



UIT

NORGES
ARKTISKE
UNIVERSITET

Fakultet for biovitenskap, fiskeri og økonomi – Norges Fiskerihøgskole

Populasjonsbiologi hos fem fiskearter i Malangen, Nord-Norge

Vekst, kjønnsmodning og dødelighet hos vassild (*Argentina silus*), hyse (*Melanogrammus aeglefinus*), kolmule (*Micromesistius poutassou*), sølvtorsk (*Gadiculus argenteus thori*) og øyepål (*Trisopterus esmarkii*)

Eskil Dahl Olausen

Masteroppgave i Fiskeri- og havbruksvitenskap (60 stp.) mai 2019



Forord

Endelig! Målet er nådd og masteroppgaven er endelig i havn. Først og fremst må jeg få takke min veileder

Professor Torstein Pedersen,
Fakultetet for biovitenskap, fiskeri og økonomi, Institutt for arktisk og marin biologi,
Universitetet i Tromsø – Norges Arktiske Universitet.

Takk for å ha loset meg gjennom prosessen med utmerket hjelp, støtte og veiledning. Jeg må også takke Einar Nilssen for hjelp med SYSTAT og Jørgen Schou Christiansen for gjennomlesning og råd. En stor takk til mannskapet på F/F Johan Ruud som var ombord på toktene jeg gjennomførte i perioden fra januar til september 2018.

Å studere kan til tider virke som en lang og utfordrende ferd og uten fabelaktige medstudenter kan kursen bli vanskelig å navigere seg gjennom. Derfor ønsker jeg å rette en stor takk til alle på Fiskeri-og havbruksvitenskap kull 2014 for noen fantastiske år som jeg alltid vil sette veldig stor pris på. En særlig takk går til min kollokviegruppe Malene, Ingeborg og Audun som gjennom nesten fem år har bidratt til faglig støtte og noen uforglemmelig år.

Håper denne oppgaven kan være et bidrag i å bedre kunnskapen hos disse små men også viktige fiskeartene som ikke alltid får like stor oppmerksomhet og fokus. God lesing.

Tromsø, mai 2019

Eskil Dahl Olaussen

Sammendrag

Endringer i klima, miljø og beskatning har gjort at sammensetningen av fiskebestandene endrer seg. Livshistorieparametere som lengde ved alder, lengde og alder ved kjønnsmodning og naturlig og total dødelighetsrate gir viktig informasjon for å kunne forvalte fiskebestandene. Vassild (*Argentina silus*), hyse (*Melanogrammus aeglefinus*), kolmule (*Micromesistius poutassou*), sølvtorsk (*Gadiculus argenteus thori*) og øyepål (*Trisopterus esmarkii*) i Malangen i Troms ble undersøkt ved å gjennomføre fire innsamlingstokt i perioden januar til september 2018. Ved å undersøke tilstedeværelse, beregne vekstmønster, kjønnsmodning ved lengde og alder, samt estimere total og naturlig dødelighet er med på å kunne gi informasjon om hvordan dynamikken hos disse artene er i Malangen.

Alle de undersøkte artene var tilstede i januar, men det var liten fangst av vassild under det første toktet. Øyepål ble ikke registrert i fangsten i mai, men var tilbake i fangstene i september. Det kan virke som om gytemoden kolmule trekker ut av Malangen på våren og slutter seg til resten av kolmulebestandene ved gytefeltene. Hyse var representert i alle innsamlingene, men alderen på individene begrenset seg til 1-4 år. Det er mulig at Malangen fungerer som oppvekstområde for hyse, før gytemodne individer trekker mot gyteområder som for eksempel i Balsfjord.

Vassild, kolmule, sølvtorsk og øyepål hadde lavere lengde ved alder sammenlignet med de samme artene i Nordsjøen, ved Færøyene og vest for de Britiske øyer. For å undersøke vekstutviklingen ble von Bertalanffys vektfunksjon benyttet. Estimert L_{∞} var fra 15,1 cm hos sølvtorsk til L_{∞} på 36,5 cm hos vassild. Det ikke var mulig å bergene von Bertalanffys vekstparametere for hyse basert på datamaterialet. Vekstindeksen ϕ' (Φ') varierte fra 2,27 hos sølvtorsk til 2,71 hos kolmule. Kjønnsmodning inntrådte i hovedsak ved både større lengde og høyere alder for artene i Malangen sammenlignet med bestandene i sørligere havområder. Hyse ble også sammenlignet med Barentshavet for å se hvordan vekstmønsteret og kjønnsmodningsmønster utvikler seg i artens nordligste utbredelsesområde.

Det er lav fiskeriaktivitet i Malangen og for de fleste artene ble den totale dødelighetsraten Z satt lik M . Alle artene bortsett fra øyepål hadde høyere naturlig dødelighetsrate enn for bestandene i sammenligningsområdet. Dette er estimat som er viktig å følge tett opp, særlig ved innføring av ulike forvaltningsregimer. Forvaltningen av ulike fjordssystemer må gjøres med tett overvåkning av disse livshistorieparametere for de ulike fiskeartene.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	1
1.1	Bakgrunn.....	1
1.2	Biologi og utbredelse hos vassild, hyse, kolmule, sølvtorsk og øyepål	2
1.3	Otolitter, vekst, kjønnsmodning og dødelighet.....	4
1.4	Forvaltning og klima.....	6
1.5	Problemstilling, hypotese og tilnærming	7
2	Material og metode.....	8
2.1	Områdebeskrivelse	8
2.2	Innsamling av fisk.....	9
2.3	Opparbeiding på laboratoriet	10
2.4	Otolitter.....	11
2.5	Alder	12
2.6	Databehandling	12
2.7	Vekstberegning	13
2.8	Dødelighetsberegning	14
2.9	Kjønnsmodning.....	16
2.10	Sammenligning av data.....	16
3	Resultater.....	17
3.1	Antall og lengdefordelinger	17
3.2	Temperatur.....	23
3.3	Vekst	24
3.4	Lengde og alder ved kjønnsmodning.....	32
3.5	Naturlig (M) og total dødelighetsrate (Z)	34
4	Diskusjon.....	38
5	Konklusjon	56
6	Litteraturliste	57
	Appendikstabeller	I
	Appendiksligning	IV
	Appendiksfigurer.....	IV

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Endringer i klima, miljø og beskatning har gjort at sammensetningen av fiskebestandene endrer seg. For noen arter og bestander har utbredelsesområdet og bestandsstørrelsen ekspandert, mens andre bestander som for eksempel kysttorsk (*Gadus morhua*) nord for 62°N har hatt bestandsnedgang. Flere av fiskeartene som befinner seg i de dype delene av Malangsfjorden i Troms (ca. 200 – 400 m Figur 1) lever i den nordligste delen av sitt utbredelsesområde. Noen av de dominerende artene som oppholder seg i området blir kommersielt beskattet, men ikke nødvendigvis i selve Malangen. Kolmule (*Micromesistius poutassou*), kveite (*Hippoglossus hippoglossus*), breiflabb (*Lophius piscatorius*) og vassild (*Argentina silus*) regnes som kommersielle arter som blir intensivt fisket etter, mens andre arter som øyepål (*Trisopterus esmarkii*) og sølvtorsk (*Gadiculus argenteus thori*) blir betraktet som typiske byttedyr for andre predatorer. Havmus (*Chimaera monstrosa*) og svarthå (*Etmopterus spinax*) blir hverken kommersielt beskattet eller er typiske byttedyrfisker. Noen arter gyter sannsynligvis også i området, mens andre arter gyter utenfor fjordområdet og driver inn i området som yngel.

Artene er også utsatt for svært forskjellig påvirkning fra fiskeriforvaltningen. Rochet (1998) beskriver hvordan fiskebestander kan bli påvirket av tre typer effekter; direkte effekter på populasjonstetthet: miljømessige korttidseffekter på vekst og reproduksjon som skyldes phenotypisk plastisitet og tetthetsavhengige mekanismer og langtidseffekter som skyldes selektivt press knyttet til fangst. Ved intensivt fiske vil en kunne se en reduksjon av alder ved modning og en raskere vekst samt lavere populasjonstetthet (Hutchings, 2005). Fiskearter kan deles inn i r og K strateger. Dette avhenger om reproduksjonsstrategier til arten fokuserer på å produsere flest mulig avkom (r strateger) eller ha best mulig kondisjon/levedyktighet på avkommene (K strateger). Interaksjoner av disse livshistorieparameterne vil kunne bli påvirket i stor grad hvordan forvaltning og fisketrykket gjennomføres (Adams, 1980). Det er gjennomført få studier for vassild, øyepål og sølvtorsk i sitt nordlige utbredelsesområde, men noe mer er gjennomført for hyse (*Melanogrammus aeglefinus*) og kolmule (Bergstad et al. 2003).

1.2 Biologi og utbredelse hos vassild, hyse, kolmule, sølvtorsk og øyepål

Vassild er en art i familien Argentinidae med utbredelse på begge sider av Nord-Atlanteren. Den oppholder seg ofte dyp nær bunnen på rundt 150-550 meter, men det er gjort observasjoner helt nede på 1500 meter (Sundby et al., 2017). Den oppholder seg ofte i varmere vannlag fra øst i Barentshavet til sørlige deler av Irland og trives best ved temperaturer rundt 5-8 °C (Bergstad, 1993; Sundby et al., 2017). Arten utnyttes kommersielt i trålfisket i Nordsjøen og fanges ofte sammen med øyepål og kolmule (Bergstad, 1993). Totalfangsten var i 2016 på i underkant av 19 000 tonn og hoveddelen ble fisket i Nordsjøen og Norskehavet (ICES, 2017a). Vassild har en gyteperiode som strekker seg i tidsrommet fra mars til november avhengig av utbredelsesområdet der den tidligst vil gyte ved Mørkekysten og nordover og vil senest gyte vest for de Britiske øyer (Rockall) (Sundby et al., 2017).

Hyse en fiskeart i torskefamilien (Gadidae), kan bli opptil 110 cm lang i norske havområder. Hysa har skjeggtråd, og er tilpasset et bentisk levesett. Den har sitt utbredelsesområde på begge sider av Nord-Atlanteren, langs hele norskekysten, ved Nova Semlja, Island, Spitsbergen og øst for Portugal (Moen & Svensen, 1999). Gyteperioden er mellom mars til juni og gytingen foregår på 100-150 meters dyp. Hysa er en av de viktigste kommersielle artene i Norge med en fangstverdi på 1,18 milliarder kroner (Havforskningsinstituttet, 2018). Arten deles inn i to bestander langs norskekysten. Nord-øst arktisk hyse med utbredelsesområde fra Stadt til Barentshavet mot Nova Semlja, med gyteområde langs eggakanten og ved Tromsøflaket (Havforskningsinstituttet, 2004). Hyse i Nordsjøen og Skagerak blir opp til 60 cm og 4 kg, betydelig mindre enn nordøst arktisk hyse. Gyteperioden er fra mars til mai og den gyter i de sentrale delene av Skagerak.

Kolmule er en art i torskefiskfamilien som har sitt utbredelsesområde i de nordøstlige delene av Atlanterhavet og i Middelhavet. Arten er en av de mest tallrike bestandene i de midterste vannlagene. Føden består i hovedsak av krepsdyr, krill, amfipoder samt små unge kolmuler. Kolmulen gyter i tidsperioden februar til april, og gyteområdet er vest for de britiske øyene ved kysten av Irland. Etter gyting vil egg og larver distribueres nordover med havstrømmer. Kolmulen kan bli opp mot 50 cm lang og kan leve opptil 20 år (Havforskningsinstituttet, 2004).

Kolmule blir i dag utnyttet kommersielt og er en viktig art i de norske fiskeriene. Totalt blir det fisket rundt 1,5 millioner tonn kolmule årlig, og norske fiskerier står for omtrent 30% av dette (Havforskningsinstituttet, 2004).

Sølvtorsk finnes langs kontinentalsokkelen langs norskekysten. Arten blir ikke utnyttet kommersielt, men vil ofte finnes som bi-fangst i fisket etter kolmule og øyepål (Cohen et al., 1990; Sundby et al., 2017). Det finnes generelt lite informasjon om denne arten, men den gyter langs store deler av utbredelsesområdet (Sundby et al., 2017). Sølvtorsken gyter midt vinters, ofte tidlig på våren i de sør-vestlige delene av utbredelsesområdet, mens bestandene i Nordsjøen gyter i perioden mellom mars og mai (Cohen et al., 1990).

Øyepål er en liten, men tallrik art som tilhører torskefamilien med utbredelse langt store deler av norskekysten (Havforskningsinstituttet, 2019). Den oppholder seg ofte på dyp rundt 50-250 meter, nært bunnen (Albert, 1994). Øyepål er ofte et byttedyr for andre større torskefisk som har samme utbredelsesområde, som for eksempel sei, torsk og hvitting. Levetiden er rundt 3 år, og oppnår gytemoden alder rundt 2 år (Albert, 1994). Det er registret individer av øyepål med lengde rundt 35 cm, men arten blir sjeldent over 20 cm og 100 gram (Albert, 1994).

1.3 Otolitter, vekst, kjønnsmodning og dødelighet

Otolitter og aldersestimering

En viktig faktor for å kunne skaffe informasjon om fiskebestander og dens dynamikk er forholdet mellom alder og lengde hos individer. Dette er viktig informasjon for forskere når de skal kunne estimere utviklingen av en fiskebestand. I de tidligste årene med fiskeriforskning på torsk ble skjellanalyser benyttet for å estimere alderen til fisken. Fra 1932 ble metoden for avlesning av otolitter benyttet og viste seg å være en bedre og sikrere metode for aldersestimering (Rollesen, 1933). Otolittene er en kalkholdige struktur satt sammen av kalsium, karbon, aragonitt og proteiner (Campana & Thorrold, 2001). Sagitta som er de største otolittene er lokalisert ved fiskens indre øre benyttes i hovedsak for å estimere alder på fisken (Álvarez et al., 2008). Otolittene er ikke i direkte kontakt med ytre miljø slik skjell og tenner er. Dette medfører at otolittene ikke blir påvirket av miljøet rundt noe som gjør at veksten til otolittene er konstant ikke vil la seg påvirke av selv om den somatiske veksten (kroppsveksten) nesten ikke er eksisterende (Campana & Thorrold, 2001). Dette gir igjen en forklaring på hvorfor otolitter egner seg bedre for å estimere alder enn skjell, tenner og beinstrukturer.

Ved å undersøke otolittene vil man se to ulike soner: opake soner (sommersoner) og hyaline soner (vintersoner). Ved å studere disse to vekstsonene vil sonene tilsammen utgjøre et år.

Bakgrunn for vekst

For å kunne estimere veksten til fisk er det mulig å benytte flere metoder for å finne den potensielt maksimale veksten til en fiskeart. En av disse metodene er von Bertalanffys vekstfunksjon som beskriver endringer i størrelse (lengde/vekt) ved alder (Roff, 1984). Denne funksjonen vil bli benyttet i denne oppgaven for å estimere den potensielle maksimale lengden og veksthastigheten til de valgte artene. Vekstligningen er framstilt ved at man tar hensyn til at veksten til et dyr ligger i forskjellen mellom anabole og katabole prosesser ved dyrets metabolisme (Bertalanffy, 1957; Sainsbury, 1980).

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-Kt})$$

L_t (cm) er lengde ved alder t (år), L_∞ (cm) er den asymptotiske lengden og K (år⁻¹) er en konstant som beskriver hvor raskt L_t når L_∞ (Roff, 1984).

Kjønnsmodning og dødelighet

Fiskepopulasjoner i sitt nordlige utbredelsesområde kan ofte ha senere kjønnsmodning, leve lengre og kan ifølge studier oppnå større maksimal lengde enn individer i sørligere havområder med høyere temperaturer (Beverton, 1992; Luksenburg & Pedersen, 2002).

Vekstmønster, alder og størrelse ved kjønnsmodning og naturlig dødelighet kan ofte være korrelerte størrelser. Når fisken oppnår kjønnsmodning vil ofte mye av energien bli flyttet fra somatisk vekst over til gonadevekst og gyteaktivitet, som igjen vil kunne gi en positiv korrelasjon mellom alder og størrelse ved kjønnsmodning og overlevelse (Luksenburg & Pedersen, 2002).

Naturlig dødelighetsrate (M) kan være svært vanskelig å estimere nøyaktig. Pauly (1980) beskriver naturlig dødelighet som et av de vanskeligste parameterne å kunne estimere med nøyaktighet, men den er en viktig parameter i modeller som brukes til å undersøke dynamikken i fiskepopulasjoner. Naturlig dødelighet er definert i litteratur som alle årsakene til dødelighet unntatt fiske, og derfor vil en direkte estimering av M bare kunne oppnås av totalt ubeskattede fiskebestander (Pauly, 1980). Muligheten for å estimere den naturlige dødeligheten i høstede bestander ligger blant annet i å kunne estimere M fra verdien av total dødelighet (Z) minus fiskedødelighet (F). Svakheten med disse tilnærmingene er at de fleste bestandene er beskattet, men også at data for total dødelighet ofte er utilgjengelig (Pauly, 1980). Det er derfor prøvd å knytte andre parametere til M for å undersøke en sammenheng som kan benyttes for å gi bedre estimat for naturlig dødelighet. Beverton and Holt (1959) har forsøkt å relatere andre estimerte verdier som kan benyttes til å predikere M . Vekst har en tydelig sammenheng med naturlig dødelighet og M har vist seg å ha en sterk sammenheng med vekstparameteren K fra von Bertalanffys vekstfunksjon (Pauly, 1980). Det finnes god tilgang på verdier for K og det har ikke vært knyttet store problemer i å estimere denne verdien. Ved å plote forholdet mellom K og M er det ganske klart at det er en sammenheng mellom disse parameterne, og det vil være mulig å beregne et rimelige estimat for M med bakgrunn i K (Pauly, 1980).

1.4 Forvaltning og klima

Fiske i Malangen og forvaltningsstrategier

Malangen har tidligere hatt intensivt rekefiske, først med reketrål uten skillerist der mange av de små ikke-kommersielle fiskeartene ble tatt som bifangst og tatt inn til land (Einar Nilssen, IAMB, Universitet i Tromsø, personlig meddelelse). Etter at utviklingen og pålegg om skillerist kom i 1990 ble disse artene skilt ut fra fisket. Rekefiske i Malangen i dag er på et veldig lavt nivå, og fisket generelt i fjordsystemet antas å være lavt (Einar Nilssen, IAMB, Universitet i Tromsø, personlig meddelelse).

Kjernen i norsk fiskeriforvaltning i dag er å bergene hvor mye som er forsvarlig å fiske av en enkelt bestand, total allowable catch, også kalt TAC. Dette ble innført etter etableringen av de økonomiske sonene i 1977 (Holm & Tveiterås, 2013). Beregningene og estimatene for bestandene gjelder i stor grad for de kommersielt utnyttede artene som man selektivt fisker etter. Det finnes andre forvaltningsteorier som blant annet teorien om balansert høsting. Den legger til grunn høsting på et langt bredere spekter av arter og størrelser enn dagens forvaltning av et selektivt fiske (Garcia et al., 2012). Hensikten med denne teorien for forvaltning er å gjøre det mulig å opprettholde bærekraftige bestander på alle trofiske nivå og minske den biologiske effekten som et selektivt fiske kan medføre og dermed øke matsikkerheten.

Endringer i klima og temperatur

Klima er som nevnt også en viktig faktor for hvordan ulike fiskebestander endrer sammensetning, størrelse og tilstedeværelse. Temperatur er en faktor som generelt vil påvirke veksten hos fisk (Pedersen & Jobling, 1989). Økende temperaturer vil kunne gi økt vekstrate og motsatt, og det finnes flere studier som viser hvordan svingninger i temperatur påvirker veksten (Jørgensen, 1992). Endret temperatur kan også få konsekvenser for sammensetning i et fjordsystem. Disse endringene kan også bidra til å øke konkurransen om mattilgang hvis nye arter kommer til, eller at arter emigrerer ut fra sitt naturlige utbredelsesområde til andre områder med lav produktivitet og mattilgang (Fossheim et al., 2015).

1.5 Problemstilling, hypotese og tilnærming

Hensikten med denne oppgaven er å undersøke populasjonsbiologien til de ulike valgte artene i Malangen. Å vurdere konsekvensen om mulig endring av havklima og miljø, samt vurdere hvilke forvaltningsmessige hensyn en kan bli nødt til å ta for å møte eventuelle nye utfordringer. Problemstillingen for oppgaven er følgende: Er vekst, lengde og alder ved kjønnsmodning og dødelighet hos fiskebestandene i Malangen forskjellig fra bestander lenger sør? Og er det sammenheng mellom vekstmønster og dødelighet? For å undersøke dette har jeg satt opp følgende hypoteser:

Fisk i nordlige del av utbredelsesområdet (f. eks. Malangen) vil sammenlignet med bestander lenger sør ha:

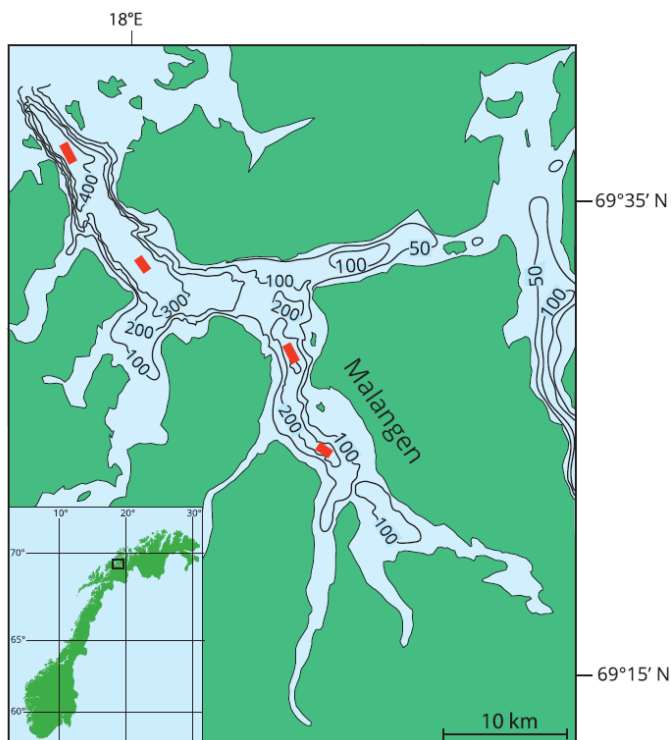
- I) lavere individvekstrate (lavere K og høyere L_{∞} i von Bertalanffys vekstligning)
- II) kjønnsmodning ved høyere alder og større lengde
- III) lavere naturlig dødelighetsrate

Oppgavens mål er å teste disse hypotesene for å kunne si noe hvordan eventuelle endringer i temperatur kan påvirke artene i framtiden og vurdere om det finnes metoder for å opprettholde en bærekraftig forvaltning av disse artene som i dag (bortsett fra hyse) lever i den nordligste delen av sine utbredelsesområder.

Oppgavens tilnærming består i å ta prøver av vassild, hyse, kolmule, sølvtorsk og øyepål ved hjelp av trål i Malangen. Jeg vil måle lengde, vekt, vurdere grad av kjønnsmodning og estimere alder. Etter å ha samlet inn data vil jeg; beregne lengde ved alder for begge kjønn undersøke vekstutviklingen ved hjelp av von Bertalanffys vektfunksjon, estimere lengde og alder ved kjønnsmodning, estimere total og naturlig dødelighet og undersøke om det er en sammenheng mellom vekstmønster og dødelighet.

2 Material og metode

2.1 Områdebeskrivelse



Figur 1 Kart over Malangen som viser innsamlingsområdene med stasjonene Målsjorda (innerst), Kravika, Skårlia og Hekkingen (ytterst) vist som røde stolper. Kart laget av Frøydis Strand

Malangen er lokalisert i Troms fylke ca. 30 km fra Tromsø. Fjorden er rundt 6 km bred og 44 km lang. Dybden varierer fra 100 m i de innerste delene av fjorden til rundt 400 meter i den ytre delen (Figur 1) (Hald et al., 2011). Vannmassene i Malangen har sin opprinnelse i en sammensetning av kyststrømmen, Atlantisk strøm og lokale havstrømmer. Lokal tilførsel av vann til fjorden skjer ved bunnen av Målselva, som tilfører fjorden ferskvann (Hald et al., 2011).

Temperaturer fra de ulike trålstasjonene ble innhentet fra CTD data opparbeidet av Mankettikkara (2018) «Havmiljødata» og jeg har framstilt dette i en oversikt som viser bunntemperatur, dybde og tidsperiode vist i Tabell 3 og illustrert i Appendiksfigur 1-3.

