

Foreløpige råd for tobisfiskeriet i norsk økonomisk sone i 2019

Espen Johnsen (espen.johnsen@hi.no)

Havforskningsinstituttet

Råd

I henhold til målsetningen i den norske forvaltningsmodellen for tobis tilrår Havforskningsinstituttet (HI) en foreløpig kvote i NØS på inntil 55 000 tonn i 2019, der underområdene 1b, 1c, 2b, 2c, 3c, 3b, 4a åpnes for tobisfiske i perioden 15. april ÷ 23. juni. Resultatene fra HI sitt akustiske tokt i 2019 vil bli brukt til å lage et oppdatert råd på tobis som vil foreligge 15. mai 2019.

Tabell 1. Kvoteråd 2010-2019 i norsk økonomisk sone.

År	Foreløpig råd		Endelig råd i mai	
	Kvoteråd (tonn)	Åpne underområder	Kvoteråd (tonn)	Åpne underområder
2010	20 000	1b, 2b, 3b	50 000	1b, 2b, 3b
2011	60 000	1a, 2a, 3a	90 000	1a, 2a, 3a
2012	40 000	1b, 2b, 3b	40 000	1b, 2b, 3b
2013	20 000	3a	20 000	3a
2014	15 000	3b, 3c	90 000	2a, 3b, 3c, 4b
2015	100 000	2b, 3b, 3a	100 000	1b, 2b, 3a, 3b, 4a
2016	40 000	1b, 2a, 3a, 3b	40 000	1b, 2a, 3a, 3b, 4a
2017	50 000	1b, 1c, 2b, 2c, 3c, 3b, 4a	120 000	1b, 1c, 2b, 2c, 3c, 3b, 4a
2018	70 000	1b, 1c, 2a, 2c, 3a, 3b, 4b	70 000	1b, 1c, 2a, 2c, 3a, 3b, 4b
2019	55 000	1b, 1c, 2b, 2c, 3b, 3c, 4a		

Oppsummering bestandssituasjon

Gytebiomassen av tobis er høy i forvaltningsområdene 1-4, men lav i forvaltningsområde 5 (Vikingbanken). Tobisbestanden nord på Albjørn Ling, Nordgyden og Vikingbanken (område 5) er fortsatt kritisk lav. Det er den svært gode rekrutteringen av 2016-årsklassen (3-åringer i 2019) som gir en god gytebiomasseområdene 1-4. Denne årsklassen var den mest tallrike i tokttidsserien som startet i 2009, og sannsynligvis har det ikke vært en sterkere årsklasse i norsk sone siden 1996. Rekrutteringen av 2017-årsklassen var lav i hele den norske sonen, og den individuelle tilveksten og kondisjonen var meget lav i april og begynnelsen av mai 2018. Dette ga en lavere total biomasse og en større fiskedødelighet enn predikert, men den individuelle vekten tiltok utover i mai og økte den totale biomassen. Den dårlige rekrutteringen av 2017-årsklassen i kombinasjon med et relativt høyt uttak av eldre fisk medfører at prediksjonen av biomassen for tobis 2 år og eldre er betydelig lavere for 2019 enn hva den var for 2018. En økning i biomasse og høye kvoter i 2019 er derfor avhengig av en god rekruttering av 2018-årsklassen. Mengdeindeksen fra skrapetoktet indikerer god rekruttering, men det er heftet stor usikkerhet med skrapetoktindeksen, samt at dødelighet fra desember til april for de yngste individene kan være meget stor.

Prediksjon av tobisbiomassen i 2019

For å predikere mengde og antall tobis i april 2019 er følgende beregninger og modellantagelser brukt:

