (Flø, 1998). I dag er turisme en av de viktigste næringene i området, men private fiskere og kommersielt fiske til Femundfisk AS ved Elgå er viktige tradisjons- og kulturbærere av sikfisket (Sandlund et al., 2001).

I tillegg til sik, finnes ørret (*Salmo trutta*), gjedde (*Esox lucius*), abbor (*Perca fluviatilis*), harr (*Thymallus thymallus*), lake (*Lota lota*) og ørekyt (*Phoxinus phoxinus*) i Isteren. Innsjøen Isteren er kjent for sin gode storørretbestand (Sandlund et al., 2012) og stor sik av meget god kvalitet. Store områder av sjøen er <5 m dype, der det største dypet er ca 45 m sør i sjøen (Sandlund et al., 2012). Den relativt store høyden over havet og den fattige berggrunnen, med sparagmittbergarter (sandstein) (Sollid & Kristiansen, 1983), tilsier at Isteren ikke skal være spesielt næringsrik. Vannanalyser fra elvene Sømåa og Tufsinga støtter antakelsen om at vannet som tilføres til de to sjøene er omtrent av samme relativt fattige næringskvalitet, men avkastningen synes å være mye høyere i Isteren (2-3.5 kg/hektar fisk i Isteren mot ca 1 kg/hektar fisk i Femund) (Sandlund et al., 2012). Dette skyldes sannsynligvis det faktum at Isteren har store grunne områder, i motsetning til Femund som har dypere bassenger.



Figur 1. Panelet til venstre viser et kartutsnitt av Isteren og søndre deler av Femund med nærliggende områder, samt et norgeskart, hvor Engerdal kommune er markert med sort. Sort rektangel i venstre panel viser hvor kartutsnittet i høyre panel er hentet fra. Høyre panel viser gytegrunna "Veslefisket" (Qvenild & Linløkken, 1986), mellom Digerneset og fiskevollen Elvålsvollen.

Jeg velger i stor grad å sammenligne Isteren med Femund i denne oppgaven, da sjøene ligger på omtrent samme høyde over havet, som vil gi tilnærmet samme næringsgrunnlag, i tillegg til at Femund renner ut i Isteren gjennom Gløten (Figur 1). Jeg har i tillegg personlig erfaring med fiske fra begge sjøene, og det finnes mer litteratur som er skrevet om Femund enn Isteren, som i mange tilfeller kan linkes til Isteren (Sandlund et al., 2012, Østbye et al., 2005a). Det blir også levert fisk fra begge sjøene til Femundfisk AS. Femund er beskrevet som en ultraoligotrof (svært næringsfattig) innsjø (Borgstrøm & Hansen, 2000; Østbye et al., 2005a), men næringsforholdene er mye bedre og siktedybden mye mindre i Isteren (Løvik et al., 2010). Femund er vesentlig dypere enn Isteren, og det er grunn til å tro at nærings sirkulasjonen, som oppstår når vanntemperaturen i øvre sjikt stiger om våren og synker om høsten, er bedre i Isteren (varmt vann stiger, kaldt vann synker) (Borgstrøm &

Hansen, 2000). Generelt grunnere vann (middeldyp Isteren: 7,4 m, Femund: 30 m), har også en høyere temperatur da sollyset har mindre vannvolum å varme opp (Sandlund et al., 2012).

Gjennomføring av prøvefiske

Prøvefisket ble gjennomført 26.-28. oktober 2013. Det ble fisket med bunngarn (1.5 m dype, 25 m lange) i littoralsonen, med en garnserie valgt ut fra «Jensen-garnserien» (Borgstrøm & Hansen, 2000). Denne modifiserte serien, inndelt i to mindre garnlenker, inneholdt garn med maskeviddene 13,5 mm, 16 mm, 21 mm, 29 mm, 35 mm, 39 mm, 45 mm og 52 mm. Jeg benyttet denne garnserien med stor variasjon i maskeviddene fordi den fanger fisk representativt i alle lengdegrupper, og fordi en slik serie er vanlig å bruke ved prøvefiske (Borgstrøm & Hansen, 2000). Den siste natta benyttet jeg også i tillegg fire garn med størrelsene 35-35-35-42 mm. Dette fordi formålet var å få et bedre utvalg storsik, siden jeg fikk stor overvekt av liten sik den første natta. Garnlenkene ble satt på grunt vann, i sublittoral sone (<3 m dybde) mellom holmer og land på gyteområde for normalsik, ved Elvålsvollen – «Veslefisket» (Qvenild & Linløkken, 1986) (Figur 1). På forhånd var det kjent at minimum to morfer sannsynligvis eksisterte i isteren – siksild og normalsik (Qvenild & Nashoug, 1998; Østbye et al., 2005a). Da jeg samlet inn fisken ble individer gruppert til siksild og normalsik i felt basert på størrelse og utseende. Denne grove inndelingen ble også vurdert og justert da jeg senere sjekket alder og lengde ved kjønnsmodning – der jeg grupperte individer med hhv tidlig og sen kjønnsmodning med lavt og høyt vekstpotensiale (det vil si lengde ved en gitt alder). Denne *a priori* inndelingen ble også sammenlignet med en nøytral vurdering av sikmorfene ved statistiske analyser (prinsipal komponent analyser). Garnene lå ute ca 12 timer hver natt. I prøvefisket fikk jeg 72 sik, som gir en fangst på 9.6 sik per 100 m² for hele fisket.



Figur 2. Øverst ligger en stor normalsik, nederst ligger en siksild, begge individer er kjønnsmodne. Man ser tydelig det faktum som forskere og kjentfolk har påpekt i mange år, at de to sikmorfene i det minste kan skilles på alder og lengde ved kjønnsmodning. Foto: Pål Åge Joten, 2014.

Laboratorieanalyser

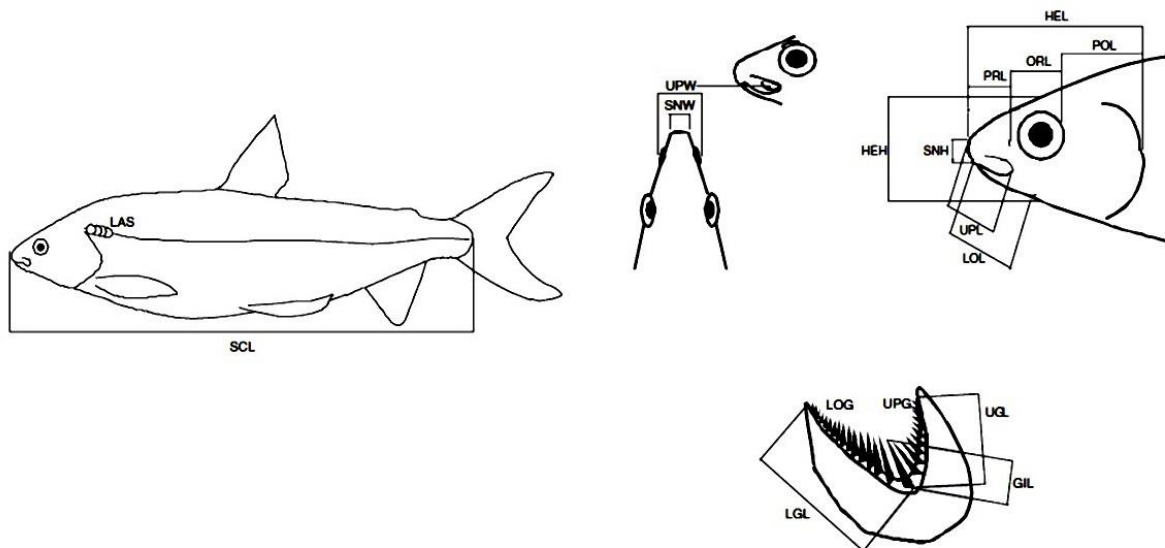
Laboratoriearbeidet startet i midten av desember 2013, og fortsatte i perioder vinteren 2014. Fra opptint fisk tok jeg vare på indre organer; gjelleapparatet, kjønnsprodukter (rogn eller melke), mage og tarm, lever, galleblære, milt og hjerte. Gjelleapparatet ble først lagt på 70 % ethanol, for senere å måle lengden av gjellebua, samt telle antall gjellestaver. Kjønnsprodukter ble brukt for å kjønnsbestemme fisken. Mage og tarm tok jeg vare på for å telle antall fiskeandmark/måkemark (*Diphyllbothrium* spp.), i form av syster. Deretter fileterte jeg fisken helt, slik at jeg fikk to skinn- og bein-frie fileter, for å se gjeddemark (*Triaenophorus crassus*). Gjeddemark finnes som larver i kjøttet, ofte i tette bestander med gjedde (parasitten har gjedde som sluttvert, da gjedde spiser infisert sik, derav navnet). Denne bendelmarken blir kjønnsmoden inni gjeddemagen, og egg av marken slippes ut ved avføring, før hoppekreps spiser disse. Siken spiser deretter infisert hoppekreps, og får dermed gjeddemark i kjøttet (Borgstrøm & Hansen, 2000). Filetene ble holdt opp mot et lysrør over arbeidsbenken på laboratoriet slik at kjøtt og fremmedlegemer skapte en kontrast, der jeg observerte antall gjeddemark. På noen fileter brukte jeg kniv for å få fram eventuelle gjeddemark. Av fileten tok jeg også ut en vevsprøve, som senere kan, sammen med skjellprøver, benyttes til genetiske analyser for genetikk og stabile isotoper (Professor Kjartan Østbye, personlig kommunikasjon, 2014). Innvoller, kjønnsprodukter og vevsprøver ble umiddelbart frosset i lynlåsposer til senere bruk, mens øresteinene (heretter kalt otolittene) og skjell ble lagt i papirposer for blant annet aldersbestemmelse.