2.2 Innsamling av fisk

Data ble innsamlet med trål på fartøyet F/F Johan Ruud i perioden fra januar 2018 fram til september 2018. Det ble samlet inn data fra fire trålstasjoner, Målsjorda, Kravika, Skårlia og Hekkingen (Figur 1). Bunntrålen som ble benyttet var en Sputnik 1400 maskers reke-trål med 35 mm maskevidde i sekken som har et innernett med 8 mm maskevidde i den bakre 1,3 meter delen av trålen (Appendiksfigur 9) (Larsen, 2016). All fisk ble sortert på art og totalvekt for hver art ble registrert (Appendikstabell 2). De fire trålstasjonene hadde dybdeintervaller i hovedsak fra 206 m, 240 m, 340 m og 400 m. Underprøver for de «minste» artene som skulle undersøkes videre ble frosset ned for opparbeiding senere på laboratorium. Hyse og vassild ble i hovedsak opparbeidet (lengdemålt, veid og tatt ut otolitter) om bord på Johan Ruud. Alle underprøvene ble samlet inn ved tilfeldig prøvetaking der alle observasjoner (individer) har lik sannsynlighet for å bli samlet inn (Quinn & Keough, 2002). Som et overordnet mål ønsket jeg å samle inn minimum 50 individer fra hver art for hver prøvetakingsperiode for å få et godt datagrunnlag..



Figur 2 F/F Johan Ruud i kai ved Sommarøy mai 2018 Foto: Eskil Dahl Olaussen

2.3 Opparbeiding på laboratoriet

Måling av fisk

Ved opparbeidingen av fiskene på laboratoriet ble en og en pose med frossen fisk innhentet fra de ulike toktene tatt opp, og fiskene ble lagt i kaldt vann for tining. Etter at fiskene var tint, ble de lagt i en plastbakke med papir i bunn for å at vannet skulle renne av. Fiskens totale lengde ble målt (TL, cm) og lengden av alle individer ble rundet ned til nærmeste 0,5 cm. Totalvekten (rundtvekt) ble veid først med nøyaktighet på 0,1 g for så å veie gonader, lever og slaktevekt. Vekt, modenhetsgrad og levervekt ble registrert samt otolitter tatt ut. Gonade, lever- og total/sløyd vekt ble registret men ikke benyttet videre i analysene.

Modningsbeskrivelse

For å bestemme modningsgraden av fisken ble det benyttet skjema for generell modningsbeskrivelse (Tabell 1). For de gonadene der jeg var usikker på modningsgraden og ikke kunne se tydelige egg, men hadde større gonader enn de som tydelig umodne, benyttet jeg lupe med forstørrelse x4 for å undersøke utviklingen av oocytterne.

Tabell 1 Generell modningsbeskrivelse som ble benyttet for bestemme modningsgrad på individene (Mjanger et al., 2011)

Skjema for modningsbeskrivelse	
1. Umoden	Gonadene er små. Ikke synlig egg/melke
2. Modnende	Gonadene større i volum. Synlig egg/melke, men ikke rennende
3. Gytende	Rennende gonader. Lett press på buken fører til at egg/melke kommer ut.
4. Utgytt	Gonadene er små, slappe og blodsprenge. Regenerering tar til, gonadene noe større, fyldigere enn stadium 1. ikke synlig egg/melke
5. Usikker	Brukes bare dersom det er usikkerhet mellom stadium 1 og 4

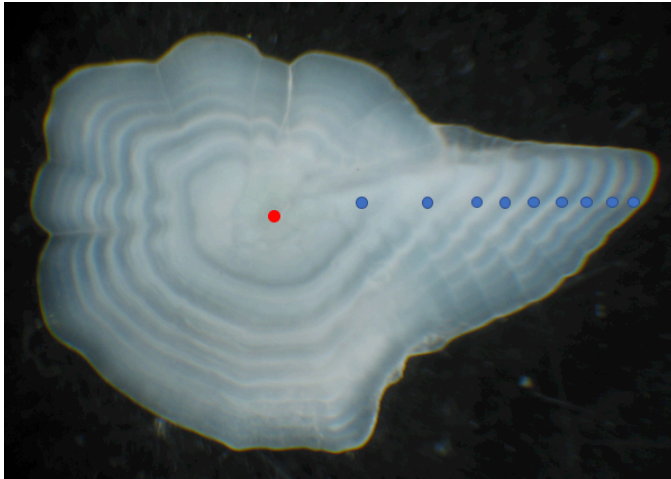
2.4 Otolitter

Lagring og aldersavlesning

Siden jeg hadde en rekke ulike arter ble også otolittene lagret på ulike måter. Øyepål og hyse som knekkes ved avlesning ble lagt tørt i otolitt-poser, merket med individnummer, stasjonsnummer og dato. Vassild, sølvtorsk og kolmule ble lagt i små beholdere med vann for å bevare fuktigheten slik at sonene kommer tydeligere fram ved avlesning. Dette er et lite avvik fra beskrivelsen i Mjanger et al. (2011) hvor otolittene for alle disse artene i utgangspunktet legges tørt. Hensikten med å legge de i vann fra første stund er å spare tid ved at det ikke vil være nødvendig å legge de bløtt før avlesning.

Metode for otolittavlesning ble det benyttet Havforskningsinstituttets håndbok for prøvetakning av fisk og skalldyr, versjon 3.16 (Mjanger et al., 2011). Det ble benyttet Motic SMZ-171 mikroskop med forstørring 4x ved avlesning av otolittene. Før avlesning av otolitter fra øyepål og hyse ble otolittene knekt på midten, stilt opp i kitt og belyst fra siden for å få frem vekstsonene i otolitten. Otolittene til vassild, kolmule og sølvtorsk ble avlest med påfallende lys i vann med svart bakgrunn. Alder ble estimert ved å telle opake vekstsoner (sommervekstsoner) (Figur 3). For individene som ble samlet inn i september ble den ytterste sommersonen ikke tatt med i estimer av alder. I utgangspunktet ble det lagt opp til en avlesning av alle otolittene. Bilder av de ulike otolittene fra de undersøkte artene er vist i Appendiksfigur 4-8.

Etter første avlesning ble resultatene diskutert med veileder. Veileder leste 6 individer av hver art for hvert tokt, disse ble sammenstilt i en figur for å sammenligne avlesningene. Etter å ha plottet lengde mot alder ble det bestemt å lese alle otolittene til sølvtorsk på nytt. Otolittene fra vassild ble også vurdert til at individer mindre enn 20 cm i lengde ble lest på nytt, samt otolittene til hyse som ved første lesing ble avlest til 2 år.



Figur 3 *Argentina silus* otolitt avlest. Individ nummer 49, innsamlet i mars 2018 ved stasjon 171 Hekkingen. 9 vekstsoner avlest (blå markører). Sentrum er markert med rød markør.

2.5 Alder

For å sette en så nøyaktig alder som mulig valgte jeg å sette desimalalder for hvert individ. Dette ble gjort ved å sette alder fra gytedato og fram til fangstdato. For de ulike artene ble det satt gytedato følgende: hyse 01. april, kolmule 01. mars, sølvtorsk 01. mai, vassild 01. mai og øyepål 01. mars. Datoene ble valgt ved å sette gytedato den første i den midterste måneden av gyteperioden.

2.6 Databehandling

Analyse og presentasjon

Rådata ble etter opparbeiding ført inn i Microsoft Excel der stasjon, lengde, rundvekt, gonadevekt, levervekt og sløyd vekt ble ført inn. Grafiske fremstillinger og statistiske analyser ble utført i Microsoft Excel, R (Ogle, 2016) og SYSTAT versjon 13 (Wilkinson et al., 1996).

Lineær regresjon

Den mest brukte og enkleste statistiske teknikker for å teste forholdet mellom to variabler er lineær regresjon. Formålet er å teste forholdet mellom x og y for å undersøke for stor andel av variasjonen i y kan forklares med et lineært forhold til x og hvor mye av den variasjonen som ikke kan forklares. Ved lineær regresjon forutsettes det normalfordeling av dataene.

Determinasjonskoeffisienten R^2 forteller hvor mye av variansen kan forklares med regresjonsligningen og hvor nært punktene er den lineære linjen.

Ikke-lineær regresjon

Når forholdet mellom x og y er tydelig krumlinjet er en mulighet for å forstå forholdet mellom x og y å benytte ikke-lineære modeller. Disse modellene og utregningene er mer komplekse enn for lineære modeller, og det er viktig å sette startverdier for utregning av ligninger så nært opp mot realistiske parametere (Quinn & Keough, 2002).

Determinasjonskoeffisienten R^2 forteller hvor mye av variansen til de avhengige variablene kan forklares med regresjonsligningen (Quinn & Keough, 2002). P-verdien forklarer om det er sammenheng mellom variablene og dersom verdien er $<0,05$ vil det være signifikant sammenheng og man forkaster 0-hypotesen (Quinn & Keough, 2002).

2.7 Vekstberegning

For å kunne estimere vekst ble von Bertalanffys vekstligning (VBF) (Bertalanffy, 1938) benyttet ved å tilpasse vekstligningen til lengde og aldersdata i SYSTAT 13. Videre i oppgaven vil von Bertalanffys vekstfunksjon kalles for VBF. Dette er en ikke-lineær modell som brukes for å beregne parameterne L_∞ , K og t_0 i VBF.

$$L_{i,t} = L_\infty * (1 - \exp(-K(t-t_0)))$$

$L_{i,t}$ = standard lengde av individ i ved individualder t (cm)

L_∞ = den maksimale asymptotiske lengden (cm)

t = fiskens alder i år

K = vekstkonstanten (år^{-1})

t_0 = den hypotetiske alder (år) når lengden er lik null

L_∞ representerer den asymptotiske maksimale lengden for vekst, L_t er den totale lengden (cm) ved alder t . K forklarer veksthastighetskoeffisienten og t_0 viser den hypotetiske alderen når lengden er lik null. Estimering av L_∞ ble gjort både med og uten t_0 . En av grunnene til at t_0 først ble ekskludert er å lettere kunne tilpasse kurven med kun to variabler da en del av artene ikke hadde tilstedeværelse av de aller yngste og eldre individene (Luksenburg & Pedersen, 2002).

For å sammenligne veksten til artene ble det benyttet vekstindeksen Φ' (Phi'), som kan benyttes ved å bruke vekstparameterne i von Bertalanffy. Denne vekstindeksen er en nyttig metode for å sammenligne vekstytelse mellom grupper av fisk (Pauly & Munro, 1984).

Ligningen for beregning av Φ' er som følger:

$$\Phi' = \log_{10}(K) + 2 * \log_{10}(L_{\infty})$$

2.8 Dødelighetsberegning

Fiskepopulasjoner består av individer av forskjellige aldre og årsklasser er grupper av fisk som er født (klekket) samme år, også kalt kohorter (Quinn & Deriso, 1999). Utviklingen av årsklassene over tid har en dynamisk sammenheng med nedgangen i tettheten av individer innen samme årsklasse som er forårsaket av dødelighet.

For å undersøke utviklingen kan man se på forandringer over tid. 0 grupper som f.eks. kan være født i 2017 er 1-åringer i 2018. Ricker (1975) beskriver prosessens utvikling av dødelighet, og kan forklares følgende: N_0 er antallet individer i årsklasse 0; $N(t)$ er antallet av individer i årsklassen av alder t ; Z er den øyeblikkelige totale dødeligheten (år^{-1}). S beskrives som den årlige proporsjon som overlever (Quinn & Deriso, 1999). Dødelighet kan forklares som en negativ populasjonsvekst. Når individene har levd 1. år er størrelsen på årsklassen, $N(1) = N_0 \exp(-Z)$, og overlevelsen kan beregnes $S = \exp(-Z)$. Den årlige proporsjon som dør er $A = 1 - S = 1 - \exp(-Z)$.

$$Z = -\ln(1-A) = -\ln(S)$$

Dette er ofte en urealistisk enkel modell for de fleste fiskepopulasjonene, fordi dødelighet endres som en funksjon av alder, der dødeligheten oftest er høyest i løpet av de første leveårene (Quinn & Deriso, 1999).

For å beregne den øyeblikkelige dødeligheten (Z) for individene i denne undersøkelsen ble Chapman-Robson ligningen for estimering av overlevelse benyttet. Ligninger beskrevet i Dunn et al. (2002) og utregningen ble utført i den statistiske programvaren R, med programpakke FSA (Ogle, 2016).

$$Z = \log_e \left(\frac{1 + \bar{a} - 1/n}{\bar{a}} \right)$$

\bar{a} = gjennomsnittsalder ved full rekruttering. Alder ved full rekruttering settes normalt til alderen av aldersgrupper som har størst antall og som etterfølges med aldersgrupper med lavere antall.

n = antall

Som Gislason et al. (2008) beskriver finnes det en viss uenighet om naturlig dødelighet kan sees på som en artsavhengig konstant basert på livshistorie parametere som L_∞ og K (Pauly, 1980; Jensen, 1996; Griffiths & Harrod, 2007). Andre mener at det er en allometrisk funksjon av individenes kroppsstørrelse (McGurk, 1986; Lorenzen, 1996). Når det ikke er aktivt fiske etter en bestand vil den naturlige dødeligheten settes lik den totale dødeligheten Z . Total dødelighetsrate er normalt summen av den momentant naturlige dødeligheten (M) og fiskedødelighet (F).

2.9 Kjønnsmodning

For å kunne beskrive kjønnsmodning til de utvalgte artene ble det beregnet en sigmoid modningskurve som ble tilpasset til proporsjonene av kjønnsmodne individer som en funksjon av både lengde og alder ved bruk av logistisk modell (Quinn & Deriso, 1999; Luksenburg & Pedersen, 2002). Denne beregningen ble utført ved bruk av SYSTAT.

Ligningen som ble benyttet

$$P_a = 1 / [1 + e^{-b(a-A50)}]$$

P_a Proporsjonen av seksuelt modne individer ved alder (år) eller lengde (cm)

b Stigningskoeffisienten

a Alder (år) eller lengde (cm)

$A50$ Alder eller lengde ved 50 % kjønnsmodning

2.10 Sammenligning av data

For å kunne sammenligne data og estimat gjort for artene i Malangen ble det innhentet informasjon om artene fra ulike studier utført i Nordsjøen, Færøyene og vest av Britiske øyer. Det er viktig å merke seg at sammenligning av data var utfordrende siden metode og innsamlingsform kan variere fra studie til studie og ikke være utført med samme metode som jeg har benyttet for min undersøkelse.

3 Resultater

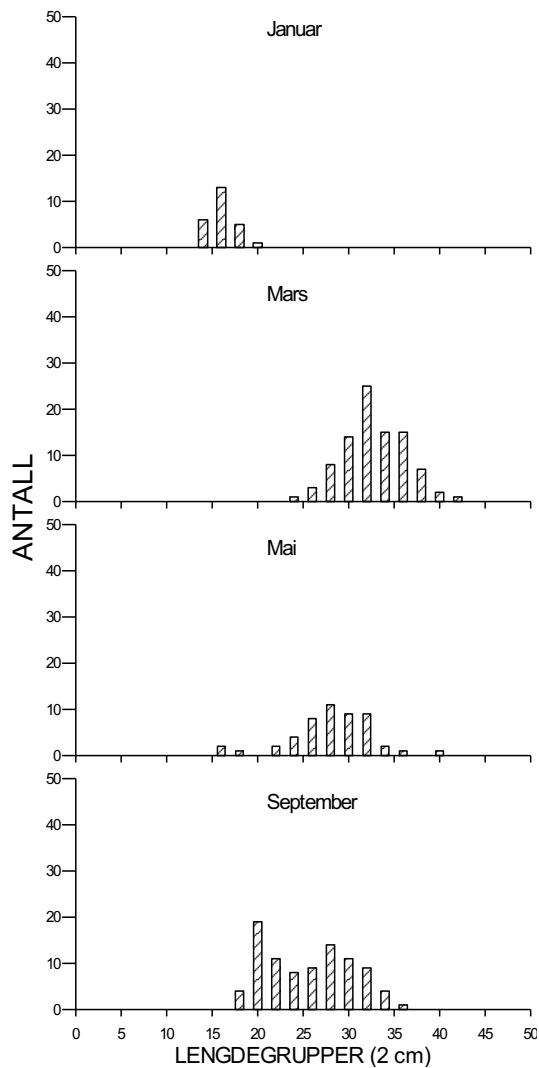
3.1 Antall og lengdefordelinger

Tabell 2 Oversikt over opparbeidede individer på laboratoriet som er grunnlaget for beregning av vekst, modning og dødelighet. Toktnummer er angitt i parentes. Oversikt over kjønn er vist i parentes (hunkjønn ♀, hankjønn ♂). En detaljert oversikt over tokt, dato og lokaliteter er gitt i Appendikstabell 1.

Tokt måned	Vassild	Hyse	Kolmule	Sølvorsk	Øyepål
Januar (1)	25 (10,14)	50 (24,26)	48 (43,5)	50 (42,8)	98 (53,45)
Mars (2)	92 (55,36)	55 (35,18)	45 (34,11)	50 (46,4)	50 (33,17)
Mai (3)	50 (22,25)	12 (8,4)	40 (33,5)	63 (41,21)	-
September (4)	90 (51,27)	42 (26,16)	17 (♀)	50 (40,10)	38 (25,13)
Totalt (♀,♂)	277 (138,102)	159 (93,64)	150 (127,21)	213 (169,43)	186 (95,75)

Det ble opparbeidet fra 150 (kolmule) til 257 (vassild) individer for hver art og totalt ble det opparbeidet 972 individer (Tabell 2). Det ble for enkelte måneder opparbeidet mindre grunnet lave fangster av enkelte av arter. Enkelte av individene var ikke mulig å indentifisere kjønn grunnet liten individ- og gonadestørrelse. Lengdefordelingsfigurene viser hvordan fordelingen av lengdegrupper for de opparbeidede individene forandret seg i løpet av toktperiodene. En fullstendig oversikt over totalfangst er vist i Appendikstabell 1.

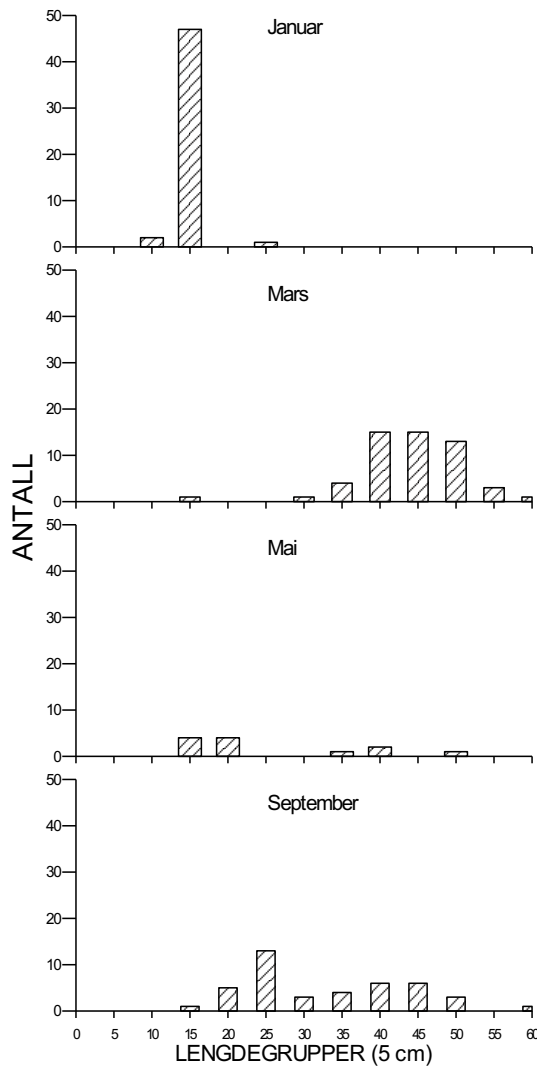
Vassild



Figur 4 Lengdefordeling for *Argentina silus* for begge kjønn i Malangen. Individene er inndelt i lengdegrupper på 2 cm, søylene er plottet over laveste lengde i lengdeintervallet.

Det var små fangster av vassild i januar, men det ble likevel registrert et lite antall av relativt små individer rundt 15 cm (Figur 4). Det var en økning av både antall og størrelse på individene i mars. Det ble opparbeidet relativt mange individer i mars i gyteperioden med hensyn på å skaffe gode kjønnsmodningsdata. Det var store fangster av vassild også i mai (Appendikstabell 2), men noe lavere tilstedeværelse av de lengste individene (Figur 4). For det siste toktet som var gjennomført i september, ser man en økning av yngre individer med en topp av individer med lengde på 20 cm. Det er fremdeles en jevn fordeling av de lengste individene.

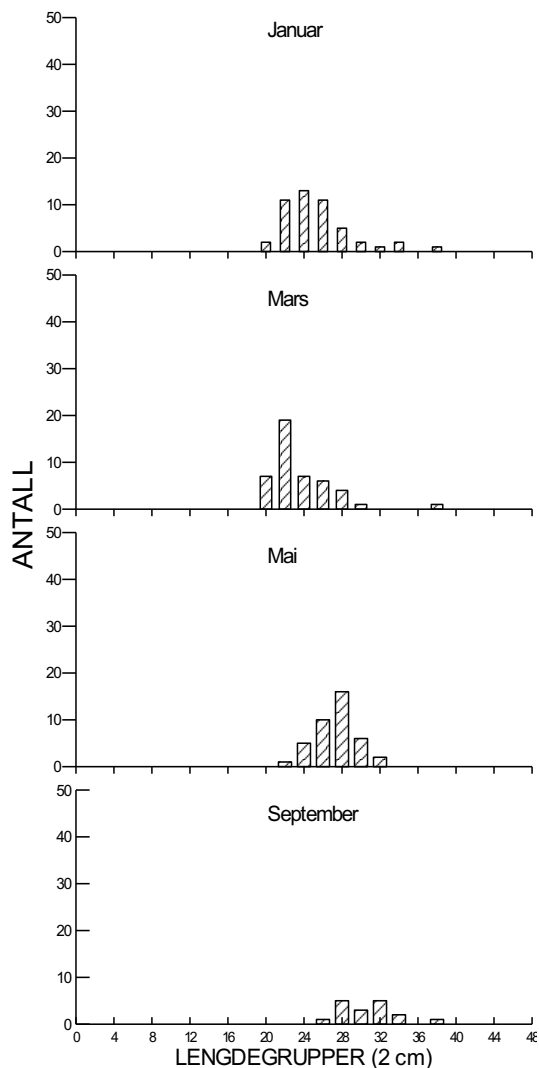
Hyse



Figur 5 Lengdefordeling for *Melanogrammus aeglefinus* for begge kjønn i Malangen. Individene er inndelt i lengdegrupper på 5 cm og søylene er plottet over laveste lengde i lengdeintervallet.

I januar var det bare små hyser med lengde fra 9 cm til 20 cm, men fordelingen var dominert av individer rundt 15 cm (Figur 5). Toktet i mars viste en økende tilstedeværelse av større individer fra 30 til 60 cm (Figur 5). Alle individene som ble tatt med trål ble opparbeidet. I mai var det lav tilstedeværelse av individer med stor spredning i lengde, men i september var det registrert et høyere antall i lengdegruppene fra 15 til 50 cm. Fordelingen mellom lengdegruppene var ganske jevne, men det var flest individene rundt 25 cm.

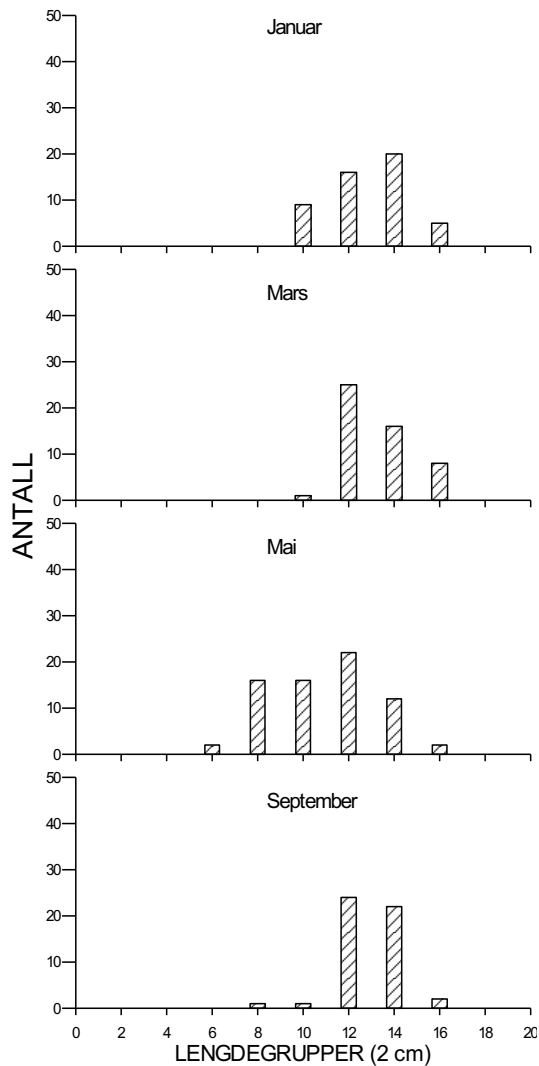
Kolmule



Figur 6 Legefording for *Micromesistius poutassou* begge kjønn i Malangen. Individene er inndelt i lengdegrupper på 2 cm, søylene er plottet over laveste lengde i lengdeintervallet.