- a) Antall individer som har overlevet fiskeriet 2018:
 - *Estimert antall (median) per lengdegruppe fra akustikktoktet 2018 minus estimert antall individer (median) fanget av flåten per lengdegruppe.*
- b) Antall individer som dør naturlig i perioden mellom to akustiske tokt (altså i løpet av ett år).
 - *Våre beregninger antyder at i gjennomsnitt dør 50 % av hver årsklasse naturlig per år. I våre prediksjoner brukes derfor en naturlig dødelighet på 0.7 (50%) for alle aldersgrupper, noe som er lavere enn hva ICES antar for de yngste individene.*
- c) Lengdeveksten hos individene mellom to tokt (dvs. ett år) blir predikert.
 - *Her brukes en enkel vekstmodell (Hamre et al. 2014) $dL = k \cdot (L_{\max} - L_s)$ der lengdeøkningen (dL) er invers proporsjonal til lengden (L_s) og at dL minker mot maksimum lengde $L_{\max}$. k øker med gode vekstvilkår, men i den nåværende fremskrivningen antas k konstant. I vår modell har vi brukt parameterverdiene $k = 0.25$ og $L_{\max} = 26$ cm.*
- d) Beregnet individvekt (w) per lengde (L_s) i 2019:
 - *Bruker $w = a \cdot L^b$ der a og b parameterne er estimert basert på toktdata fra 2018 da antagelsen er at vekstforholdene i 2019 vil ligne på de i 2018. Analyser viser at prediksjonsfeilen er mindre når man bruker denne antagelsen enn å bruke gjennomsnittlig lengde-vekt relasjon for tidsserien.*
- e) Antall individer ettåringer våren 2019 (2018-årsklassen) er predikert basert på tettheten av 0-åringer estimert fra skrapetoktet i desember 2018. Skrapetoktindeksen er usikker, og har lav treffsikkerhet for å forutsi mengden ettåringer om våren. Derfor

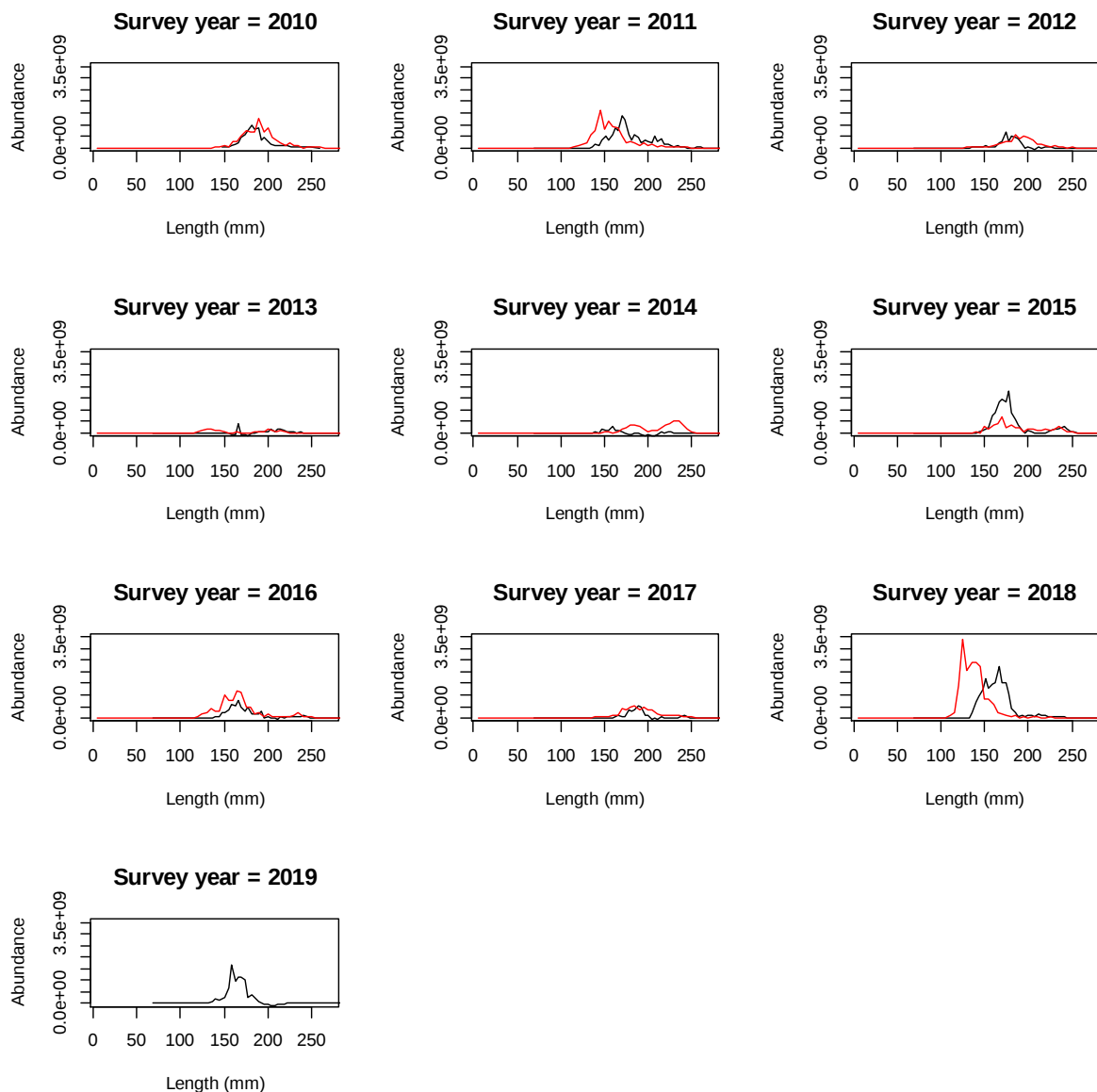
brukes 5-persentilen av indeksen i prediksjonen (Figur 3: antall ettåringer leses av der den blå stiplede linjen til venstre treffer den røde linjen).