En av de enkleste, og mest presise metodene for å finne sikens alder, er å benytte otolittene (Borgstrøm & Hansen, 2000; Svårdson & Nilsson, 1964). Det finnes tre slike otolittpar i fiskens hode, og det største av disse, *sagitta*, er vanlig å benytte ved aldersbestemmelse av fisk (Borgstrøm & Hansen, 2000). Man finner disse kalklegemene ved å gjøre et snitt på ca 45° gjennom kraniet på skrå fremover, bak øynene på fisken. Otolittene ligger i hver sin grop under hjernen (Borgstrøm & Hansen, 2000). Prinsippet med otolittene, er at man kan se vekselvis mørke (hyaline) og lyse (opake) soner gjennom et mikroskop (Borgstrøm & Hansen, 2000; Svårdson & Nilsson, 1964) (Figur 3). De opake sonene dannes gjennom sommeren, når vekstforholdene er gode, mens de hyaline sonene dannes om vinteren, når veksten er liten (Svårdson & Nilsson, 1964). De hyaline sonene inneholder mer karbon enn de opake sonene, ved å brenne otolittene vil dermed de hyaline sonene bli mørkere enn de opake (Borgstrøm & Hansen, 2000). Jeg forsøkte først å se på otolitten mot et mørkt underlag i mikroskop, noe som gjorde aldersbestemmelse vanskelig, så jeg endte opp med å brenne og knekke alle otolittene. Jeg holdt otolitten på en skalpell over en varmekilde (lighter), og brente otolitten til en mørkere (det vil si en karamellbrun) farge. Deretter knakk jeg otolitten på tvers med en skalpell mens den lå i vann, og satte otolitten på høykant. Deretter talte jeg antall hyaline soner (det vil si antall vintersoner observert i otolitten, piler i figur 3).



Figur 3. Otolitt fra siksild i Isteren som er knekt og brent. Man ser tydelig vintermerkene (hyaline soner) som er angitt med piler, som viser at denne fisken er 6 vintre gammel. Foto: Pål Åge Joten, 2014.

Morfometriske parametere jeg undersøkte var ulike lengdeforhold på fisken som ble målt med digitalt skyvelær (Figur 4). Dette er trekk som har vist seg å skille siken morfologisk innen og mellom vann i tidligere undersøkelser (Borgstrøm & Hansen, 2000; Qvenild & Linløkken, 1986; Svärdson, 1979; Østbye et al., 2005a). Parameterne i min oppgave er de samme som ble undersøkt i Østbye et al., 2005a, noen er også beskrevet av Svärdson (1979): hodelengde (HEL), hodehøyde (HEH), preorbital lengde (PRL), postorbital lengde (POL), overkjevelengde (UPL), underkjevelengde (LOL), snutebredde (SNW), snutehøyde (SNH), overkjevebredde (UPW), øvre gjellebuelengde (UGL), nedre gjellebuelengde (LGL) og gjellestavlengde (GIL). I tillegg benyttet jeg to karakterer som var tellbare, antall gjellestaver langs første høyre gjellebue og antall skjell langs sidelinjeorganet (LAS). I analysen slo jeg sammen lengden på øvre og nedre gjellebue til ett mål, da de først ble talt hver for seg, siden det er mye enklere å måle de respektive lengdene for seg på grunn av vinkelen i gjellebuen. Jeg slo også sammen antall gjellestaver på øvre og nedre gjellebue til ett mål. Skjellengden (SCL) ble målt fra snutespiss til bakerste skjell mot halefinnen (spolen). Grunnen til at jeg bruker skjellengden på fisken, fremfor total lengde (med halefinnen), er at når fisken blir frosset, blir finnene svært skjøre, og finnene vil derfor lett knekke (egne observasjoner), dette kan derfor bli unøyaktig dersom jeg benytter total lengde på frosset fisk. Jeg valgte å benytte et utvalg av parametere som var assosiert med hodefasong i min studie, fordi hodefasongen ofte kan si noe om hva fisken spiser, og hvilke habitater fisken bruker, og da også tilpasning (Østbye et al., 2005a). Jeg benyttet gjelleapparatet til meristiske og morfometriske undersøkelser fordi dette ofte kan si noe om trofiske tilpasninger der fisken lever (Borgstrøm & Hansen, 2000; Svärdson & Nilsson, 1964; Østbye et al., 2005a) og da indirekte belyse næringstilgangen. Et tett gjellegitter (mange staver) tar opp mindre partikler av plankton, mens et åpent gjellegitter (få staver) tar opp større partikler (Borgstrøm & Hansen, 2000; Pethon, 1998; Østbye et al., 2005a).



Figur 4. De morfometriske målingene og tellingene som ble gjennomført på siken fra Isteren (illustrasjonen er modifisert kopi av Fig. 2 i Østbye et al., (2005a) med tillatelse fra K. Østbye).

Statistiske analyser

For nøytralt å vurdere det mest sannsynlige antall morfer av sik i Isteren, brukte jeg prinsippal komponent analyse (PCA) på korrelasjoner mellom alle karakterene etter at hver karakter var lengdejustert ved en regresjon mot skjellengde, slik at fiskens lengde ikke hadde noe å si i denne analysen. Jeg brukte residualene fra denne korrelasjonen videre i PCA-analysene. En PCA vil forenkle og redusere dimensjonen av et datasett, slik at mest mulig av variasjon blir presentert gjennom et antall akser (Ranneklev, 2009). Dette er ukorrelerte variabler, eller prinsippalkomponenter (Ranneklev, 2009). PC1 trekker ut mesteparten av variasjonen, mens PC2 og videre PC-akser trekker ut noe mindre variasjon. Jeg har valgt å presentere data basert på PC-akser som forklarer mer enn 10 % av variasjonen. Denne analysen tar ikke hensyn til *a priori* kategorisering av de to sikmorfene, men kan brukes til å vurdere grafisk om det er noe godt samsvar når man sammenligner PCA-data og de allerede klassifiserte *a priori* morfene.

Deretter brukte jeg en canonical diskriminant analyse (CDA) som tar hensyn til min *a priori* kategorisering av individene i gruppene siksild og normalsik. CDA ble benyttet for å estimere hvert individs morfologiske avstand til sin respektive *a priori* morf, da jeg på forhånd sier at det er to morfer, basert på alder og lengde ved kjønnsmodning (metode beskrevet tidligere).

Denne metoden gir en statistisk test på om det er støtte for inndeling i de to *a priori* gruppene siksild og normalsik med hensyn på alle de undersøkte meristiske og morfometriske trekkene.

For å beskrive relevante parametere innen livshistorievalgte jeg å analysere både alder og lengde ved kjønnsmodning i hver av de to *a priori* sikmorfene. Det vil si å estimere alder og lengde der 50 % av populasjonen er kjønnsmodne. Jeg valgte å slå sammen kjønnene innen hver morf for å få et bedre statistisk materiale. Jeg mener at inndeling av de to *a priori* morfene er fornuftig, da det ser ut til å være to vesentlig forskjellige livshistoriemønstre hos siken (Qvenild & Nashoug, 1998; Østbye et al., 2005a). En usikkerhet er imidlertid de unge, umodne individene og hvorvidt de tilhører siksild eller normalsik. Her ble det benyttet to separate nominal logistiske regresjoner med responsvariablene moden/umoden, med de to *a priori* sikmorfene og skjellengde som x-variable i den første analysen, og de to *a priori* sikmorfene og alder som x-variable i den andre analysen. En annen viktig populasjonsparameter er den asyptotiske lengdeveksten (L_{∞}), som beskriver den maksimalt oppnådde lengde i de to *a priori* sikmorfene. Parameterne ble estimert ved bruk av Ludwig von Bertalanffy's vekstmodell (De Graaf & Prein, 2005).

