



Uit

NORGES
ARKTISKE
UNIVERSITET

Fakultet for biovitenskap, fiskeri og økonomi

Sesongvariasjoner i aktivitet og dybdebruk hos kystnær atlanterhavskveite (*Hippoglossus hippoglossus*)

—
Eirik E. Bygdnes

Masteroppgave i biologi [BIO-3950] Mai 2015



Sammendrag

Atlanterhavskveite er en ettertraktet fisk både for sportsfiskere og kommersielt fiske på grunn av størrelse og verdi. Bestanden regnes som høy i Nord-Norge, men lav i Sør-Norge. Det fiskes betydelige kvanta av arten i nordlige deler av landet, til tross for at kunnskap om atferd og livshistorietrekk er mangelfull. Hovedmålet med denne oppgaven var derfor å undersøke dybde- og temperaturbruk, og vertikalaktivitet hos kveite i to ulike områder; nordlige kyststrøk i Troms og dype vestlandsfjorder (Hardanger- og Sognefjorden) ved å merke kveite med elektroniske dataloggermerker (DST) og pop-up satellittmerker (PSAT) som målte dyp og temperatur. Det var generelt stor individuell variasjon i atferd innad i områder, men at det var også en distinktiv forskjell mellom områdene. Kveite i Troms ($n = 17$) oppholdt seg mye på grunt vann (0-50 m) om sommeren, men befant seg oftere på dypere vann (ca. 50-200 m) om vinteren. Kveite i Hardangerfjorden ($n = 5$) oppholdt seg på svært dypt vann (> 500 m) store deler av året, men befant seg grunnere om sommeren (0-250 m). Den ene kveita gjenfanget i Sognefjorden holdt seg generelt på dypt vann (200-500 m), med unntak av sommeren hvor den tilbragte mye tid på grunt vann (0-50 m). Temperaturregimet kveitene opplevde i de to regionene skilte seg markant fra hverandre, hvor temperaturen kveite i Troms oppholdt seg mest i varierte mer gjennom året (4,0-10,0 °C), enn kveite i vestlandsfjordene (7,0-8,5 °C). Kveite fra begge områdene hadde økt vertikalaktivitet om høsten og vinteren. Basert på avstand fra merke- og gjenfangststed så var kveitene i begge områdene relativt stasjonære, men avstanden varierte mer i Troms (0-146 km) enn i vestlandsfjordene (6-14 km). Noen kveiter i Troms som ble gjenfanget like ved merkestedet, viste tegn på å vende tilbake etter vandringer bort fra det, da de hadde oppholdt seg på dyp (300-500 m) som ikke fantes i nærheten av merke- eller gjenfangstområdet. Resultatene presentert her er viktige i den forstand at dette studiet er det første i Norge som beskriver individuell vandringsatferd til kveite, kartlagt over tid i flere områder. Selv om datagrunnlaget var begrenset indikerte resultatene at kveite i begge studieområdene hadde et noe høyere aktivitetsnivå om vinteren og at de var relativt stasjonære. Dette medfører at arten kan være sårbar for områdebegrenset fiske, og særlig med faststående redskap, før og rundt gyteperioden på vinteren. Slike og tilsvarende resultater bør brukes til å danne en bedre forståelse av vandringsatferden hos viltlevende kveite og et kunnskapsgrunnlag for å iverksette kunnskapsbaserte reguleringstiltak for videre forvaltning av kveitepopulasjonen langs norskekysten.

Forord

Jeg vil begynne med å takke alle som har hjulpet meg gjennom denne prosessen. Til Audun H. Rikardsen og Torstein Pedersen, mine veiledere, som har vært til stor hjelp helt fra startfasen og frem mot innlevering av oppgaven. Jeg sender en takk til Eva Thorstad som har lest gjennom og rettet oppgaven meget hurtig og effektivt ved flere anledninger. Takk til Kathrine Michalsen og havforskningsinstituttet som har bidratt med data til dette studiet. En stor takk til Richard Hedger som har hjulpet meg med databehandling og programmering i R og Torstein Halstensen for sin innsats med merking i Hardanger- og Sognefjorden. Videre vil jeg takke Per Jonasson (<http://www.Fish4u.se>), Tor Evensen og Tom Sivertsen som har bidratt stort med fiske og merking av kveiter rundt Rebbenesøya. Takk til kontorgjengen for alle de mer òg de mindre faglige diskusjonene og for at de har gjort lange dager på kontoret mindre uutholdelig. Til sist vil jeg nevne dykkerkompisene mine som har gjort fritiden til et eventyr med mange fine dykk og opplevelser. Tusen takk!

Innhold

1	Introduksjon	3
2	Material og metode	6
2.1	Områdebeskrivelse	6
2.2	Fangst og merking	9
2.3	Databehandling.....	12
2.3.1	Variasjoner i dybde- og temperaturbruk	13
2.3.2	Endring i vertikalaktivitet	13
2.3.3	Avstand mellom merke- og gjenfangststed over tid	13
3	Resultat	15
3.1	Variasjoner i dybde- og temperaturbruk	16
3.2	Endring i vertikalaktivitet.....	20
3.3	Avstand mellom merke og gjenfangststed over tid.....	22
4	Diskusjon	24
4.1	Variasjoner i dybde- og temperaturbruk	24
4.2	Endring i vertikalaktivitet.....	25
4.3	Avstand mellom merke- og gjenfangststed over tid.....	27
4.4	Metoder og videre studier	28
5	Referanser	31
6	Appendiks	35

1 Introduksjon

Atlanterhavskveite, *Hippoglossus hippoglossus*, (heretter kveite) er den største arten i flatfiskfamilien (*Pleuronectidae*). Den er utbredt i store deler av Nord-Atlanteren og er av betydelig økonomisk verdi da denne arten har høyest førstehåndspris per kg blant flatfiskene (Devold & Eggvin 1938, Devold 1943, Armsworthy et al. 2014). Kveite har et dimorft vekstmønster der maksimumslengden hos hunnfisk (~360 cm) er betydelig større enn hos hannfisk (~189 cm) (Devold & Eggvin 1938, Devold 1943, Haug 1990, Sigourney et al. 2006). Hunnfisk kjønnsmodnes også ved større lengde (103-125 cm) og senere alder (7-13 år) enn hannfisk (henholdsvis 55-88 cm og 5-12 år) (Devold & Eggvin 1938, Godø & Haug 1988a, Armsworthy & Campana 2010). Dietten til kveite består i hovedsak av tiftokreps og fisk hvor voksen kveite spiser mest fisk (Bowman et al. 2000). Kveite er sårbar for overfiske i og med at den er gammel ved kjønnsmodning og vi vet lite om populasjonsdynamikken. Det er uvisst om populasjonen langs norskekysten er én stor populasjon eller om den består av flere subpopulasjoner.

De fjorten siste årene har antall tonn landet kveite mer enn fordoblet seg i Norge fra 1052 tonn i 2000 til 2350 tonn i 2014 (<http://www.fiskeridir.no>). Økningen har i hovedsak skjedd i nord (> 64 °N), mens det ikke har vært noen økning sør for Stad (Høines et al. 2009). Til tross for artens økonomiske verdi er det fortsatt manglende kunnskap om atferden og livshistorietrekkene dens. Marine fiskearter kan ha mer komplekse atferdsmønstre enn hva som er kjent og lagt til grunn for forvaltning av arten. En forvaltningsstrategi som er basert på store populasjoner, som hos kveite, tar ikke hensyn til overfiske på eventuelle sub-populasjoner og vi klarer dermed ikke å forutsi konsekvensene av dette for den øvrige kveitepopulasjonen (Stephenson 1999, Frank & Brickman 2001).

I et merkestudie gjort på kveite i Lofoten (data fra 1950-1960) ble det funnet at mesteparten av ung, umoden kveite oppholdt seg innenfor samme område, sørvest for Vestvågøy, hvor de ble merket, mens noen vandret over store avstander, deriblant til Island, Barentshavet og Nordsjøen (Godø & Haug 1988a). Voksen, kjønnsmoden kveite merket i gyteperioden (november-februar) har vist seg å komme tilbake til samme gytested senere år (Devold & Eggvin 1938, Devold 1943, Godø & Haug 1988a, Stobo et al. 1988). Genetisk sammenligning av kveite ved norskekysten, Færøyene og Grønland viser liten genetisk variasjon mellom de ulike gruppene og tilsier at det forekommer genetisk utveksling mellom områdene (Haug & Fevolden 1986,

Fevolden & Haug 1988). Denne genetiske homogeniteten kan skyldes at kveite har mesopelagiske egg som driver med havstrømmene, klekker og larvene bunnsår og/-eller at umoden kveite søker bedre oppvekstområder og dermed forflytter seg over større geografiske områder. Ved sammenligning av kveite bare langs norskekysten ble det funnet en viss genetisk heterogenitet langs en nord-sørgående akse (Haug & Fevolden 1986, Fevolden & Haug 1988).

Når det gjelder dybdebruk viser flere studier at kveite ofte oppholder seg på dypere vann i vintermånedene enn i resten av året. Studier gjort utenfor nordøstkysten av USA og Canada har vist at ulike størrelsesgrupper av atlantehavskveite hadde forskjellig dybdebruk til ulike tider på året (McCracken 1958, Bowering 1986, Stobo et al. 1988, Sigourney et al. 2006). Alle disse studiene har vært basert på informasjon fra fiskeri- og kartdata og gjenfangst av fisk merket med konvensjonelle merker. Gjenfangstresultatene er derfor ikke uavhengig av fiskeriene, noe som gjør at man kan få en feilaktig oppfatning av hva den faktiske populasjonssituasjonen er (Hilborn et al. 1995).

Kommersielt fiskes kveite hovedsakelig med passive og stillestående redskap som garn og line. Aktiviteten til kveita vil derfor være avgjørende for fangsteffektiviteten til disse redskapene. Vi vet imidlertid lite om aktiviteten til kveite; til hvilke tider på døgnet eller i hvilke perioder på året den er mest aktiv, eller om aktiviteten er påvirket av andre faktorer som for eksempel tidevann eller lys. Grunnen kan være at det først nylig har blitt utviklet metoder som gjør det mulig å kartlegge dette, blant annet ved hjelp av elektroniske datalagringsmerker som registrerer og arkiverer dybde data med høy nok frekvens til å få et godt bilde på aktivitetsnivået. I merkestudier hvor datalagringsmerker (DST = data storage tag) eller pop-up satellittmerker (PSAT = pop-up satellite archival tag) er brukt, registrerer og lagrer merkene data mens merket er festet til fisken. DST-merkene må gjenfanges for å få data lastet ned, mens PSAT-merkene løsner fra fisken, flyter til overflaten og sender lagrede data via satellitter til en database (Loher & Seitz 2006, Loher & Blood 2009, Armsworthy et al. 2014). Det er først i løpet av de siste to tiårene at slike typer merker har blitt tilgjengelige og tatt i bruk på større fisk som for eksempel atlantehavskveite (Boje et al. 2014). Hvilke type data som lagres av DST eller PSAT-merker kommer helt an på sensorene merkene er utstyrt med. Merker som brukes på fisk har ofte to eller flere sensorer som for eksempel registrerer trykk, salinitet, temperatur eller lys, samt at PSAT-merker gir geografisk posisjon når de kommer til overflaten. Til forskjell fra PSAT-merker så er bruk av DST-merker ikke en fiskeri-uavhengig metode da de må gjenfanges for å hente ut data, men man kan til en viss grad si noe om hvor kveita har

vært ut ifra den informasjonen merket gir om det fysiske miljøet i tiden mellom merking og gjenfangst. Studier hvor DST- eller PSAT-merker er tatt i bruk gir informasjon om fysiske parametere i miljøet kveita har opplevd i tiden mellom merking og gjenfangst eller pop-up og kan derfor gi et mer korrekt bilde på vandringsatferd enn ved bruk av konvensjonelle merker. Det er imidlertid kun ett publisert atferds-studie på kveite langs norskekysten der PSAT-merker er brukt, og dette studiet omfattet få individer ($n = 4$) og var fra kun ett område i Sognefjorden (Seitz et al. 2014).

Temperaturbruk hos vill kveite er avhengig av dypet fisken befinner seg på i tillegg til sesong og geografisk plassering. Endringer i temperatur skjer derfor i høy grad i sammenheng med endringer i dybde (Armsworthy et al. 2014, Seitz et al. 2014). Det er utført få studier på temperaturbruk hos atlantehavskveite, men studier på stillehavskveite, *Hippoglossus stenolepis*, som er en nært beslektet art, viser at de ofte oppholder seg i vann som har temperatur mellom 4,0 °C og 8,0 °C (Loher & Seitz 2006, Loher & Blood 2009). Eksperimentelle forsøk har vist at vekstrate hos umoden atlantehavskveite ved foring til metning var temperatur- og størrelsesavhengig, ved at større fisk hadde høy vekstrate ved lavere vanntemperaturer (9,0-11,0 °C), mens mindre fisk hadde høy vekstrate ved høyere vanntemperaturer (16,0 °C) (Jonassen et al. 2000).

På bakgrunn av det som er nevnt ovenfor kan det konkluderes med at det finnes svært lite kunnskap om atferd til atlantehavskveite fra ulike områder langs norskekysten. Hovedmålet med denne oppgaven var derfor å studere og sammenligne sesongmessig variasjon i vandringsatferd hos atlantehavskveite i to ulike habitat; dype vestlandsfjorder og ytre nordnorske kyststrøk.