- *Her brukes totalantall som fremkommet av Figur 14. Lengdefordelingen hentes fra det toktestimatet (året) som er likest i antall (siden det antas at individveksten er tetthetsavhengig). For 2019 brukes lengdefordelingen ettåringer fra toktår 2015 (dvs. 2014 årsklassen).*

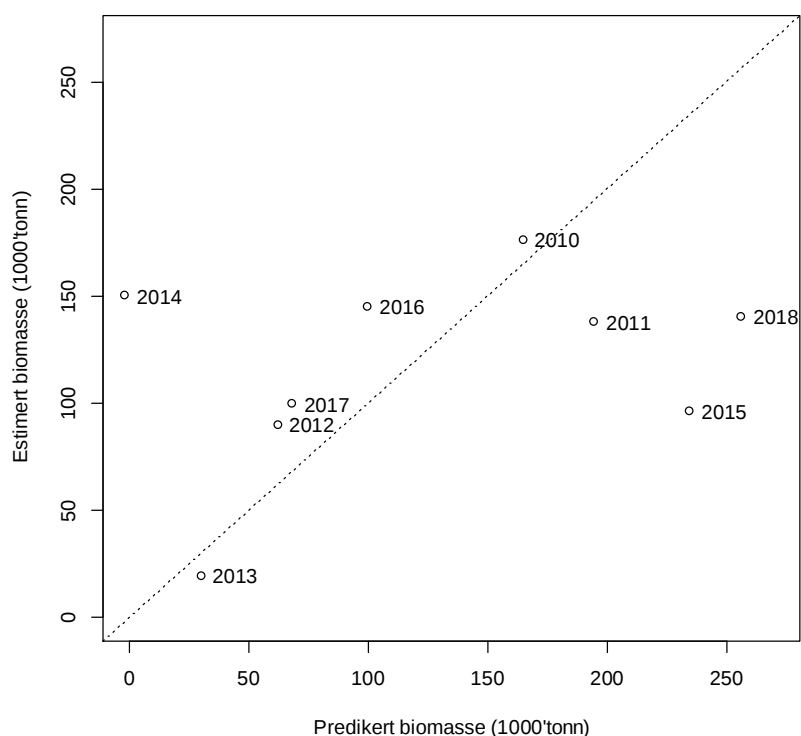
Tilsvarende prediksjonsberegning (med unntak av punkt e) er gjort for alle toktår siden 2009. Predikert individvekt er beregnet med å bruke a og b parameterne fremkommet fra toktdata året før prediksjonsåret. Figur 1 viser predikert og estimert antall per lengdegruppe for alder 2 år og eldre per toktår. Figur 2 viser predikert biomasse versus biomassen som ble målt under det akustiske toktet for alder 2 år og eldre. Begge disse to figurene viser en relativt god sammenheng mellom predikert og målt antall og biomasse, men i 2014, 2015 og 2018 er avvikende store spesielt når det gjelder biomasse (Figur 2 og Tabell 2). Noe av avvikene kan forklares med at det er vanskelig å predikere lengdeveksten siden vekstvilkårene endrer seg mye mellom år. Det store avviket i 2015 skyldes sannsynligvis at dårlige værforhold medførte at det var vanskelig å observere tobis akustisk. Dårlig tilvekst og lav individvekt var grunnen til den store prediksjonsfeilen i 2018. En mer detaljert forklaring blir gitt senere i denne rapporten. Det er vanskelig å forklare det store avviket i 2014, men det kan tyde på at det var en del eldre individer på Engelsk Klondyke (se kart i Figur) som ikke ble observert i 2013.