For å beskrive sikens økologiske rolle i Isteren, brukte jeg to parasitter, først undersøkte jeg *Diphyllobothrium* spp., som sitter på mage og tarm (disse kalles ofte fiskeandmark eller måkemark). Det kan være to arter av det jeg kaller syster av *Diphyllobothrium* spp., men denne parasitten ser ut til å være assosiert med næringsinntak av zooplankton i pelagiale områder, og kan på den måten være en egnet økologisk markør (Professor Kjartan Østbye, personlig kommunikasjon, 2014). I denne analysen brukte jeg antall syster som responsvariabel, og de trofiske karakterene antall gjellestaver, gjellestavlengde og lengde av gjellebuen, samt kjønn og skjellengde som prediktorvariabler. Jeg brukte disse trekkene fordi de ofte er relatert til økologisk nisje, næringsopptak og parasitter (Siwertsson et al., 2010). Siden parasittene var tilnærmet Poisson-fordelt, brukte jeg Poisson-fordeling og loglink i analysen. Jeg presenterer statistisk ulike trekk som er signifikant avgjørende for infeksjonsgraden av *Diphyllobothrium* spp. Den andre analysen gjorde jeg helt tilsvarende for gjeddemarken som ble observert i sikens filet (responsvariabel) med de samme prediktorvariablene som brukt for *Diphyllobothrium* spp., men her presenterer jeg kun en grafisk fremstilling av frekvensen av parasitten.

Til slutt analyserte jeg hvordan tettheten av gjellestaver langs gjellebua forandret seg med fiskens lengde. Det er interessant fordi dette forholdet er viktig med hensyn til individenes funksjonelle potensiale med hensyn på næringsopptaket, hvis man her antar at gjellebueapparatets utforming er viktig for et effektivt opptak av føde (Borgstrøm & Hansen, 2000; Østbye et al., 2005a). Her plottet jeg det totale antall gjellestaver fordelt på gjellebuens totale lengde med assosierte korrelasjoner for hver av sikmorfene, mot fiskens lengde. Dette er ikke en spesifikk statistisk test, siden gjellebuelengde er signifikant korrelert med fiskens lengde ($N=69$, $P<0.05$). I stedet brukte jeg denne analysen mer som en grafisk illustrasjon og vurdering på hvordan gjellegittertettheten forandrer seg med fiskens lengde (og ontogeni), i tillegg til å indirekte vurdere hvordan fordelingen av gjellegittertettheten er for sikmorfene i Isteren.

Alle utregninger er gjort i statistikkverktøyet JMP 9.0 for Macintosh (SAS, 2002).

Resultater

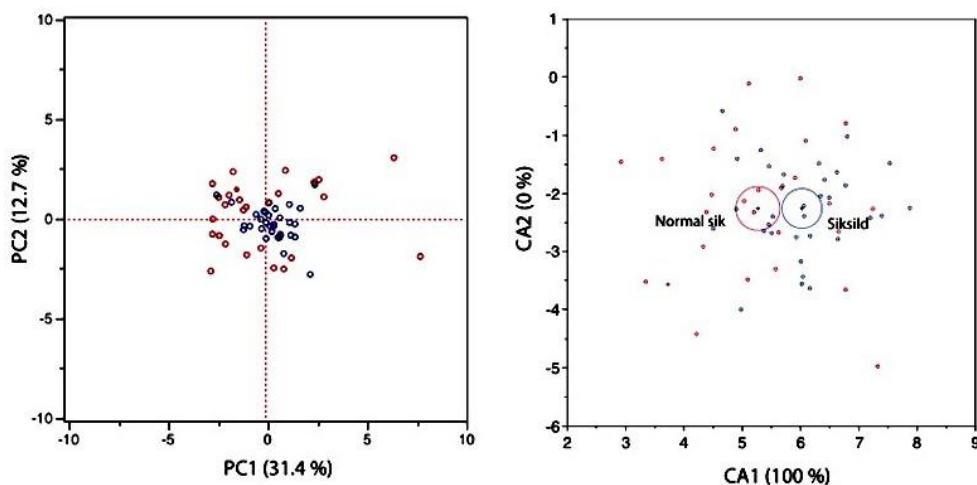
Morfometriske målinger

PCA

På bakgrunn av prinsippal komponent analysen kan man ikke skille mellom morfer i Isteren, da observasjonene til begge de to *a priori* morfene overlapper sterkt (Figur 5, venstre panel). PC-aksene er signifikante der PC1 trakk ut 31.4 % av variasjonen (eigenvalue=4.08, $\chi^2=311.09$, DF=90, $P<0.0001$), PC2 trakk ut 12.7 % av variasjonen (eigenvalue=1.65, $\chi^2=166.29$, DF=77, $P<0.0001$) og PC3 trakk ut 11.1 % av variasjonen (eigenvalue=1.44, $\chi^2=132.97$, DF=65, $P<0.0001$). Dette er de tre aksene som hver trakk ut mer enn 10 % av variasjonen i de morfometriske målingene. I analysen tas det ikke forbehold om de *a priori* sikmorfer, men resultatene viser at det er liten eller ingen morfometrisk forskjell basert på PCA i figur 5.

CDA

Canonical diskriminant viser at morfene ikke er morfologisk forskjellige, da modellen ikke er signifikant (N siksild=33, N normalsik=27, $F=0.52$, $P=0.90$) når jeg på forhånd sier at det finnes to *a priori* morfer i Isteren. Bare 50 % av individene innenfor hver morf kan skilles morfologisk i testen basert på en visuell vurdering av figur 5 (høyre panel). I denne analysen ligger 100 % av variasjonen i CA1-aksen.

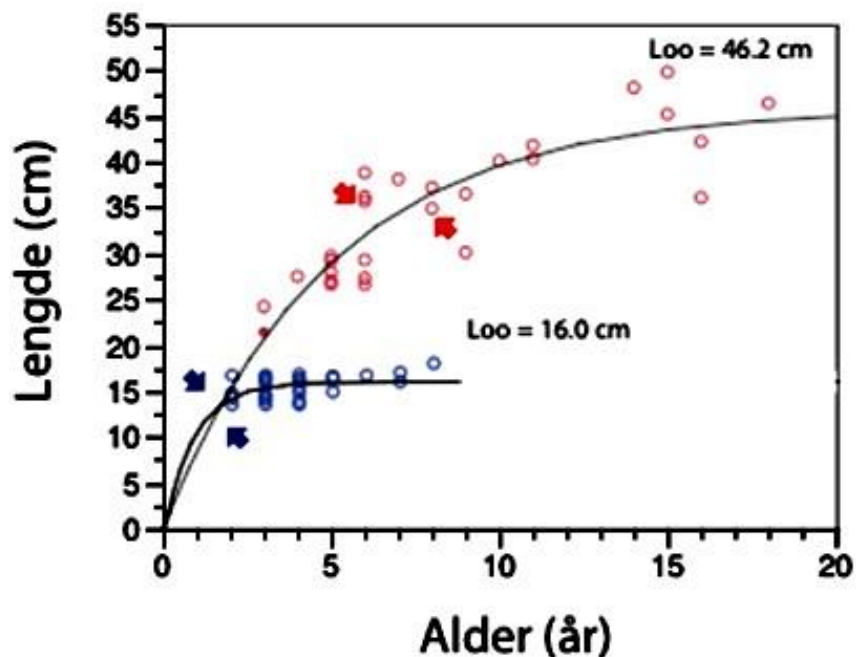


Figur 5. Venstre panel er prinsippal komponentanalysen og høyre panel er canonical diskriminant analysen. Prinsippalkomponentanalysen er presentert med de to aksene som trakk ut mest av variasjonen fra data av de morfometriske målingene jeg gjorde.

Sentrum av sirklene indikerer gjennomsnitt av målingene, sirklene viser området der 50 % av observasjonene ble funnet.

Livshistorie

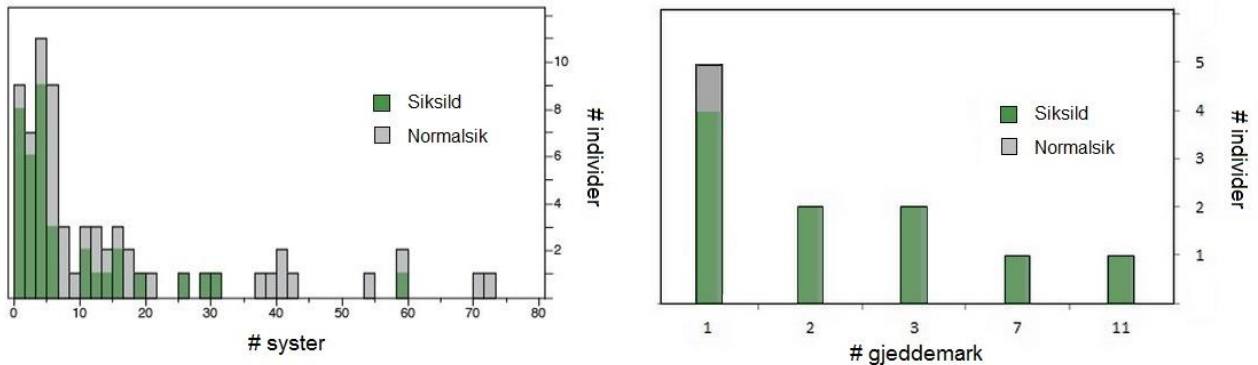
Fordelingen av alder mot lengde viser to adskilte livshistoriemønstre hos siken i Isteren (Figur 6). Siksilda er i mitt utvalg innenfor lengdeintervallet 13-18 cm. 50 % av bestanden er kjønnsmoden før 1.5 års alder og før 13 cm (vanskelig å beregne visuelt på grunn av beskaffenhet) ($L_{\infty}=16$ cm, $N=37$, $R^2=0.32$). Siksilda er enkel å skille fra normalsiken når man tar høyde for alder hvis man kjenner fiskelengden I tillegg finnes normalsiken i lengdeintervallet 22-50 cm, altså at alle individer av normalsik er større enn siksildene i min undersøkelse. 50 % av normalsikbestanden er kjønnsmoden ved 7.5 år og 33 cm, dette er estimert visuelt ($L_{\infty}=46.2$ cm, $N=34$, $R^2=0.70$).