Delmålene var å undersøke:

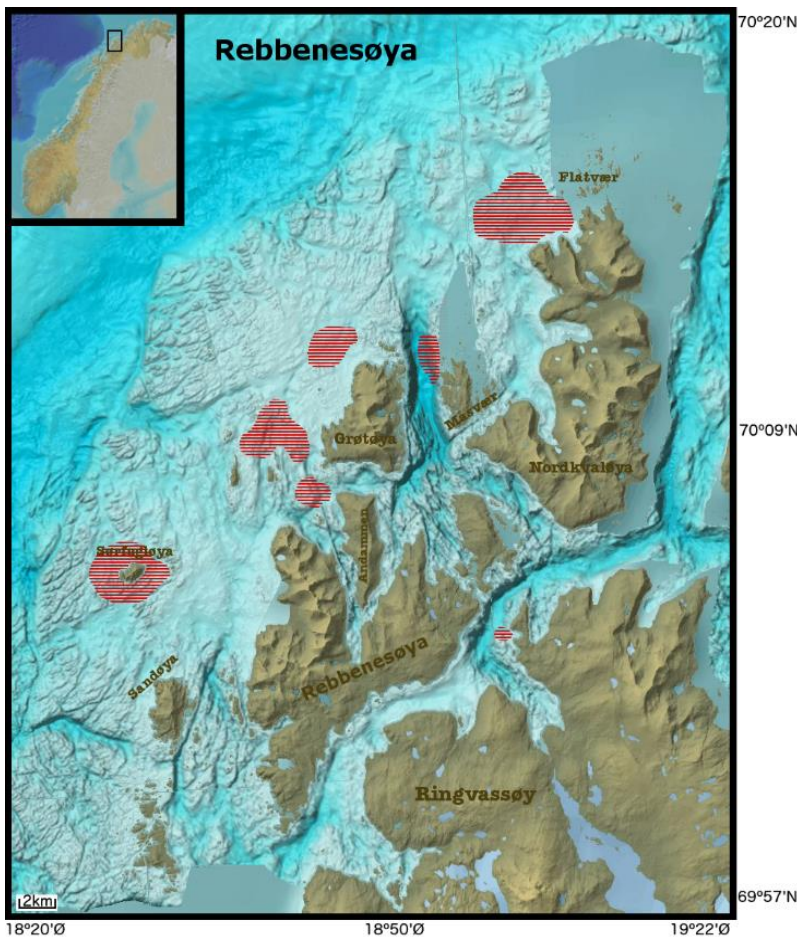
- Sesongavhengig dybde- og temperaturbruk for kveite.
- Sesong- og døgnavhengige variasjoner i vertikalaktivitet for kveite.
- Om avstand mellom merke- og gjenfangststed økte over tid.

2 Material og metode

2.1 Områdebeskrivelse

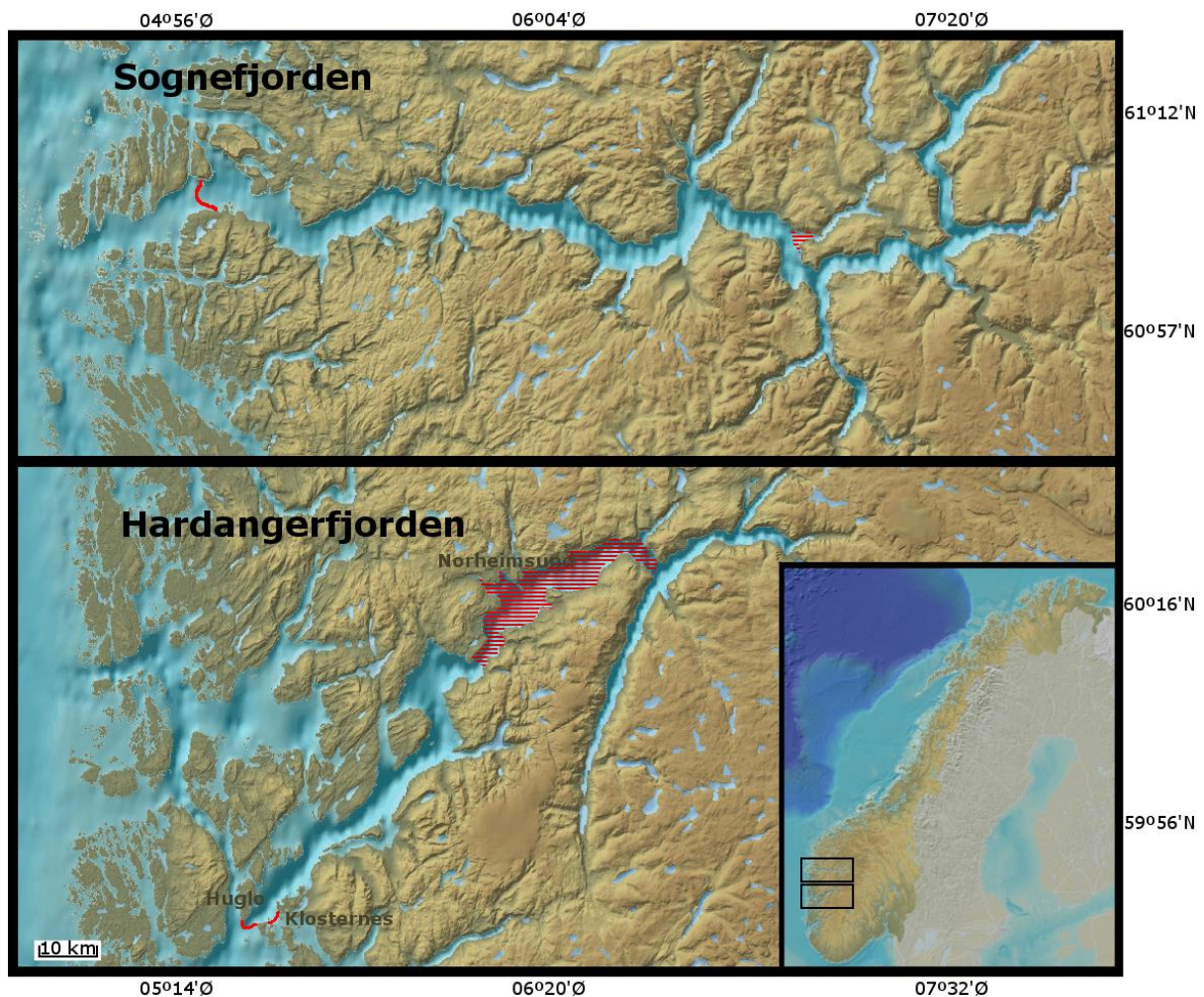
Studiet ble gjennomført i to hovedområder; kysten av Troms i området rundt Rebbenesøya, som representerer et nordlig og kystrelatert område, og Hardanger- og Sognefjorden, som representerer dype vestlandsfjorder. Kystområdet i Troms er variert angående temperatur, strøm, og lysforhold, mens de dype fjordene på Vestlandet har mer konstante fysiske forhold på dypt vann, uten store endringer i hverken strøm, lys, eller temperatur gjennom året.

Området rundt Rebbenesøya i Troms består av flere mindre øyer og skjær. Havbunnen i området har en variert topografi og består av store grunnområder avbrutt av dypere fjordarmer og sund som stikker inn mellom øyene (Figur 1). Området har store tidevannsforskjeller noe som skaper sterke tidevannsstrømmer gjennom de grunne sundene mellom øyene (<http://www.sehavnivå.no>). De siste ti årene har det utviklet seg et utstrakt turistfiske etter blant annet kveite, men dette er lite (2,5 %) i forhold til det kommersielle fisket (pers. medd. Erik Berg, HI). I 2014 ble det landet 769 tonn kveite i Troms (Høines et al. 2009). Av dette ble i underkant av 60 % av kveita landet av båter under 11 meter (<http://www.fiskeridir.no>), noe som tilsier at mye av kveitefangsten er tilknyttet nære kystområder slik som i området rundt Rebbenesøya.



Figur 1: Terrengkart over området rundt Rebbenesøya i Troms. Røde, skraverte områder indikerer hvor kveita ble fanget for merking.

Hardangerfjorden på Vestlandet er en 125 km lang terskelfjord med flere fjordarmer (Figur 2). Terskeldypet på fjorden er ca. 150 meter dypt og ligger mellom Huglo og Klosterneiset. Den dypeste delen (nesten 1000 m dyp) av fjorden ligger like utenfor Norheimsund (Otterå et al. 2004). De fysiske egenskapene til de 20 øverste meterne av vannlaget er sterkt preget av nedbør, avrenning fra land og vind- og tidevannsstrømmer. Siden fjorden er en terskelfjord er de dypere vannmassene ikke like påvirket, men har relativt konstante miljøforhold (Berge et al. 1982). Fangstene av kveite i Hordaland er betydelig lavere (2,5 tonn i 2014) enn i Troms, men også her er mesteparten av kveita (~90%) landet av båter under 11 meter som i større eller mindre grad er tilknyttet fjorder og nære kyststrøk (<http://www.fiskeridir.no>).



Figur 2: Terrenkart over Hardanger- og Sognefjorden med tilhørende fjordarmer. Røde skraverte områder indikerer hvor kveita ble fanget for merking. Rød strek indikerer plassering av terskelen i fjordene.

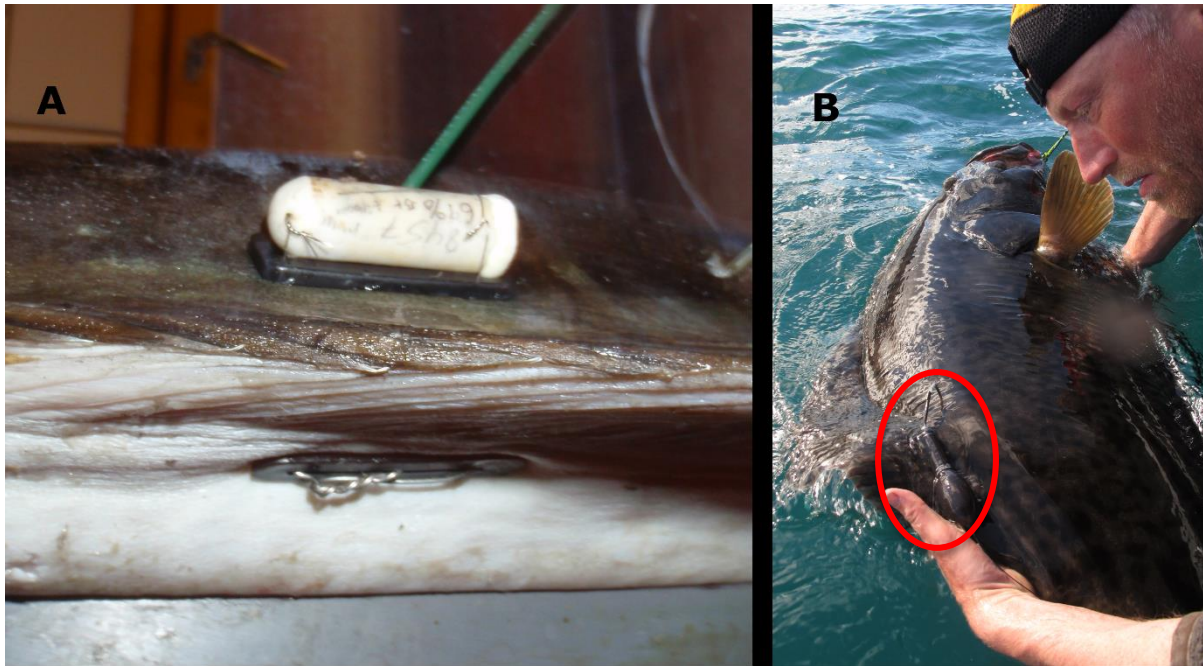
Sognefjorden er Norges lengste og dypeste fjord og ligger på Vestlandet (Figur 2). Fjorden er 175 km lang og har en maksdybde på 1308 meter. I likhet med Hardangerfjorden er Sognefjorden også en terskelfjord hvor terskelen befinner seg i fjordmunningen og terskeldypet er på 165 meter. Tilsvarende for Hardangerfjorden har også denne fjorden typiske egenskaper med stabile forhold under terskeldypet, mens det er større variasjon både i salinitet og temperatur dess nærmere man beveger seg fjordmunningen (Seitz et al. 2014). Fangst av kveite i Sogn og Fjordane er betydelig lavere (81 tonn i 2014) enn i Troms, men høyere enn i Hardanger. Til forskjell fra både Troms og Hordaland landes mye av kveita i Sogn og Fjordane av båter over 28 meter, og fangstene av kveite kommer sannsynlig ikke fra fjord eller kystområdene i umiddelbar nærhet, men blir landet som bifangst av trålere (<http://www.fiskeridir.no>).

2.2 Fangst og merking

I Troms ble kveita fisket med stang på grunt vann, 5-60 meter dypt, mens det i vestlandsfjordene ble brukt dypvannslinje satt 250-900 meter dypt. Ved stangfiske ble det brukt multifilament-sene med et forsyn av nylon monofilament-sene på 1-2 meter. Det ble benyttet jigger som enten var en kunstig etterligning av fisk i gummi eller et lodd med naturlig agn (fisk) påmontert. Tidevannsstrømmen ble utnyttet til å drive over et større område ved stangfiske. I Hardangerfjorden og Sognefjorden ble det brukt dypvannslinje som var 6 kilometer lang og 6 mm tykk med en krokavstand på ca. 20 meter og krokstørrelse 16,0 sirkelkrok på 3,5 mm flettet forsyn (pers. medd. Torstein Halstensen). Kveita som ble fisket i de dype vestlandsfjordene ble trukket sakte opp for å unngå eventuelle dekompresjonsskader.

Merkingen ble utført på forskjellig måte, avhengig av størrelse på kveita, og merkested. I Troms ble kveita i hovedsak merket i sjøen hengende på siden av båten, mens i Hardanger- og Sognefjorden ble kveita merket om bord i båten. Ved merkingen i sjø ble kveita sikret til rekka av båten med en løkke rundt halen og en kveitekrok med tau rett under kjeven og holdt forsiktig langsetter båtripa. Etter at merket var festet og det var tatt et lengdemål, ble kveita umiddelbart sluppet fri i sjøen igjen.