Fra januar til september var det en konstant tilstedeværelse av kolmule mellom 20 og 30 cm (Figur 6). I januar er det registrert en topp der de lengste registrerte individene ligger rundt 24-25 cm, mens det i mars er dominans av individer på rundt 22 cm. For toktet i mai var det registrert flest individer av kolmule rundt 30 cm, en liten forskyvning fra mars over mot lengre individer. I september var det også en dominans av lengre individer mellom 28 – 38 cm. Det var store fangster av kolmule under alle toktene, men det ble som nevnt opparbeidet mindre fra toktet i september med hensyn på bruk av tid (Appendikstabell 2).

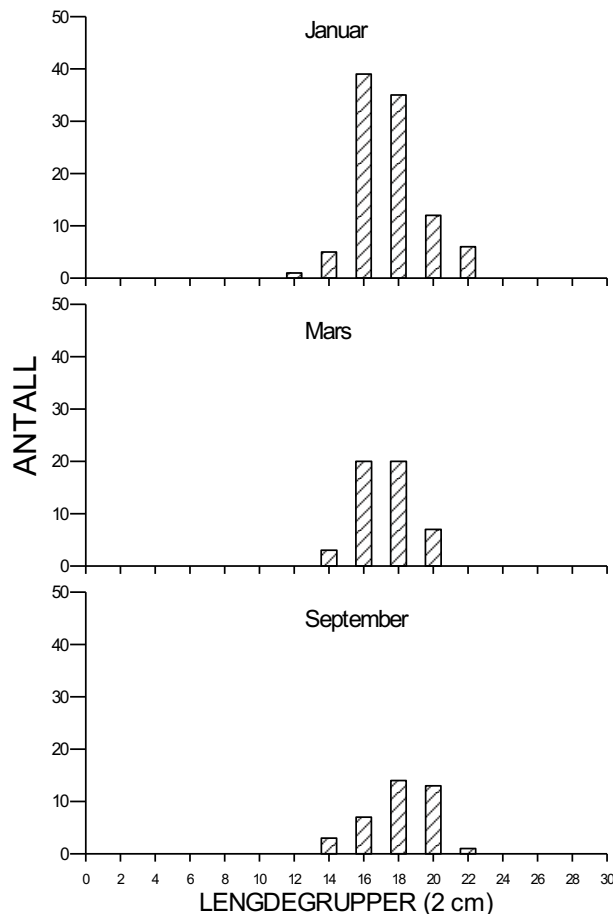
Sølvtorsk



Figur 7 Lengdefordeling for *Gadiculus argenteus thori* for begge kjønn i Malangen. Individene er inndelt i lengdegrupper på 2 cm, søylene er plottet over laveste lengde i lengdeintervallet.

Gjennom året med gjennomføring av tokt i Malangen var det en jevn tilstedeværelse av sølvtorsk (Appendikstabell 2). Det er individene med lengde rundt 14 cm som dominerer (Figur 7). I mars går toppen noe ned da individer rundt 12 cm er de dominerende. Det er en bredere fordeling av lengdegruppene i mai med små sølvtorsk mellom 6-10 cm til individer på 16 cm. Flest er det i lengdegruppen 12 cm. I september er individene dominert av lengdegruppene på 12 og 14 centimeter, mens det er noen få registreringer av individer <10 cm og > 15 cm.

Øyepål



Figur 8 Lengdefordeling for *Trisopterus esmarkii* for begge kjønn i Malangen. Individene er inndelt i lengdegrupper på 2 cm, søylene er plottet over laveste lengde i lengdeintervallet. Det var ingen fangst av øyepål i mai.

Det var en stor overvekt av individer mellom 15 – 20 cm tilstede i januar (Figur 8). Dette bildet er ganske likt i mars måned, men på toktet i mai ble det ikke registrert øyepål på trålstasjonene i Malangen. I september er det igjen registrert individer, og det er individene mellom 15 – 20 cm som dominerer (Figur 8).

3.2 Temperatur

Tabell 3 Oversikt over representative bunntemperaturer innhentet fra «Havmiljødata» for trålstasjoner i forskjellige måneder i Malangen utført i 2018 (Mankettikkara, 2018).

Variabel	Januar			Februar		Mai	Oktober	
	Spildernes st.nr 006	Hekkingen st.nr 010	Målsjord st.nr 007	Hekkingen st.nr 096	Målsjord st.nr 098	Målsjord st.nr 457	Hekkingen st.nr 770	Målsjord st.nr 772
Dybde (m)	234	394	186	402	184	188	400	184
Bunntemp. (°C)	7,9	7,6	7,9	6,7	7,0	5,1	7,2	6,3

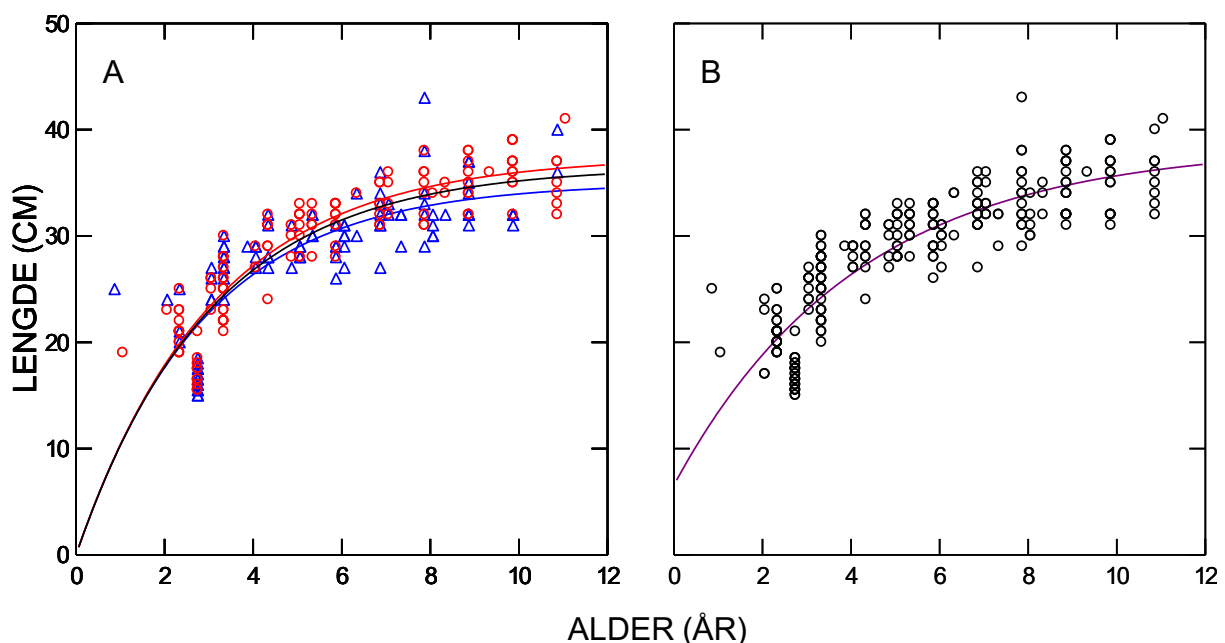
Bunntemperaturene på de ulike trålstasjonene i Malangen varierte i liten grad mellom 200 meter til 400 meter 7,6 - 7,9 °C (Tabell 3). Fra januar til februar kunne man se en liten nedgang i temperaturen med ca. 1 °C. I mai var temperaturen lavest med 5,1 °C ved Målsjord på 188 meters dyp. På høsten i oktober, litt etter siste gjennomførte tokt var temperaturen økt igjen til rundt 6,3 °C ved Målsjord (Tabell 3).

3.3 Vekst

I dette avsnittet blir lengde ved alder, vekstkoeffisienten (K) og den teoretiske maksimale lengden (L_{∞}) estimert ved å benytte von Bertalanffys vekstfunksjon. Beregningene ble først plottet uten å benytte t_0 , for så å prøve å benytte t_0 i ligningen for de artene det var mulig å beregne. Residualplott basert på beregningen av VBF er lagt ved i Appendiksfigur 14.

Residualplott for gjennomsnittslengde ved alder for kolmule og øyepål der det ikke var mulig å beregne VBF med t_0 er vist i Appendiksfigur 15.

Vassild



Figur 9 A; Lengde ved alder for hvert enkeltindivid (uten t_0), hunkjønn (\circ , - rød), hankjønn (Δ , - blå) *Argentina silus* i Malangen. Blå linje; hankjønn, rød linje; hunkjønn, sort linje; begge kjønn som indikerer von Bertalanffys vekstfunksjon. B; Lengde ved alder (\circ) begge kjønn. Linjen indikerer von Bertalanffys vekstkurve inklusiv t_0 .

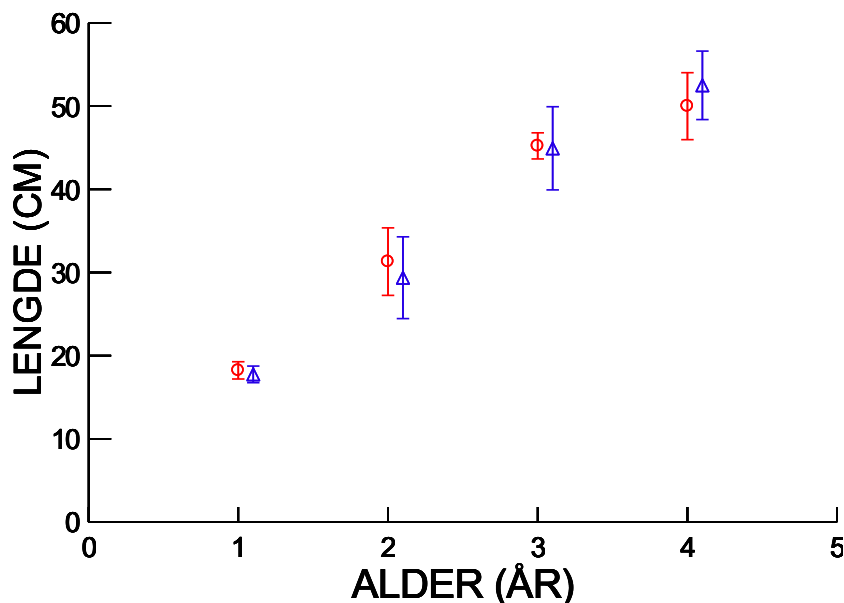
Ved å beregne VBF med startverdier for L_{∞} på 40 cm og K på $0,1 \text{ år}^{-1}$ ble følgende estimat utregnet illustrert i Tabell 4. Hankjønnene fikk en noe høyere L_{∞} på 37,5 cm og lavere K enn for hankjønn, og lengde ved alder var noe større for hunfiskene enn for hanfiskene (Figur 9A). Estimaten ble først beregnet uten å benytte t_0 . Figur 9B viser estimat for begge kjønn medregnet t_0 med startverdi på $-0,1 \text{ år}^{-1}$. Medregnet t_0 får man en høyere estimert L_{∞} 38,5 cm enn uten t_0 L_{∞} 36,5 cm. Parameterkorrelasjonen mellom L_{∞} og K er høy og negativ og lik både hankjønn og hunkjønn ($r = -0,89$ og $-0,88$).

Tabell 4 Oversikt over estimat for *Argentina silus*. L_{∞} ; maksimal teoretiske lengde, K; veksthastighetskoeffisienten, t_0 ; hypotetisk alder ved lengde lik null, R^2 ; determinasjonskoeffisient, n; antall, parameterkorrelasjon; beskriver forholdet mellom variablene. 95% konfidensintervall er vist i parentes.

Kjønn	L_{∞} (cm)	K (år ⁻¹)	t_0 (år)	R^2	n	Parameterkorrelasjon		
						L_{∞} vs. K	L_{∞} vs. t_0	K vs. t_0
Hann♂	35,0 (33,1 - 36,9)	0,35 (0,30 - 0,40)		0,62	102	-0,89		
Hunn♀	37,5 (36,3 - 38,6)	0,32 (0,30 - 0,35)		0,83	137	-0,88		
Alle	36,5 (35,5 - 37,6)	0,33 (0,31 - 0,36)		0,76	256	-0,89		
Alle t_0	38,5 (36,0 - 41,0)	0,24 (0,18 - 0,31)	-0,77 (-1,47 - 0,08)	0,77	255	-0,95	-0,83	0,95

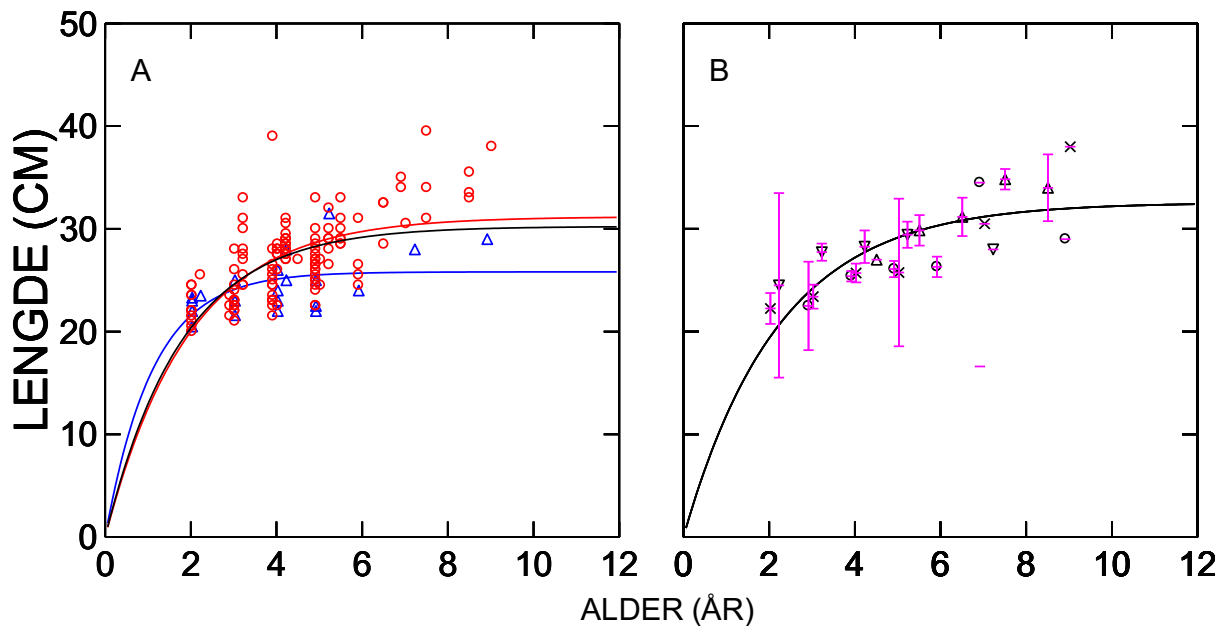
Hyse

Utgangspunktet var å estimere vekstkurve for alle artene i denne studien for å finne den potensielle maksimale lengden L_{∞} i cm og veksthastighetskoeffisienten. Ved å benytte von Bertalanffys vekstligning ble alder (desimal-alder) plottet mot lengde og VBF-ligningen ble benyttet for å estimere parameterne som beskrevet i avsnitt 2.6. Etter å ha prøvd å estimere vekstkurven for hyse ble det fort klart at dette lot seg gjennomføre. Derfor er kun gjennomsnittslengder ved alder illustrert i Figur 10 for årsklassene av hyse i Malangen. Disse vil bli sammenlignet i diskusjonen med gjennomsnittslengde ved alder for hyse i Barentshavet og Nordsjøen. I Malangen har hunkjønn litt større gjennomsnittslengder enn hankjønn, unntatt for fireåringer (Figur 10).



Figur 10 Gjennomsnitt med \pm 95 konfidensintervall for lengde ved alder for hunkjønn (\circ , - rød) og hankjønn (Δ , - blå) *Melanogrammus aeglefinus* i Malangen. Alderen for hanfiskene er økt med 0,1 for å hindre overlapp med hunfiskene.

Kolmule



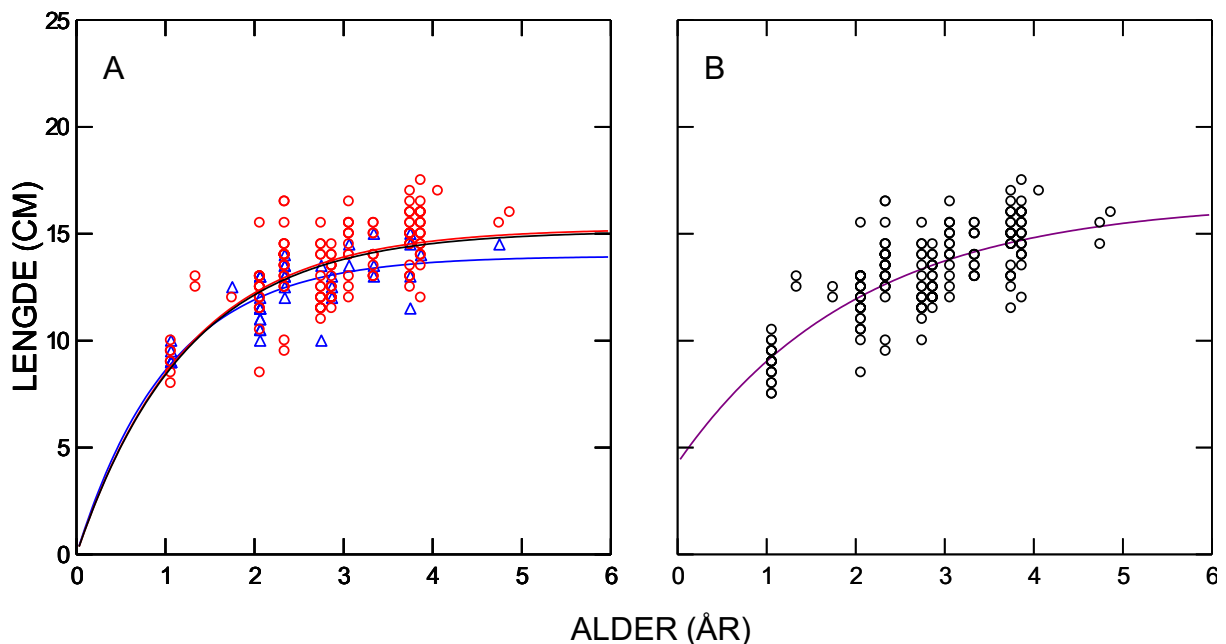
Figur 11 A; Lengde ved alder for hvert enkeltindivid (uten t_0), hunkjønn (\circ , - rød) hankjønn (Δ , - blå) *Micromesistius poutassou* i Malangen. Blå linje; hankjønn, rød linje; hunkjønn, sort linje; begge kjønn, som indikerer von Bertalanffys vekstfunksjon. B; Gjennomsnittslengde ved alder per prøvetakingsperiode januar; (\circ) mars; (\times) mai; (\blacktriangledown) september; (Δ) \pm 95 konfidensintervall for kolmule i Malangen. Linjen indikerer von Bertalanffys vekstfunksjon tilpasset for hankjønn og hunkjønn samlet.

Vekstforløpet for kolmule ble estimert ved å benytte VBF og hunkjønn hadde større lengde ved alder enn hos hankjønn (Figur 11A). Lengde ved alder for 2 åringer var svært lik for han- og hunkjønn. Lengdevekstrate til hanfiskene flater ut rundt 3 år, men fortsetter å stige for hunfiskene. Etter passerte 3 år vil lengde ved alder være betydelig høyere for hunfiskene enn for hanfiskene. Vekstkurve med t_0 inkludert ble ikke tatt med for da det ikke lot seg fremstille en vekstkurve med en ekstra parameter basert på de data som jeg hadde. Derfor ble en vekstkurve basert på gjennomsnittslengde ved alder for hver toktperiode framstilt for begge kjønn samlet (Figur 11B). Denne viser en litt høyere L_∞ enn i Figur 11A. Det er en høy og negativ korrelasjon mellom L_∞ og K for hunkjønn (-0,91), men noe svakere for hankjønn (-0,76).

Tabell 5 Oversikt over estimat for *Micromesistius poutassou*. L_{∞} ; maksimal teoretiske lengde, K; veksthastighetskoeffisienten, R^2 ; determinasjonskoeffisienten, n; antall, parameterkorrelasjon; beskriver forholdet mellom variablene. 95% konfidensintervall er vist i parentes.

Kjønn	L_{∞} (cm)	K (\AA^{-1})	R^2	n	Parameterkorrelasjon
					L_{∞} vs. K
Han♂	25,8 (24,0 - 27,6)	0,90 (0,54 - 1,26)	0,26	21	-0,76
Hun♀	31,2 (29,7 - 32,7)	0,51 (0,42 - 0,59)	0,39	127	-0,91
Alle	30,2 (29,0 - 31,5)	0,56 (0,47 - 0,64)	0,36	150	-0,89
Begge (Gj.snitt)	32,6 (29,7 - 35,4)	0,45 (0,31 - 0,59)	0,57		-0,86

Sølvforsk



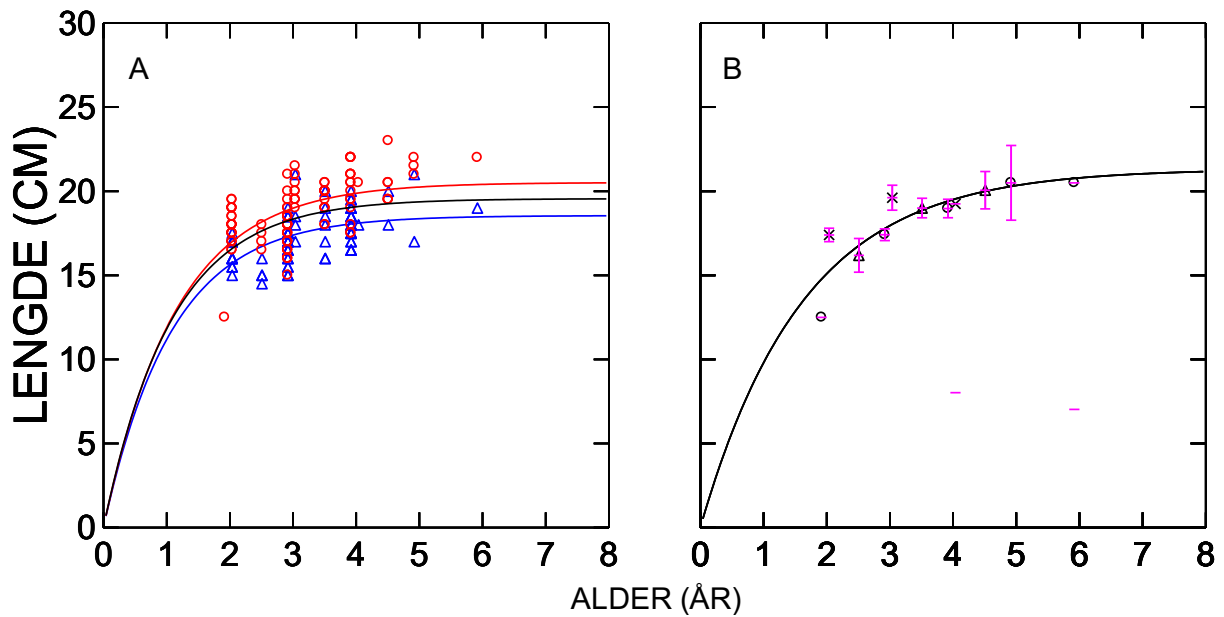
Figur 12 A; Lengde ved alder for hvert enkeltindivid (uten t_0) hankjønn (\circ , - rød), hankjønn (Δ , - blå) *Gadaculus argenteus thori* i Malangen. Blå linje; hankjønn, rød linje; hankjønn, sort linje; begge kjønn som indikerer von Bertalanffy vekstfunksjon. B; Lengde ved alder (\circ) begge kjønn. Linjen indikerer VBF vekstkurve inklusiv t_0 .

Vekstforløpet til sølvtorsk ble estimert ved å benytte VBF med startverdier for L_{∞} på 19 cm og K på $0,1 \text{ år}^{-1}$. Hanfiskene har lavere lengde ved alder en hunfiskene med en L_{∞} på 14,0 cm og K på $0,96 \text{ år}^{-1}$. Lengden til hanfiskene flater ut rundt 4 år og lengdevekstraten til hunfiskene flater ut rundt 5 år, med en L_{∞} på 15,3 cm og en K på $0,81 \text{ år}^{-1}$ (Figur 12A). Ved å benytte t_0 i likningen vil L_{∞} bli noe høyere på der den teoretiske maksimale lengde vil være på 16,5 cm og en betydelig lavere K på 0,43 (Figur 12B). Parameterkorrelasjonen er høy, negativ og tilnærmet lik for både hankjønn (-0,90) og hunkjønn (-0,93), høy og negativ.