Figur 6. Livshistorieresultater for de to sikkormorfene i Isteren. Sirkler indikerer rådata. Blå punkter, piler og linje er siksild, mens røde punkter, piler og linje er normalsik. Pilene på undersiden av grafene viser når 50 % av bestanden er kjønnsmoden, basert på alder. Pilene på oversiden av grafene viser modallengden, dvs når 50 % av bestanden er kjønnsmoden, basert på skjellengde. L_{∞} viser maksimal (asymptotisk) lengde for bestanden.

Parasitter

Jeg fant ut at normalsiken er sterkere infisert av *Diphyllobothrium* spp. enn siksilda, da normalsiken har høyere frekvens av parasitten (N=67) (Figur 7, høyre panel). For gjeddemark viser jeg kun fordelingen av antall forekomster, men ti siksild er infisert av gjeddemark, som er ca 1/3 av mitt utvalg på siksild. Én normalsik inneholdt gjeddemark, dette individet var ett av de største i mitt datasett, på 1321.7 gram.



Figur 7. Venstre panel viser antall systemer (parasitter) av *Diphyllobothrium* spp. på magesekken mot antall individer hos begge sisk morfene i Isteren slått sammen, mens høyre panel viser tilsvarende frekvens av antall gjeddemark (*Triaenophorus crassus*) mot antall individer.

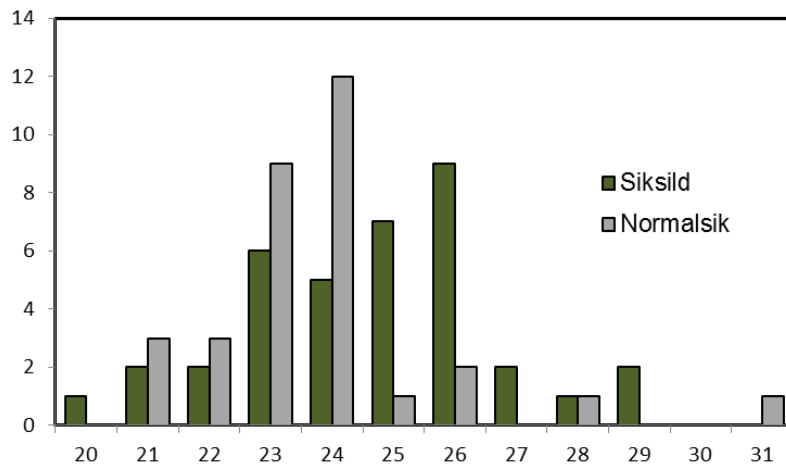
Tabell 1. Viser i hvor stor grad de ulike morfologiske trekkene påvirker antall systemer av *Diphyllobothrium* spp. rangert fra mest til minst påvirkende.

Parameter	F	P
Antall gjellestaver	103.70598	<.0001
Kjønn	53.40979	<.0001
Lengde	20.024319	<.0001
Gjellestavlenge	11.555987	0.0007
Gjellebuelengde	9.4336367	0.0021

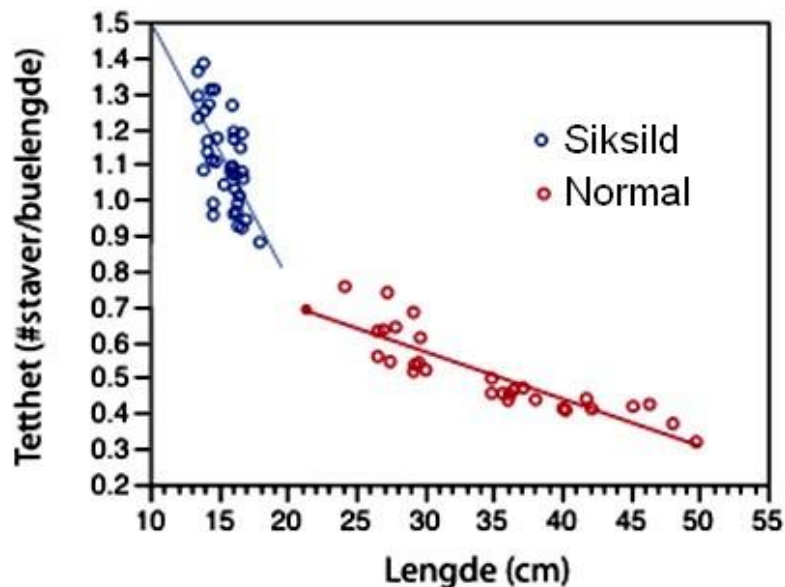
Gjellestaver

Jeg fant ut at man ikke kan skille morfene ved antall gjellestaver (Figur 8). Flest siksild har 26 gjellestaver (gjennomsnitt=24.68, N=37), mens flest normalsik har 24 gjellestaver (gjennomsnitt=23.88, N=32), som ikke er signifikant forskjellig ($F=1.88$, $P=0.0641$).

Det viste seg at tettheten i gjellegitteret var signifikant forskjellig mellom de to morfene ($F=20.46$, $P<0.0001$, Figur 9). Tettheten synker med økende fiskelengde for begge morfene: Siksild: $N=37$, $R^2=0.42$, $P<0.000$, Normalsik: $N=32$, $R^2=0.78$, $P<0.0001$.



Figur 8. Fordeling av gjellestavantall viser at det ikke er forskjell i antall gjellestaver for siksild og normalsik i Isteren.



Figur 9. Gjelleapparatets tetthet av gjellestaver basert på antall gjellestaver/buelengde mot fiskens lengde (cm) hos siksild og normalsik i Isteren.

Diskusjon

Livshistoriemønstre hos siken i Isteren

I min undersøkelse fant jeg ut at det er svært stor forskjell mellom de to *a priori* livshistoriemorfene når det gjelder alder og lengde ved kjønnsmodning og den maksimale oppnådde størrelsen i hver av populasjonene. For siksildbestanden ble 50 % kjønnsmodne innen 1.5 års alder, mens 50 % av normalsikene er kjønnsmodne ved 7.5 års-alder. Dette kan være noe underestimert, da siken kan synes å droppe gyting noen år (hviler), før den igjen gyter, hvilere vil dermed kategoriseres som umodne (Professor Kjartan Østbye, personlig kommunikasjon, 2014). Når det gjelder lengde er 50 % av siksild- og normalsikbestandene kjønnsmodne henholdsvis før nådde 15 cm (vanskelig å estimere eksakt på grunn av beskaffenhet) og rundt 33 cm. Qvenild & Linløkken (1986) skriver at i deres utvalg ble siken kjønnsmoden ved ca 38 cm lengde, og rundt fem år, som er delvis likt det jeg finner i min undersøkelse. Det fremkommer også av rapporten at deres utvalg ikke inneholdt fisk eldre enn 12 år, som viser at det ikke er «forgubbing» i bestanden, som jeg antar betyr at det ikke finnes mange gamle individer av sik i bestanden, mens mitt utvalg har største alder på 18 år. For å sammenligne disse tallene, må jeg gjøre en vurdering av hva som ligger bak deres tall. Prøvefisket i Qvenild & Linløkken (1986) ble gjennomført 30.-31. oktober i 1985 på gytegrunna «Veslefisket» ved Elvålsvollen, altså identisk tid på året, og samme sted som mitt utvalg. Det ble tatt 43 sik, og benyttet maskeviddene 26 mm, 29 mm, 35 mm, 39 mm, 45 mm og 52 mm, altså mange av de samme maskeviddene som jeg benyttet, men uten de minste maskeviddene som normalt fanger siksild. En faktor som kan gi avvikende resultater for fiskelengde i mitt mot deres datasett, er at jeg benytter skjellengde, og det står ikke i deres rapport om de bruker skjell-, toltal- eller gaffellengde. I tillegg benytter jeg utelukkende brente og knekte otolitter for aldersbestemmelse, mens Qvenild & Linløkken (1986) benyttet fiskeskjell, noe som ofte underestimerer reell alder (Qvenild, 2010). Det fremgår heller ikke av Qvenild & Linløkkens rapport om hvor stor andel av bestanden som er moden ved gitt alder. Qvenild (2010) skriver at på denne tiden var sikkfisket fremdeles omfattende, samtidig som at sjøen kan synes å ha blitt mer produktiv de siste årene, og at det kan tyde på at garnfangstene har økt de siste årene for alle artene i sjøen, bortsett fra siksilda. Dette er spesielt i de nordre delene av sjøen, hvor man blant annet «Veslefisket» ligger (Figur 1), der det kommer mer temperert vann fra nord, enn hva det gjør fra Femund i sør (Qvenild, 2010). Dette kan også være i sammenheng med at det på 1950-tallet ble tatt ut om lag 10 tonn sik fra sjøen, mens det i dag blir tatt ut kun rundt

850 kg til kommersielt bruk (Oppsynsmann Ove Henning Eggen, personlig kommunikasjon, 2012), i tillegg til det som blir tatt opp til privat bruk, som er av ukjent kvantum.