DST-merkene som ble brukt var av typen DST-centi fra produsenten Star Oddi, Reykjavik, Island (<http://www.star-oddi.com>). Merkene var 46 mm lange, hadde en diameter på 15 mm og veide 19 gram i luft. Det ble satt ulike registreringsfrekvenser på merkene avhengig av batteri- og lagringskapasitet. Registreringsfrekvensen på DST-merkene varierte mellom 5 og 240 minutter for dyp og 15 og 375 minutter for temperatur. Det første året merkene registrerte data ble prioritert. De ble da programmert med høyeste mulige registreringsfrekvens (5-30 minutter) i forhold til lagringskapasitet i et år, mens tid utover dette fikk lavere registreringsfrekvens, opp til 240 minutter for dyp og 375 minutter for temperatur avhengig av lagringskapasitet. Dyp ble prioritert og derfor ble temperaturmålingene i noen tilfeller satt med lengre registreringsfrekvens. DST-merkene ble festet til kveita med ei krybbe og ei mot-plate med silikonunderlag for å minimalisere slitasjeskader, sammenbundet med ståltråd (Figur 3 A). Ståltrådene ble ført gjennom dorsal-siden av kveita mellom strålefinnene hvor kveita begynte å smalne mot halepartiet. Merkeprosedyren tok mellom to og fem minutter.



Figur 3: A; DST-merke festet til kveite. Krybben til sensoren og mot-platen under kveita. B; viser hvor PSAT-merket ble festet til kveita (rød ring).

Det ble brukt to ulike typer PSAT-merker; mini-PAT (vekt: 57 g, lengde: 110 mm) og x-tag (vekt: 40 g, lengde: 120 mm) fra henholdsvis Wildlife Computers i Washington, USA (<http://www.wildlifecomputers.com>) og Microwave Telemetry Inc. i Washington, D.C, Maryland i Columbia, USA (<http://www.microwavetelemetry.com>). PSAT-merkene ble festet eksternt til fisken ved å stikke et trokar gjennom rota til finnestrålene, omtrent 2,5 cm inn mot midten av fisken fra dorsalfinnen på øyesiden, hvor kroppen begynte å smalne mot halepartiet. Denne plasseringen av merket sørget for godt feste samt minimal muskelskade som følge av merkets vannmotstand (Figur 3 B). Merkeprosedyren tok 2-4 minutter, og fisken ble sluppet ut i sjøen etter at lengdemål var tatt.

Nedlasting av merkedata foregikk på to forskjellige måter. DST-merkene måtte koples opp mot en datamaskin for å få lastet ned data, mens data fra PSAT-merkene ble sendt fra merket via en ARGOS-satellitt og til en database, hvor dataene ble lastet ned fra. Fordelen med PSAT-merkene er at man ikke trenger å være i besittelse av merket for å innhente data og metoden er fiskeriuavhengig slik at man ikke får skjevhet i fordeling av kveite ved gjenfangst. Ulempen med PSAT-merker er at de er kostbare og at man ikke får mottatt alle data lagret i merket slik at det ofte blir hull i datasettet fra slike merker. Når PSAT-merker sender informasjon via satellitt til en database er det flere faktorer som påvirker hvor vellykket overførsel av data er. Topografi, vær og gjenstående batterikapasitet samt område er de viktigste faktorene (Thorstad

et al. 2013). DST-merker er relativt rimelige i forhold til PSAT-merker, og man får lastet ned all data fra merket når man først har fått dem tilbake.

For noen individer inkludert i oppgaven er det utelatt posisjonsdata selv om de har vært tilgjengelig. Dette kommer av at merkingen ble utført av en tredjepart i Hardanger- og Sognefjorden, hvor avtalen var at posisjon ikke skulle deles da han mente det ville være en fare for at dette ville bli utnyttet i fremtiden og skape unødig fiskeripress på lokal kveite i områdene.

Under feltarbeid i løpet av dette studiet har i alt 41 kveiter fra områdene rundt Rebbenesøya i Troms blitt merket med DST- eller PSAT-merker. I Hardangerfjorden og Sognefjorden er antallet usikkert da det er flere merkeprosjekter organisert av ulike institusjoner der fisk har blitt merket med DST- eller PSAT-merker fra april 2011 til juni 2013. Av disse ble det samlet inn data fra 23 merker; 17 fra området rundt Rebbenesøya i Troms, 5 fra Hardangerfjorden og ett merke fra Sognefjorden på Vestlandet.

Tabell 1: Oversikt over atlanterhavskveite merket med pop-up satellitt- (PSAT) og datalagringsmerker (DST) i Troms, Hardanger- og Sognefjorden. Merke ID indikerer område og nummeret til merket (T = Troms, H = Hardangerfjorden, S = Sognefjorden). Fiskens lengde er målt ved merking. Posisjoner er gitt som desimalposisjon. Antall dager beskriver antall dager fra kveita ble merket til den ble gjenfanget. % Data er hvor mye av alle data som var tilgjengelig fra merkene. Minimum kilometer forflytning er avstand gitt som en rett linje mellom merkeposisjon og gjenfangst/pop-up posisjon. * = posisjon tilgjengelig, men ikke vist. I blanke ruter indikerer at data ikke var tilgjengelig.

Merke - ID #	Type	Merke-dato	Lengde (cm)	Merke pos. lat	Merke pos. long	Gj.fangst/Pop-up dato	Gj.fangst pos. lat	Gj.fangst pos. long	% Data	Antall dager	Min km forflytning
T107818	PSAT	29.06.2011	167	70,20	18,94	14.08.2011	70,27	19,18	6	46	12
T107824	PSAT	11.08.2011	163	70,20	18,94	29.11.2011	70,25	18,66	24	110	12
T107821	PSAT	29.06.2011	160	70,20	18,97	16.01.2012	69,53	18,23	9	201	80
T107822	PSAT	13.08.2011	153	70,13	18,74	15.01.2012	70,34	22,03	36	156	126
T107817	PSAT	28.06.2011	146	70,16	18,72	28.07.2011	70,16	18,68	91	30	2
T107820	PSAT	30.06.2011	137	70,21	18,86	10.10.2011	70,55	23,36	3	103	172
T107826	PSAT	11.08.2011	132	70,20	18,94	15.04.2012	70,21	18,97	100	248	1
T10P350	PSAT	08.07.2011	192	70,13	18,73	18.08.2011	70,13	18,82	90	41	4
T107819	PSAT	01.07.2011	123	70,20	18,83	15.12.2011	70,19	18,79	60	167	1
T13561	DST	31.05.2012	127	70,20	18,83	21.10.2013	69,86	18,47	100	508	40
T6727	DST	20.06.2014	123	70,21	18,58	12.08.2014	70,17	18,67	100	53	6
T13551	DST	14.08.2012	121	70,20	18,82	13.09.2013	70,05	18,30	100	395	25
T13030	DST	29.06.2011	106	70,10	18,61	15.10.2012	70,28	20,69	100	474	81
T12918	DST	29.06.2011	105	70,21	18,84	12.12.2011	69,26	16,24	100	166	146
T3678	DST	30.06.2011	104	70,06	19,02	25.09.2011	70,06	19,02	100	87	0
T13013	DST	28.06.2011	84	70,13	18,73	04.12.2012	70,13	18,79	100	525	2
T6732	DST	01.06.2013	77	70,10	18,54	18.06.2014	70,07	18,26	100	382	11
H111626	PSAT	01.04.2012	132	*	*	15.09.2012	*	*	100	167	13
H111628	PSAT	10.03.2012	114	*	*	15.06.2012	*	*	8	97	9
H111629	PSAT	10.03.2012	113	*	*	15.06.2012	*	*	14	97	14
H3005	DST	02.04.2011	112			10.03.2012			100	343	
H12276	DST	10.03.2012	114			29.04.2013	*	*	100	415	
S13544	DST	24.05.2013	103	*	*	27.05.2014	*	*	100	368	6

2.3 Databehandling

All behandling av data ble utført i R versjon 3.1.3, som er et gratis statistikkprogram (<http://www.r-project.org>). Data fra merkene varierte i både datamengde og tidsperiode. For å kunne sammenligne data fra ulike år og fisk ble det laget en juliansk tidslinje som startet 1. januar det året den respektive kveita ble merket slik at alle kveitene fikk en felles tidslinje selv om de ble merket til ulike tidspunkt. For å sammenligne ulike sesonger ble året delt opp i fire ulike årstider, vår (mars, april, mai), sommer (juni, juli, august), høst (september, oktober, november) og vinter (desember, januar, februar).

2.3.1 Variasjoner i dybde- og temperaturbruk

Dybde- og temperaturbruk ble kalkulert som en prosent av observasjoner innenfor et dybdeintervall av det totale antall observasjoner per individ. Deretter ble gjennomsnittet av prosentandelen for alle individene i hvert dybde-/temperaturintervall kalkulert. Dybdebruk for hvert enkelt individ ble kalkulert som prosent målinger per uke innenfor dybdeintervallene; 0-50 m, 50-100 m, 100-200 m, 200-500 m og > 500 m.

2.3.2 Endring i vertikalaktivitet

Aktiviteten til kveita ble kalkulert som absoluttverdien (abs) av forskjell i dybdemeter mellom to målinger (Δd_{y-x}) dividert på forskjell i tid i minutter mellom målingene (Δt_{y-x}) og gitt i vertikal forflytning i meter per minutt etter ligning 1.

$$\text{Aktivitet (m/min)} = \text{abs} \left(\frac{\Delta d_{y-x}}{\Delta t_{y-x}} \right) \quad \text{Ligning 1}$$

Hvis man da har to dybdemålinger på henholdsvis 100 og 150 meters dyp klokken 20:00 og 21:00 vil ligning 1 gi $\left(\frac{\Delta d_{150-100}}{\Delta t_{0-60}} \right) = 0,83$ m/minutt. Horisontal forflytning er ikke tatt hensyn til. Deretter ble gjennomsnittet av all vertikal forflytning i løpet av hver time kalkulert. Dette ble gjort for å kompensere for at det var ulik registreringsfrekvensen for merkene. Utslaget av vertikalaktiviteten ble representert som sirkler i en grafisk fremstilling, hvor høy vertikalaktivitet genererer store sirkler og lav vertikalaktivitet genererer små sirkler. For døgnaktivitet ble det brukt en sirkulær jevningsmetode (se NPCirc pakken i R) som laget et sirkulært datasett som gjorde at aktivitetsverdiene i hver ende av døgnet som startet 00:00 og sluttet 23:59 ikke var uavhengige fra hverandre (Oliviera et al. 2014). Jevningsmetoden tok hensyn til aktivitetsverdien én time i hver retning for å jevne ut aktivitetskurven.

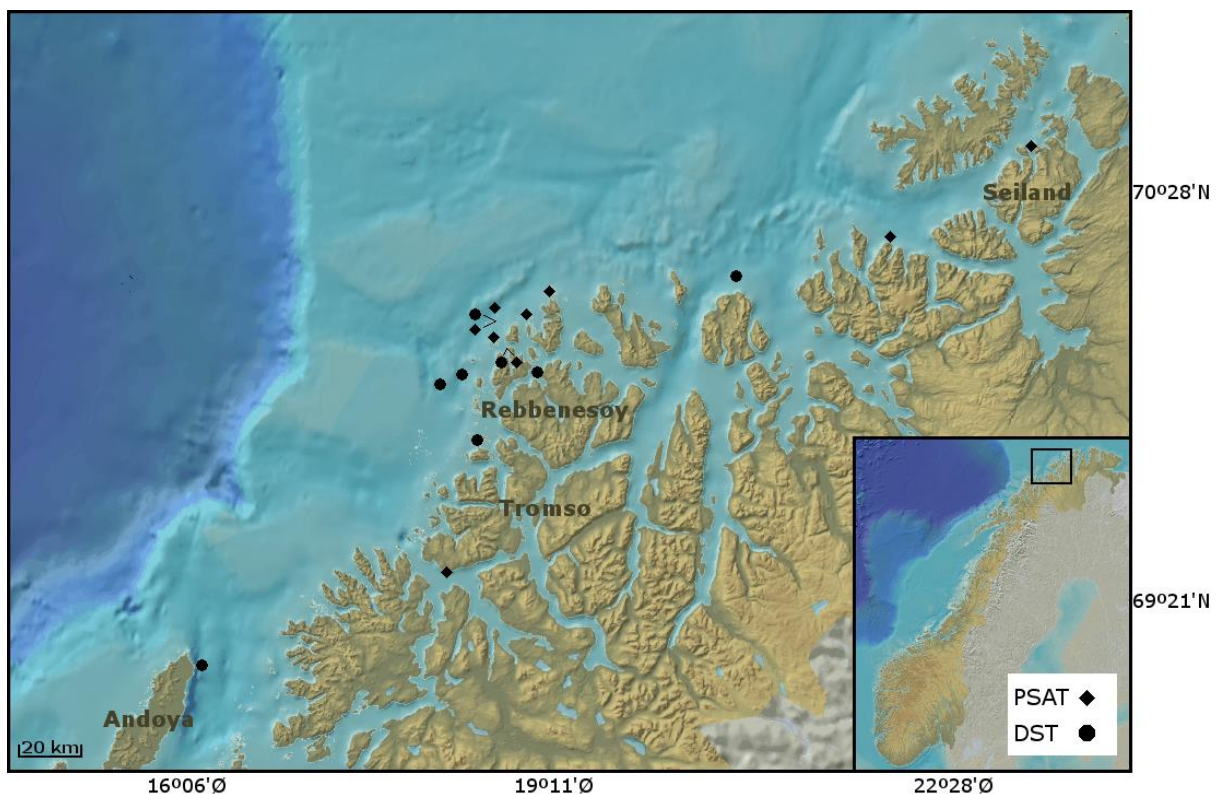
2.3.3 Avstand mellom merke- og gjenfangststed over tid

Minimum forflytning ble regnet ut som avstand fra merke- til gjenfangstposisjon. Avstanden ble kalkulert som en rett linje langs jordoverflaten hvor det ikke ble tatt hensyn til hindringer. Spredningen ble kalkulert ved å sette opp km forflytning fra merkestet til gjenfangststed mot antall dager mellom merking og gjenfangst, eller mellom merking og pop-up tidspunkt for PSAT-merker. Deretter ble det testet om det var en korrelasjon mellom avstand og antall dager med en Spearman rank test. Spredningen tar ikke hensyn til hvilken retning kveitene hadde

beveget seg. Merk også at for spredning vil ikke resultatene være fiskeriuavhengig for DST merkene.