Tabell 6 Oversikt over estimat for *Gadiculus argenteus thori*. L_{∞} ; maksimal teoretiske lengde, K; veksthastighetskoeffisienten, t_0 ; hypotetisk alder ved lengde lik null, R^2 ; determinasjonskoeffisienten, n; antall, parameterkorrelasjon; beskriver forholdet mellom variablene. 95% konfidensintervall er vist i parentes.

Kjønn	L_{∞} (cm)	K (år^{-1})	t_0 (år)	R^2	n	Parameterkorrelasjon		
						L_{∞} vs. K	L_{∞} vs. t_0	K vs. t_0
Han♂	14,0 (13,1 - 14,8)	0,96 (0,76 - 1,16)		0,64	43	-0,89		
Hun♀	15,3 (14,6 - 15,9)	0,81 (0,68 - 0,94)		0,42	169	-0,93		
Begge	15,1 (14,6 - 15,7)	0,81 (0,72 - 0,91)		0,57	220	-0,92		
Begge t_0	16,5 (14,7 - 18,4)	0,49 (0,26 - 0,73)	-0,61 (-1,24 - 0,02)	0,58	220	-0,97	-0,87	0,96

Øyepål



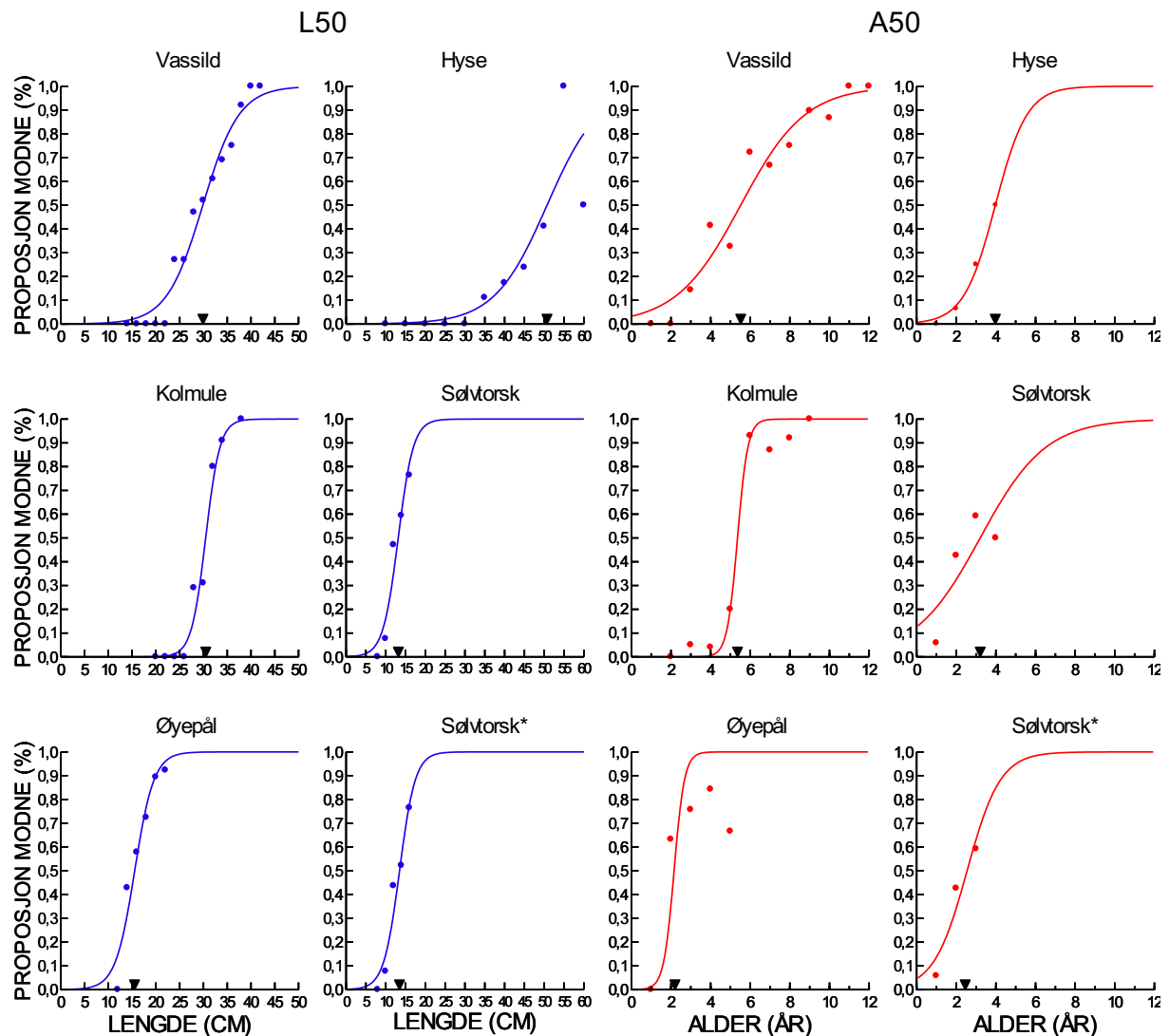
Figur 13 Lengde ved alder for hvert enkeltindivid (uten t_0) hunkjønn (\circ , - rød), hankjønn (Δ , - blå) *Trisopterus esmarkii* i Malangen. Blå linje; hankjønn, rød linje; hunkjønn, sort linje; begge kjønn som indikerer von Bertalanffys vekstkurve uten t_0 . B; Gjennomsnittslengde ved alder for hver prøvetakingsperiode januar; (\circ), mars; (\times), september; (Δ), \pm 95 konfidensintervall for kolmule i Malangen. Linjen indikerer von Bertalanffys vekstfunksjon tilpasset for hankjønn og hunkjønn samlet.

Lengde ved alder er høyere for hunkjønn en for hankjønn (Figur 13). Hunfiskene og hanfiskene har relativt lik lengde ved 2 år, men hunfiskene stiger videre og har et estimert lengdepotensial for L_∞ på 20,5 cm med en K på 0,92 år⁻¹. Hankjønn oppnår en L_∞ på 18,6 cm og K på 0,87 år⁻¹. Estimaten for øyepål ble kun beregnet uten å benytte t_0 . For hankjønn flater kurven ut og veksten flater ut rundt 3 år, mens for hunkjønn stiger veksten fremdeles og avtar etter 4 år. Det er en høy og negativ korrelasjon mellom K og L_∞ for både hankjønn og hunkjønn ($r = -0,90$ og $-0,91$) (Tabell 7). Figur 13B viser gjennomsnittslengde ved alder for hver av toktperiodene plottet i VBF som gir et estimat for L_∞ på 21,3 cm og en K på 0,61 år⁻¹. Dette gir en høyere L_∞ , men ikke signifikant forskjellig da det ligger innfor intervallet for hunkjønn. K er betydelig lavere og signifikant forskjellig for de første estimatene for K.

Tabell 7 Oversikt over estimat for *Trisopterus esmarkii*. L_{∞} ; maksimal teoretiske lengde, K; veksthastighetskoeffisienten, R^2 ; determinasjonskoeffisient, n; antall, parameterkorrelasjon; beskriver forholdet mellom variablene. 95% konfidensintervall er vist i parentes.

Kjønn	L_{∞} (cm)	K (år ⁻¹)	R^2	n	Parameterkorrelasjon
					L_{∞} vs. K
Hann♂	18,6 (17,9 - 19,2)	0,92 (0,74 - 1,11)	0,28	75	-0,90
Hunn♀	20,5 (19,8 - 21,3)	0,87 (0,73 - 1,00)	0,31	111	-0,91
Begge	19,6 (19,0 - 20,1)	0,93 (0,79 - 1,06)	0,21	186	-0,90
Gj.snitt	21,3 (19,0 - 23,6)	0,62 (0,40 - 0,84)	0,76	11	-0,91

3.4 Lengde og alder ved kjønnsmodning



Figur 14 Lengde (L50) og alder (A50) markert med (▼) for 50% kjønnsmodning for *Argentina silus*, *Melanogrammus aeglefinus*, *Micromesistius poutassou*, *Gadiculus argenteus thori* og *Trisopterus esmarkii* samlet inn i Malangen 2018. Punktene viser proporsjon kjønnsmodne i hver aldersgruppe. Linjen indikerer en sigmoid modningsfunksjon tilpasset modningsdata. *beregning av L50 og A50 for *Gadiculus argenteus thori* uten 4-åringer.

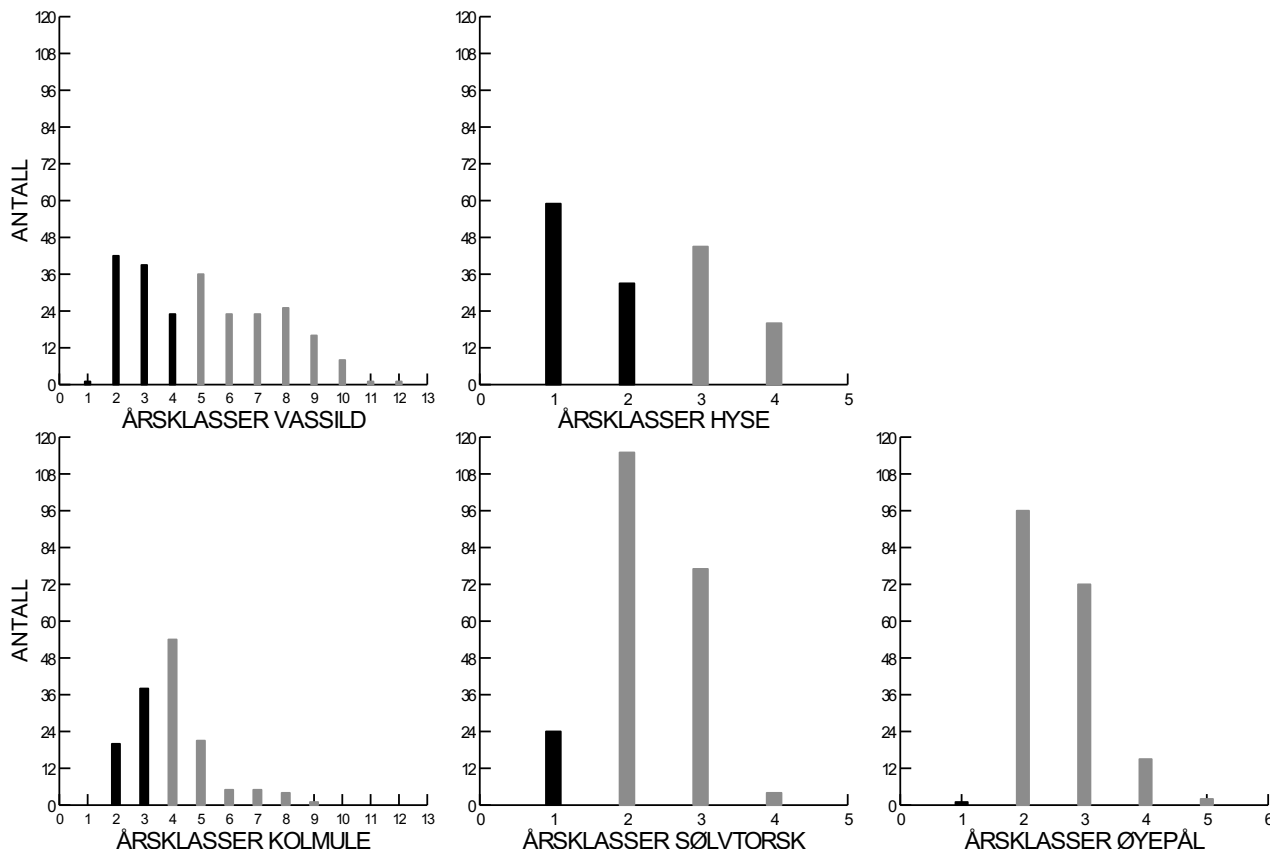
Ved å benytte den sigmoide modningsligningen for de ulike artene ble det beregnet både lengde ved 50% kjønnsmodning og alder ved 50% kjønnsmodning (Figur 14). Beregningene er basert på estimat av modningsgrad fra alle toktene i perioden fra januar til september. Utfyllende informasjon om konfidensintervall, stigningskoeffisient og determinasjonskoeffisient finnes i Appendikstabell 3 og 4.

Vassild har ble beregnet til å ha en lengde ved 50% kjønnsmodning på 29,8 cm. Alder ved 50% kjønnsmodning var til 5,5 år (Figur 15, Tabell 8). Hyse har en beregnet lengde ved 50% kjønnsmodning på 50,7 cm og alder ved 50% modning ved ca. 4 år (Figur 14). Kolmule hadde en beregnet lengde på 30,4 cm og alder på 5,3 ved 50% kjønnsmodning (Figur 14, Tabell 8). Sølvorsk hadde en beregnet lengde ved 50% på 13,2 cm og en alder på 3,2 år (Figur 14, Tabell 8). Det ble utført to beregninger for sølvorsk da det kun var to individer på 4 år som gjorde store utslag på alder ved 50% kjønnsmodning. Det ble derfor gjort et estimat ved å ekskludere disse individene for å illustrere innvirkningen disse hadde på estimatet. De to individene forskjøv alderen med nesten et år og beregningen uten 4-åringene viste en A50 på 2,5 år (Figur 14, Tabell 8). Øyepål ble beregnet til å ha en lengde på 15,5 cm og alder på 2,2 år ved 50% kjønnsmodning. Ved å ekskludere de to 4-åringene også ved beregning av L50, utgjorde ikke dette store forskjellen. L50 ble da estimert til 13,5 cm, en forskjell på 0,2 cm (Tabell 8).

Tabell 8 50% kjønnsmodning ved lengde i cm (L50) og alder (A50) for artene. *A50 for sølvorsk uten 4-åringer i beregningen av sigmoid kjønnsmodningskurve. Utfyllende verdier for 95% konfidensintervall, determinasjonskoeffisient R^2 , stigningsverdi (b) og parameterkorrelasjon finnes i Appendikstabell 3 og 4.

Art	L50 (cm)	A50 (år)
<i>Argentina silus</i>	29,9	5,52
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	50,7	3,97
<i>Micromesistius poutassou</i>	30,5	5,36
<i>Gadiculus argenteus thori</i>	13,2	3,21
<i>Gadiculus argenteus thori</i> *	13,5	2,55
<i>Trisopterus esmarkii</i>	15,5	2,20

3.5 Naturlig (M) og total dødelighetsrate (Z)



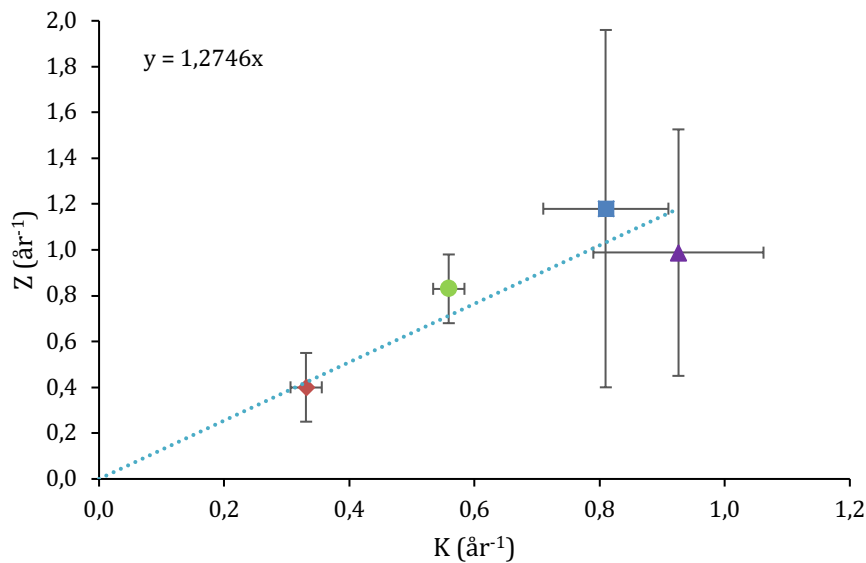
Figur 15 Oversikt over antall i årsklasser for begge kjønn av; *Argentina silus*, *Melanogrammus aeglefinus*, *Micromesistius poutassou*, *Gadiculus argenteus thori* og *Trisopterus esmarkii*. Sorte søyler; ikke rekrutterte årsklasser. Grå søyler; årsklasser som anses fullt ut rekruttert.

Årsklassene som er benyttet i utregningen av Z med Chapman-Robson metode er vist i Figur 15 der de grå søylene er årsklasser der artene er antatt å være fullt ut rekruttert. Beregnet total dødelighet for vassild var $0,40 \text{ år}^{-1}$. Hyse fikk en dødelighetsrate (Z) på $1,4 \text{ år}^{-1}$ (Tabell 9). Beregningen av den totale dødelighetsraten for hyse vil bli diskutert senere med bakgrunn i lav tilstedeværelse av eldre individer. Kolmule hadde en beregnet totaldødelighet på $0,83 \text{ år}^{-1}$ og sølvorsk på $1,18 \text{ år}^{-1}$. Øyepål hadde en beregnet total dødelighet på $0,98 \text{ år}^{-1}$ (Tabell 9). Det ble inkludert ett år eldre enn eldste registrerte alder avlest for artene og registrert 0 antall av denne aldergruppen. For hyse ble det benyttet aldersgrupper fra 3-5 år. For vassild ble det benyttet 5-13 år, kolmule 4-10 år, sølvorsk 2-4 år og øyepål 2-5 år (Tabell 9).

Tabell 9 Z-verdier for hankjønn og hunkjønn *Argentina silus*, *Melanogrammus aeglefinus*, *Micromesistius poutassou*, *Gadiculus argenteus thori*, og *Trisopterus esmarkii* i Malangen. Alder; aldersintervall brukt i Chapman-Robson-metode ved dødelighetsberegning. \pm 95% konfidensintervall er vist i parentes.

Art	Hunkjønn ♀		Hankjønn ♂		Begge kjønn	
	Z (år ⁻¹)	Alder (år)	Z (år ⁻¹)	Alder (år)	Z (år ⁻¹)	Alder (år)
<i>A. silus</i>	0,38 (0,24 - 0,52)	5 - 13	0,44 (0,18 - 0,70)	5 - 13	0,40 (0,25 - 0,56)	5 - 13
<i>M. aeglefinus</i>	1,46 (0,70 - 2,22)	3 - 5	1,18 (0,25 - 2,10)	2 - 5	1,4 (0,55 - 2,24)	2 - 5
<i>M. poutassou</i>	0,82 (0,69 - 0,97)	4 - 10	0,79 (0,41 - 1,18)	4 - 10	0,83 (0,66 - 1,01)	4 - 10
<i>G. argenteus thori</i>	1,15 (0,32 - 1,98)	2 - 5	1,31 (0,87 - 1,75)	2 - 5	1,18 (0,42 - 1,95)	2 - 5
<i>T. esmarkii</i>	0,99 (0,53 - 1,46)	2 - 5	1,73 (1,64 - 1,83)	3 - 5	0,98 (0,45 - 1,53)	2 - 5

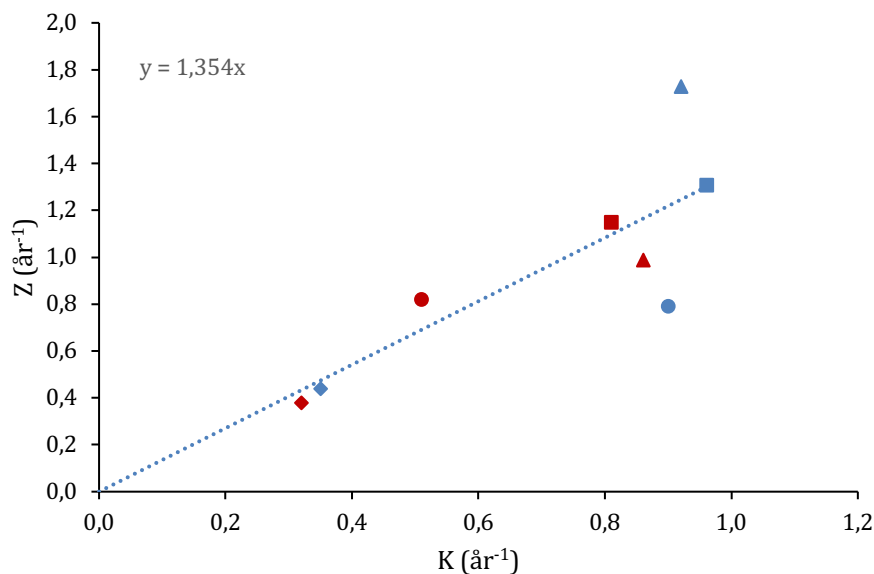
Sammenligning av Z og K-verdier



Figur 16 Forhold mellom Z (total dødelighet) og K (veksthastighetskoeffisienten) med 95 % KI for begge kjønn. *Argentina silus* (♦), *Micromesistius poutassou* (●), *Gadaculus argenteus thori* (■) og *Trisopterus esmarkii* (Δ). Blå linje; lineær regresjonslinje $Z = b \cdot k$

En sammenligning av Z (M) og K verdiene viser at de har en sterk sammenheng med hverandre (Figur 16). Siden det ikke var mulig å estimere VBF for hyse er den ikke tatt med i denne sammenligningen. Vassild hadde en beregnet K på 0,33 år⁻¹ og M på 0,4 år⁻¹. Sølvtorsk hadde en K på 0,81 år⁻¹ og M på 1,18 år⁻¹. Øyepål hadde en beregnet K på 0,93 år⁻¹ og M på 0,99 år⁻¹. Kolmule som man tar utgangspunkt i at tilhører den store bestanden som beveger seg langs norskekysten i Nordsjøen og vest for de britiske øyer har et estimat for fiskedødelighet (F) på 0,32 (ICES, 2018a). Benytter man dette estimatet for fiskedødelighet vil det gi en naturlig dødelighet M på 0,51 år⁻¹, beregnet K fra min undersøkelse var på 0,56 år⁻¹.

For å teste om regresjonslinjen var signifikant ble det kjørt lineær regresjon ($Z = a + b \cdot K$) som ikke var signifikant for a eller b (n = 4, p = 0,72 for a og p = 0,11 for b). Jeg kjørte så regresjon uten konstanten ($Z = b \cdot K$) og b var signifikant (b = 1,28, p = 0,001, R² = 0,98)



Figur 17 Sammenligning K og Z hos hun- og hanfisk mellom artene *Gadidulus argenteus thori* (■) *Micromesistius poutassou* (●) *Argentina silus* (◆) og *Trisopterus esmarkii* (Δ). Hunkjønn er rød og hankjønn er blå. Rød linje; 1:1 linje. Blå linje; lineær regresjonslinje ($Z = b \cdot K$).

Ved å plote kjønnene separat i Figur 17 ser man også sammenhengen mellom Z (M) og K parameterne. Tendensen viser at hunkjønn har noe lavere dødelighetsrate og vekstkoeffisient enn hankjønn. Kolmule skiller seg ut fra de andre artene siden hunkjønn har noe høyere verdi for Z, men lavere vekstkoeffisient K enn for hankjønn.

Det ble beregnet en lineær regresjon for $Z = a + b \cdot K + c \cdot \text{kjønn}$ med 8 datapunkter, to for hvert kjønn og art (Figur 17). Jeg inkluderte kjønn som variabel med verdi 0 for hankjønn og 1 for hunkjønn. Regresjonen var ikke signifikant for a og c ($p = 0,99$ for a og $p = 0,031$ for b, $p = 0,94$ for c, $R^2 = 0,67$). Jeg gjentok så regresjonen uten a ($Z = b \cdot K + c \cdot \text{Kjønn}$). Den var fortsatt ikke signifikant for c, men var signifikant for $b \cdot K$ ($p < 0,001$ for K og $p = 0,92$ for c, $R^2 = 0,95$). Jeg gjentok regresjonen uten c ($Z = b \cdot K$). Leddet $b \cdot K$ var signifikant med et estimat for b på 1,35 ($p < 0,001$ og $R^2 = 0,95$)

4 Diskusjon

I første del av diskusjonen vil jeg redegjøre for de funnene der jeg har undersøkt sammenhengen mellom vekstmønster og dødelighet i Malangen. Videre vil det bli redegjort for potensielle feilkilder og sammenligning av temperaturene i Malangen og sammenligningsområdene og hvordan tilstedeværelsen av de ulike artene utviklet seg i løpet av prøvetakingsperioden. Etter dette punktet vil en kort sammenfatning av hovedfunnene bli presentert før jeg gir en mer utdypende sammenligning av livshistorieparameterne mellom Malangen og sammenligningsområdene. Til slutt ønsker jeg å belyse noen forvaltningsutfordringer basert på funnene i denne undersøkelsen.