Jeg kan jeg ikke si at bestandssituasjonen for siken i Isteren har utviklet seg i noen bestemt retning de siste 30 årene, men mine resultater kan tyde på at det finnes en høyere andel eldre sik i dag, da jeg fant sik opp til 18 år, mens Qvenild & Linløkken (1986) viser sik opp til 10 år. Qvenild & Linløkken (1986) skriver at siken i Isteren har en rask vekst, med liten tendens til stagnasjon. Tilbakeregning av vekst i deres rapport basert på vintersoner på sikens skjell, viste at Lee's fenomen forekom, det vil si at ung fisk har raskere vekst enn eldre fisk – og der denne rasktvoksende fisken sannsynligvis ble tatt ut i garnfangster (rettet seleksjon på vekstraten), i tillegg til en hard beskatning. Mine resultater motbeviser delvis deres påstand om fravær av vekststagnasjon, da veksten på siken i mine data flater noe ut rundt 35-40 cm (Figur 6). Man ser fra tidligere studier at veksten stagnerer når sikbestanden blir for tett (Kristoffersen & Amundsen, 2010; Museth et al., 2008), selv om det i Isteren ikke er snakk om noen overtett bestand basert på mine resultater for livshistoriemønster og parasitter. For siksildbestanden ser det ut til å være full stopp i veksten rundt 18 cm. Jeg understreker at jeg ikke har data som gir noen grundig bestandsanalyse av siken i Isteren i min artikkel.

Er det en eller fler morfer av sik i Isteren?

Resultatene fra mine detaljerte morfometriske undersøkelser på siken i Isteren gjennom PCA og CDA analyser, viste at det ikke fantes noen signifikant morfologisk forskjell innad i sikbestanden da jeg korrelerte for fiskens lengde. Begge disse analysene viser at de to *a priori* sikmorfene ikke skilles morfologisk basert på mine målinger som er sterkt korrelert med fiskelengden. I CDA analysen viste det seg at 50 % av individene innenfor hver morf skiller seg fra hverandre, da sirklene (Figur 5, høyre panel) ikke overlapper hverandre. I kontrast viser resultatet fra Østbye et al. (2005a) at de kom fram til to adskilte morfer på bakgrunn av de samme målingene som jeg har gjort. Undersøkelsene i Østbye et al. (2005a) fant en genetisk F_{st} -verdi, basert på seks mikrosatelitter, mellom de to sikmorfene i Isteren på 0.085 ($P < 0.0001$). Denne analysen baserer seg på genetisk populasjonsdifferensiering, og viser at sikmorfene til en viss grad er reprodusert isolerte, noe som også kan bety ulik nisjepreferanse. Jeg viste gjennom mine resultater at morfer er bare til dels forskjellige, da PCA var signifikant og ikke viste noen morfologisk forskjell, mens CDA kunne skille 50 % av de to *a priori* sikmorfene. En avvikende faktor mellom disse to utvalgene, er

størrelsesorden sikene er delt inn i. Sikmorfene som ble analysert i Østbye et al. (2005a), har et stort lengdespenn mellom morfene, og lite lengdespenn innad i morfene (Professor Kjartan Østbye, personlig kommunikasjon, 2014). Dette kan ligge til grunn for at det her fremkom et noe annet resultat, enn hva jeg har fått, da mitt utvalg i større grad er mer variabelt med hensyn på lengdeintervallet, altså at mitt materiale inneholder fisk i alle størrelser. Antallet i utvalgene er omtrent det samme (Østbye et al. (2005a) hadde 60 sik, mine data inneholder 72 sik). En annen faktor er at utvalgets morfologiske spennvidde er forskjellig i de to undersøkelsene, der CDA er betinget av den gitte variasjonen i analyserte populasjoner. Morfene skilles da ikke i Østbye et al. (2005a) på bakgrunn av antall gjellestaver, slik som Amundsen et al. (2004) gjør på to sikmorfer innenfor ett og samme vann i Pasvik, Finnmark, og som man gjør på Femundmorfene. Siwertsson et al. (2010) beskriver populasjoner med morfer som har tvetydige trekk, for eksempel samme antall gjellestaver, for «intermediær populasjon», i motsetning til «monomorfologisk populasjon» og «di-/trimorfologisk populasjon», hvor man finner bare én morf, eller morfer med ulikt antall gjellestaver. Også Østbye et al. (2006) beskriver ni ulike lokaliteter i Pasvik, Tana og Alta, Finnmark, hvor alle morfene kan skilles på antall gjellestaver, der den minste morfen hadde flest gjellestaver. De morfene som kan sammenlignes med Isterens sikmorfer når det gjelder lengde og alder ved kjønnsmodning, er bestandene i Ruskebukt (Pasvik), Vuoddasjavri (Tana) og Njallajavri (Alta). Det som skiller Isteren fra disse samfunnene, er at begge morfene i Isteren har samme antall gjellestaver, mens morfene i Finnmark har signifikant ulikt gjellestavantall. Ved sammenligning av sikmorfene i Isteren mot morfene i Femund, viser det seg at Østbye et al. (2005a) presenterer to morfer i Femund som har omtrent samme antall gjellestaver som morfene i Isteren. Den ene, dypsiken, gyter på mellom 30 og 60 meters dyp, og L_{∞} ligger på rundt 29 cm for denne morfen, som er helt annerledes enn noen av morfene i Isteren. Den andre morfen som kan sammenlignes med normalsiken i Isteren på grunnlag av antall gjellestaver, grunnsiken, gyter på 2-5 meters dyp, og har L_{∞} på rundt 34 cm. Man har ikke funnet kjønnsmoden sik som ligner på Isterens siksild i Femunden.

Har siksilda og normalsiken i Isteren ulike økologiske nisjer?

Det viste seg at det fantes en forskjell i økologisk nisjebruk reflektert ved antall syster av *Diphyllobothrium* spp. på magesekken til siken, da normalsiken hadde signifikant fler syster enn siksilda (Figur 7, venstre panel). Dette sier sannsynligvis noe om ulik habitatpreferanse og næringsinntak, men kan også være en funksjon av oppkonsentrering over tid da

normalsiken blir eldre enn siksilda. Denne parasitten bruker siken som andre mellomvert, etter at siken har spist ferskvannscopepoder eller hoppekreps (zooplankton) (Borgstrøm & Hansen, 2000), som er noen av dens første mellomverter. Den blir kalt måkemark/fiskeandmark, da disse er sluttvert for *Diphyllbothrium* spp. Parasittlarvene viser seg som lyse på fiskens tarmvegg, og er sannsynlig en belastning for i hvert fall små sik (Linløkken et al. 2011).

Når det gjelder *Triaenophorus crassus*, gjeddemark, er siken infisert av denne. 28 %, nesten 1/3 av siksilda (10 stk) hadde gjeddemark i kjøttet, mens kun én normalsik hadde parasitten 2,8 % (Figur 7, høyre panel). På grunn av lite data er det vanskelig å si noe så mye om denne parasitten, annet enn at siksilda ser ut til å være mer belastet. Men det kan tyde på at også gjedde, i tillegg til ørret, predaterer siksild.

Jeg fant ingen forskjell i antall gjellestaver for de *a priori* definerte morfene i Isteren, noe som er ganske spesielt i forhold til hva som fremkommer i andre artikler på dette temaet (Amundsen et al., 2004; Pethon, 1998; Svårdson, 1979; Østbye et al., 2005a; Østbye et al., 2006). I disse referansene viser det seg at større sik ofte har færre gjellestaver som gir et mer åpent gjellegitter, enn hva mindre sik har, noe som også underbygges av mine resultater når det gjelder tetthet (Figur 9). Jeg valgte å vurdere tettheten i gjellegitteret (det vil si antall gjellestaver/gjellebuelengde), og ikke kun antallet, da tettheten kan være mer informativ med hensyn til relevans for fiskens funksjonelle næringsinntak. Det viste seg at tettheten var omtrent dobbelt så stor hos siksilda som hos normalsiken (Figur 9). Sammen med resultater fra den økologiske undersøkelsen hvor antall syster av *Diphyllbothrium* spp. var forklaringsvariabel, kan man tolke at normalsiken går littoralt/pelagialt og spiser zooplankton og at siksilda spiser gjeddemarkinfisert hoppekreps, som finnes littoralt/pelagialt. Aagård et al. (2002) beskriver hvor hoppekrepsen lever i littoralsonen og pelagialsonen. Det er best næringsforhold i littoralsona, og den store normalsiken vil trolig vinne over den kortvokste siksilda i dette området. I tillegg er det sik av liten størrelse som er funnet predatert av ørret som går pelagialt (Sandlund et al., 2012). Som tidligere nevnt innehar ikke Isteren de store dypene, slik at sikmorfenes nisjer vil trolig overlappe i Isteren. Til sammenligning beskriver Amundsen et al. (2004) to ulike sikmorfer i Pasvik, hvor morfen med tettere gjellegitter går pelagisk, mens morfen med mer åpent gjellegitter går littoralt. Det kan se ut til at morfene i Isteren har en viss grad av nisjesegegering, da siksilda har et tettere gjellegitter, som filtrerer finere næringspartikler, og siden infeksjonsgraden av *Diphyllbothrium* spp. er mindre hos

siksilda enn hos normalsiken. I denne undersøkelsen kunne jeg brukt magesekkinhold, men dette er kun et lite øyeblikksbilde på hva fisken har spist, gjerne bare det siste døgnet. Ved å bruke parasitter kan man finne ut hva fisken har spist over tid. Jeg har imidlertid ingen data på hvilke arter av hoppekreps som finnes i Isteren, og heller ikke hvor i vannet disse artene finnes. I så henseende er det vanskelig å gi en konklusjon med hensyn på sikens økologiske nisjebruk.