3 Resultat

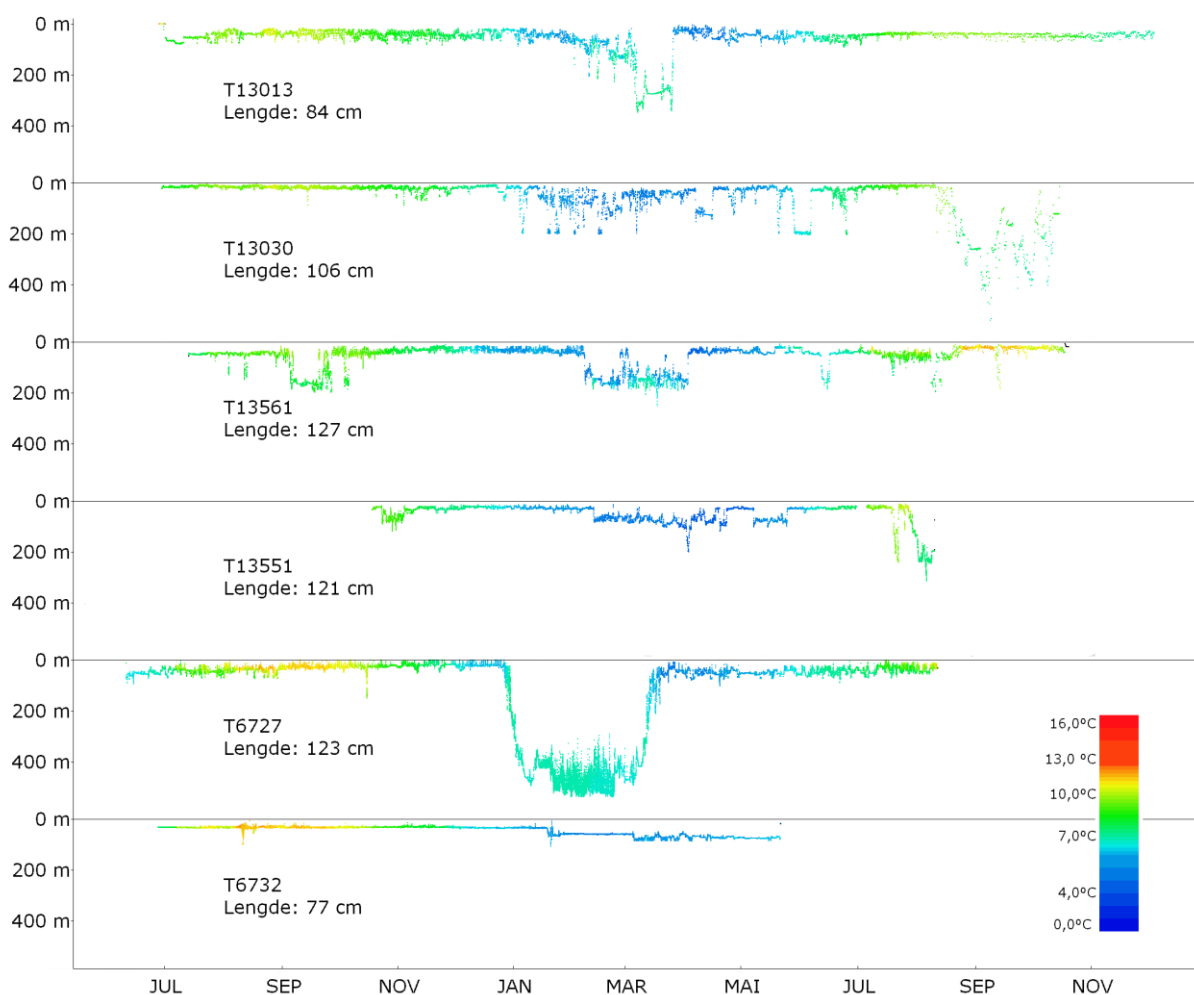
Resultatene er basert på data fra totalt 23 kveiter; 17 i Troms, 5 i Hardangerfjorden og 1 i Sognefjorden. Gjennomsnittslengden for kveitene i Troms var 130 cm (77-192 cm), mens gjennomsnittslengden i Hardangerfjorden var 117 cm (112-132 cm). Den ene kveita som ble merket i Sognefjorden var 103 cm lang. I Troms varierte tidsperioden med data for hver kveite mellom 30 og 525 dager og i Hardangerfjorden mellom 97 og 415 dager. I Sognefjorden var tidsperioden 368 dager. En av kveitene i Hardangerfjorden ble merket flere ganger, først med merket H3005 som registrerte data i nesten ett år. Deretter ble den gjenfanget og merket på nytt med merke H12276. Dette merket ble funnet igjen ytterligere ett år senere i et torskegarn, men uten kveita. De fleste kveitene som ble merket i Troms ble gjenfanget eller registrert i nærhet av merkestedet. Det var noen unntak. Den sørligste gjenfangede kveita (DST, T120918) ble gjenfanget nord for Andøya, mens det nordligste merket (PSAT, T1078209) ble funnet drivende nord for Seiland (Figur 4).



Figur 4: Gjenfangst eller pop-up posisjon for kveiter merket i Troms. Firkanter indikerer PSAT-merker, sirkler indikerer DST-merker. Kveiter gjenfanget på samme plass er indikert med linjer.

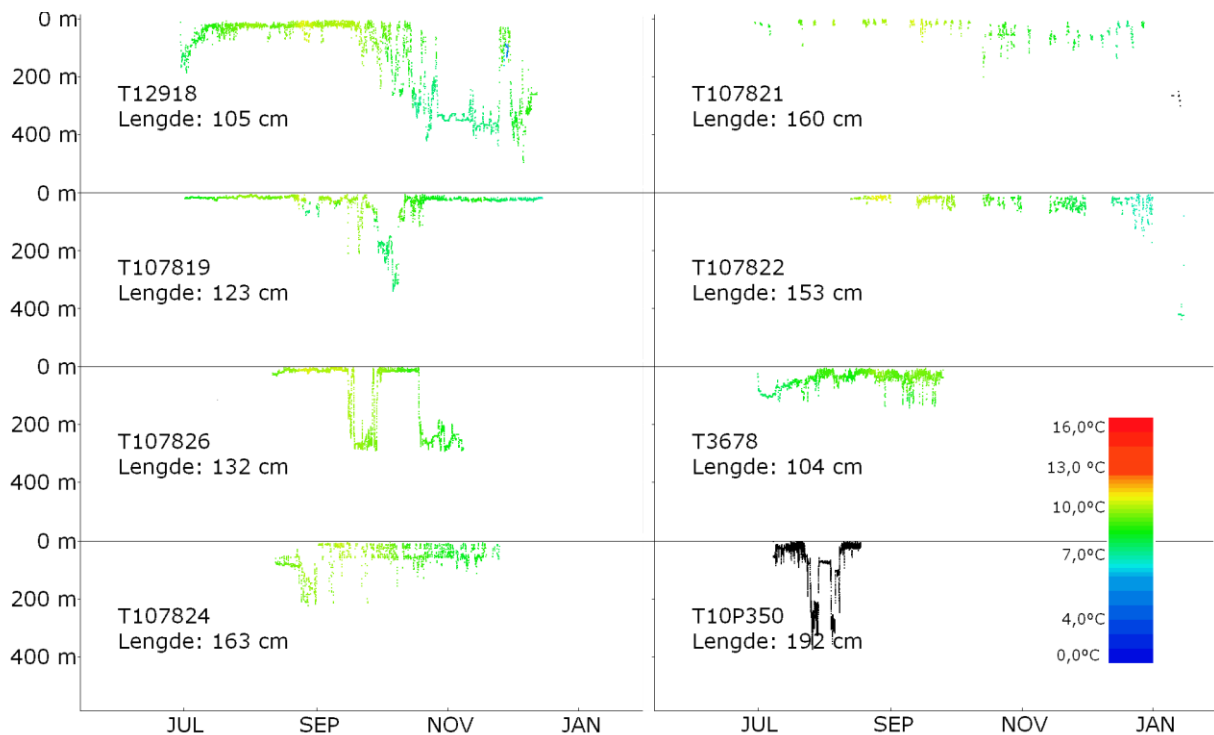
3.1 Variasjoner i dybde- og temperaturbruk

Av kveitene i Troms som hadde omtrent et år eller mer med registreringer, befant nesten alle seg på dypt vann om vinteren. Unntaket var en kveite på bare 77 cm som holdt seg på grunt vann gjennom hele året. Temperaturen hos disse kveitene endret seg mellom sesongene og med dyp. De opplevde høyest temperatur på sommeren og høsten, da de stort sett opplevde temperaturer rundt 10-12 °C, mens temperaturen sank mot vinteren ned til 4-5 °C. Noen kveiter opplevde en liten økning i temperatur fra 4-5 °C til rundt 6-7 °C i vinterperioden da de befant seg på større dyp (200-500 meter) (Figur 5, Figur 6, Appendiks 1). Det største loggede dypet var 639 meter logget av T13030 i september.



Figur 5: Dybdekurver for kveiter i Troms med sammenhengende data over flere sesonger ($n = 6$). Fargene indikerer temperaturer fra 0 °C til 16 °C. Skala for y-aksen går fra 0 til 550 meter. Merke ID og fiskens lengde er gitt for hvert individ.

For kveitene hvor merket ikke registrerte data over alle sesongene eller dataseriene ikke var sammenhengende (PSAT-data) ser man også med at kveiter i vinterperioden var dypere enn ellers (Figur 6). Det var også flere kveiter som oppholdt seg på dypt vann på høsten (Figur 6).



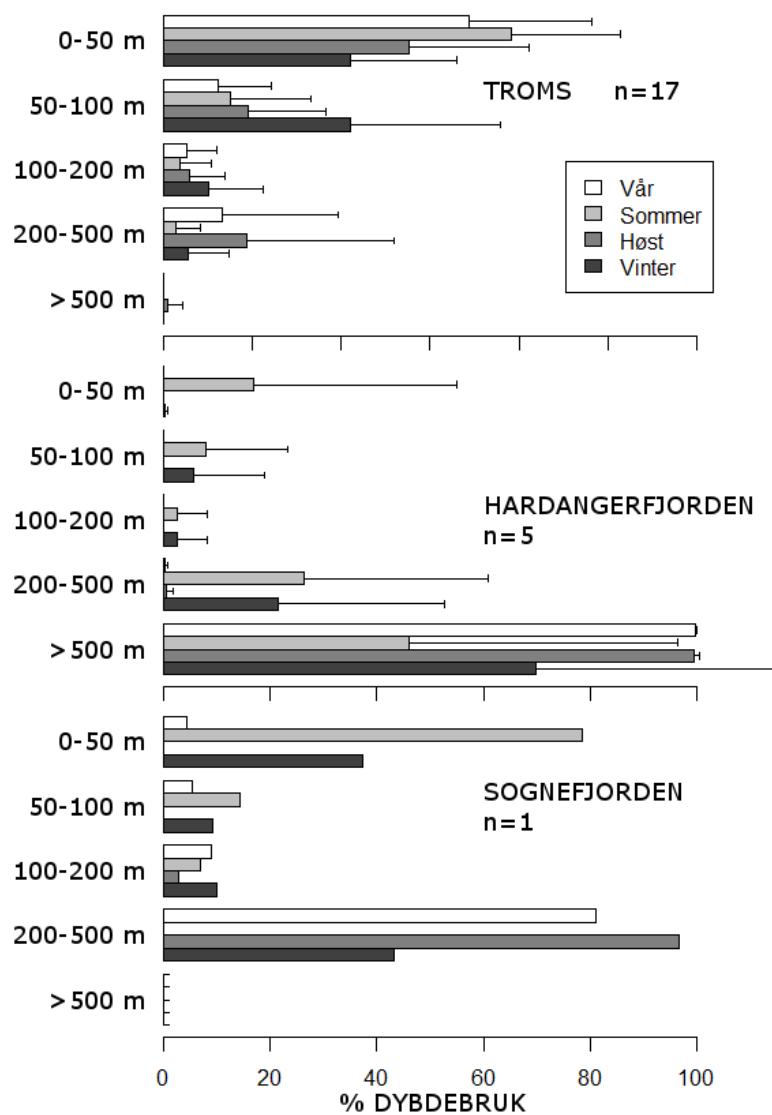
Figur 6: Dybdekurver for kveite i Troms med registreringer som ikke dekket vinterperioden. Fargene indikerer temperaturer fra 0 °C til 16 °C. Svart farge indikerer ingen temperaturdata. Skala for y-aksen går fra 0 til 550 meter. Merke ID og fiskens lengde er gitt for hvert individ.

For kveitene i Hardanger- og Sognefjorden ble det observert en helt annen atferd enn kveitene i Troms, hvor de i mye større grad oppholdt seg på dypt vann gjennom hele året (> 500 m) (Figur 7, Appendiks 1). To kveiter i Hardangerfjorden og den ene kveita i Sognefjorden trakk opp på grunt vann om sommeren. Temperaturregimet kveite i vestlandsfjordene opplevde var mye smalere i forhold til kveitene i Troms, hvor temperaturen i Hardanger- og Sognefjorden var mellom 7-8 °C på dypt vann (> 250 m), men varierte mer når de befant seg grunnere vann. To merker (H12276 og H3005, Figur 7) registrerte dyp (henholdsvis 886 og 788 m,) på merkenes maksimums dybdemål-kapasitet over lengre perioder i Hardangerfjorden, og fiskene var trolig dypere enn dette.



Figur 7: Dybdekurve for kveite i Hardangerfjorden og Sognefjorden. Fargene indikerer temperaturer fra 0 °C til 16°C. Y-aksen går fra 0 til 950 meter. For DST-merkene i Hardangerfjorden befant kveitene seg til tider dypere enn dybdekapasiteten til merkene, derfor er det en flat linje på henholdsvis 788 og 886 meter for H12276 og H3005.