Prediksjonsfeilen er beregnet som: $pred. feil = (B_{pred, Age2+} - B_{est, Age2+}) / B_{est, Age2+}$

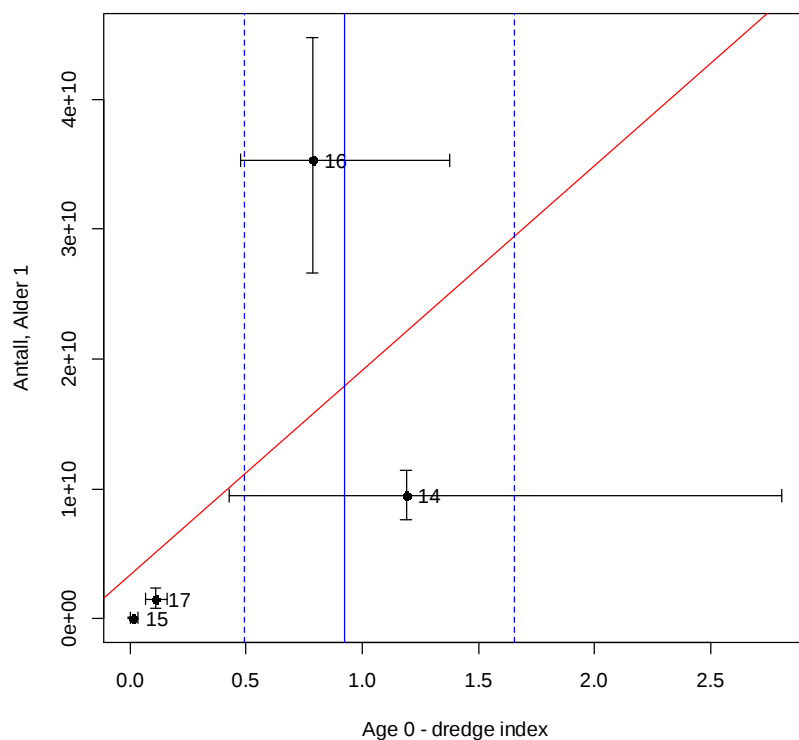
Der $B_{pred, Age2+}$ er biomasse predikert for alder 2 år og eldre tobis, og $B_{est, Age2+}$ er estimert biomasse fra de akustiske surveyene (median) alder 2 år og eldre tobis. Prediksjonsfeilen viser hvor mye man et gitt år har over- eller undervurdert bestanden i prediksjonen. De historiske prediksjonsfeilene gir viktig informasjon om hvor forsiktig eller føre-var man bør være hvis anbefalt kvote baseres på prediksjonen av biomasse. Dersom den historiske prediksjonsfeilen ligger rundt x så bør den predikerte biomassen (som kvoten avledes fra) nedjusteres ved å dividere denne med $1 + x$. Denne metoden justerer i prinsippet den predikerte biomassen i forhold til spørsmålet: *hva blir den observerte biomassen dersom den predikerte biomassen representerer en $x*100$ % overvurdering?*



Figur 1. Sort linje viser prediksjon (ett år frem i tid) av antall per lengdegruppe for 2 år og eldre individer. Rød linje viser estimat av antall per lengdegruppe av fisk 2 år og eldre fra det akustiske toktet. For 2019 foreligger det ikke noe estimat før etter toktslutt i mai 2019.



Figur 2. Predikert biomasse per år versus estimert biomasse av 2 år og eldre tobis i det akustiske toktet i mai. Den stiplede linjen indikerer kurven der predikert og estimert biomasse er lik. Årstallene viser til toktår (da biomassen ble estimert).