Hva er opprinnelsen til de to sikmorfene i Isteren?

Hele faunaen av norske ferskvannsfiskearter stammer fra etter siste istid. Fisker som lever i elver og innsjøer har benyttet seg av det åpne havet for å vandre, i tillegg til det store nettverket av elver og sjøer i Fennoskandia (Pethon, 1998). Innlandsisen smeltet bort rundt 6500-6300 år siden (Selsing, 2010). Denne tiden er omtalt som boreal tid (Sollid & Kristiansen, 1983). Man kan derfor si at siken ikke har vært i norske sjøer lengre enn 8500 år. Området rundt Isteren/Femund var noen av de siste områdene i Norge som ble isfri (Sollid & Kristiansen, 1983). Inntil denne tiden demmet isen opp en innsjø, litt større enn det vi i dag kjenner som Østersjøen, Botnviken og Finskebukta, kalt den Baltiske issjøen. Her fantes sannsynligvis de artene man i dag finner over store deler av Fennoskandia, deriblant sik (Pethon, 1998). Tidlig i tiden 5500-4000 år siden (Ancyclusperioden) kunne kaldtvannslivende arter trenge inn i Finnmark og etter hvert Sør-Norge, da landstigningen var på et lavt nivå. Disse omtales ofte som Finnmarksfiskene, her finner vi blant annet sik. Til Østlandet kom de gjennom Vänern og opp Glomma (Huitfeldt-Kaas, 1918; Pethon, 1998). Landhevingen på denne tiden var så lav, at Vänern var utløpssjøen til Glomma. Femund og Isteren var på denne tiden en del av Österdalälven-vassdraget på grunn av den moderate landhevingen. Man kan dermed anta at Femund og Isteren er innvandret fra den Baltiske issjøen (på denne tiden kalt Ancylussjøen) (Huitfeldt-Kaas, 1918; Pethon, 1998). Pethon (1998) og kart over fiskevann i Engerdal kommune viser at det finnes mort (*Rutilus rutilus*) i Drevsjøen, Vurrusjøen og Sørsjøen sørøst for Femunden. Denne arten kom inn senere, og rakk ikke opp til Femund før landhevingen ble for stor, siden Femund og Isteren var blitt en del av Trysil-Klarälven-vassdraget. Østbye et al. (2005b) beskriver spredningen av sik etter siste istid basert på mitokondrielt DNA, og foreslo at siken i Isteren og Femund stammer fra én felles genetisk linje (heretter kalt klade (har samme DNA)) (beskrevet som klade 3-1 i Østbye et al. (2005b)). Denne kladen finnes fra Nordishavet til Sør-Vest-Norge, og har ikke innblandinger fra kladene Russland-Danmark (3-2) eller Danmark-Alpene (3-3). Undersøkelser av

mitokondrielt DNA er en av de vanligste metodene for DNA-undersøkelser, da de gir svært tydelige resultater for lang tids oppløsning (glaciale refugier) (Galtier et al., 2009). Østbye et al. (2005a) finner større sammenheng mellom Femundsiken og siken i sjøer tilknyttet Trysil-Klarälvs-vassdraget enn andre nærliggende sjøer, dette både med bakgrunn i fiskefaunaen og mtDNA-data. Basert på dette viser at det er enighet om at siken kom inn til Isteren som en del av Finnmarksinnvandringen, men uenighet om den kom opp Österdalälven etter siste istid, eller opp Trysil-Klarälvs-vassdraget.

Det ble tatt siksild og normalsik på gytegrunna «Veslefisket» under prøvofiskeperioden, noe som kan skyldes at siksilda og normalsiken gyter på tilnærmet de samme plassene. Oppsynsmann Ove Henning Eggen (personlig kommunikasjon, 2014) sier at han vet om én gyteplass for siksild i Isteren, som ligger på ei grunn steinør rett øst for Svalsjøen og Svalåsen (figur 1). Han forteller også at bunnforholdene rundt Stangholmen er steinete, og ikke egnet som gyteplass for normalsiken slik som mot Elvålsvollen, men kan være bedre tilpasset for siksilda, selv om dette bare er antakelser.

Basert på andre studier ser det ut til at innsjøens tilgjengelige habitater er en viktig faktor for utviklingen og overlevelsen av sympatriske sikmorfer (Siwertson et al., 2010). Generelt gir store innsjøer, med både dype bassenger og også holmer eller viker hvor vannet ofte strømmer og næringstilgangen dermed er god, mange ulike nisjer og store muligheter for sympatrisk dannelse av morfer (Svärdson, 1979). Slike områder har Isteren svært få av, spesielt dybdemessig. Ettersom Isteren er kun 45 meter dyp i det dypeste bassenget, vil man naturlig nok ikke finne det samme sikkomplekset som i Femund, med sik gytende ned mot 60 meter (Østbye et al. 2005a). Gjennom sommeren og vinteren er det stor sannsynlighet at dette dype bassenget i Isteren inneholder lite oksygen på grunn av lite vannsirkulasjon (Borgstrøm & Hansen, 2000). Allikevel har Isteren mange bukter, og har stor omkrets i forhold til areal. Basert på mine resultater er mine vurderinger at siksilda har oppstått i pelagiske områder, gjerne også dypere enn normalsiken, da man ofte ser at større fisk, normalsiken, dominerer littoralt. Dette støttes også av forskjellen i tetthet i gjellebueorganet jeg fant på morfene, da det viser seg at sik med relativt åpent gjellestavgitter kan dominere littoralsonen (Borgstrøm & Hansen, 2000; Østbye et al., 2005a).

Basert på momentene over, kan det derfor diskuteres om morfene er allopatriske, innvandret til Isteren som to ulike morfer, eller sympatriske, to morfer som har adskilt seg fra én morf

etter at siken kom til Isteren etter istiden. Man ser på sympartiske morfer i andre vann, at man kan skille på minimum ett felles trekk, nemlig gjellestavantallet (Amundsen et al., 2004; Kahilainen et al., 2010; Kahilainen & Østbye, 2006; Svärdsson 1979; Østbye et al., 2005a, 2006). Dette forholdet rundt gjellestavantallet har ikke sikmorfene i Isteren, noe som er spesielt i forhold til andre morfologiske undersøkelser av siken, blant annet i Femund (Østbye et al., 2005a), Finnmark (Amundsen et al., 2004) og Finland (Kahilainen et al., 2010; Kahilainen & Østbye, 2006). Det er allikevel lite sannsynlig at det er to allopatriske morfer, da ingen av sjøene i nærheten av Isteren innehar sikmorfer som ligner på siksildas livshistoriemønster (Østbye et al. 2005a). Mikrosatelitt og mtDNA resultatene fra Østbye et al. (2005) kan tyde på at siksilda og normalsiken har oppstått innen Isteren.

Forvaltningsmessige aspekter av mine undersøkelser av siken i Isteren

Jeg vil videre i diskusjonen rette oppmerksomheten mot hvordan man skal forholde seg til mitt resultat fra meristiske og morfometriske målinger, gjennom forvaltning og bruk av ulike fiskemetoder, av både sik og ørret. Det er ønskelig at man i fremtiden kan ta ut større mengder normalsik til foredling kommersielt, og opprettholde en god siksildbestand, som er viktig næring for ørreten i innsjøen (Flø, 1998; Sandlund et al., 2012). Jeg ønsker å se disse artene under ett, da disse er de to viktigste artene for fiskere og brukere av området gjennom fiske (Qvenild & Linløkken, 1986; Sandlund et al., 2012). Det er ofte vanskelig å forvalte et enarts fiskesamfunn, men det er som regel enda mer komplisert å forvalte et fiskesamfunn med flere arter. Her kan noen av artene være fiskeetere eller kannibaler, noe som gjør interaksjonene enda mer kompleks (Borgstrøm & Hansen, 2000). Sandlund et al. (2012) beskriver ørreten som ivrig siksildspiser, i tillegg var nesten 1/3 av siksilda infisert av gjeddemark, noe som kan tyde på at siksildbestanden har gjedde som predator. Jeg har talt sju siksild predatert av ei og samme gjedde på en fisketur i Isteren sommeren 2012.