Vekstmønster og dødelighet i Malangen

Ved å undersøke vekstmønsteret til artene i oppgaven og sammenligne dette opp mot de estimerte dødelighetsverdiene i Malangen var det en sterk sammenheng mellom dødelighet (Z) og vekstmønster. Vekstmønster referert ved K i regresjonslinjen $Z = b \cdot K$ var signifikant og bekreftes relasjonen mellom K og Z i Malang for de undersøkte artene. Det var ikke noe signifikant forskjell mellom kjønnene med hensyn på sammenhengen mellom K og Z . Når man ser en slik sammenheng vil dette være viktig parameter å ta med i vurderinger rundt naturlig dødelighetsrate og om hvordan en forvaltningsstrategi for fiske for burde føres, noe som senere vil bli diskutert.

Feilkilder

Ved innsamling/tråling etter fisk vil det være en risiko for at de minste individene unnslipper trål på grunn av maskestørrelse og hastigheten som trålingen foregår i, og Gunderson (1993) beskriver også støy som en faktor for at fisk unngår trålen. Enkelte arter som for eksempel hyse er sensitiv mot støy fra fartøy. Når de yngste individene unngår trålen vil dette kunne påvirke estimering av den teoretiske maksimale lengden individene kan oppnå.

Ved planleggingen og starten av denne undersøkelsen ble det bestemt at innsamlingen skulle benytte tilfeldig prøvetaking av individer. Dette kan bidra til at man ikke får tilstrekkelig med data av de minste og største individene, men fordelene med tilfeldig prøvetaking er at det minsker sannsynligheten for skjevheter i underprøven. Hvis man ikke benytter tilfeldig prøvetaking vil man ikke kunne vite om populasjonen er tilstrekkelig representert i prøvene (Quinn & Keough, 2002).

Aldersavlesning av otolitter kan være en utfordring da det ofte er en subjektiv vurdering når man skal avgjøre hvor mange vekstsoner en otolitt har. Derfor valgte jeg å kalle aldersbestemmelsen for en estimering av alder slik Campana (2001) beskriver om nøyaktig og avlesning av otolitter. Splittsoner og bestemmelse av den første vekstsonen kan være faktorer som er med på å enten under- eller overestimere alderen på individene.

Kjønnsmodningsgrad er ofte lettere å kunne vurdere første halvdel av året da de fleste fiskene har sin gyteperiode. Etter at fiskene har gytt vil gonadene trekke seg sammen og bli så små at det er vanskelig å avgjøre om fisken er umoden eller utgytt. Dette kan være en kilde til usikkerhet.

For de fleste artene i undersøkelsen ble Z satt lik M siden det ikke foregår kommersielt fiske på artene i Malangen. En mulig feilkilde til dette kan være at det drives forskningsfiske i dette område som kan ha en påvirkning på dødelighetsraten for artene, men dette er ikke tatt høyde for i oppgaven.

Temperatur

Temperaturen i Malangen gjennom året på de ulike dybdene var ganske jevn. Det var en nedgang i temperaturen fra januar til mai, men den stiger igjen over sommeren mot høsten. Temperatur vet vi at er en viktig faktor som påvirker fiskens biologiske utvikling. Den spiller sammen med lys en avgjørende rolle ved modning og migrasjon.

Temperaturene i vinterhalvåret ved Færøyene var ganske lik sammenlignet med Malangen, men forskjellene økte i sommermånedene og ble varmest mot høsten da temperaturen på dyp rundt 200 meter nådde opp mot 11 °C (Tabell 10). I løpet av året var forskjellene i temperatur rundt Færøyene ganske små fra 7,7 - 8°C om våren til rundt 9,5 – 10 °C på høsten.

Temperaturene i Malangen var på sitt laveste i mai med 5 °C og på sitt høyeste i januar rundt 7,9 °C. De sammenligningsstudiene som ble brukt for vassild hadde ikke oppgitte temperaturer for Nordsjøen. En generell beskrivelse av bunntemperaturene i Nordsjøen om vinteren har vist en markant økning på gjennomsnittstemperaturen i perioden fra 1975-2005 hvor økningen har vært på 0,7°C tiår⁻¹ (Hiddink & Ter Hofstede, 2008). I løpet av denne perioden har den gjennomsnittlige bunntemperaturen gått fra å være rundt 5,5°C til over 7,5°C. Det er grunn til å tro at denne temperaturøkningen fortsatt stiger. Konsekvensen av denne temperaturøkningen har ført til en økt artsrikhet i hele Nordsjøen og i de områdene der temperaturen har økt som mest har det blitt observert størst økning av nye arter (Hiddink & Ter Hofstede, 2008).

Tilstedeværelse

Tilstedeværelse av individer innenfor de ulike artene varierte gjennom året. At vassild var lavt representert i fangsten i januar, men var sterkt til stede i fangsten i de senere månedene mars, mai og september kan tyde på at de trekker ut av området i vintermånedene.

Hyse hadde en jevn, men ikke så tallrik tilstedeværelse året igjennom. Basert på andre undersøkelser er det større tilstedeværelse av hyse ved større størrelser i Balsfjorden hvor det er dokumentert gyteområde. Dette er blitt undersøkt ved å lokalisere gytmoden hyse ved hjelp av lyd (Casaretto et al., 2014). Det er bekreftet et gyteområde i Malangen ved Mesterøya i indre del av Malangen hvor gytende hyse på rundt 3-4 kg oppholder seg, men dette er

lengere inn i fjorden enn prøvestasjonene som er benyttet under toktene (Johnny Johansen, Fartøysseksjonen, BFE, UiT, 07.05.19 personlig meddelelse).

Kolmule var sterkt representert under alle toktene. At størrelsen varierte ved at de største individene minket under gyteperioden, kan gi grunn til å tro at kolmulene trekker ut av Malangen og gyter lengre sør som en del av den store kolmulebestanden vest for de Britiske øyer. I september virker det som om disse individene returnerer til Malangen da store individer igjen ble registrert i fangsten.

Sølvorsk var i likhet med kolmule også sterkt representert gjennom hele året, men her kan det virke som om sølvorsken også gyter i området. Det ble identifisert gytemoden og gytende sølvorsk på toktet gjennomført i mai. Størrelsesfordelingen var ganske jevn ut over året.

Øyepål hadde høy tilstedeværelse i januar og mars. I mai må ble det kun registrert ett individ av øyepål. De kan enten ha trukket ut av fjorden eller hatt en plassering i fjorden som gjorde at de ikke ble samlet inn av trålen. I september var de tilbake igjen i fangsten med tilstedeværelse på nesten alle trålstasjonene (Appendikstabell 2).

Hovedfunn

En fullstendig oversikt over beregningene for vekst, kjønnsmodning og dødelighet samt sammenligningsdata er satt opp i en oversikt i Tabell 10. I avsnittet under vil hovedfunnene i undersøkelsen kort oppsummeres.

Vassild har noe lavere lengde ved alder i Malangen sammenlignet med vassild vest de Britiske øyer. Det ble sammenlignet livshistorieparametere ut i fra studiet til Clarke et al. (2003) hvor estimatene er gjort for hunfisker av vassild. Vekstindeksen var høyere for Vassild i Malangen (Tabell 10). Kjønnsmodning ved 50% lengde og alder var større for vassild i Malangen enn vest for de Britiske øyer. Dødelighetsraten var også høyere i Malangen (Tabell 10).

Hyse har større lengde ved alder i Malangen enn i Barentshavet og Nordsjøen. De oppnår 50% kjønnsmodning senere enn i Nordsjøen, men er innenfor kjønnsmodningsintervallet for

Barentshavet. Dødeligheten som ble beregnet er vesentlig høyere enn hva som er estimert for Barentshavet og Nordsjøen.

Kolmule har lavere lengde ved alder i Malangen enn hva den oppnår ved Færøyene og vest av de Britiske øyer. Vekstindeksen er høyere i Malangen enn vest for de Britiske øyer (Tabell 10). Hyse i Malangen er vesentlig eldre og noe større ved 50% kjønnsmodning. Dødelighetsraten er ikke veldig ulik estimatene gjort kolmule vest for de Britiske øyer.

Sølvorsk oppnår lavere lengde ved alder i Malangen enn ved Færøyene. Kjønnsmodning oppnås ved ganske lik alder og lengde når man ekskluderer 4-åringene fra data i Malangen. Ved å benytte en indirekte metode for å beregne naturlig dødelighet var dødelighetsraten for sølvorsk noe høyere ved Færøyene enn i Malangen, men ikke signifikant forskjellig fra den estimerte dødelighetsraten beregnet for Malangen ved bruk av Chapman-Robson-metode.

Øyepål oppnår ganske lik maksimal lengde i Malangen og Nordsjøen, noe høyere i Nordsjøen men ikke signifikant forskjellig. Kjønnsmodning skjer for øyepål i Malangen ved høyere alder og lengde. Dødeligheten er lavere i Malangen enn i Nordsjøen, men er ikke signifikant forskjellig mellom områdene.

Det har vært utfordrende å finne representative sammenligningsdata for de ulike artene i min undersøkelse. I mange av undersøkelsene gjort for artene er det enten vekst og kjønnsmodnings parametere publisert sammen, men dødelighetsparameter har vært nødvendig å finne i andre studier. Det er også stor variasjon i hvilke metoder som er benyttet for å beregne de ulike livshistorieparameterne.

Tabell 10 Sammenligningstabell over alle estimat og verdier for undersøkelsen samt publisert data for K, L_∞, temperatur, størrelse og alder ved 50%. Kjønnsmodning, Z, M, Φ' er beregnet ved å benytte estimat for K og L_∞ for de ulike artene.

Art	Lokalitet	Kjønn	K (år ⁻¹)	L _∞ (cm)	Temp (°C)	A50 (år)	L50 (cm)	Z (år ⁻¹)	M (år ⁻¹)	(Φ')
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	Malangen ¹	Begge			5,1-7,9	3,97	50,7	1,4		
	Barentshavet ^{9,11}	Begge				4-7	40-60		0,2	
	Nordsjøen ¹²	Begge				3			34	
<i>Argentina silus</i>	Malangen ¹	Han	0,35	35	5,1-7,9			0,44		
		Hun	0,32	37,5				0,38		
		Begge	0,33	36,5		5,52	29,9	0,4		2,66
	Vest av de britiske øyer ⁸	Hun	0,14	45		4	26		0,13	2,45
	Nordsjøen ¹³	Hun	0,19	42,6		4-9				2,54
		Han	0,21	40,3		4-9				2,53
<i>Gadiculus argenteus thori</i>	Malangen ¹	Han	0,96	14	5,1-7,9			1,31		
		Hun	0,81	15,3				1,15		
		Begge	0,81	15,1		2,55/3,21	13,2	1,18		2,27
	Færøyene ²	Begge	0,84	16	7,7-10	<2	<12			2,33
<i>Trisopterus esmarkii</i>	Malangen ¹	Han	0,92	18,5	5,1-7,9			1,73		
		Hun	0,87	20,5				0,99		
		Begge	0,93	19,5		2,2	15,5	0,8		2,55
		Begge Gj.snitt	0,61	21,3						
	Nordsjøen ^{3,4,5}	Han				1,2	11,7			
		Hun				1,5	13,1			
		Begge	0,66	21,1		1,2		2,57		2,47
Færøyene ³	Begge						1,48			
<i>Micromesistius poutassou</i>	Malangen ¹	Han	0,9	25,8	5,1-7,9			0,79		
		Hun	0,51	31,2				0,82		
		Begge	0,56	30,2		5,36	30,5	0,83		2,71
		Begge Gj. snitt	0,45	32,6						2,68
	Færøyene ^{2,9}	Begge	0,56	36	7,7-10	3,1	29			2,86
	Vest av de Britiske øyer ^{6,7,10}	Begge	0,15	39,9		2-3		0,75/0,51		2,38

¹Denne studien; ; ²Magnussen (2007); ³Bailey and Kunzlik (1984); ⁴Albert (1994); ⁵Lambert et al. (2009); ⁶Raitt (1968); ⁷Bailey (1982);

⁸Clarke et al. (2003); ⁹ICES (2018b); ¹⁰ICES (2013); ¹¹Korsbrekke (1999); ¹²ICES (2017b); ¹³Bergstad (1993)

Modning og vekst

Et av undersøkelsens hovedmål var å undersøke vekstutviklingen til de utvalgte artene og sammenligne resultatene med eksisterende resultater fra havområder ved sørligere breddegrader.

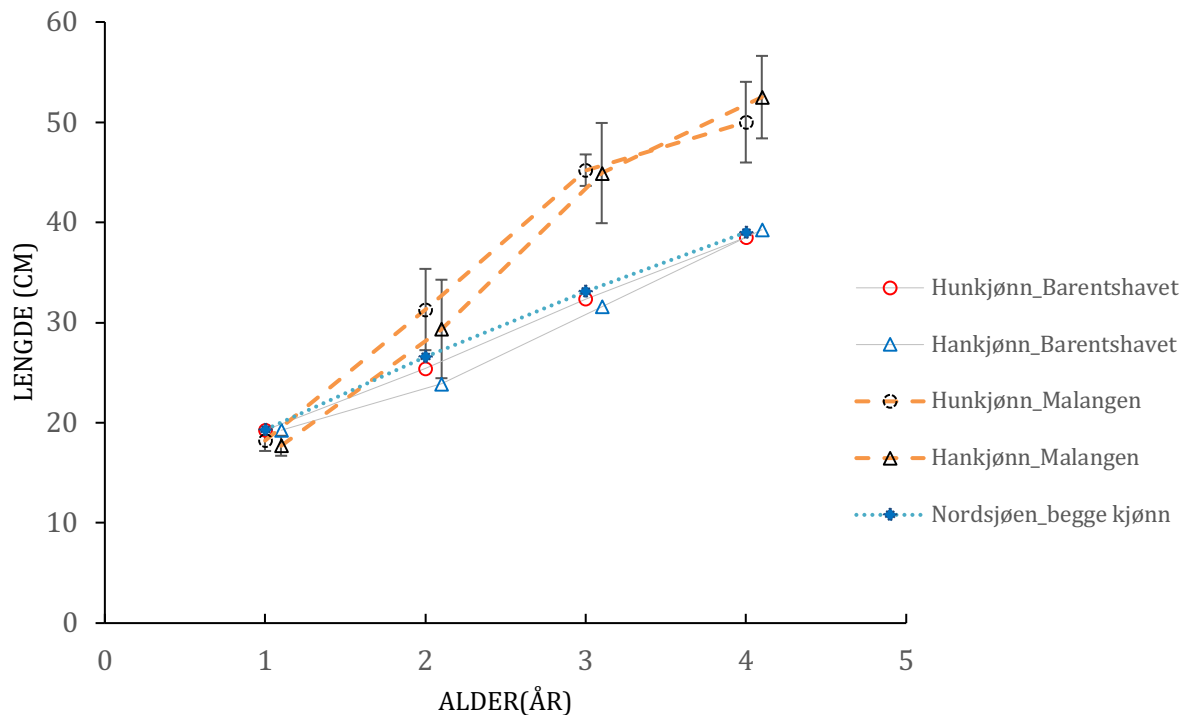
Siden forholdet mellom L_{∞} og K er så sterkt avhengig av hverandre som vist ved parameterkorrelasjonen i tabelloversikten over VBF parameterne, ble det funnet mest hensiktsmessig å ikke benytte resultatene med t_0 som sammenligningsgrunnlag. Ved å benytte t_0 i ligningen ble parameterkorrelasjonen mellom L_{∞} og K bare enda sterkere. Det ville være vanskelig å sammenligne eksisterende data ved å benytte en tredje parameter med tanke på størrelsen av innsamlet data og fordelingen av individer. Det var et lavt antall av de aller minste og største individene og en stor overvekt av hunkjønn. For å illustrere parameterkorrelasjonen og hvordan utviklingen av kurven ville bli med å benytte t_0 , er den for enkelte av artene tatt med, men er ikke sammenlignet med bestandene i Nordsjøen. I tillegg til å ha framstilt vekstkurver for alle artene ble det også beregnet gjennomsnittslengde ved alder for alle artene (Appendiksfigur 10-13). Disse viser tendensen for at hunkjønn i hovedsak har større gjennomsnittslengde ved alder enn hankjønn. For kolmule og øyepål som det ikke var mulig å framstille en vekstkurve med t_0 ble det benyttet gjennomsnittslengdene ved alder for hver av prøvetakingsmånedene for så å plote dette i VBF vekstfunksjon. Disse resultatene viste en økt L_{∞} og lavere K enn for beregningen av VBF basert på enkeltindivid. Gjennomsnittslengde ved alder ble også metoden for å kunne sammenligne vekstutviklingen for hyse som blir diskutert i avsnittet under. Figurer for gjennomsnittslengder ved alder for de resterende artene er lagt ved i Appendiksfigur 12-13.

Sammenligning

For vassild ble det estimert L_{∞} på 37,4 cm for hunkjønn og 35 cm for hankjønn. Ved å studere vekstkurven til vassild i Figur 9 ser man tendensen til at hunkjønn vil være større enn hankjønn etter passerte 4 år. Vassild i Nordsjøen ved Norskerenna har en estimert L_{∞} på 42,6 cm for hunfisk og en L_{∞} på 40,3 cm for hanfisk (Bergstad, 1993) (Tabell 10). Lengde ved alder er noe lavere for vassild i Malangen sammenlignet med Nordsjøen. I Malangen var K noe høyere for hunkjønn ($0,35 \text{ år}^{-1}$) enn for hankjønn ($0,32 \text{ år}^{-1}$), mens i Nordsjøen var K på $0,19 \text{ år}^{-1}$ for hunkjønn og $0,21 \text{ år}^{-1}$ for hankjønn. Ved vestkysten av de Britiske øyer var hunfiskene undersøkt i Clarke et al. (2003) estimert til å ha en L_{∞} på 45 cm og en K på $0,14 \text{ år}^{-1}$. Disse estimatene viser at vassild i Malangen har noe raskere vekst i starten, men vil flate raskere ut og oppnå en lavere maksimal lengde sammenlignet med vassild i Nordsjøen og vest for de Britiske øyer. Vekstindeksen Φ' var større i Malangen (2,66) enn i Nordsjøen (2,54) og vest for de Britiske øyer (2,45) (Tabell 10). Kjønnsmodning med 50% lengde og alder i Malangen ble estimert til 29,9 cm og rundt 5,5 år. Dette estimat er for bestanden i sin helhet og ikke delt opp mellom kjønn. At vassild vest for de Britiske oppnår 50% kjønnsmodning ved lengde og alder noe lavere enn i Malangen (26 cm og 4 år) kan skyldes det intensive fisket som har og foregår i disse havområdene (Tabell 10). Alder ved kjønnsmodning er noe høyere i Nordsjøen ved Skagerak og nordøstlige delen av Norskehavet. Den kan variere mellom 4 – 9 år, men er vanligvis rundt 6 år (Bergstad, 1993). Hypotesen om senere kjønnsmodning ved både alder og lengde i Malangen stemmer sammenlignet med vest av de Britiske øyer (Rockall), men kan ikke bekreftes sammenlignet med vassild i Nordsjøen, da det er både estimert mindre og større lengde og alder ved 50% kjønnsmodning. Estimaten for vekstparameterne hos vassild motstrider den første hypotesen om større L_{∞} og lavere K i Malangen.

For hyse var det ikke mulig å tilpasse en VBF vekstkurve for hyse basert på de innsamlede data, derfor sammenlignet jeg gjennomsnittslengde ved alder fra Malangen opp mot eksisterende data fra Barentshavet og Nordsjøen for å se på utviklingen av veksten for hyse i Malangen. Hunkjønn var større enn hankjønn bortsett fra individene ved 4 år (Figur 18). Treåringer i Malangen hadde en gjennomsnittslengde på 44,9 cm for hankjønn og 45,2 cm for hunkjønn. I Nordsjøen hadde treåringer (for begge kjønn) en gjennomsnittslengde på 33 cm, noe som er vesentlig lavere sammenlignet med Malangen (Figur 18) (Tabell 10). I Barentshavet hadde hunkjønn ved 3 år en lengde på 32 cm og hankjønn 31,5 cm som er

nærmere lengde ved samme alder i Nordsjøen enn i Malangen. Dette tyder på at individveksten etter 1 års alder for hyse i Malangen er større enn for individveksten i Nordsjøen og Barentshavet.



Figur 18 Gjennomsnittslengde ved alder for *Melanogrammus aeglefinus* i Malangen med 95 % konfidensintervall. Årsklasse 1990 av hyse i Barentshavet for hunkjønn og hankjønn, verdiene er målt ut av figur 3 i Korsbrekke (1999). Gjennomsnittslengde for aldersklassene 1, 2, 3 og 4 for begge kjønn i perioden 1962-1968 i den nordlige delen av Nordsjøen hentet fra (Jones, 1983)

Sigmoide modningskurver for hyse i Malangen viser 50% kjønnsmodning ved 50,7 cm og rundt 4 år (Tabell 10). At det ikke ble registrert individer eldre enn 4 år i området tyder på at Malangen ikke er et stort gyteområde for hyse selv om det finnes et lite gyteområde ved Mesterøya.

I Barentshavet vil hyse oppnå kjønnsmodning mellom 4-7 års alder og rundt 40-60 cm i lengde. For Nordsjøen baserer ICES arbeidsgruppe for demersale arter seg på et estimat der alle individer mellom 0-2 år regnes som umodne, men individer over 3 år betegnes som kjønnsmoden. At dette er noe lavere enn for både Malangen og Barentshavet kan vise effekten av et høyt intensivt fiske over tid som kan ha påvirket bestanden i Nordsjøen til å få

en lavere alder ved kjønnsmodning (Wright et al., 2011). Slik vil hypotesen om senere kjønnsmodning ved alder i Malangen også stemme for hyse.

Kolmule er som nevnt en svært tallrik fiskebestand og bestanden har flere oppvekstområder, men gyter som tidligere nevnt vest av de Britiske øyer ved kysten ved Irland. Når man sammenligner vekstforløpet i Malangen med eksisterende data for kolmule undersøkt utenfor kysten av Færøyene, har også denne arten lavere maksimal teoretisk lengde i Malangen. Kolmule i Malangen hadde L_{∞} på 30,2 cm og en K på $0,56 \text{ år}^{-1}$. I en studie utført av Magnussen (2007) hadde kolmule utenfor Færøyene L_{∞} på 36 cm og en K på $0,56 \text{ år}^{-1}$. Vekstindeksen Φ' var også høyere for kolmule ved Færøyene (2,86) enn i Malangen (2,71). Utenfor vestkysten av Skottland var forskjellen enda større sammenlignet med Malangen der L_{∞} var 39,9 cm og K var $0,15 \text{ år}^{-1}$, men vekstindeksen Φ' var en del lavere enn både i Malangen og ved Færøyene (Tabell 10). Her er det mulig at forskjellen ligger i at det er større andel av de store gytemodne individene som ligger nært opp mot gyteområdet som gjør at L_{∞} er vesentlig høyere enn både utenfor Færøyene og Malangen. At Malangen etter all sannsynlighet er et oppvekstområde for mindre kolmule kan indikeres ved at gytemoden kolmule trekker ut på vårparten av året og returnere til oppvekstområdet mot høsten. Hypotese I vil ikke stemme for kolmule i Malangen da L_{∞} var lavere og K høyere enn i sammenligningsområdene.

For kolmule i Malangen ble det estimert at det var 50% kjønnsmodning ved 5,3 år og en lengde på 30,5 cm. ICES arbeidsgruppe for vidt fordelte arter (WGWIDE) gjennomførte et estimat i 2013 for kjønnsmodning blant kolmule der 40% av individene av 2 åringer var registrert som kjønnsmodne, mens for 3 åringer var 80% oppnådd kjønnsmodning (ICES, 2013). Et annet estimat utført av Magnussen (2007) ved Færøyene estimerer 50% kjønnsmodning ved 3 år og 29 cm. Igjen tyder dette på at kjønnsmodningen skjer senere i Malangen enn i de sørlige havområdene og bekrefter så hypotese II.

Hos sølvtorsk som for hos de andre artene hadde hunkjønn samme tendens til å ha en høyere lengde ved alder enn hankjønn (Figur 12). Ser man på kjønnene samlet og sølvtorsk som en enhet og sammenligner med sølvtorsk ved Færøyene, har bestanden i Malangen ganske lik maksimal teoretisk lengde. At L_{∞} for sølvtorsk ved Færøyene som i Magnussen (2007) ble estimert til 16 cm med K lik $0,84 \text{ år}^{-1}$ avkrefter hypotese I om større L_{∞} hos bestanden i Malangen siden L_{∞} ble estimert til 15,1 cm selv om K var noe lavere på $0,81 \text{ år}^{-1}$.