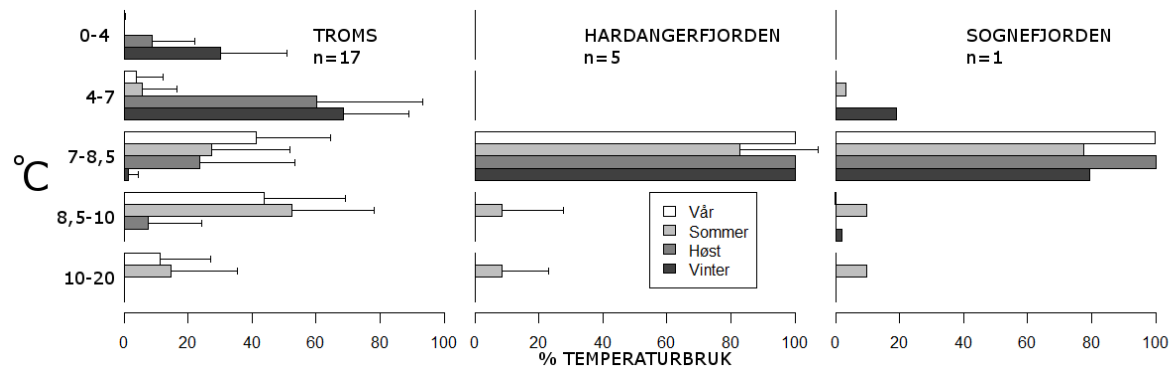
Det var generelt stor individuell variasjon i dybdebruk hos kveite både i Troms og i de dype vestlandsfjordene (Figur 8). Gjennomsnittlig prosentvis dybdebruk viste imidlertid at det var en forskjell i dybdebruk mellom kveite i Troms, Hardanger- og Sognefjorden. Kveitene i Troms hadde 40-60 % av registreringene på grunt vann mellom 0 og 50 meter gjennom alle sesongene, men fordelingen av registreringene flyttet seg mot dypere vann (50-100 m) om vinteren. I Hardangerfjorden ble 20 % av registreringene til kveitene ble gjort på grunt vann (0-50 m) om sommeren. Nesten alle (~98 %) registreringene om våren og høsten ble gjort på dypt vann (> 500 m). Den ene kveita i Sognefjorden var på grunt vann mellom 0 og 50 meter, 80 % av tiden om sommeren og 40 % av tiden på vinteren, mens den på høsten, våren og til dels på vinteren var på dypt vann, 200-500 m (Figur 8).



Figur 8: Gjennomsnittlig prosentvis registreringer ved ulike dybdeintervall med standardavvik for kveitene i Troms, Sognefjorden og Hardangerfjorden. Gråtonene indikerer sesong.

Temperaturregimene kveitene opplevde i de tre ulike lokalitetene var forskjellig, særlig mellom Troms og vestlandsfjordene Figur 9. Kveitene som befant seg i Troms opplevde et mye mer variert temperaturregime som varierte fra 2,0 °C til 16,3 °C gjennom året med hyppigst forekomst av temperaturer mellom 8,0-10,0 °C gjennom året. Kveitene i Hardangerfjorden opplevde en jevnere temperatur, som varierte mellom 6,7 °C og 15,1 °C gjennom året og de oppholdt seg mye mellom 7,0-7,5 °C med en gjennomsnittstemperatur på 7,3 °C. Den ene kveita i Sognefjorden hadde et middels varierende temperaturregime av de tre studieområdene hvor kveita opplevde temperaturer mellom 6,7 °C og 13,6 °C gjennom året og oftest oppholdt seg rundt 7,5-8,5 °C med en gjennomsnittstemperatur på 8,1 °C. Det var liten forskjell i

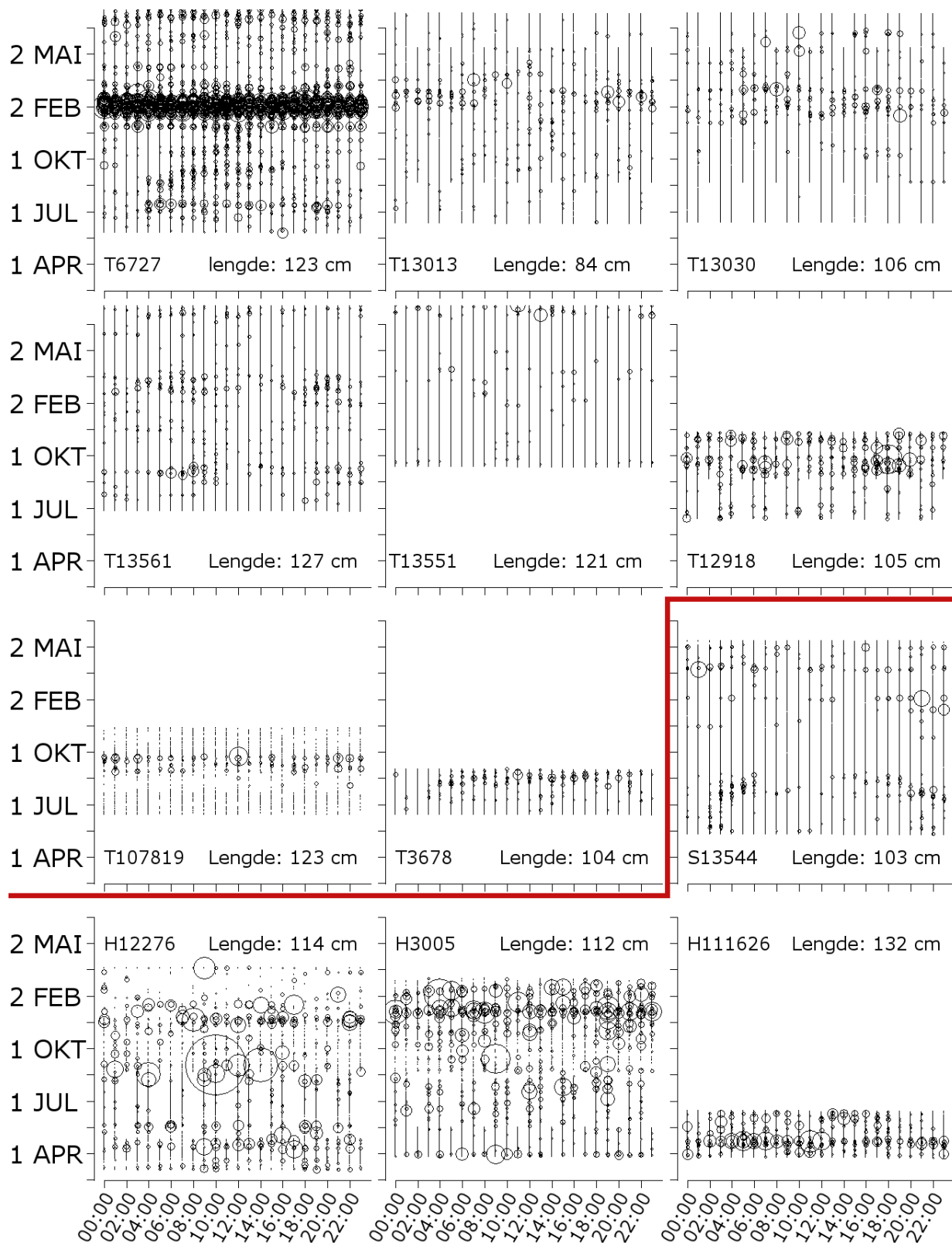
temperaturbruk innad i områdene, men det var forskjell i temperaturbruk mellom områdene. Temperaturbruken i Troms varierte i større grad enn temperaturbruken i Hardanger- og Sognefjorden, hvor de fleste observasjonene var mellom 7,0-8,5 °C.



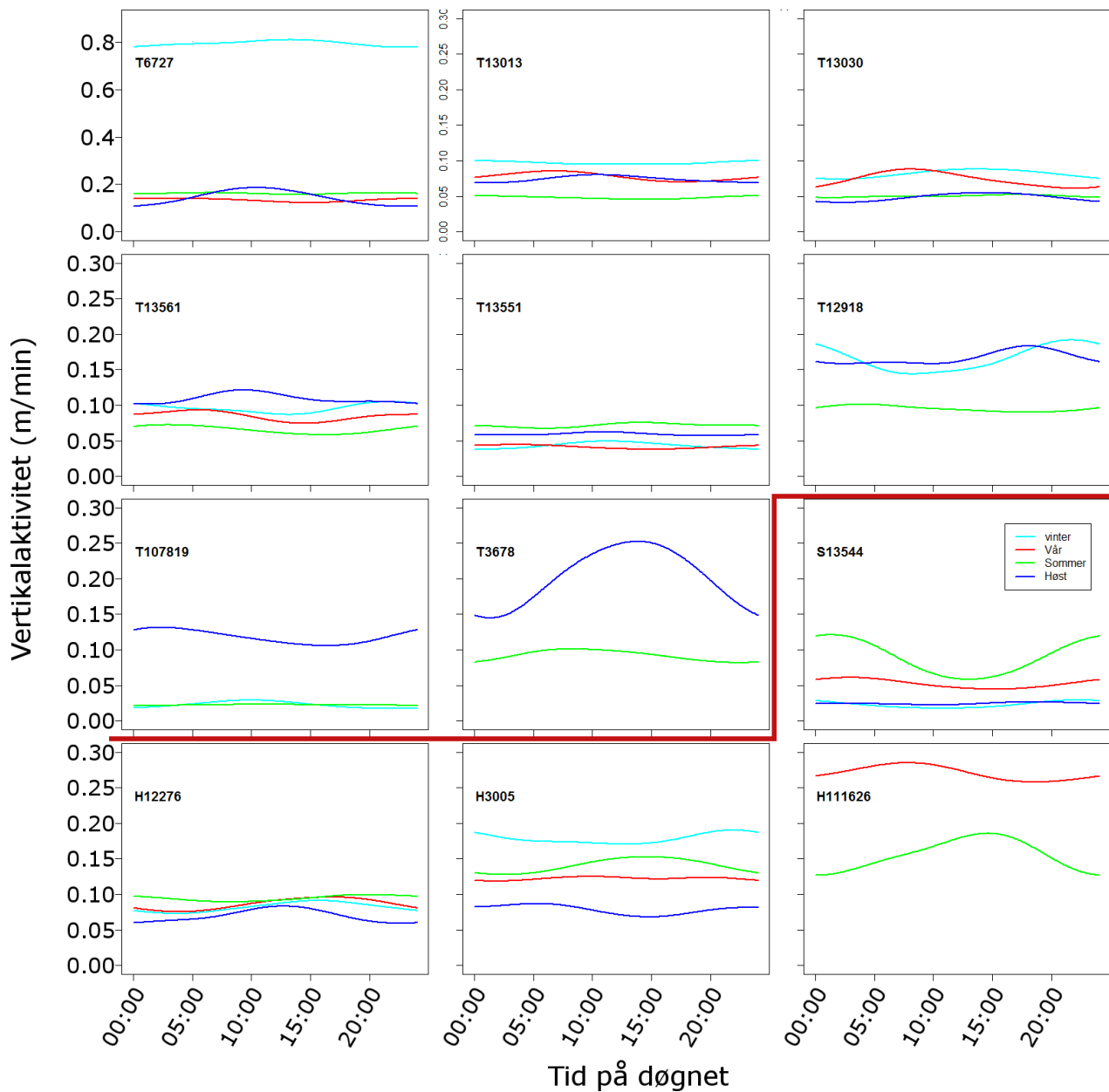
Figur 9: Gjennomsnittlig prosentvis registreringer ved ulike temperaturintervall med standardavvik for kveitene i Troms, Hardanger- og Sognefjorden delt opp i sesongene vår, sommer, høst og vinter.

3.2 Endring i vertikalaktivitet

Aktivitetsnivået for kveitene i form av vertikal forflytning varierte mellom individ (Figur 10, Appendiks 2). For de kveitene med lange, sammenhengende dataserier kunne det observeres en viss sesongvariasjon i aktivitet, men perioder med økt aktivitet skjedde til ulik tid på året og døgnet for de ulike individene (Figur 10). Noen kveiter (T13561, T6727, T13030, T13013 og H3005, Figur 10) hadde økt aktivitet i løpet av månedene desember til mars. Det kunne også observeres høyere aktivitet i månedene august, september og oktober hos noen kveiter (T6727, 13561, T12918, T107819 og T3678 i Troms og S13544 i Sognefjorden, Figur 10). I Hardangerfjorden var det også en økning i aktivitet på vinteren hos H12276 og H3005. Det var også en økning i aktivitet i tiden rundt april for to individ (H12276 og H111626, Figur 10). Det var ikke en synlig sammenheng mellom vertikalaktivitet og tidevann. En slik sammenheng ville vist seg som skrå linjer med økt vertikalaktivitet ettersom tidspunktet for høyvann og lavvann flytter seg fram med omtrent 45 minutter per dag og dermed også eventuell vertikalaktivitet forbundet med dette. Det ble påvist stor individuell variasjon i døgnaktivitet for flere av kveitene (T6727, T6732, T3678, Figur 11), men ikke et generelt konsistent mønster over tid eller et mønster knyttet til sesong (Figur 11, Appendiks 3).



Figur 10: Aktivitetsplot for kveiter med lang, sammenhengende dataserie. Aktiviteten er målt som forskjell i dybde over et tidsintervall. Store sirkler indikerer høy aktivitet, mens små sirkler indikerer lav aktivitet. En aktivitetsverdi på 1 vil utgjøre 100%, mens for en verdi på 1,5 vil radiusen på symbolene være 50% større. H, S eller T i begynnelsen av ID nummeret indikerer sted; Hardangerfjorden, Sognefjorden eller Troms. På y-aksen er måned gitt, hvor tallene indikerer år 1 og 2 i perioden kveita var merket. På x-aksen er tid på døgnet gitt fra klokken 00:00 til 23:00. Rød linje skiller data fra Troms og de dype vestlandsfjordene.