Basert på personlig kjennskap til Femundfisk AS, både som fisker og produktmarkedsfører på Rørosmartnan, ser jeg at det er stor interesse for bevaring innlandsfiskemottaket ved Elgå. Dette bekrefter også rapporten fra Flø (1998), som er basert på intervjuer av mennesker som bor i Femundområdet. Det er primært gjennom dette foretaket man i dag får markedsført fiskeressursen i området, på lik linje som ørretfisket (Sandlund et al., 2012). Sandlund et al. (2012) beskriver det populære trollingsfisket etter ørret og ellers varierte bruksforhold (Qvenild & Linløkken, 1986). Med kompliserte fiskeforhold med tanke på ørretens predasjon

på siksild, vil det alltid være diskusjon om den mest fornuftige driften av dette fiskesamfunnet. Derfor er det viktig å legge til grunn flere momenter når man skal forvalte en innsjø som Isteren. Med dette menes normalsiken som matressurs både privat og kommersielt, og siksilda som byttedyr for den ettertraktede ørreten (Sandlund et al., 2012) i tillegg som agnfisk ved ørretfiske (egne observasjoner). Man må i tillegg se dette i tråd med forvaltningen av ørret, da for eksempel minstemål, kvoteuttak eller fredningstid. Jeg understreker at jeg kun har litteratur å basere mine vurderinger på, og ikke data fra ørret eller ørretfiske i min bacheloroppgave.

I rapporten til Sandlund et al. (2012) viser det seg at sik er det aller vanligste byttet for ørreten i Isteren. I deres studie gikk det ikke an å skille på normalsik og siksild ut fra mageprøvene som er undersøkt, men det viste seg å være noe spenn i størrelsene på byttefisken. Predatorstørrelse forklarte 22 % av størrelsen på den predaterte siken, og det kan tyde på at ørreten pelagisk kun finner sik i størrelsesområdet 8-17/18 cm. Det kan også være at ørreten ikke er i stand til å ta større fisk enn innenfor dette intervallet, som kan bekreftes av Moe (2011), hvor ørret i Takvatnet og Sagelvvatnet, Troms, ikke prederer større fisk enn opp mot 20 cm. Maksimale ørretstørrelse er rundt 65 cm i begge rapportene. Dette størrelsesintervallet på predatert sik viser seg å være av samme lengde som mitt resultat på siksild, men her er ikke sikens alder tatt i betraktning, i tillegg til usikkerheten om det er benyttet skjell-, gaffel- eller totallengde på siken (Sandlund et al., 2012), dermed kan man ikke med sikkerhet si om ørreten kun tar siksild, eller om den også tar liten normalsik. Én fisk som var predatert i Sandlund et al. (2012) var over 20 cm, som sannsynligvis er en liten normalsik. Det står også i Sandlund et al. (2012) at store variasjoner i siksildbestanden i Isteren er trolig av stor betydning for tilgangen på fiskenæring for ørreten i innsjøen. Dermed er man nødt til å forvalte stammen av siksild i Isteren på en fornuftig og bærekraftig måte. Skal man benytte siksilda som en matfisk av god kvalitet må infeksjonen av gjeddemark reduseres, som kan gjøres ved hardt fiske på morfen (Kristoffersen & Amundsen, 2010). Dette kan derimot føre til mer begrenset byttedyrtilgang for ørret, og at ørretstammen svekkes. Jeg mener det er derfor fornuftig å benytte normalsiken som matfisk, gjerne i større omfang enn i dag, og at man samtidig forvalter siksilda som viktig føde for ørret, slik man gjør i dag.

Sikressursen sett under ett, kan man si at det finnes to faktorer som har negativ effekt på ressursen; for lite uttak, og for stort uttak. Spesielt siden store deler av omfanget av sikfisket i Isteren er kommersielt, uten at det foreligger tall på private kvantum som tas opp per år, kan

man si at markedet bestemmer hvor stort uttak som foretas i Isteren. Femundfisk AS klarer ikke å ta imot mer fisk enn hva markedet tilsier, men et scenario kan også være at markedet blir så stort, at fiskelagets fiskere tar ut mer enn hva ressurstilgangen tillater (Flø, 2000). På bakgrunn av mine resultater og resultatene fra Qvenild & Linløkken (1986) som ikke viser noe stort tegn til vekststagnasjon og innehar fisk av stor størrelse kan det tyde på at det er verken for hard beskatning, eller for liten beskatning på siken i Isteren. Fisken, spesielt normalsiken og ørreten er stor fisk av svært god kvalitet, men at normalsikbestanden i dag kan synes å forgubbe seg, da jeg fant sik opp til 18 år. Dagens bestand kan dermed inneholde høyere andel av eldre fisk enn for 30 år siden. Tidligere utfiskingsprosjekter på sikbestander har vært suksessfulle ved at den totale biomassen blir mindre (Kristoffersen & Amundsen, 2010; Museth et al., 2008), i tillegg viser det seg at parasittbelastningen blir mindre ved økt fiske (Borgstrøm & Hansen, 2000), i Isterens tilfelle vil dette primært dreie seg om parasitter av fiskandmark/måkemark og gjeddemark. Undersøkelser fra Stuorajavri, Finnmark viser at utfiskingsprosjekt på sik hvor man tok ut 13.5 kg sik/ha/år i 1981-1983, førte til at gjeddemarken i bunnsiken (kan sammenlignes med Isterens normalsik) ble helt borte, og at planktonsiken (har trekk som ligner Isterens siksild) fikk signifikant mindre gjeddemark (Kristoffersen & Amundsen, 2010). Etter uttynningsfisket har gjeddemarken kommet tilbake, og begge morfene var rundt år 2000 igjen sterkt infisert. Et nytt uttynningsfiske ble gjennomført 2002-2005, og en forgubbet bestand ble på noen få år gjort om til en bestand med flere rekrutter og sterke årsklasser de påfølgende årene. Gjennomsnittslengden for morfene ble større, og gjeddemarken ble i tillegg begrenset (Kristoffersen & Amundsen, 2010).

Fisket i Isteren har avtatt mye de siste tiårene, da også leveransen av normalsik fra Isteren til Femundfisk AS, som kan være i tråd med at Sandlund et al. (2001) skriver at fiskelaget sliter med å rekruttere nye fiskere. Også i og med at sjøen ikke er et like viktig «spisskammers» som for noen tiår siden, er det grunn til å tro at det kan tas ut vesentlig større mengder normalsik i fremtiden, enn hva som tas ut i dag. Flø (1998) er basert på intervjuer gjort på lokale fiskere som fisker i Femund og Isteren, både til eget bruk og til Femundfisk AS, og som bor i et belte rundt disse sjøene. Disse fiskerne tar ut mer eller mindre fisk av sjøene, og 80 % av deltakerne mener det kan tas ut like mye, eller mer for å bedre sikressursen.

Når det gjelder siksild, skriver Sandlund et al. (2012) at kvaliteten på ørret avhenger mye av tilgjengeligheten av siksild, da liten sik ser ut til å være primærføden for ørret i Isteren, i tillegg ser den ut til å være viktig føde for gjedde på bakgrunn av gjeddemarkinfiseringen.

Fisket etter siksild er ikke omfattende, da det kun finnes et fåtall av mennesker som benytter siksilda som mat. Den er bedre kjent som agn ved ørretfiske koblet til kroktakkel (personlig erfaring). Man kan dermed si at forvaltningen av siksild i stor grad skjer uten direkte menneskelig påvirkning, men sammen med ørretfiske, da variasjon i ørretbestanden i stor grad bestemmes av tilgang av siksild (Sandlund et al., 2012).

Konklusjon

Jeg har funnet to morfer i innsjøen, som kan skilles på alder og lengde ved kjønnsmodning, i tillegg til at de er av ulik grad påvirket av tre parasitter som er tatt med i vurderingen i denne oppgaven. Ut fra mine vurderinger av livshistorien hos siksilda, er denne morfen noe infisert av gjeddemark, og dermed av dårligere matkvalitet for mennesker. Siksilda er derimot viktig føde for ørreten i innsjøen (Sandlund et al., 2012). Jeg tror at det dermed finnes lite motivasjon for å fiske siksild, med unntak til eventuelt agnbruk. Når det gjelder normalsiken, foreslår jeg at bestanden innehar en stor andel pen matfisk, som kan utnyttes enda mer kvantitativt enn den gjør i dag, både privat og kommersielt. Ut fra mine resultater kan man ta ut større mengde normalsik enn hva som gjøres i dag, men leveransen til Femundfisk AS vil bestemmes i stor grad av markedet og rekruttering av kommersielle fiskere (Flø, 2000).