Vekstindeksen Φ' var også noe lavere (2,27) i Malangen enn ved Færøyene (2,33). I Magnussen (2007) kom det fram et estimat hvor 50% kjønnsmodning var nådd da individene var i underkant 2 år og med lengde < 12 cm. Ved de første beregningene av kjønnsmodning gjort for Malangen var det en tendens at kjønnsmodning skjedde ved større lengde og alder sammenlignet med Færøyene. 50% kjønnsmodning var ikke oppnådd i Malangen før sølvtorsken var 3,21 år og 13,2 cm (estimat gjort for begge kjønn samlet). Ved å studere data nærmere valgte jeg å kjøre en ekstra beregning for kjønnsmodning da det ble klart at de to registrerte 4-åringene i datagrunnlaget hadde stor innvirkning på alder ved 50% kjønnsmodning. Ved å ekskludere disse to individene fra datagrunnlaget fikk man et endret resultat der beregnet A50 ble 2,55 år, nesten et år tidligere enn den første utregningen. Selv etter å ha ekskludert 4-åringene fra datamaterialet var kjønnsmodning ved både lengde og alder senere i Malangen enn i de sørlige sammenligningsområdene, som for også denne arten bekrefter hypotese II. Det kan muligens også forklares med fiskeriaktiviteten i område da sølvtorsk ofte kan havne som bifangst i fisket etter kolmule og øyepål som igjen kan føre til naturlig seleksjon slik at kjønnsmodning ved alder og lengde blir lavere.

Hunfiskene i øyepål bestanden i Malangen ble også større enn hanfiskene (Figur 13). For begge kjønnene samlet oppnådde de en L_{∞} på 19,5 cm med en ganske høy K på 0,92 år⁻¹. Sammenlignet med Albert (1994) som oppgir en L_{∞} for øyepål i Nordsjøen ved Norskerenna på 21,1 cm vil dette være høyere enn i Malangen. K var derimot lavere i Nordsjøen på 0,66 år⁻¹. Etter å ha beregnet VBF med gjennomsnittslengde ved alder for øyepål i Malangen var resultatet nesten identisk med estimatet fra Nordsjøen med en L_{∞} på 21,3 cm og en K på 0,61 år⁻¹ (Tabell 10). Forskjellen er nok ikke så store at man kan si at hypotese I kan bekreftes da det er et ganske stort konfidensintervall for denne beregningen (Tabell 7). Øyepål i Malangen oppnådde 50% kjønnsmodning ved 2,2 år og 15,5 cm. Et fåtall av 1-åringene, men nesten alle av de registrerte 2-åringene i Nordsjøen var kjønnsmodne (Albert, 1994). Lambert et al. (2009) undersøkte øyepål i Nordsjøen ved Skagerak og Kattegat. Han konkluderer i likhet med Albert (1994) at det var veldig få individer som er kjønnsmoden ved 1-års stadiet, men nesten 100% av de undersøkte 2-åringene var kjønnsmodne. A50 ble beregnet i undersøkelsen til Lambert et al. (2009) til 1,5 år for hunkjønn og 1,2 år for hankjønn, samt en L50 for hunkjønn på 13,1 cm og 11,7 cm for hankjønn. Dette indikerer at hankjønn i Nordsjøen modnes tidligere enn i Malangen som igjen bekrefter hypotese II for denne arten og kan skyldes et

intensivt industrifiske som har resultert i en endring mot lavere L50 og A50 for øyepål i dette område.

Temperatur er som nevnt en viktig faktor for vekst og må tas med når det sammenlignes vektforskjeller mellom områder. Gjennomsnittstemperaturen på våren utenfor Færøyene var mellom 7,7 – 8,0 °C. Disse temperaturene er ikke ulik temperaturene på vinterhalvåret i Malangen som vist i Tabell 3, men ligger noen grader over på sen vår og mot høst med 9,5 – 10 °C (Magnussen, 2007).

Som nevnt innledningsvis har vekst og kjønnsmodning en sammenheng og den somatiske veksten er som regel stigende fram til kjønnsmodning. En av årsakene til at bestandene som ble undersøkt i de sørlige områdene har tidligere alder ved 50% kjønnsmodning kan ligge i at de har i perioder vært beskattet med fiske. Et intensivt fiske kan resultere i en genetisk seleksjon slik at de oppnår tidligere kjønnsmodning enn hvis de ikke hadde vært fisket etter. Dette kan igjen få konsekvenser for den naturlige dødeligheten for bestandene da arter som for eksempel øyepål har stor grad av dødelighet etter at de har nådd kjønnsmodning slik det er beskrevet i Nielsen et al. (2012).

Dødelighet

I Malangen er det ikke noe kommersielt fiske av vassild. Derfor har jeg satt total dødelighetsrate (Z) lik naturlig dødelighetsrate (M). Det er en liten forskjell mellom kjønnene der hanfiskene har noe høyere dødelighetsrate enn hunfiskene. Utenfor de Britiske øyer ligger den naturlige dødelighetsraten for hunfisk på $0,13 \text{ år}^{-1}$ (Clarke et al., 2003) som er lavere enn i min undersøkelse og utenfor konfidensintervallet også når en sammenligner hunfisk i Malangen mot hunfisk i Nordsjøen. Dette vil ikke kunne bekrefte hypotese III. Det er verdt å legge til at det er en intensivt fiske etter vassild i Nordsjøen og Norskehavet og det er grunn til å tro at den totale dødelighetsraten vil være høyere for vassild i disse områdene enn i Malangen. Hallfredsson (2010) beskriver at det er store mangler rundt informasjonen om bestandsutvikling og bestandstilørighet for vassild og kunnskapsnivået burde heves før man kan gi mulighet for økt uttak.

Estimatet gjennomført for dødelighet for hyse i Malangen har en del svakheter ved seg. Her ble den totale dødelighetsraten ganske mye høyere enn hva som vil være et mer realistisk estimat. At årsaken kan forklares ved at det ikke oppholdt seg eldre individer av hyse på trålfeltene i Malangen under datainnsamlingen kan være en del av svaret. Som tidligere beskrevet er dette området mest sannsynlig et oppvekstområde fram til fisken oppnår gytemoden alder, for så å trekke ut. Et gjennomsnitt for naturlig dødelighet hos aldersgruppene 3, 4 og 5 (samme årsklasser som benyttet i beregningen av Z i Malangen) for hyse i den nordlige delen av Nordsjøen i 2016 ga en naturlig dødelighetsrate på $0,34 \text{ år}^{-1}$ (ICES, 2017b). Estimatet er noe høyere enn for Barentshavet der naturlig dødelighetsrate er satt på $0,2 \text{ år}^{-1}$. Dette viser hvor stor forskjell det er i beregningen for dødelighet mellom min studie og sammenligningsområdene og jeg vil kunne forventet et annet resultat om det hadde vært tilstedeværelse av eldre individer i Malangen.

Kolmule hadde en total dødelighetsrate (Z) i Malangen samlet for begge kjønn på $0,83 \text{ år}^{-1}$. Jeg tar utgangspunkt at kolmule i Malangen tilhører den store bestanden i Norskehavet og vest av de Britiske øyer, og en indikasjon på om dette stemmer er nedgangen i eldre individer i gyteperioden om våren, og tilbakekomsten senere på høsten. Dette kan indikere at de migrerer ut av fjorden og søker mot gyteområdene lengre sør. Hvis man tar estimatet for fiskedødeligheten for kolmulebestanden i beregningen av den naturlige dødeligheten som ICES har estimert på $0,32 \text{ år}^{-1}$ vil dette utgjøre at M for kolmule i Malangen vil ligge på $0,51 \text{ år}^{-1}$ (ICES, 2018a). Sammenlignet med studier for deler av kolmulebestanden i sørligere havområder har Bailey (1982) oppsummert sin studie av kolmule i perioden 1967-78 og estimerte Z til å ligge i gjennomsnitt på $0,51 \text{ år}^{-1}$. Ved at det i perioden studiet var gjennomført ikke var noe signifikant størrelse på fiske etter kolmule vest for de Britiske øyene ble det antatt at den naturlige dødelighetsraten M tilsvarer Z . Selv om disse verdiene ligger i nærhet av hverandre vil det være verdt å merke seg at i ettertid av denne studien har fisket etter kolmule i disse områdene økt. Skulle man tatt utgangspunkt at bestanden i Malangen ikke har en tilhørighet til den resterende delen av kolmulebestanden og ikke er utsatt for fiskedødelighet (F) vil den estimerte gjennomsnittverdien for Z utført av Bailey (1982) være signifikant lavere da den ligger utenfor konfidensintervallet for estimatet i Malangen. Dette vil tilsi at den naturlige dødeligheten vil være høyere i Malangen enn i de sørlige områdene og hypotese III stemmer ikke. Gitt uforandret Z verdi fra studiet til Bailey

(1982) for kolmulebestanden utenfor de britiske øyer medregnet anslaget for fiskedødelighet (F på $0,32 \text{ år}^{-1}$) ville den naturlige dødeligheten blitt estimert til $0,19 \text{ år}^{-1}$.

At det ikke var mulig å oppdrive sammenligningsdata for naturlig eller total dødelighetsrate for sølvtorsk for områdene Nordsjøen, Færøyene eller vest av de Britiske øyer, gjorde det nødvendig få finne andre metoder for å gjøre et estimat for naturlig dødelighet for disse områdene.. Det er gjort få studier på mange av disse små ikke-kommersielle artene og det blir tydelig når en leter gjennom tilgjengelige data og litteratur. Det finnes indirekte metoder for å beregne dødelighet ved at M har en sterk kobling opp mot verdien av K . En av disse metodene er å benytte ligning 11 i Pauly (1980). Beskrivelse av ligningen er vedlagt i Appendiksligning 1. Denne ligningen benytter VBF parameterne L_{∞} og K , samt temperatur som inputparameter for å beregne den naturlige dødeligheten. Den estimert naturlig dødelighet for sølvtorsk i Nordsjøen ble etter å ha beregnet den med ligningen på $1,03 \text{ år}^{-1}$ med en gjennomsnittstemperatur (vår) på 8 °C . Gjør man samme beregning for Malangen og benytter gjennomsnittstemperatur på 7 °C (vår) og VBF parameterne, vil estimert naturlig dødelighet være $0,99 \text{ år}^{-1}$. Dette viser en tilnærmet lik naturlig dødelighet i disse to områdene ved å benytte denne indirekte utregningsmetoden. Sammenlignet med mitt Chapman-Robson-estimat for Z på $1,18 \text{ år}^{-1}$ vil dette være nært opp mot hverandre, og innenfor konfidensintervallet. Hvis man tar estimatene utregnet ved bruk av ligning i Pauly (1980) vil hypotese III om lavere naturlig dødelighetsrate i Malangen stemme, men her er det små forskjeller og verdiene vil ikke være signifikant forskjellig fra hverandre.

Studier fra Nordsjøen viser at dødelighetsraten til øyepål øker ved økende alder og kan korrespondere med gytemoden alder (Nielsen et al., 2012). Det er registrert relativt lav dødelighet før fisken når kjønnsmoden alder men dødelighetsraten stiger raskt ettersom individene har nådd kjønnsmoden alder (Nielsen et al., 2012). Estimater utført av Bailey and Kunzlik (1984) viste en total dødelighet på $1,48 \text{ år}^{-1}$ ved Færøyene og over $2,57 \text{ år}^{-1}$ i den nordlige delen av Nordsjøen langs Norskerenna (Tabell 10). Som de beskriver er svakheten ved studiet at de ikke-registrerte individene i aldersgrupper over 2 år, noe som kan være med på å overestimere dødelighetsraten. Dette er vesentlig høyere dødelighet enn Z estimert for Malangen som var på $0,80 \text{ år}^{-1}$. Det kan være grunn til å tro at den naturlige dødelighetsraten for øyepål i Malangen er lavere grunnet at de oppnår kjønnsmodning ved høyere alder og lengde enn i Nordsjøen siden dødelighet og gytemoden alder korresponderer. Dette kan igjen forklares med et sterkt intensivt fiske etter øyepål i Nordsjøen. Estimater ICES har gjort i

2018 for øyepål i Nordsjøen viser at den naturlige dødeligheten er konstant i løpet av året, men øker sterkt med økende alder. For 3 åringer var naturlig dødelighet estimert til $0,39 \text{ år}^{-1}$ (ICES, 2018c). Fiskepresset varierer fra første til fjerde kvartal og kan på det meste være helt opp mot 0,902. Dette kan gi en samlet total dødelighetsrate på $0,39+0,902 = 1,29$. Dette vil kunne gi en høyere dødelighetsrate for Nordsjøen enn i Malangen. Hypotese III vil stemme for øyepål i Malangen da man enten ser på hva studiet til Nielsen et al., (2012) estimerer eller benytter estimatene fra ICES.

Etter å ha sammenlignet eksisterende data og litteratur opp mot min undersøkelse og satt dette opp mot oppgavens hypoteser er det forskjell om hypotesene vil kunne bekreftes eller ikke (Tabell 11). Ser man på utgangspunktet i at fisk i sitt nordlige utbredelsesområde (Malangen) skulle hatt lavere K , stemte dette kun for sølvorsk, men L_{∞} var i motsetning til hypotesen lavere enn ved Færøyene. Det var overraskende at hyse i Malangen hadde vesentlig høyere vekst de første fire leveårene i Nordsjøen og størrelsen ved årsklassene ved 3 og 4 år var signifikant forskjellig fra Malangen (utenfor konfidensintervallet) (Figur 18). I hovedsak er resultatene så sprikende at hypotese I ikke kan bekreftes. Bildet som tegnet seg rundt kjønnsmodning er derimot at hypotese II kan i hovedsak bekreftes. Alder og lengde ved 50 % kjønnsmodning var høyere for alle arter, bortsett fra vassild i Nordsjøen. Størst var forskjellen for kolmule som modnes over 2 år senere i Malangen enn ved Færøyene.

Den naturlige dødelighetsraten var utfordrende å gi en god og oversiktlig sammenligning av. Det var også varierende resultater, men særlig var det vanskelig å komme med oppdaterte estimat for naturlig og total dødelighet for artene i sammenligningsområdene. En mulig begrensning for de tilgjengelige estimatene var at de var eldre studier og at fiskeriaktiviteten i områdene har endret seg. Ved å benytte estimatene ser man ikke noe klart mønster om den naturlige eller den totale dødelighetsraten er lavere i Malangen enn i sammenligningsområdene. En mulig årsak til at det vil kunne være høyere naturlig dødelighet i Malangen for noen av artene sammenlignet med f.eks. Nordsjøen kan forklares ved at et kommersielt fiske i Nordsjøen kan ha redusert predatorbestanden. Siden det ikke er stor fiskeriaktivitet i Malangen vil det være relativt mange predatorer som kan gi høyere naturlig dødelighet enn i områder der fiskeriaktiviteten bremser presset fra predatorer (Myers & Worm, 2003).

Jeg stiller meg bak beskrivelsen til Pauly (1980) om at den naturlige dødelighetsraten må være en av de vanskeligste livshistorieparameterne å estimere nøyaktig og særlig er det vanskelig å finne representative sammenligningsdata. Her finnes det nok grunnlagt for videre undersøkelser for å få mer nøyaktig estimat.

Tabell 11 Viser bekreftet (+), avkreftet (-) og ikke bekreftet (o) hypotesene, I; lavere individvekstrate (lavere K og høyere L_{∞} i von Bertalanffys vekstligning), II; kjønnsmodning ved høyere alder og større lengde, III; lavere naturlig dødelighetsrate.

	Hypotese		
	I	II	III
<i>Argentina silus</i>	-	(+)	-
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	(+)	+	(o)
<i>Micromesistius poutassou</i>	-	+	-
<i>Gadiculus argenteus thori</i>	-	+	-
<i>Trisopterus esmarkii</i>	-	+	+

Fremtidig forvaltning

Temperatur har påvirkning på de biologiske effektene i fisken og studier har vist rekruttering kan svikte med bare små stigninger i havtemperaturen. I Nordsjøen vil for eksempel rekrutteringen av torsk kunne falle radikalt hvis temperaturen stiger over 8 °C (O'Brien et al., 2000; Pope et al., 2009). Det er grunn til å tro at endringer i havtemperaturen også vil få konsekvenser for artene undersøkt i denne oppgaven. Det ville både kunne påvirke rekrutteringen og endring i tilstedeværelse for bestandene. De oppholder seg nå (bortsett fra hyse) i sitt nordligste utbredelsesområde og en eventuell temperaturendring vil kunne forskyve dette utbredelsesområde enda lengre nord. Hvordan påvirkningen av dynamikken i økosystemer der disse artene ikke har hatt tilstedeværelse tidligere vil være vanskelig å predikere.

Hvis en rask temperaturøkning slår til og det skjer en tilstrømming og økning i biomasse for arter inn i fjordsystemer som ligner Malangen er det mulig at man aktivt må innføre forvaltningsplaner for disse områdene. Man har allerede sett konsekvensen av økte havtemperaturer i Nordsjøen der økningen i temperatur har hatt en sterk korrelasjon med den økte artsrikheten i dette havområdet (Hiddink & Ter Hofstede, 2008). Skal man fremdeles velge å vurdere disse artene som rene byttedyrsarter eller skal man innføre et intensivt fiske også i disse områdene? Norske myndigheter har som mål å gjennomføre en økosystembasert tilnærming i fiskeriforvaltningen, men dette har i hovedsak blitt gjennomført for de artene og områdene som har størst økonomisk gevinst, som torsk i Barentshavet der man for eksempel forvalter loddebestanden som en byttedyrsart for torsken. Det mangler fremdeles planer for hvordan man skal gjennomføre en slik økosystembasert forvaltning i mange av fjordområdene langs norskekysten. Et virkemiddel som balansert høsting beskrevet i Garcia et al. (2012) har vært diskutert som en forvaltningsstrategi for å oppnå økosystembasert forvaltning, men det er uklart hvordan en slik tilnærming vil kunne gjennomføres siden det er stor usikkerhet knyttet til presise data for livshistorieparametere og bestandsstørrelser for hele økosystemer (Howell et al., 2016).

Livshistorieparametere og særlig dødelighetsrate er viktig å følge med på over tid når en skal tilpasse forvaltningen og en økt naturlig dødelighetsrate kan få store konsekvenser for bestanden i sin helhet hvis en ikke tar hensyn til disse estimatene ved innføring eller endring av forvaltningsregime (Gjøsæter, 1998).

En strategi som balansert høsting der man fisker etter arter på alle trofiske nivåer for å oppnå større uttak av biomasse kan ha positive og negative sider ved seg. Hovedmålet er at det skal minske presset på økosystemet i sin helhet, men har ofte blitt kritisert fordi man mener den ikke tar hensyn til det økonomiske perspektivet i forhold til å utnytte alle ressursene som ville blitt høstet. Mye av det som ville bli høstet ville ikke kunne bli benyttet som menneskeføde eller i produksjon av andre produktet (Froese et al., 2015). En vridning over til et slik system vil også påvirke hvordan man forvalter arter som rene byttedyrsarter, slik man utøver forvaltning av for eksempel lodde i Barentshavet. Uttak av byttedyrsarter som er en viktig matressurs for toppredatorer vil kanskje enten kunne medføre et skift av byttedyr eller at toppredatorer skifter beite og oppvekstområder eller i verste fall får en bestandskollaps. Skulle Malangen bli forvaltet etter en slik modell ved at det ble intensivt fiske etter både sølvorsk og øyepål er det mye mulig at andre fiskearter ikke ville foretrekke dette område som oppvekstområde, for eksempel hyse, sei, kveite og breiflabb. I tillegg må en være forsiktig med å beskatte arter som har høy naturlig dødelighet, slik at man ikke får en kollaps i bestanden.

Endring av forvaltningsstrategi vil også ha påvirkning på livshistorieparameterne til individene i de ulike bestandene. Etter å ha sammenlignet de ulike parameterne for Malangen opp mot sørlige havområder kan en ikke si noe klart om endring av temperatur vil kunne påvirke de ulike livshistorieparameterne, men fiskepress vil kunne ha innvirkning på dødelighetsrate og kjønnsmodning. Skulle temperaturene øke og et økende antall arter bevege seg nordover vil dette kunne medføre press på beite og oppvekstområder. Artene undersøkt i denne oppgaven oppholder seg gjerne ved temperaturer rundt 7-11 °C og gjerne på dypt vann. Man kan tenke seg at flere å flere arter tekker lengre nord for å finne optimale leveområder. I en slik situasjon må man finne først finne ut hvordan man skal forvalte fjordsystemene som Malangen og langs kysten, da det finnes lite om ingen forvaltningsplaner for indre fjordsystemer. Skal man forvalte disse små artene etter et byttedyrsprinsipp, innføre intensivt fiske eller vil en balansert høsting være et nødvendig grep for å oppnå økosystembasert forvaltning? Endring i sammensetning av arter og bestandsstørrelse og forvaltningsstrategi vil ha påvirkning på viktig livshistorieparametere, men her finnes det store utfordringer i å få på plass god nok kunnskap om nettopp disse parameterne for mange av artene som befinner seg i norske fjordsystemer.

5 Konklusjon

Det var ingen resultater som bekreftet hypotesen om høyere L_{∞} og lavere K for artene i Malangen enn for de samme artene i sørlige. Nå viste det seg at temperaturforskjellene mellom Malangen og sammenligningsområdene ikke var veldig store. Det som kunne bekreftes var at 50% kjønnsmodning ved alder og lengde i Malangen kom ved både høyere alder og lengde sammenlignet med Nordsjøen, Færøyene og vest av de britiske øyer. Naturlig dødelighetsrate var vanskelig å sammenligne da det var ofte lite data tilgjengelig for naturlig dødelighet, men sammenlignet mot mine estimat kan jeg ikke bekrefte hypotese III om at den naturlige dødelighetsraten er lavere for de nordlige utbredelsesområdene for de undersøkte artene. For å kunne finne en optimal forvaltningsstrategi for de undersøkte artene må mer kunnskap og undersøkelser gjennomføres, og man kan først etter å ha fått kunnskap om disse viktige livshistorieparameterne sette en plan for hvordan man skal kunne oppnå og gjennomføre økosystem basert forvaltning som tar hensyn til hele populasjonsdynamikken i fjordene som for eksempel Malangen.

6 Litteraturliste

- Adams, P. B. (1980). Life history patterns in marine fishes and their consequences for fisheries management. *Fishery Bulletin*, 78(1), 1-12.
- Albert, O. T. (1994). Biology and ecology of Norway pout (*Trisopterus esmarki* Nilsson, 1855) in the Norwegian Deep. *ICES Journal of Marine Science*, 51(1), 45-61.
- Álvarez, A., Morales - Nin, B., Palmer, M., Tomás, J., & Sastre, J. (2008). A two - dimension otolith growth inverse model. *Journal of fish biology*, 72(3), 512-522.
- Bailey, R. (1982). The population biology of blue whiting in the North Atlantic *Advances in Marine Biology* (Vol. 19, pp. 257-355): Elsevier.
- Bailey, R. S., & Kunzlik, P. A. (1984). Variation in growth and mortality rates of Norway pout *Trisopterus esmarkii* (Nilsson). *ICES CM 1984/G: 70*, 18.
- Bergstad, O. (1993). Distribution, population structure, growth, and reproduction of the greater silver smelt, *Argentina silus* (Pisces, Argentiniidae), of the Skagerrak and the north-eastern North Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 50(2), 129-143.
- Bertalanffy, L. v. (1938). A quantitative theory of organic growth. *Human biology*, 10(2), 181-213.
- Bertalanffy, L. v. (1957). Quantitative laws in metabolism and growth. *The quarterly review of biology*, 32(3), 217-231.
- Beverton, R. (1992). Patterns of reproductive strategy parameters in some marine teleost fishes. *Journal of fish biology*, 41, 137-160.
- Beverton, R. J. H., & Holt, S. J. (1959). *A review of the lifespans and mortality rates of fish in nature, and their relation to growth and other physiological characteristics*. Paper presented at the Ciba Foundation Symposium - The Lifespan of Animals (Colloquia on Ageing).
- Campana, S. E. (2001). Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology*, 59(2), 197-242.
- Campana, S. E., & Thorrold, S. R. (2001). Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58(1), 30-38.
- Casaretto, L., Picciulin, M., Olsen, K., & Hawkins, A. D. (2014). Locating spawning haddock (*Melanogrammus aeglefinus*, Linnaeus, 1758) at sea by means of sound. *Fisheries research*, 154, 127-134.
- Clarke, M. W., Keely, C. J., Connolly, P. L., & Molloy, J. P. (2003). A life history approach to the assessment and management of deepwater fisheries in the Northeast Atlantic. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 31, 401-411.
- Cohen, D. M., Inada, T., Iwamoto, T., Scialabba, N., & Whitehead, P. J. P. (1990). *FAO species catalogue: vol. 10 gadiform fishes of the world (order gadiformes), an annotated and illustrated catalogue of Cods, Hakes, grenadiers and other gadiform fishes known to date* (Vol. 10). Rome: FAO.
- Dunn, A., Francis, R. I. C. C., & Doonan, I. J. (2002). Comparison of the Chapman–Robson and regression estimators of Z from catch-curve data when non-sampling stochastic error is present. *Fisheries research*, 59(1-2), 149-159.
- Fossheim, M., Primicerio, R., Johannesen, E., Ingvaldsen, R. B., Aschan, M. M., & Dolgov, A. V. (2015). Recent warming leads to a rapid borealization of fish communities in the Arctic. *Nature Climate Change*, 5(7), 673-678.