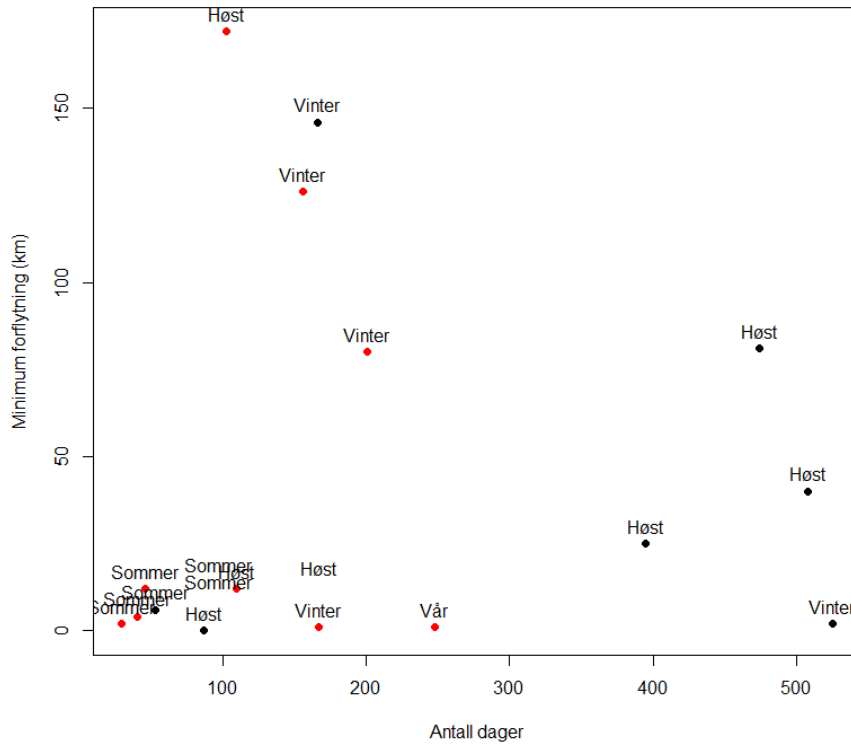


Figur 11: Sirkulær jevningslinje («smoother») over aktivitet for kveiter med lang, sammenhengende dataserie. Aktiviteten er oppgitt i meter per minutt til ulik tid på døgnet. Legg merke til at skalaen for T6727 er større enn for de andre kveitene. Den røde linjen skiller data fra Troms og Hardanger- og Sognefjorden.

3.3 Avstand mellom merke og gjenfangststed over tid

Antall dager fra merking til gjenfangst varierte fra 30-525 dager i Troms og fra 97-415 i Hardangerfjorden. Kveite i Troms hadde større spredning enn kveite i Hardangerfjorden. Forflytningen fra merking til gjenfangst varierte fra 0-146 km i Troms, mens den i Hardangerfjorden varierte fra 9-14 km (Tabell 1). Det var ikke en signifikant korrelasjon mellom minimum kilometer forflytning og antall dager mellom merking og gjenfangst for

kveitene i Troms (Spearman korrelasjonstest, $p_{(df = 14)} = 0,17$, p -verdi = 0,53). Kveitene fra Troms som ble fanget på vinteren ble gjenfanget lengst unna, mens de som ble fanget om høsten var middels langt unna, med noen unntak. De som ble fanget på sommeren var nærmest merkestedet. Spredning hos kveitene i Hardanger ble ikke testet da antallet var for lavt til å gjøre noen korrelasjonstest ($n = 3$).



Figur 12: Forholdet mellom antall dager og forflytning fra merking til gjenfangst eventuelt pop-up for PSAT-merker hos kveiter merket i Troms. Røde punkter viser PSAT-merker, sorte punkter viser DST-merker. Tekst indikerer hvilken sesong kveita ble gjenfanget.

4 Diskusjon

Resultatene presentert her er viktige i den forstand at dette studiet er det første i Norge som beskriver individuell vandringsatferd hos kveite, kartlagt over tid i flere områder. I hele utbredelsesområdet er det også kun få studier hvor det er brukt elektroniske merker til å studere individuell vandringsatferd hos atlantehavskveite (Sigourney et al. 2006, Armsworthy et al. 2014, Seitz et al. 2014).

Det var generelt stor individuell variasjon mellom de ulike kveitene i dybde- og temperaturbruk og aktivitet, men samtidig også en klar forskjell mellom de to studieområdene, Troms og vestlandsfjordene. Flere individer viste samme trender innenfor samme område. Dybdebruken i de to områdene var forskjellig da kveite i Troms tilbragte mest tid på grunt vann, og oppholdt seg på dypere vann om vinteren, mens i vestlandsfjordene tilbragte kveita mesteparten av tiden på dypt vann, men var på grunt vann om sommeren.

4.1 Variasjoner i dybde- og temperaturbruk

Den store forskjellen i dybdebruk mellom Troms og vestlandsfjordene kommer høyst sannsynlig av at topografien i de ulike områdene er vidt forskjellig. Området i Troms består av store grunnområder avbrutt av dypere fjorder og sund, mens Hardanger- og Sognefjorden er dype terskelfjorder med få grunnområder. Hvis man sammenligner kveitene i Hardangerfjorden med den ene kveita i Sognefjorden ser man at dybdebruken var ganske lik, men at kveitene i Hardangerfjorden befant seg på dypere vann. Videre må det bemerkes at kveitene fanget i Hardanger- og Sognefjorden ble fanget på dypt vann og sannsynligheten for at kveiter fanget på dypt vann holder seg mer på dypt vann er større for kveiter fanget på grunt vann slik som i Troms og vice versa.

At kveite i dette studiet oppholdt seg på grunt vann om sommeren og på dypt vann om vinteren, både i Troms og i vestlandsfjordene ligner resultatene fra tidligere studier i Sognefjorden og Nordvest-Atlanteren og norskekysten (Godø & Haug 1988a, b, Armsworthy et al. 2014, Seitz et al. 2014). Stillehavskveite (*Hippoglossus stenolepis*) som er en nært beslektet art har også vist seg å foreta sesongbaserte, vertikale migrasjoner fra grunt vann om sommeren til dypt vann om vinteren (Loher & Blood 2009). Denne sesongbaserte vertikale migrasjonen hos atlantehavskveite skjer trolig i forbindelse med gytingen (Haug 1990, Armsworthy et al. 2014, Seitz et al. 2014). Det har aldri blitt fastslått definitive gytesteder eller –perioder hos atlantehavskveite (Armsworthy et al. 2014). Det vi vet i dag er at gyteperioden varer omtrent

fra november til februar og at kveita gyter flere ganger i løpet av denne perioden med en frekvens på 2-9 dager mellom hver gyting. Mye av informasjonen vi har om reproduksjon hos kveite kommer fra eksperimentelle forsøk i forbindelse med oppdrett av kveite (Haug 1990, Jonassen et al. 1999). Til tross for ulik topografi i de to studieområdene og dermed også ulik dybdebruk til kveita kunne det likevel kunne det observeres likhetstrekk i dybdebruk ved at kveite oppholdt seg dypere på vinteren enn på sommeren både i Troms og i vestlandsfjordene. Dette viser at kveite fra to helt forskjellige topografiske og geografiske områder har samme relative atferdsmønster til tross for at de oppholder seg på helt forskjellige dyp og habitat.

Det var også forskjell i temperaturregimer hos kveite i Troms og vestlandsfjordene og dette må sees i sammenheng med områdenes forskjellige breddegrad, topografi og klima. Det er imidlertid interessant at kveitene i Troms hadde et mye mer variert temperaturregime enn kveitene i Hardanger- og Sognefjorden. I Troms kunne man se større endringer i temperaturer om sommeren og høsten når kveita befant seg på grunt vann. Både i Hardanger- og Sognefjorden, men spesielt Hardangerfjorden var omgivelsestemperaturen relativt jevn gjennom året på grunn av at kveitene oppholdt seg dypere og langt under temperaturskillet (termoklinen) som oppstår i øvre vannlag.

En av grunnene til at kveite foretar en sesongmessig vertikal forflytning mot dypere vann på vinterstid under gyting kan være på grunn av at ny-klekkede kveitelarver er mindre utsatt for deformiteter når de befinner seg i mørke og ved temperatur rundt 6,0 °C. Dette ble støttet av resultatene til Bolla (1988) som i et laboratorieeksperiment viste at kveitelarver i temperaturer mellom 9,0 °C og 11,0 °C hadde nedsatt funksjonalitet i form av deformiteter i kjeven. Det vil være mindre variasjon i de ulike fysiske parameterne til vannmassene i en terskelfjord med en dybde på over 1000 meter enn i et mer åpent kystområde hvor de største dypene ikke overstiger 250 meter. I Troms når kveite på sommerstid befant seg på grunt vann varierte temperaturen mer, mens kveite i Hardangerfjorden hadde mindre variasjon i temperatur på grunn av at den i mindre grad oppholdt seg på grunt vann.

4.2 Endring i vertikalaktivitet

Det var stor individuell variasjon mellom individene i forhold til sesong- og døgnmessig vertikalaktivitet og det var derfor ikke et klart generelt mønster som gjaldt for alle individene. Imidlertid for flere av kveitene som hadde lange sammenhengende dataserier viste dataene ofte økt aktivitet på vinteren, og på våren og tidlig sommer. Økningen i aktivitet i vinterperioden

var mest sannsynlig knyttet til gyteatferd. Flere andre flatfiskarter foretar en vertikal gytevandring for å spre eggene i vannsøylen (Moyer et al. 1985, Konstantinou & Shen 1995, Manabe & Shinomiya 2001). Det kan derfor tenkes at også kveite gjør dette uten at man har direkte observert slike vertikale vandringer på grunn av at de foregår på store dyp. Den økte aktiviteten som ble observert i vinterperioden hos noen kveiter kan være et resultat av slike hurtige vertikale forflytninger. Siden horisontal forflytning ikke er tatt hensyn til ved beregning av aktivitet er det ikke sikkert at disse hurtige vertikale forflytningene skjedde rett opp i vannsøylen, men de kan også ha skjedd langs en skråning. Kommersielt fiske etter kveite med garn foregår ofte i dype og bratte skråninger på forvinteren fra (november-desember), og dette kan bekrefte at kveite vandrer langsetter slike skråninger (pers medd A. Rikardsen). Det kan heller ikke med sikkerhet slås fast disse hurtige vertikale forflytningene under gyteperioden skjedde i forbindelse med selve gytingen og/eller næringsinntak. Hovedgrunnen til at man antar at disse hurtige vertikale forflytningene skjer i forbindelse med gytingen er at i perioder utenfor gytetiden finner man ikke denne type atferd (Seitz et al. 2005, Armsworthy et al. 2014). Økningen i aktivitet på våren og tidlig sommer, en stund etter gyteperioden om vinteren, kan være forårsaket av behov for næringsinntak etter gytingen. Det har vært forsøkt å identifisere hurtige vertikale gytevandring over kort tid hos stillehavskveite ved hjelp av elektroniske merker (Seitz et al. 2005). Det ble i dette studiet funnet en økning i vertikalaktivitet om vinteren for kveiter som hadde sammenhengende dataserie gjennom denne perioden og dette ble antatt å være knyttet til gyteatferd. Døgnmessig variasjon i vertikalaktivitet hos kveite har ikke vært undersøkt før. Det ble ikke funnet noen systematiske døgnmessige variasjoner i vertikalaktivitet hos kveite hverken i Troms eller vestlandsfjordene, men det forekom variasjoner hos enkeltindivider. Dette kan skyldes ulik fødestrategi i forhold til miljø og områdene de oppholdt seg i.

Kunnskap om variasjon i aktivitetsnivå er nyttig i den forstand at den kan brukes til å vurdere sårbarheten overfor visse typer fiskeredskaper. I fiske spesifikt etter kveite brukes det stort sett stillestående redskaper, som line og kveitegarn. Hvis aktiviteten øker vil også sjansen for å bli fanget i et slikt redskap øke i og med at kveita dekker et mye større område når den beveger seg mye. Kveitefisket nord for 62°N er redskapsregulert i perioden 20. desember til 31. mars og det er forbud mot å bruke garn (Høines et al. 2009). Resultatene i dette studiet viser at noen kveiter allerede i november begynte å svømme ned på større dyp antakelig i forbindelse med gyting. Hvis kveita hadde vært inaktiv i denne perioden ville sjansene for å fange den med

stillestående redskap vært mindre, men som dette studiet viste økte aktiviteten til kveita i vintermånedene og dermed øker også sjansen for å fange kveita med i denne perioden.