Referanser

- Aagaard, K., Bækken, T. & Jonsson, B. (Red). (2002). *Biologisk mangfold i ferskvann. Regional vurdering av sjeldne dyr og planter*. NINA, NIVA. Temahefte 21.
- Amundsen, P.-A., Bøhn, T. & Våga, G. H. (2004). *Gill raker morphology and feeding ecology of two sympatric morphs of European whitefish (Coregonus lavaretus)*. University of Tromsø.
- Andersen, B. G. (2000). *Ice Age Norway. Landscapes formed by Ice Age Glaciers*. Universitetsforlaget. ISBN: 82-00-45366-9.
- Borgstrøm, R. & Hansen, L. P. (2000). *Fisk i ferskvann. Et samspill mellom bestander, miljø og forvaltning*. Landbruksforlaget. ISBN: 82-529-1986-3.
- De Graaf, G. & Prein, M. (2005). Fitting growth with the von Bertalanffy growth function: a comparison of three approaches of multivariate analysis of fish growth in aquaculture experiments. *Aquaculture Research*, 36, 100-109.
- Etheridge, E. C., Adams, C. E., Bean, C. W., Durie, N. C., Gowans, A. R., Harrod, C., Lyle, A. A., Maitland, P. S. & Winfield, I. J. (2012). Are phenotypic traits useful for differentiating among a priori *Coregonus* taxa? *Journal of Fish Biology*, 80, 387-407.
- Flø, B. E. (1998). *Institusjonelle ordninger rette mot forvaltning av rurale ressursar – Sikfisket i Femund*. Senter for bygdeforskning, rapport 4/98.
- Flø, B. E. (2000). *Kommersielt sikfiskeri – Femund Fiskerlag AL og marknaden*. Senter for bygdeforskning, rapport 9/00.
- Galtier, N., Nabholz, B. & Glémin, S., Hurst, G. D. D. (2009). Mitochondrial DNA as a Marker of molecular diversity: a reappraisal. *Molecular Ecology*, 18, 4541-4550.
- Gowell, C. P., Quinn, T. P. & Taylor, E. B. (2012). Coexistence and origin of trophic ecotypes of pygmy whitefish, *Prosopium coulterii*, in a south-western Alaskan lake. *Journal of Evolutionary Biology*, 25, 2432-2448.
- Huitfeldt-Kaas, H. (1918). *Ferskvandsfiskenes utbredelse og indvanring I Norge med et tillæg om krebsen*. Centraltrykkeriet – Kristiania.
- Kahilainen, K., Siwertsson, A., Gjelland, K. Ø., Knudsen, R., Bøhn, T. & Amundsen, P. A. (2010). The role of gill raker number variability in adaptive radiation of coregonid fish. *Evolutionary Ecology Research*, 25, 573-588.
- Kahilainen, K. & Østbye, K. (2006). Morphological differentiation and resource polymorphism in three sympatric whitefish *Coregonus lavaretus* (L.) forms in a subarctic lake. *Journal of Fish Biology*, 68, 63-79.

- Kottelat, M. & Freyhof, J. (2007). *Handbook of European Freshwater Fishes*. Cornol and Berlin:Kottelat and Freyhof. ISBN: 978-2-8399-0298-4.
- Kristoffersen, R. & Amundsen, P.-A. (2010). *Forsøk med kultivering av overbefolka sik- og røyevatn gjennom uttynningsfiske*. Universitetet i Tromsø.
- Landry, L. & Bernatchez, L. (2010). *Role of epibenthic resource opportunities in the parallel evolution of lake whitefish species pairs (Coregonus sp.)*. Université Laval, Québec.
- Linløkken, A. N., Rognerud, S. & Sandlund, O. T. (2011). *Fiskeundersøkelser i Osensjøen 2010 – 2011. Med tidstrender for sik og lagesild*. NINA Rapport 737.
- Løvik, J. E., Bækken, T., Rustadbakken, A., Romstad, R. & Brettum, P. (2010). *Overvåking av vassdrag i Hedmark i 2009*. NIVA. L.NR. 5993-2010.
- Løvik, J. E., Eriksen, T. E., Kile, M. R., Schneider, S. & Skjelbred, B. (2012). *Overvåking av vassdrag i Hedmark i 2011*. NIVA. ISBN 978-82-577-6089-2.
- Moe, A. A. (2011). *Næringsøkologi og ontogenetisk nisjeskift hos ørret og røye*. BIO-3950 Masteroppgave i biologi. Universitetet i Tromsø.
- Museth, J., Sandlund, O. T., Johnsen, S. I., Rognerud, S. & Saksgård, R. (2008). *Fiskesamfunnet i Storsjøen i Åmot og Rendalen kommuner. Betydningen av reguleringsinngrep, endret Beskatning og avbøtende tiltak*. NINA rapport 388.
- Muus, B. J. & Dahlstrøm, P. (1967). *Europas ferskvannsfisk*. Gyldendal Norsk Forlag.
- Nielsen, L., (2005). *Damms naturhåndbøker: Fisker*. N.W. Damm & Søn AS. ISBN 82-04 09573-2.
- Næsje, T. F., Sandlund, O. T. & Saksgård, R. (1992). *Siken i Femund: effekter og anbefalinger etter ti års næringsfiske*. NINA Oppdragsmelding 145.
- Pethon, P. (1998). *Aschehougs store fiskebok. Norges fisker i farger*. Aschehoug Forlag. ISBN 82-03-22260-9.
- Pukkinen, K., Valtonen, E. T., Niemi, A. & Poikola, K. (1999). The influence of food competition and host specificity on the transmission of *Triaenophorus crassus* (Cestoda) and *Cystidicola farionis* (Nematoda) to *Coregonus lavaretus* and *Coregonus albula* (Pisces:Coregonidae) in Finland. *International Journal for Parasitology*, 29, 1753-1763.
- Qvenild, T. (2010). *Fiske i Hedmark*. Tun forlag, Oslo.
- Qvenild, T. & Linløkken, A. (1986). *Fiskeforholdene i Isteren, Årsrapport for 1985*. Fylkesmannen i Hedmark, Miljøvern avdelingen. Rapport nr. 2/86.
- Qvenild, T. & Nashoug, O. (1999). *Driftsplan for Femund-/Trysilvassdraget. Del 1:*

- Fiskeressursene – status*. Fylkesmannen i Hedmark, miljøvernavdelingen, rapport nr. 9/98.
- Ranneklev, S. B. (2009). *Kartlegging av miljøgifter i Alna og Akerselva*. SFT, NIVA.
- Rye, S. K. P. & Krokann, K. (2010). *Næringsfiske i ferskvann*. NILF. ISBN 978-82-7077-780 8.
- Sandlund, O. T., Berge, E., Flø, B. E., Næsje, T. F., Saksgård, R. & Ugedal, O. (2001). *Vilt og ferskvannsfisk*. Norges forskningsråd. ISBN 82-12-01533-5.
- Sandlund, O.T., Museth, J., Næsje, T.F., Qvenild, T., Saksgård, R. & Ugedal, O. (2012). *Storauren i Femund og Isteren. Utvikling i bestandene over de siste 30 år*. NINA Rapport 853.
- SAS. (2002). *JMP Software, JMP®*. Version 5.0. Copyright © 2002. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Selsing, L. (2010). *Mennesker og natur i fjellet i Sør-Norge etter siste istid med hovedvekt på mesolitikum*. Arkeologisk museum, Universitetet i Stavanger. ISBN 978-82-7760-149-6.
- Siwertsson, A., Knudsen, R., Kahilainen, K. K., Præbel, K., Primicerio, P. & Amundsen, P. A. (2010). Sympatric diversification as influenced by ecological opportunity and historical contingency in a young species lineage of whitefish. *Evolutionary Ecology Research*, 12, 1-19.
- Sollid, J. L. & Kristiansen, K. (1983). *Hedmark fylke. Kvartærgeologi og geomorfologi*. Geografisk institutt, Universitetet i Oslo. Rapport T-543.
- Svärdson, G. & Nilsson, N.-A. (1964). *Fiskebiologi*. LTs Förlag.
- Svärdson, G., (1979), Speciation of Scandinavian *Coregonus*. *Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm*, 57, 3-95.
- Sæter, I. (1908). *Tolgen. Med illustrationer og portrætter*. Alb. Cammermeyers forlag, Kristiania.
- Østbye, K., Amundsen, A., Bernatchez, L., Klemetsen, A., Knudsen, R., Kristoffersen, R., Næsje, T. F. & Hindar, K. (2006). Parallel evolution of ecomorphological traits in the European whitefish *Coregonus lavaretus* (L.) species complex during postglacial times. *Molecular Ecology*, 15, 3983–4001.
- Østbye, K., Næsje, T.F., Bernatchez, L., Sandlund, O.T. & Hindar, K. (2005a). Morphological divergence and origin of sympatric populations of European whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) in Lake Femund, Norway. *Journal of Evolutionary Biology*, 18, 683-702.

Østbye, K., Bernatches, L., Næsje, T. F., Himberg, K. J. M. & Hindar, K. (2005b).

Evolutionary history of the European whitefish *Coregonus Lavaretus* (L.) species complex as inferred from mtDNA phylogeography and gill-raker numbers. *Molecular Ecology*, 14, 4371–4387.