- Froese, R., Walters, C., Pauly, D., Winker, H., Weyl, O. L., Demirel, N., . . . Holt, S. J. (2015). A critique of the balanced harvesting approach to fishing. *ICES Journal of Marine Science*, 73(6), 1640-1650.
- Garcia, S., Kolding, J., Rice, J., Rochet, M.-J., Zhou, S., Arimoto, T., . . . Dunn, D. (2012). Reconsidering the consequences of selective fisheries. *Science*, 335(6072), 1045-1047.
- Gislason, H., Pope, J. G., Rice, J. C., & Daan, N. (2008). Coexistence in North Sea fish communities: implications for growth and natural mortality. *ICES Journal of Marine Science*, 65(4), 514-530.
- Gjørseter, H. (1998). The population biology and exploitation of capelin (*Mallotus villosus*) in the Barents Sea. *Sarsia*, 83(6), 453-496.
- Griffiths, D., & Harrod, C. (2007). Natural mortality, growth parameters, and environmental temperature in fishes revisited. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 64(2), 249-255.
- Gunderson, D. R. (1993). *Surveys of fisheries resources*. New York: John Wiley & Sons.
- Hald, M., Salomonsen, G., Husum, K., & Wilson, L. (2011). A 2000 year record of Atlantic Water temperature variability from the Malangen Fjord, northeastern North Atlantic. *The Holocene*, 21(7), 1049-1059.
- Hallfredsson, E. (2010) Status for vassild i Norge og forvaltningsråd for fiske i 2011. *Rapport fra havforskningen* (pp. 19): Havforskningsinstituttet.
- Havforskningsinstituttet. (2004, 03.07.2018). Kolmule. Retrieved from <https://www.imr.no/temasider/fisk/kolmule/nb-no>
- Havforskningsinstituttet. (2018, 26.03.2019). Nordøstarktisk hyse. Retrieved from <https://www.hi.no/hi/temasider/arter/hyse/nordostarktisk-hyse>
- Havforskningsinstituttet. (2019, 01.04.2019). Øyepål. Retrieved from <https://www.hi.no/hi/temasider/arter/oyepal>
- Hiddink, J., & Ter Hofstede, R. (2008). Climate induced increases in species richness of marine fishes. *Global change biology*, 14(3), 453-460.
- Holm, P., & Tveiterås, K. (2013). Fiskeriforvaltning i bevegelse. *Økonomisk fiskeriforskning*, 23(1), 15-27.
- Howell, D., Hansen, C., Bogstad, B., & Skern-Mauritzen, M. (2016). Balanced harvesting in a variable and uncertain world: a case study from the Barents Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 73(6), 1623-1631.
- Hutchings, J. A. (2005). Life history consequences of overexploitation to population recovery in Northwest Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62(4), 824-832.
- ICES. (2013). Report of the Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWISE). *ICES CM 2013/ACOM*, 950.
- ICES. (2017a) ICES Advice on fishing opportunities, catch, and effort. Arctic Ocean, Barents Sea, Celtic Seas, Farpes. Greenland Sea, Icelandic Waters, Greater North Sea, and Norwegian Sea Ecoregions. *Grater silver smelt (Argentina silus) in subareas 1, 2 and 4, and Division 3.a (Northeast Arctic. North Sea. Skagerrak and Kattegat)*.
- ICES. (2017b). Report of the Working Group on Assessment of Demersal Stocks in the North Sea and Skagerrak (2017), 26 April - 5 May 2017. *ICES CM 2017/ACOM*(21), 1248.
- ICES. (2018a). Blue whiting (*Micromesistius poutassou*) in subareas 1-9, and 14 (Northeast Atlantic and adjacent waters). *ICES Advice on fishing opportunities, catch and effort Ecoregions of the Northeast Atlantic Ocean*. doi:<https://doi.org/10.17895/ices.pub.4536>

- ICES. (2018b). Report of the Arctic Fisheries Working Group (AFWG). *ICES CM 2018, 06*, 859.
- ICES. (2018c) Report of the Workshop for management strategy evaluation for Norway Pout (WKNPOUT). *Vol. 38. Stock Annex: WGMSSK - Norway Pout* (pp. 96). ICES HQ Copenhagen, Denmark: ICES CM 2018.
- Jensen, A. L. (1996). Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53(4), 820-822.
- Jones, R. (1983). An investigation of North Sea haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) length-at-age data, with particular reference to the effects on growth of the outstanding year classes of 1962 and 1967. *ICES Journal of Marine Science*, 41(1), 50-62.
- Jørgensen, T. (1992). Long-term changes in growth of North-east Arctic cod (*Gadus morhua*) and some environmental influences. *ICES Journal of Marine Science*, 49(3), 263-277.
- Korsbrekke, K. (1999). Variations in maturity of haddock in the Barents Sea in relation to year-class strength, age, size, sex and area. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 25, 37-45.
- Lambert, G., Nielsen, J. R., Larsen, L. I., & Sparholt, H. (2009). Maturity and growth population dynamics of Norway pout (*Trisopterus esmarkii*) in the North Sea, Skagerrak, and Kattegat. *ICES Journal of Marine Science*, 66(9), 1899-1914.
- Larsen, R. B. (2016). *Beskrivelse av trålen på Johan Ruud*. Universitet i Tromsø - Norges Arktiske Universitet.
- Lorenzen, K. (1996). The relationship between body weight and natural mortality in juvenile and adult fish: a comparison of natural ecosystems and aquaculture. *Journal of Fish Biology*, 49(4), 627-647.
- Luksenburg, J. A., & Pedersen, T. (2002). Sexual and geographical variation in life history parameters of the shorthorn sculpin. *Journal of Fish Biology*, 61(6), 1453-1464.
- Magnussen, E. (2007). Interpopulation comparison of growth patterns of 14 fish species on Faroe Bank: are all fishes on the bank fast - growing? *Journal of Fish Biology*, 71(2), 453-475.
- Mankettikkara, R. (2018). [Havmiljødata Malangen 2018].
- McGurk, M. D. (1986). Natural mortality of marine pelagic fish eggs and larvae: role of spatial patchiness. *Marine Ecology Progress Series*, 34(3), 227-242.
- Mjanger, H., Hestenes, K., Svendsen, B., & de Lange Wenneck, T. (2011). *Håndbok for prøvetaking av fisk og krepsdyr* (Vol. 3.16). Bergen: Institute of Marine Research.
- Moen, F. E., & Svensen, E. (1999). *Dyreliv i havet. Håndbok i norsk marin fauna*.
- Myers, R. A., & Worm, B. (2003). Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. *Nature*, 423(6937), 280-283.
- Nielsen, J. R., Lambert, G., Bastardie, F., Sparholt, H., & Vinther, M. (2012). Do Norway pout (*Trisopterus esmarkii*) die from spawning stress? Mortality of Norway pout in relation to growth, sexual maturity, and density in the North Sea, Skagerrak, and Kattegat. *ICES Journal of Marine Science*, 69(2), 197-207.
- O'Brien, C. M., Fox, C. J., Planque, B., & Casey, J. (2000). Fisheries: climate variability and North Sea cod. *Nature*, 404(6774), 142.
- Ogle, D. H. (2016). *Introductory fisheries analyses with R*: Chapman and Hall/CRC.
- Pauly, D. (1980). On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *Journal of Du Conseil Permanent International Pour l'Exploration de la Mer*, 39(2), 175-192.
- Pauly, D., & Munro, J. (1984). Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *Fishbyte*, 2(1), 21.

- Pedersen, T., & Jobling, M. (1989). Growth rates of large, sexually mature cod *Gadus morhua*, in relation to condition and temperature during an annual cycle. *Aquaculture*, 81(2), 161-168.
- Pope, J. G., Falk-Pedersen, J., Jennings, S., Rice, J. C., Gislason, H., & Daan, N. (2009). Honey, I cooled the cods: Modelling the effect of temperature on the structure of Boreal/Arctic fish ecosystems. *Deep Sea Research II*, 56(21-22), 2097-2107.
- Quinn, G. P., & Keough, M. J. (2002). *Experimental design and data analysis for biologists*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Quinn, T. J., & Deriso, R. B. (1999). *Quantitative fish dynamics*: Oxford University Press.
- Raitt, D. F. S. (1968). Synopsis of biological data on the Blue whiting (*Micromesistius poutassou*), Risso, 1810. *FAO Fisheries Synopsis*, 34.
- Rochet, M.-J. (1998). Short-term effects of fishing on life history traits of fishes. *ICES Journal of Marine Science*, 55(3), 371-391.
- Roff, D. A. (1984). The evolution of life history parameters in teleosts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41(6), 989-1000.
- Rollefsen, G. (1933). The Otoliths of the Cod-Preliminary Report.
- Sainsbury, K. (1980). Effect of individual variability on the von Bertalanffy growth equation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37(2), 241-247.
- Sundby, S., Kristiansen, T., Nash, R., & Johannessen, T. (2017) Dynamic Mapping of North Sea Spawning: report of the KINO Project. *Fisken og havet*;2 (pp. 183): Havforskningsinstituttet.
- Wilkinson, L., Blank, G., & Gruber, C. (1996). *Desktop Data Analysis SYSTAT*: Prentice Hall, New Jersey.
- Wright, P. J., Gibb, F. M., Gibb, I. M., & Millar, C. P. (2011). Reproductive investment in the North Sea haddock: temporal and spatial variation. *Marine Ecology Progress Series*, 432, 149-160.

Appendikstabeller

Appendikstabell 1 Oversikt over prøvetakingsstasjonene, dato for tokt, fartøy, stasjonsnummer og toktnummer.

Stasjon	Fartøy	Dybde	Dato	St.nr	Toktnr.
Målsjorda	Johan Ruud	201	30.01.18	61	1
Målsjorda	Johan Ruud	205	14.03.18	169	2
Målsjorda	Johan Ruud	205	22.05.18	286	3
Målsjorda	Johan Ruud	206	03.09.18	577	4
Kravika	Johan Ruud	242	30.01.18	62	1
Kravika	Johan Ruud	243	14.03.18	170	2
Kravika	Johan Ruud	242	22.05.18	285	3
Kravika	Johan Ruud	240	03.09.18	576	4
Hekkingen	Johan Ruud	390	30.01.18	58	1
Hekkingen	Johan Ruud	403	14.03.18	171	2
Hekkingen	Johan Ruud	406	24.05.18	292	3
Hekkingen	Johan Ruud	400	04.09.18	578	4
Skårlia	Johan Ruud	347	30.01.18	59	1
Skårlia	Johan Ruud	342	15.03.18	181	2
Skårlia	Johan Ruud	342	23.05.18	289	3
Skårlia	Johan Ruud	345	04.09.18	579	4

Appendikstabell 2 Oversikt over totalfangst for alle artene undersøkt i denne studien ved toktene gjennomført i januar, mars, mai og september 2018. Fangst i antall (N) og kg, tuetid i minutt.

Lokalitet	Måned	Vassild			Hyse		Kolmule		Sølvorsk		Øyepål	
		Tauetid (min)	Fangst (kg)	N	Fangst (kg)	N	Fangst (kg)	N	Fangst (kg)	N	Fangst (kg)	N
Målsjorda	Januar	20	0,1	2	125,66	129						
	Mars	20			53,75	54			0,19	11		
	Mai					12			0,54	102		
	September	20				29			0,03	3		
Kravika	Januar		1,1		59,19	71			0,06	4	0,12	6
	Mars		0,02		0,28	1			0,40	30	0,104	5
	Mai	21							0,32	19	0,05	1
	September	22	2,5	13			0,602	3	0,85	84		
Skårليا	Januar	19			0,03	1	4,56		3,69		7,50	
	Mars	21	1,56	22	0,03	1	13,56		19,97		13,17	
	Mai	23	4,92	110	0,47	1	50,13		1,82	99		
	September	20	3,40	40	0,4	3	21,3	128	8,55	55	12,46	229
Hekkingen	Januar	20					70		4,89		10,3	
	Mars		155,9				90,4		8,83		6,89	
	Mai	33	131,38				113,81		20,23			
	September	21	38,29	328			27,35	131	9,59	513	0,70	14

Appendikstabell 3 Estimat for 50 % kjønnsmodning ved alder (A50). b; stigningskoeffisienten, R²; parameterkorrelasjon; () 95% konfidensintervall

Art	b	A50	R ²	Parameterkorrelasjon (b vs. A50)
Vassild	0,61 (0,40 - 0,83)	5,52 (4,90 - 6,13)	0,952	0,015
Hyse	1,25 (0,69 - 1,81)	3,97 (3,64 - 4,30)	0,993	-0,550
Kolmule	3,81 (1,39 - 6,23)	5,36 (5,09 - 5,63)	0,991	-0,448
Sølvorsk	0,60 (-1,08 - 2,29)	3,21 (0,09 - 6,32)	0,628	-0,403
Sølvorsk*	1,19 (-5,41 - 7,78)	2,54 (1,38 - 6,47)		-0,294
Øyepål	1,15 (-1,15 - 3,45)	2,16 (0,39 - 3,92)	0,693	0,104

Appendikstabell 4 Estimat for 50 % kjønnsmodning ved lengde (L50). b; stigningskoeffisienten, R²; parameterkorrelasjon; () 95% konfidensintervall

Art	b	L50	R ²	Parameterkorrelasjon (b vs. L50)
Vassild	0,26 (0,20 - 0,32)	29,88 (28,92 - 30,83)	0,976	-0,008
Hyse	0,15 (0,03 - 0,27)	50,72 (45,51 - 55,94)	0,778	-0,139
Kolmule	0,67 (0,38 - 0,95)	30,47 (29,75 - 31,19)	0,975	-0,017
Sølvorsk	0,52 (0,11 - 0,93)	13,15 (11,65 - 14,66)	0,942	-0,081
Sølvorsk*	0,50	13,49	0,941	-0,124
Øyepål	0,494 (0,18 - 0,81)	15,54 (14,19 - 16,90)	0,940	0,060

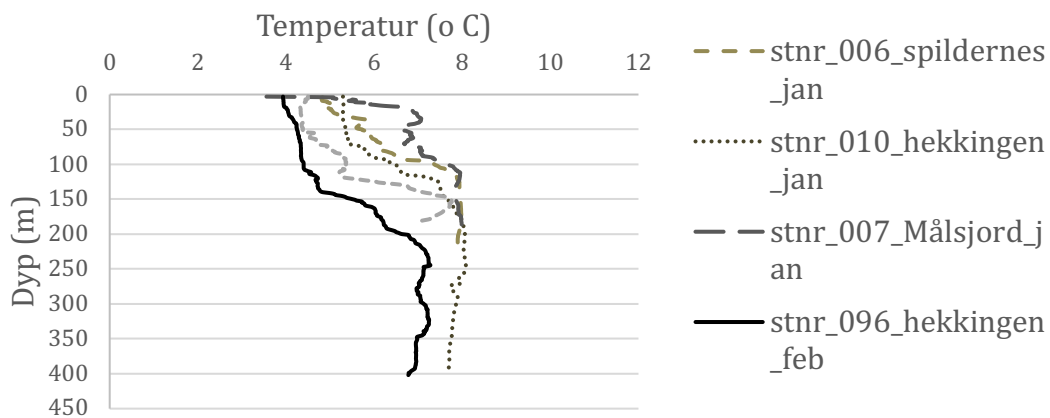
Appendiksligning

Følgende ligning fra Pauly (1980) ble benyttet til å beregne estimat for M for sølvtorsk

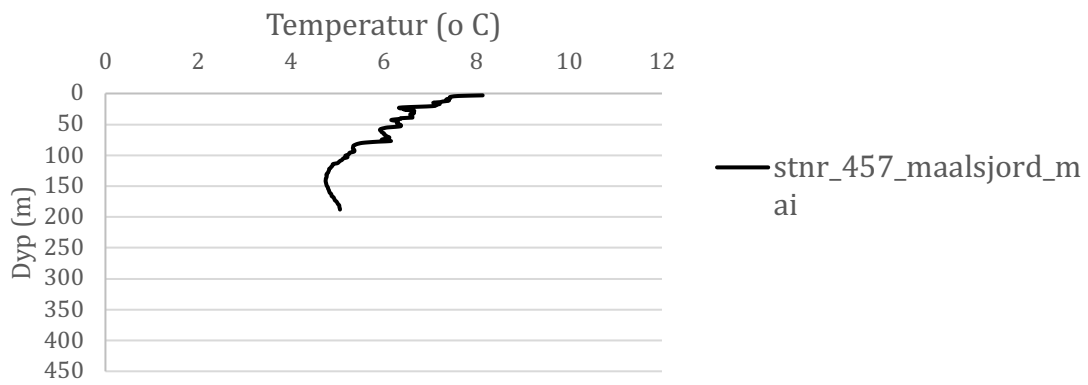
$$\log M = -0,0066 - 0,279 L_{\infty} + 0,6543 \log K + 0,4634 \log t \quad \text{Appendiksligning 1}$$

Appendiksfigurer

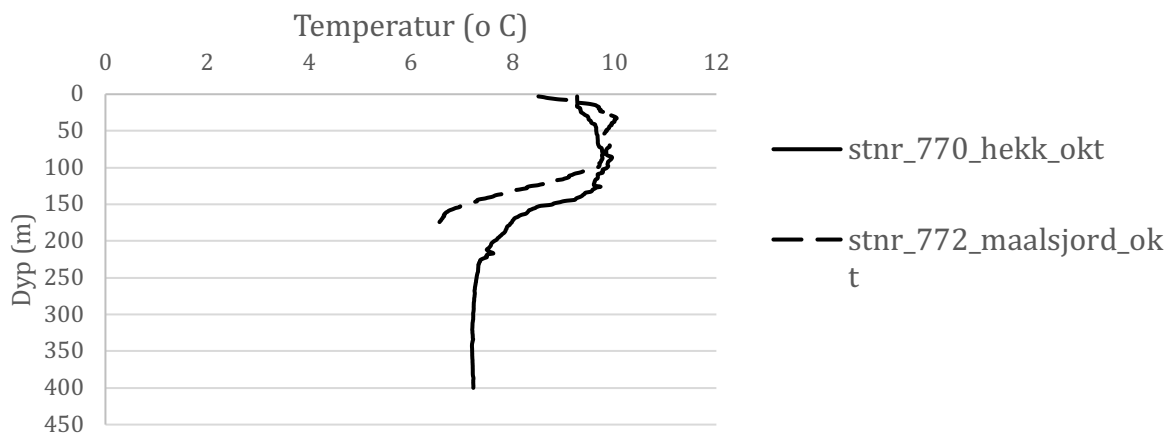
Temperatur i Malangen 2018



Appendiksfigur 1 Temperaturdata fra Malangfjorden i januar 2018 og februar for stasjonene Hekkingen, Målsfjorda og Spildernes.

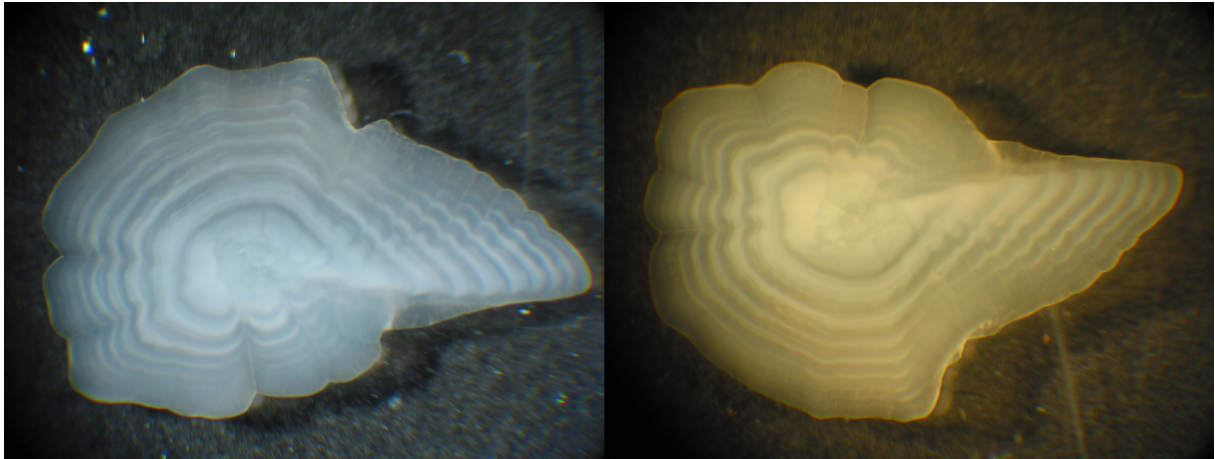


Appendiksfigur 2 Temperaturdata fra Malangen i mai 2018 for stasjonen Målsjorda.