4.3 Avstand mellom merke- og gjenfangststed over tid

Det ble ikke funnet noen signifikant korrelasjon mellom minimum kilometer forflytning og antall dager mellom merke- og gjengangstidspunkt for kveitene i Troms. Antall kveiter med data i Hardanger- og Sognefjorden var for lavt til å teste dette statistisk. Alle kveitene i Troms ble merket på våren eller sommeren. Individ som ble gjenfanget på vinteren var lengst borte, mens de var nærmere på høsten og ofte veldig nært merkeområdet hvis de ble gjenfanget på våren eller sommeren. Dette kan tyde på at kveite har faste beite- og gyteområder som de vandrer til og fra i løpet av et år, noe som også har blitt foreslått i tidligere studier (Devold & Eggvin 1938, Godø & Haug 1988a). I Hardanger- og Sognefjorden tydet på at kveita var stasjonær innenfor fjorden i likhet med funnene til Seitz et. al. (2014). Dette er basert på en antakelse om at det største dypet per dag representerer havbunnen siden kveite er en art som er sterkt knyttet til bunnen og man kunne sett ut i fra dybde-dataen om kveita hadde passert terskeldypet og beveget seg ut av fjorden. I tillegg ble de gjenfanget relativt nært stedet de ble merket noe som støtter opp under konklusjonen om at de holdt seg inne i fjorden. I motsetning til studiet til Godø og Haug (1988a) hvor noen få individ forflyttet seg over virkelig store avstander som til Færøyene, Grønland og Nordsjøen, var det ingen individ i dette studiet som forflyttet seg så langt. Grunnen til dette kan ha vært at antall merkede individ i dette studiet var mye lavere enn i overnevnte studie, at de hadde merket kveite fra mange ulike områder, og også at det var en stor størrelses forskjell mellom individene i deres studie. Upubliserte merkestudier med konvensjonelle merker fra samme område i Troms som dette studiet, indikerer også at individer (> 20 kg) i stor grad var stasjonære (pers. medd. Kathrine Michalsen, HI, Bergen). De aller dypeste registreringene (> 500 m) for enkelte kveiter i Troms kan ikke ha vært målt i området kveitene ble merket og gjenfanget da registreringene var dypere enn området i nærheten. Det nærmeste området med slike dyp vil være Eggakanten. De fleste registreringene med dette dypet forekom sent på høsten, vinteren og tidlig på våren. Et interessant resultat var at en kveite som ut i fra dybde-registreringene med stor sannsynlighet hadde vært ute på Eggakanten ble gjenfanget like i nærheten av merkestedet, et halvt år etter den forlot det dype området og bekrefter teorien om at de kan vende tilbake til samme beiteområde om sommeren. Hvis kveite er stedbundet vil konsekvensene av overfiske i enkeltområder være større da det vil ta lengre tid for ny kveite å etablere seg i samme område.

4.4 Metoder, videre studier og forvaltning

Vertikalt aktivitetsnivå har ikke tidligere blitt beregnet med metoden som er brukt i dette studiet. Metoden i dette studiet presenterer vertikalaktivitet over korte tidsperioder (timer), men gir ikke utslag for vertikal forflytning over lengre tid (uker, måneder). Registreringsfrekvensen hos merkene varierte med batteri-, lagringskapasitet, type og modell. Med ulik registreringsfrekvens hos de forskjellige merkene var det en utfordring å direkte sammenligne data mellom individer og områder. Merker som hadde høy registreringsfrekvens viste høyere aktivitetsverdi enn merker som hadde lav registreringsfrekvens, da flere registreringer av forskjell i dyp ble logget hos et høyfrekvent merke. Analysemetoden som ble brukt i dette studiet kompenserte til en viss grad for dette ved å ta gjennomsnittet i vertikalaktivitet per time, men var ikke veldig robust hvis forskjellen i registreringsfrekvensen var stor. Som et resultat av dette var det ikke mulig å kvantifisere vertikalaktiviteten på noen god måte, men man ser tydelig endringer i aktivitet for enkeltindivid.

To DST-merker i Hardangerfjorden klarte ikke å registrere den faktiske maksdybden til kveitene de var festet til fordi kveitene befant dypere enn hva merkene klarte å registrere. Aktivitetsmålet som ble målt over periodene hvor kveitene befant seg dypere enn kapasiteten til merket og viste dermed lavere aktivitet enn det som faktisk ville vært tilfellet. Til tross for dette viste begge kveitene dette gjaldt for, en økning i aktivitet i månedene januar til mars mens kveitene til tider befant seg dypere enn merkenes registreringskapasitet.

Det ville vært ønskelig med et større antall merker tilgjengelig da variasjon i atferd mellom kveiter var stor. Det hadde også vært nyttig å vite kjønn på de merkede kveitene slik at man for eksempel kunne sammenligne atferd i gyteperioden for å se om det var forskjell mellom hann og hunnkveite. Det var ikke mulig å fastslå kjønn eller modningsgrad i Troms da hann- og hunn-kveite er utseendemessig nesten helt like og de ble merket utenfor gyteperioden. I Hardanger- og Sognefjorden ble kveita fisket i gyteperioden og kjønn kunne da bestemmes ved å undersøke om det var rennende melke eller rogn. De fleste kveitene i Hardangerfjorden var kjønnsmodne hannfisk. I videre studier på vandringsatferd hos atlantehavskveite ville det vært interessant å lage en modell på horisontal vandring ut i fra dybderegistreringer hvor man da vil anta, siden kveite er en art sterkt knyttet til bunnen, at det største dypet i et tidsintervall vil være havbunnen. Hvis kveite viser seg å ligge i ro over en hel tidevannssyklus vil det være mulig i grove trekk å estimere hvor individuelle kveiter har vært i løpet av tiden de har vært merket slik som Hunter et al. (2003) gjorde med rødspette (*Pleuronectes platessa*) i Nordsjøen.

Det er ikke utført mange studier som sammenligner genetikk hos kveite langs norskekysten, men det har blitt funnet en svak genetisk gradient langs en nord-sørgående akse (Haug & Fevolden 1986, Fevolden & Haug 1988). Med nye og bedre genetiske metoder som er utviklet i senere år kan man tilegne seg sikrere kunnskap om hvordan den genetiske strukturen i kveitepopulasjonen langs norskekysten ser ut, om det er en stor populasjon eller om det er flere sub-populasjoner, noe som det kan tyde på at det er i Hardanger- og Sognefjorden da dybdemålinger indikerte at de ikke forflyttet seg ut av fjorden. Dette kan brukes til å vurdere om man beskatter genetiske forskjellige populasjoner i ulike områder, og er relevant med tanke på at resultatene i dette studiet indikerte at kveite i begge studieområdene i høy grad var stasjonære.

Kveite er et klassisk eksempel på en art som er enkel å overbeskatte og har mange karaktertrekk som gjør den sårbar for overbeskatning (Roberts & Hawkins 1999). Den blir gammel og kjønnsmodnes ved høy alder og størrelse, har lav naturlig dødelighet og det er stor forskjell i størrelse på hann- og hunnfisk. Det antas at kveite har faste gyteplasser som de vender tilbake til for å gyte og at de samler seg der i større antall (Devold & Eggvin 1938, Jákupsstovu 1988, Brodziak & Col 2006, Grasso 2008). Det er i dag to kjente tilfeller av overbeskatning av atlantehavskveite. I Nordvest-Atlanteren ble kveitepopulasjonen sterkt beskattet fra tidlig på 1800-tallet frem til 1870, først som bifangst i linefiske etter torsk og hyse, men senere på grunn av etterspørsel som matfisk (Grasso 2008). I Norge ble det gjort en grov overbeskatning på kveite, fulgt av en populasjonskollaps 1930 tallet, som en følge av introduksjonen av kveitegarnet (Devold & Eggvin 1938). Populasjonen i Norge har i de femten siste årene antatt å være økende (Høines et al. 2009, Seitz et al. 2014). Fangstene av kveite i Nord-Norge har økt kraftig i samme periode, men samtidig har man sett at det i de senere år tas færre større kveiter (pers. medd. Erik Berg, HI). Kveite er imidlertid attraktiv både for kommersielt fiske og sportsfiske på grunn av sin størrelse og verdi, men dersom fiskeripresset fortsetter å øke eller holdes jevnt høyt i årene fremover, kan det være fare for en ny populasjonskollaps. For å kunne bevare kveitepopulasjonene langs norskekysten behøves det mer kunnskapsbasert forvaltning inkludert mer informasjon om stedbundenhet, vandringsatferd, aktivitet, dybdebruk, beskatningstrykk, rekruttering, vekst og genetisk struktur.

4.5 Konklusjoner

På bakgrunn av kveitas økende kommersielle utnyttelse, parallelt med de store kunnskapshullene om arten langs norskekysten, har dette studiet bidratt med å forstå noe av

atferden til kveite i to forskjellige områder. Studiet viste at kveite i vestlandsfjordene oppholdt seg mer på større dyp enn i Troms, antakelig på grunn av ulik topografi og miljøforhold i de to områdene. I begge områder oppholdt kveita seg i større grad på dypere vann om vinteren enn om sommeren, informasjon som kan bidra til å vurdere beskatningstrykk i forhold til fiskeområder og redskapstyper som brukes i de ulike fiskesesongene. Videre var temperaturen som kveita i Troms opplevde mer variert enn temperaturen kveita i vestlandsfjordene på bakgrunn av blant annet forskjell i topografi, breddegrad og oseanografiske forhold. Slik informasjon vil være relevant dersom man ønsker å lage vekstmodeller for bestander fra ulike områder for bruk i forvaltningsmodeller. Noen kveiter viste også sesongmessige endringer ved at denne økte på vinteren, trolig i forhold til gyteaktivitet. I tillegg indikerte studiet at de fleste kveitene i begge områdene var relativt stasjonære og trolig vandret mellom faste beite- og gyteområder. Selv om datagrunnlaget var begrenset i dette studiet for å med sikkerhet kunne fastslå dette, er de bekymringsverdige for områder med hardt fiske, da det over tid kan medføre kollaps i populasjonen og bør tas inn i forvaltningsmodeller etter «føre-var-prinsippet» før mer kunnskap ligger på bordet.

5 Referanser

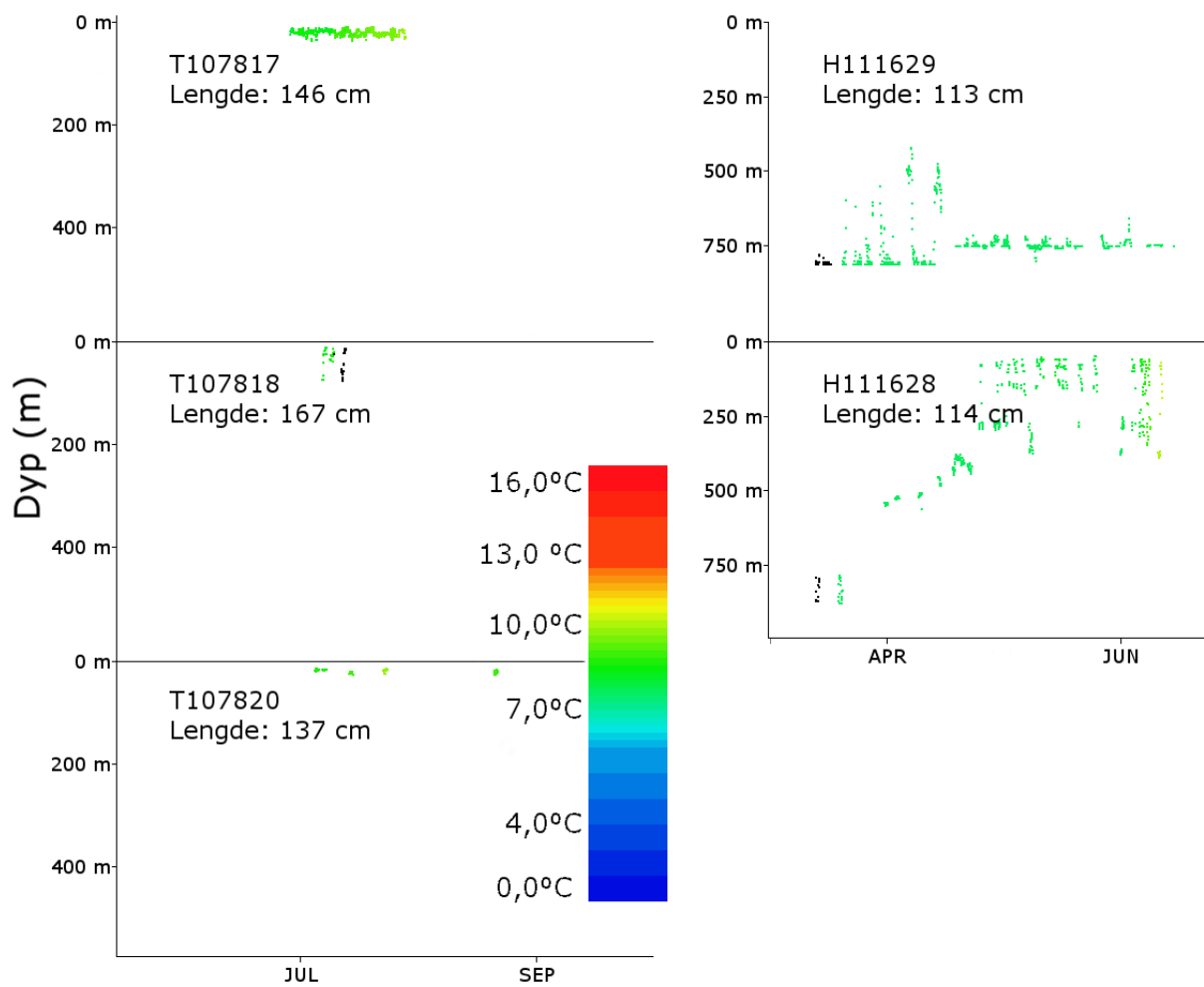
- Armstrong SL, Campana SE (2010) Age determination, bomb-radiocarbon validation and growth of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) from the Northwest Atlantic. *Environmental Biology of Fishes* 89:279–295
- Armstrong SL, Trzcinski MK, Campana SE (2014) Movements, environmental associations, and presumed spawning locations of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) in the Northwest Atlantic determined using archival satellite pop-up tags. *Marine Biology* 161:645–656
- Berge FS, Molvær J, Nilsen G, Thendrup A (1982) Fjordforbedring tiltak for å bedre oksygenforholdene i poller og terskelfjorder. Norsk institutt for vannforskning. 81046. Oslo
- Boje J, Neuenfeldt S, Sparrevohn CR, Eigaard O, Behrens JW (2014) Seasonal migration, vertical activity, and winter temperature experience of Greenland halibut *Reinhardtius hippoglossoides* in West Greenland waters. *Marine Ecology Progress Series* 508:211–222
- Bolla S, Holmefjord I (1988) Effect of temperature and light on development of Atlantic halibut larvae. *Aquaculture* 74:355–358
- Bowering WR (1986) The distribution, age and growth and sexual maturity of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) in the Newfoundland and Labrador area of the Northwest Atlantic. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences* 89:1–40
- Bowman RE, Stillwell CE, Michaels WL, Grosslein MD (2000) Food of Northwest Atlantic fishes and two common species of squid. U S Department of Commerce National Oceanic and Atmospheric Administration Technical Memorandum:1–137
- Brodziak J, Col L (2006) Atlantic Halibut. National Oceanic and Atmospheric Administration:1–10
- Devold F (1943) Notes on halibut (*Hippoglossus vulgaris* Fleming). *Annales Biologiques*, Copenhagen 1:35–40

- Devold F, Eggvin J (1938) The North Atlantic halibut and net fishing. Fiskeridirektoratets Skrifter, Serie Havundersøkelser 5:1–68
- Fevolden SE, Haug T (1988) Genetic population structure of Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 45:2–7
- Frank KT, Brickman D (2001) Contemporary management issues confronting sheries science. Journal of Sea Research 45:173–187
- Godø OR, Haug T (1988a) Tagging and recapture of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) in Norwegian waters. Journal du Conseil / Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer 44:169–179
- Godø OR, Haug T (1988b) Tagging and recapture of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) on the continental shelves off eastern Canada, and off western and eastern Greenland. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science 8:169–179
- Grasso GM (2008) What appeared to be limitless: The rise and fall of the nineteenth-century Atlantic halibut fishery. Environmental History 13:66–91
- Haug T (1990) Biology of the Atlantic Halibut *Hippoglossus hippoglossus* (L.,1758). Advances in Marine Biology 26:2–70
- Haug T, Fevolden S-E (1986) Morphology and biochemical genetics of Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* (L.), from various spawning grounds. Journal of Fish Biology 28:367–378
- Hilborn R, Skalski J, Anganuzzi A, Hoffman A (1995) Movements of juvenile halibut in IPHC regulatory Areas 2 and 3. International Pacific Halibut Commission:1–44
- Hunter E, Metcalfe JD, Reynolds JD (2003) Migration route and spawning area fidelity by North Sea plaice. Proceedings Biological sciences / The Royal Society 270:2097–103
- Høines Å, Bjelland O, Michalsen K, Vølstad JH, Helle K, Vollen T, Thomas O (2009) Kveite i norske farvann status og utfordringer for forvaltning og forskning. Rapport fra havforskningen 1:1–15

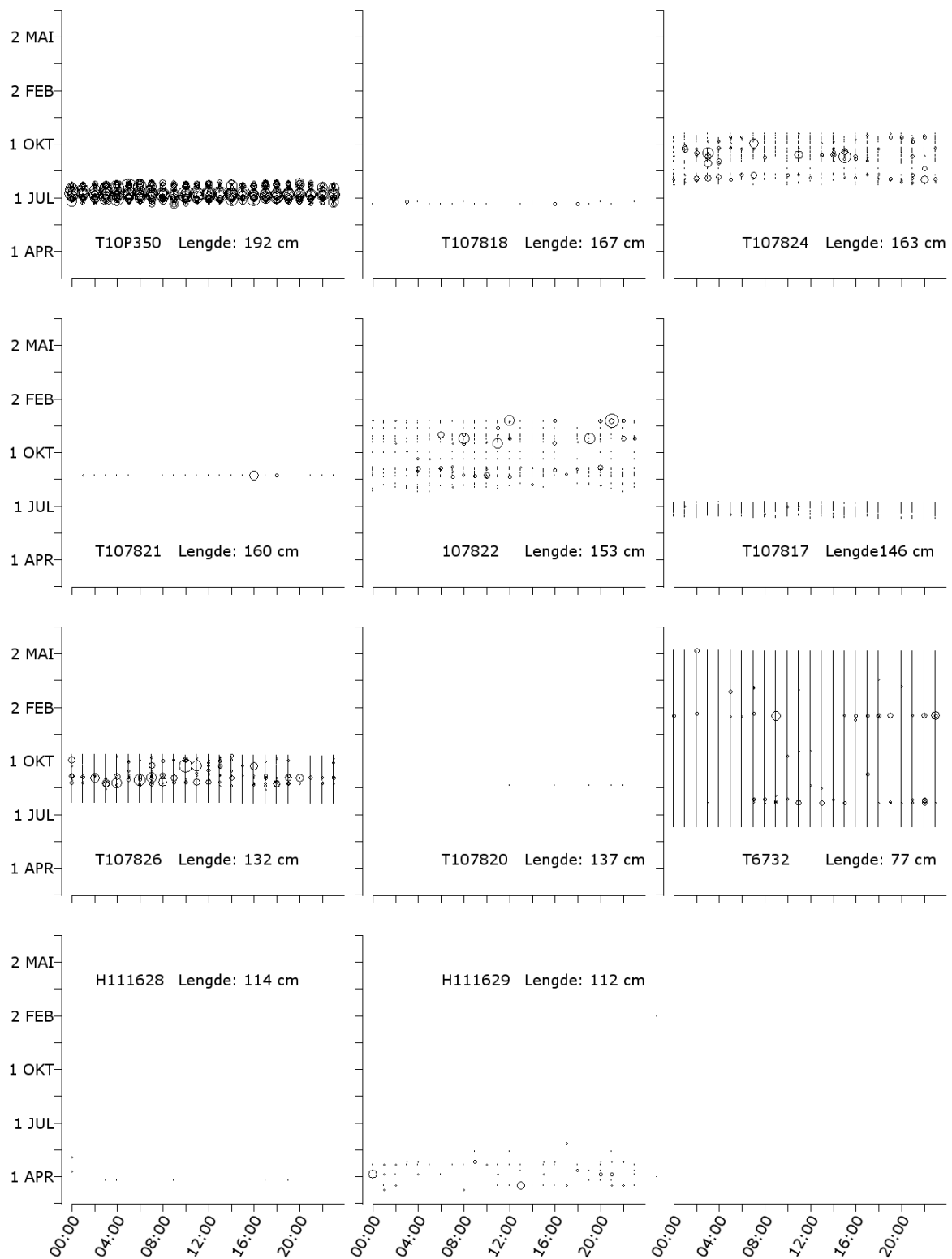
- Jákupsstovu SHI (1988) Growth, sexual maturation, and spawning season of Atlantic Halibut, *Hippoglossus hippoglossus*, in Faroese Waters. Fisheries Research 6:201–215
- Jonassen TM, Imsland AK, Kadowaki S, Stefansson SO (2000) Interaction of temperature and photoperiod on growth of Atlantic halibut *Hippoglossus hippoglossus* L. Aquaculture Research 31:219–227
- Jonassen TM, Imsland AK, Stefansson SO (1999) The interaction of temperature and fish size on growth of juvenile halibut. Journal of Fish Biology 54:556–572
- Konstantinou H, Shen DC (1995) The social and reproductive behaviour of the eyed flounder *Bothus ocellatus*, with notes on the spawning of *Bothus lunatus* and *Bothus ellipticus*. Environmental Biology of Fishes 44:311–324
- Loher T, Blood CL (2009) Seasonal dispersion of Pacific halibut (*Hippoglossus stenolepis*) summering off British Columbia and the US Pacific Northwest evaluated via satellite archival tagging. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 66:1409–1422
- Loher T, Seitz A (2006) Seasonal migration and environmental conditions of Pacific halibut *Hippoglossus stenolepis*, elucidated from pop-up archival transmitting (PAT) tags. Marine Ecology Progress Series 317:259–271
- Manabe H, Shinomiya A (2001) Two spawning seasons and mating system of the bastard halibut, *Tarphops oligolepis*. Ichthyological Research 48:421–424
- McCracken FD (1958) On the biology and fishery of the Canadian Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* L. Fisheries Research Board of Canada 15:1269–1311
- Moyer JT, Yogo Y, Zaiser MJ, Tsukahara H (1985) Spawning behavior and social organization of the flounder *Crossorhombus kobensis* (Bothidae) at Miyake-jima. Japanese Journal of Ichthyology 32:363–367
- Oliviera M, Crujeiras RM, Rodriguez-Casal A (2014) NPCirc: an R package for nonparametric circular methods. Journal of Statistical Software 61:1–81

- Otterå H, Skilbrei O, Skaala Ø, Boxaspen K (2004) Hardangerfjorden-produksjon av laksefisk og effekter på de ville bestandene av laksefisk. *Fisken og havet*:1–43
- Roberts CM, Hawkins JP (1999) Extinction risk in the sea. *Trends in Ecology and Evolution* 14:241–246
- Seitz AC, Michalsen K, Nielsen JL, Evans MD (2014) Evidence of fjord spawning by southern Norwegian Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *ICES Journal of Marine Science* 71:1–6
- Seitz AC, Norcross BL, Wilson D, Nielsen JL (2005) Identifying spawning behavior in Pacific halibut, *Hippoglossus stenolepis*, using electronic tags. *Environmental Biology of Fishes* 73:445–451
- Sigourney DB, Ross MR, Brodziak J, Burnett J (2006) Length at age, sexual maturity and distribution of Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* L., off the Northeast USA. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* 36:81–90
- Stephenson RL (1999) Stock complexity in fisheries management: a perspective of emerging issues related to population sub-units. *Fisheries Research* 43:247–249
- Stobo WT, Neilson JD, Simpson PG (1988) Movements of Atlantic Halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) in the Canadian North Atlantic. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 45:484–491
- Thorstad EB, Rikardsen AH, Alp A, Økland F (2013) The use of electronic tags in fish research - an overview of fish telemetry methods. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 13:881–896

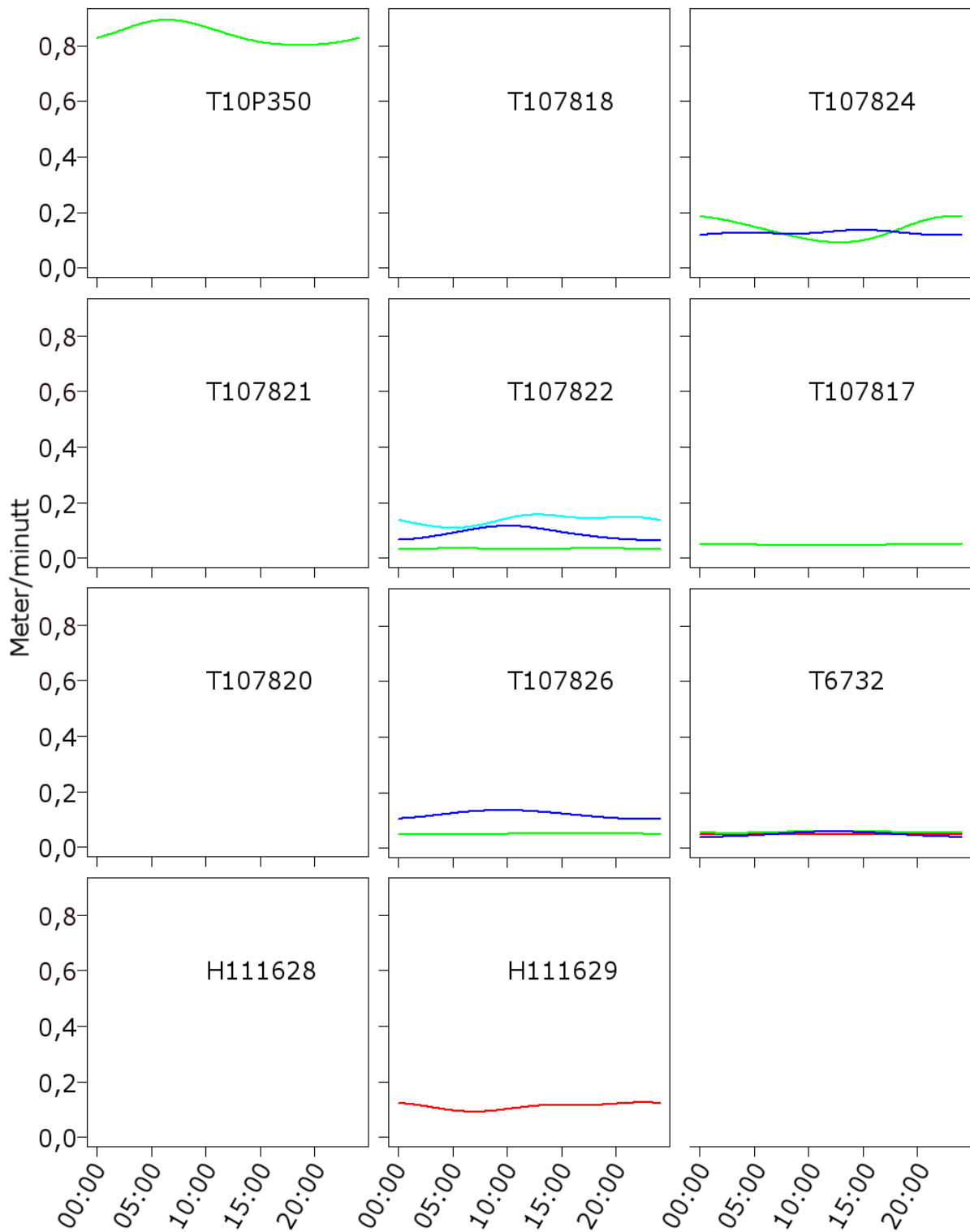
6 Appendiks



Appendiks 1: Dybdekurver for kveite med lite eller ikke sammenhengende data.



Appendiks 2: Aktivitetsplot for kveitene ikke presentert i resultater. Aktiviteten er målt som forskjell i dybde over et tidsintervall. Store sirkler indikerer høy aktivitet, mens små sirkler indikerer lav aktivitet. En aktivitetsverdi på 1 vil utgjøre 100%, mens for en verdi på 1,5 vil radiusen på symbolene være 50 % større. H, S eller T i begynnelsen av ID nummeret indikerer sted; Hardangerfjorden, Sognefjorden eller Troms. På y-aksen finner vi måned hvor tallene indikerer år 1 og 2 i perioden kveita var merket. På x-aksen er det tid på døgnet fra klokken 00:00 til 23:00.



Appendiks 3: Sirkulær jevningslinje («smoother») over aktivitet for kveiter ikke presentert i resultater. Lyseblå indikerer vinter sesongen, rød; vår, grønn; sommer, og blå; høst. Aktiviteten er oppgitt i meter per minutt til ulik tid på døgnet.