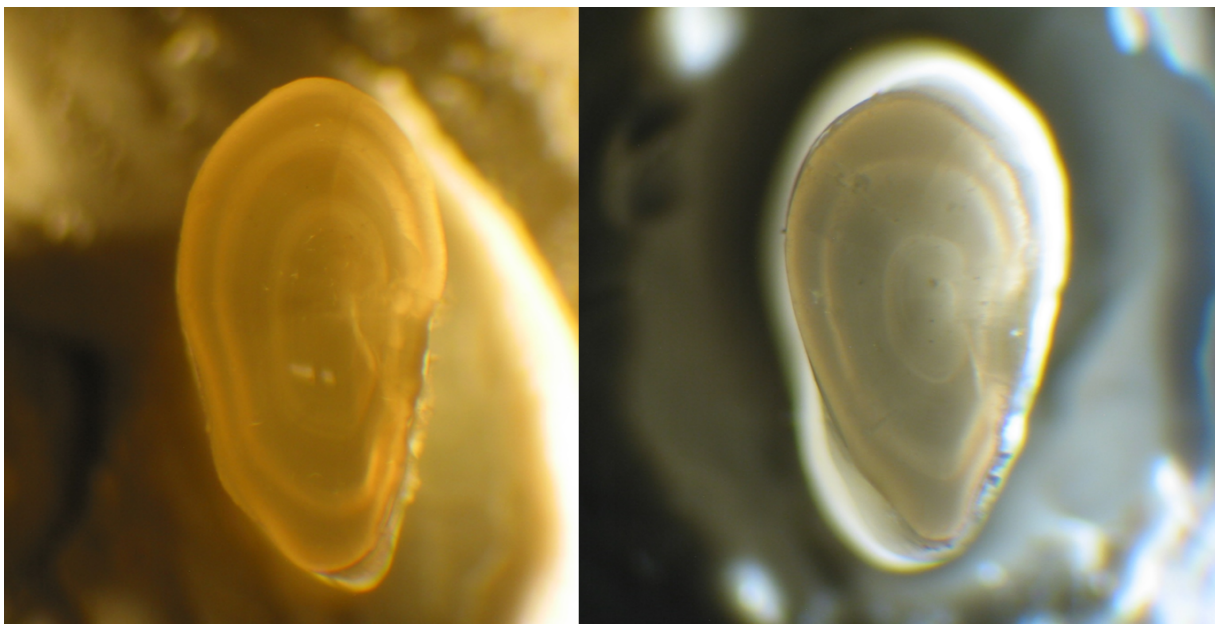


Appendiksfigur 3 Temperaturdata fra Malangen i oktober 2018 for stasjonene Hekkingen og Målsjorda

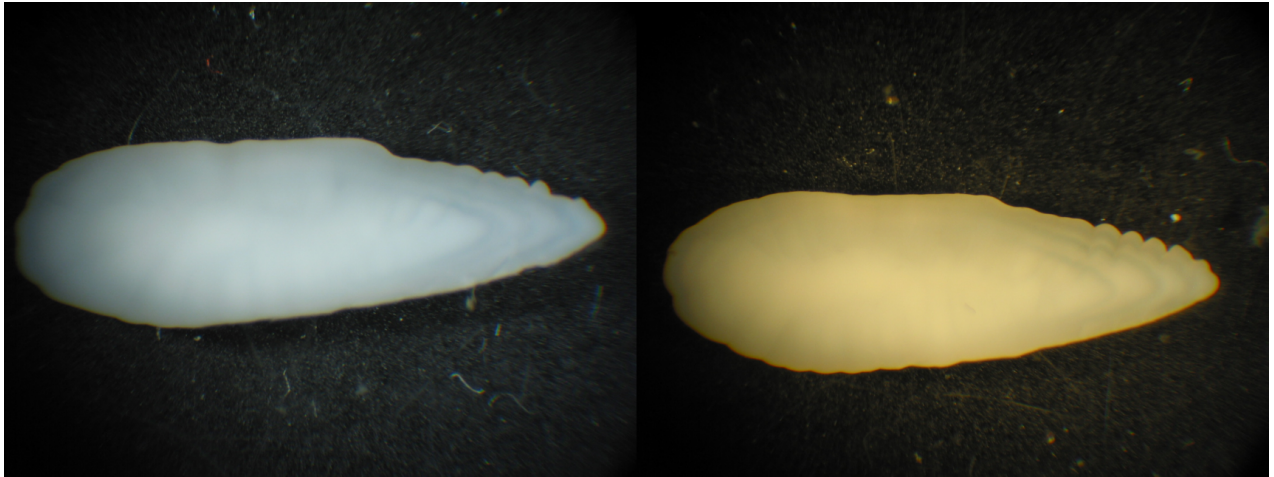
Otolitter



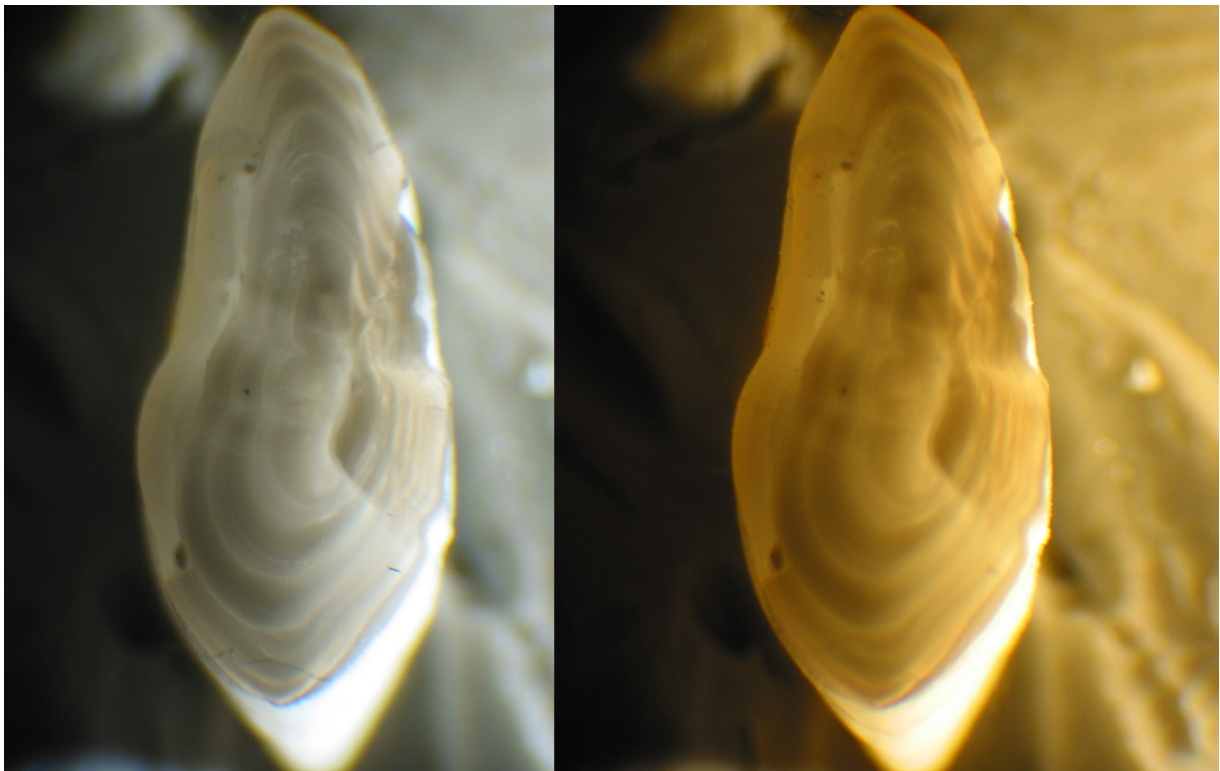
Appendiksfigur 4 Otolitt fra Argentina silus stasjon 171 individ 49. Dette individet er samlet inn på stasjon Hekkingen og er estimert til 9 år



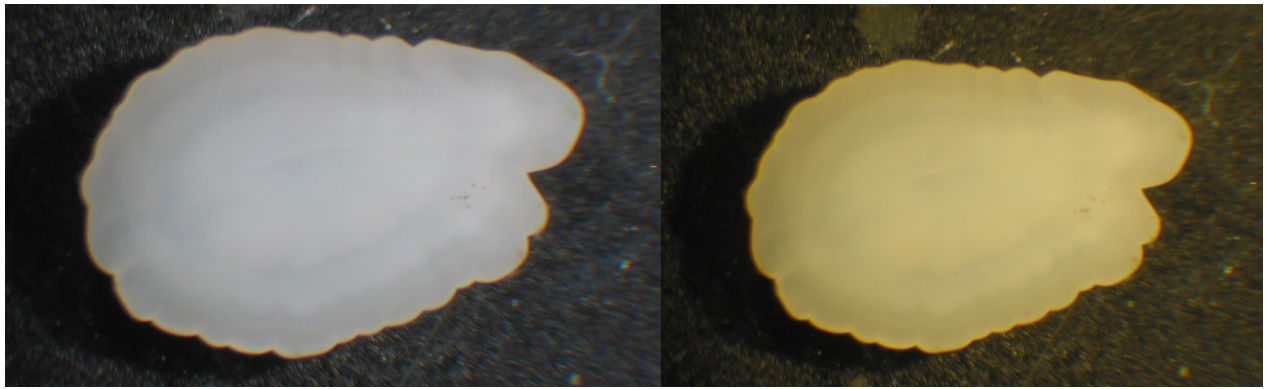
Appendiksfigur 5 Otolitt fra *Trisopterus esmarkii* stasjon 171 individ 20. Denne øyepålen er samlet inn på stasjon Hekkingen i mars 2018 og er estimert til 3 år



Appendiksfigur 6 Otolitt fra *Micromesistius poutassou* stasjon 171 individ 17. Er samlet inn ved stasjon Hekkingen i mars 2018 estimert alder er 4 år.

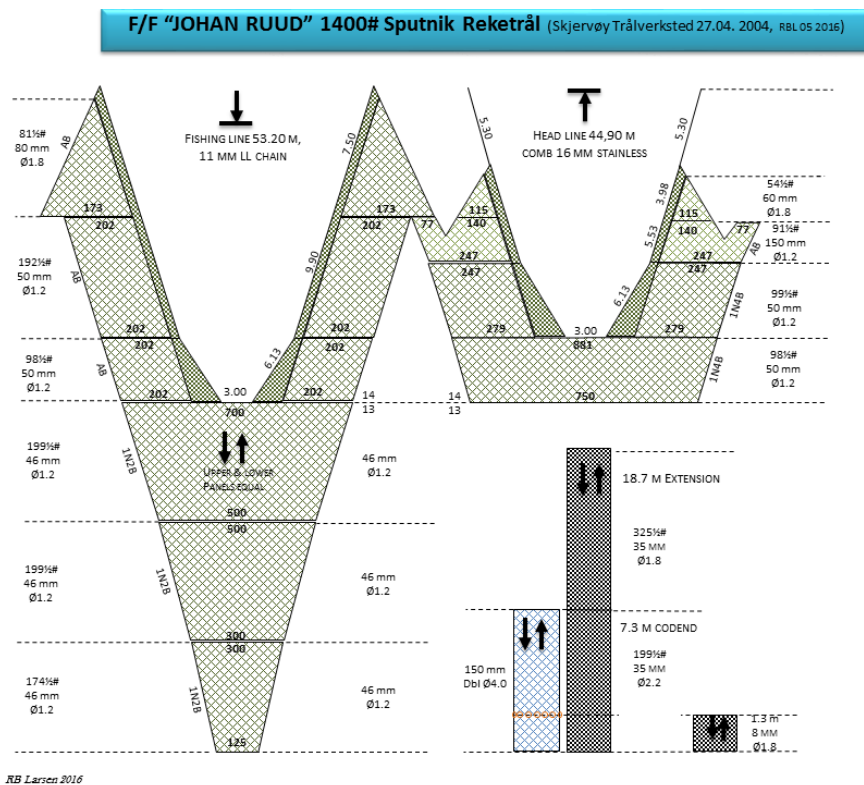


Appendiksfigur 7 Otolitt fra *Melanogrammus aeglefinus* stasjon 169 individ 1. Samlet inn ved stasjon Målsjorda i mars 2018 og er estimert til 4 år.



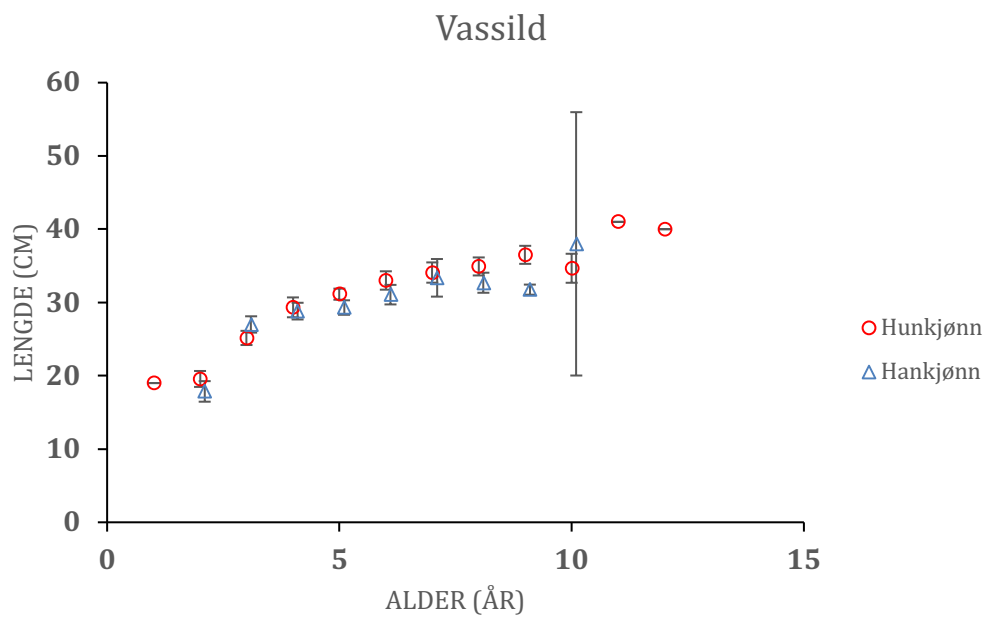
Appendiksfigur 8 Otolitt fra *Gadidulus argenteus thori* stasjon 289 individ 22. Samlet inn ved stasjon Skårliia i mai 2018 og er estimert til 2 år.

Trålrredskap

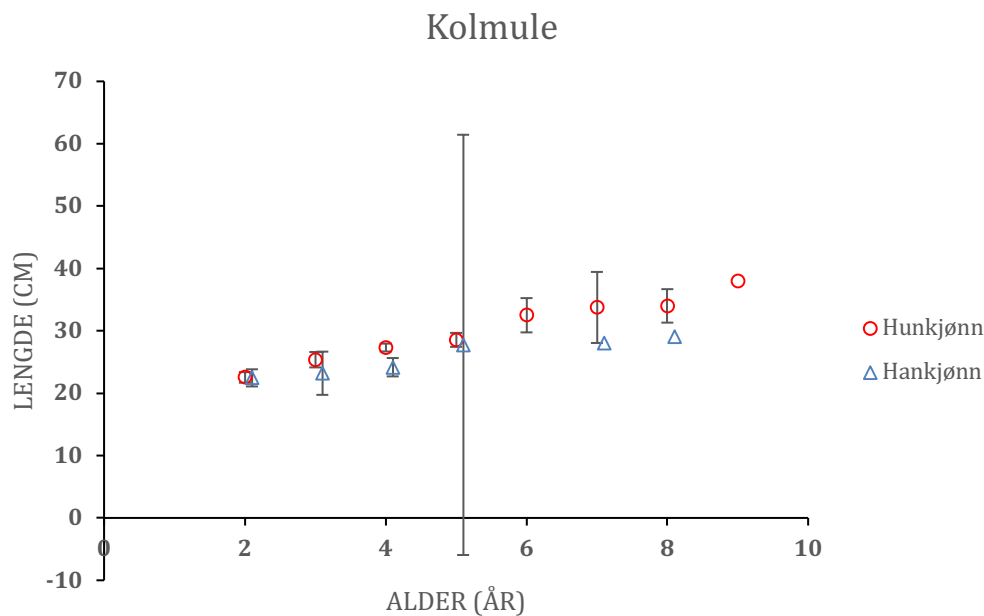


Appendiksfigur 9 Beskrivelse av Sputnik 1400 maskers reketrål på F/F Johan Ruud (Larsen, 2016)

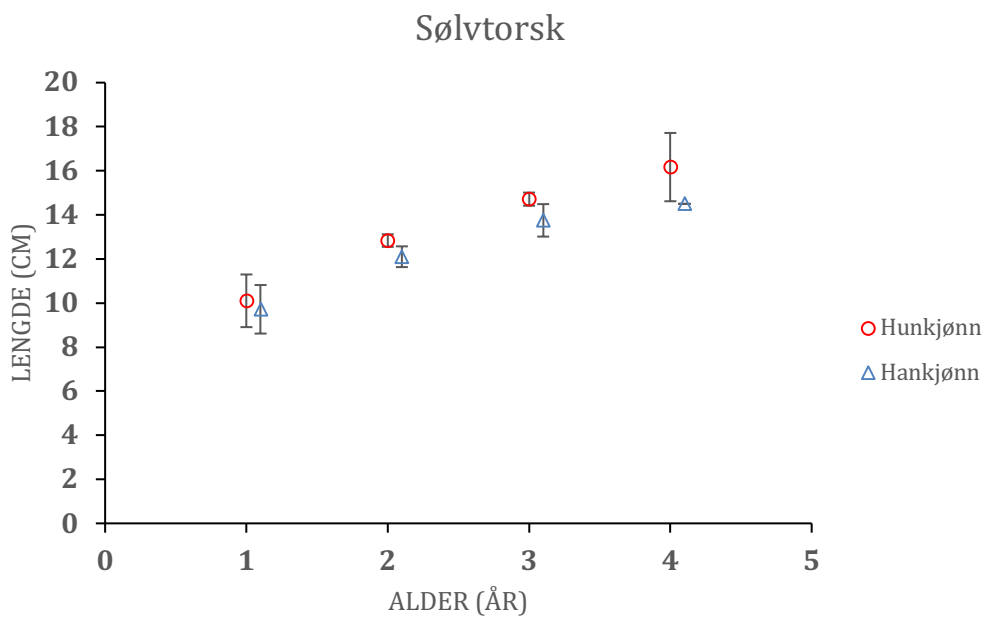
Gjennomsnittslengde for aldersgrupper med 95% konfidensintervall



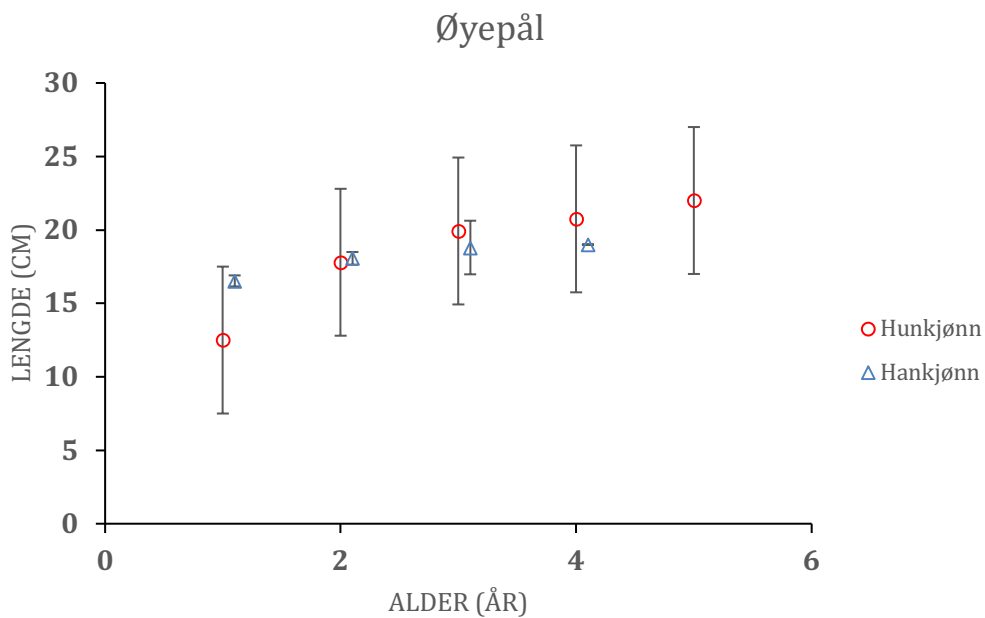
Appendiksf figur 10 Gjennomsnittslengde ved alder for *Argenteus silus* i Malangen med 95 % konfidensintervall. Hunkjønn (○,- rød) hankjønn (△,- blå)



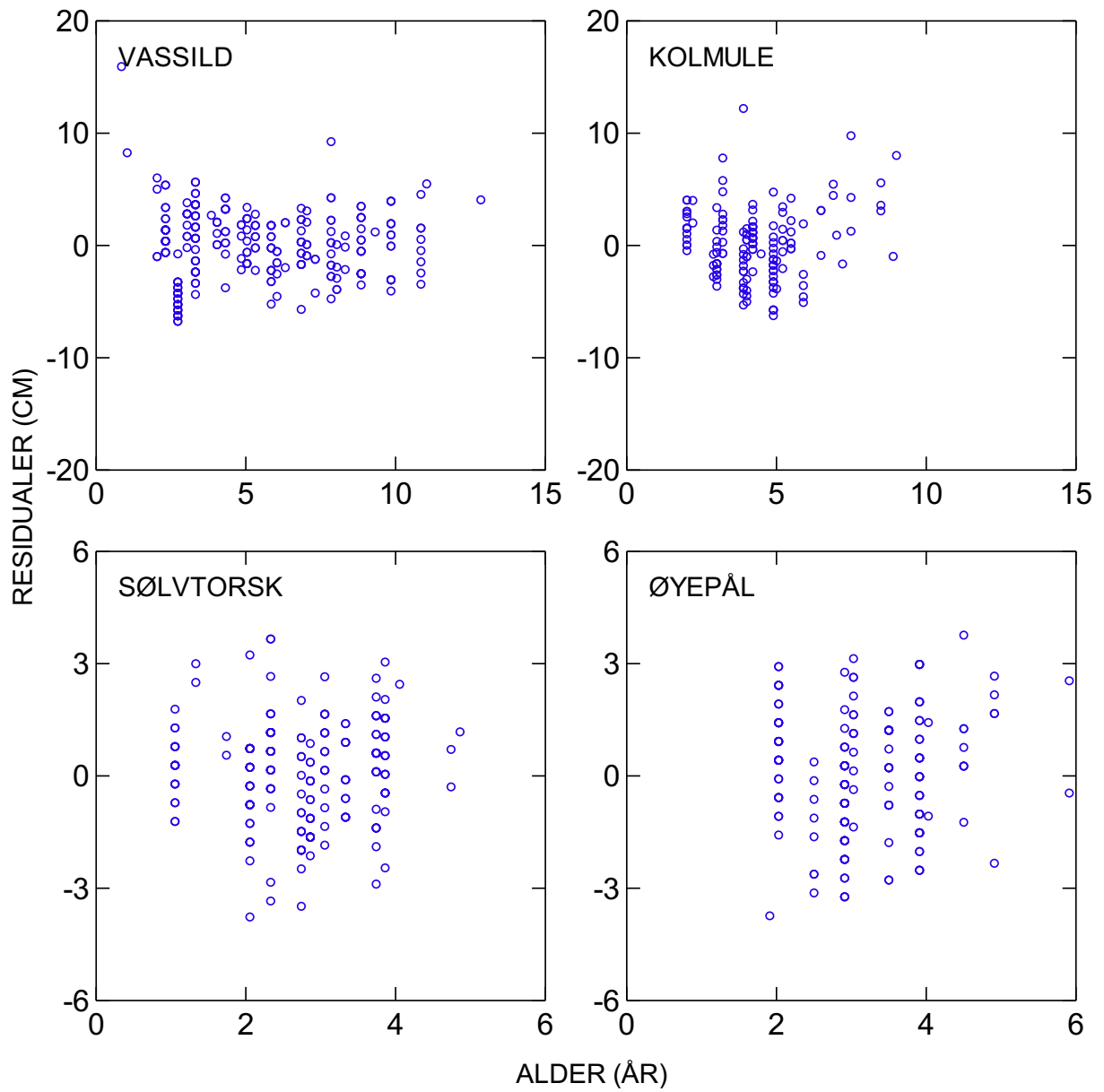
Appendiksf figur 11 Gjennomsnittslengde ved alder for *Micromesistius poutassou* i Malangen med 95 % konfidensintervall. Hunkjønn (○,- rød) hankjønn (△,- blå)



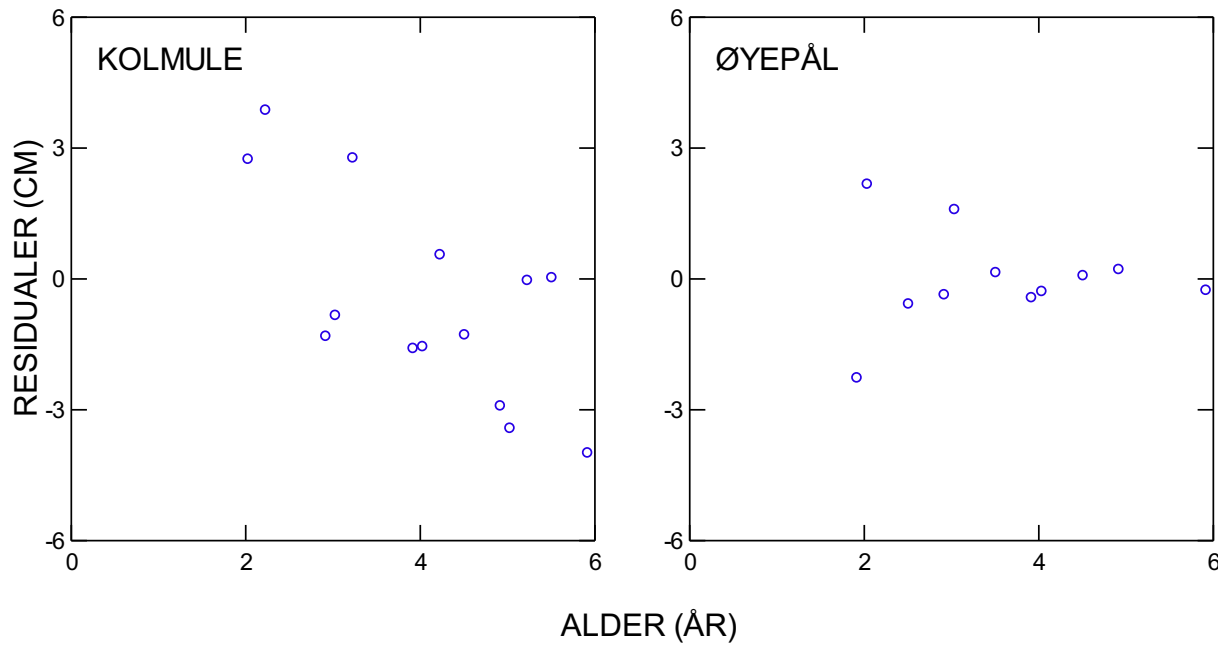
Appendiksf figur 12 Gjennomsnittslengde ved alder for *Gadiculus argenteus thori* i Malangen. 95 % konfidensintervall. Hunkjønn (○,- rød) hankjønn (△,- blå)



Appendiksf figur 13 Gjennomsnittslengde ved alder for *Trisopterus esmarkii* i Malangen med 95 % konfidensintervall. Hunkjønn (○,- rød) hankjønn (△,- blå)



Appendiksfigur 14 residualplott fra von Bertalanffys vekstfunksjon



Appendiksfigur 15 residualplott fra von Bertalanffys vekstfunksjon basert på gjennomsnittslengde ved alder for *Micromesistius poutassou* og *Trisopterus esmarkii*.