Figur 3. Mengdeindeks av nullåringer fra skrapetokt (Age 0 ñ dredge index) versus akustisk mengdeestimat av ettåringer året etter (Antall, Alder 1) med 5-95% konfidensintervall (feillinjer rundt punktene) for årsklassene 2014-2017 (14-17 i figuren). Blå linje viser median rekrutteringsindeks fra skrapetoktet høsten 2018, og prikkete blå linjer viser de tilhørende 5-og 95- persentilene. Den røde linjen er en lineær regresjon basert på punktestimatene, altså en modell for å forutsi antall ettåringer i det akustiske toktet basert på skrapetoktet året før. Detaljer om estimeringsmetode finner man senere i rapporten.

Tabell 2. Predikert og estimert (fra tokt) biomasse av 2 år og eldre tobis. Positive verdier på prediksjonsfeilen betyr at prediksjonsmodellen gir en høyere biomasseanslag en toktestimatet. «NA = not available» betyr at verdier ikke er tilgjengelig.

År	B _{est, Age2+}	B _{pred, Age2+}	% Pred. feil
2010	176249	164842	-6
2011	137921	194517	41
2012	90103	62199	-31
2013	19608	30037	53
2014	150265	-1856	-101
2015	96275	234585	144
2016	145396	99586	-32
2017	99760	68075	-32
2018	140586	256196	82
2019	NA	97578	NA

Høstingsregel

I 2018 ble det for første gang introdusert en regel for kvotefastsettelse for tobis i den norske forvaltningsmodellen basert på de relativt gode prediksjonene vist i Figur 1 og 2 i kombinasjon med rekrutteringsindeksen estimert fra skrapetoktet. Dette gjør kvoterådet for tobis mer forutsigbart og objektivt. I 2019 er det også utarbeidet en regel for hvordan skrapetoktindeksen kan brukes mer direkte til å utarbeide det foreløpige rådet.

Utgangspunktet for regelen er at gjennomsnittlig årlig høstingsgrad (definert som landing i tonn dividert på estimert biomasse fra det akustiske toktet) har vært 38 % for perioden 2010 til 2018 (Tabell 3). En slik høstingsrate synes å gi en langsiktig balanse mellom overlevelse av tobis og et stabilt godt fiskeri.

Tabell 3. Estimert biomasse (median) fra det akustiske toktet med relativ standard feil (RSE). Fangst per år og høstingsgraden gitt per år.

År	Biomasse (tonn)	RSE	Fangst (tonn)	% Høstingsgrad
2009	223954.96	0.26	0	0
2010	334243.14	0.22	50470.951	15
2011	140383.15	0.20	88424.418	63
2012	94306.21	0.22	40577.708	43
2013	29270.22	0.28	9051.822	31
2014	392102.72	0.18	82498.85	21
2015	169736.25	0.12	100858.424	59
2016	135973.82	0.26	40836.357	30
2017	359702.39	0.15	119975.02	33
2018	144608.84	0.10	69530.752	48

Ettersom prediksjonen av biomasse (Figur 2, Tabell 2) og rekrutteringsindeksen fra skrapetoktet (Figur 3 og 7) innehar en del usikkerhet er det nødvendig å legge på en sikkerhetsbuffer i tilfelle prediksjonen av biomassen i 2019 er for optimistisk. Denne bufferen

for det foreløpige kvoterådet gjenspeiler at usikkerheten mellom predikert estimert biomasse av 2 år og eldre tobis er satt til 0.59 (59 %). Dette er snittet av prediksjonsfeilene i 2011, 2013 og 2018 (se Tabell 2). Høstingsregelen brukt for å sette en foreløpig kvote i 2019 er:

$$kvote_{2019} = \left(\left(\frac{B_{pred, Age 2+}}{1 + pred. feil} \right) + B_{pred, Age 1} \right) \cdot hr$$

der $B_{pred, Age 2+}$ er biomasse predikert for alder 2 år og eldre tobis, og $B_{pred, Age 1}$ er biomasse predikert for alder 1 fra rekrutteringsindeksen fra skrapetoktet (se punkt e på side 2 og Figur 3 og hr er høstingsgraden (0.38), og forsiktighetsbufferen er satt som $(1 + pred. feil)$ dvs. $(1 + 0.59)$. Denne metoden justerer i prinsippet den predikerte biomassen av to år og eldre tobis i forhold til spørsmålet: *hva blir den observerte biomassen dersom den predikerte biomassen representerer en 59 % overvurdering?* Prediksjonsusikkerheten er større for alder 1, men her er dette tatt hensyn til ved å bruke 5-persentilen av skrapetoktindeksen noe som er konservativt.

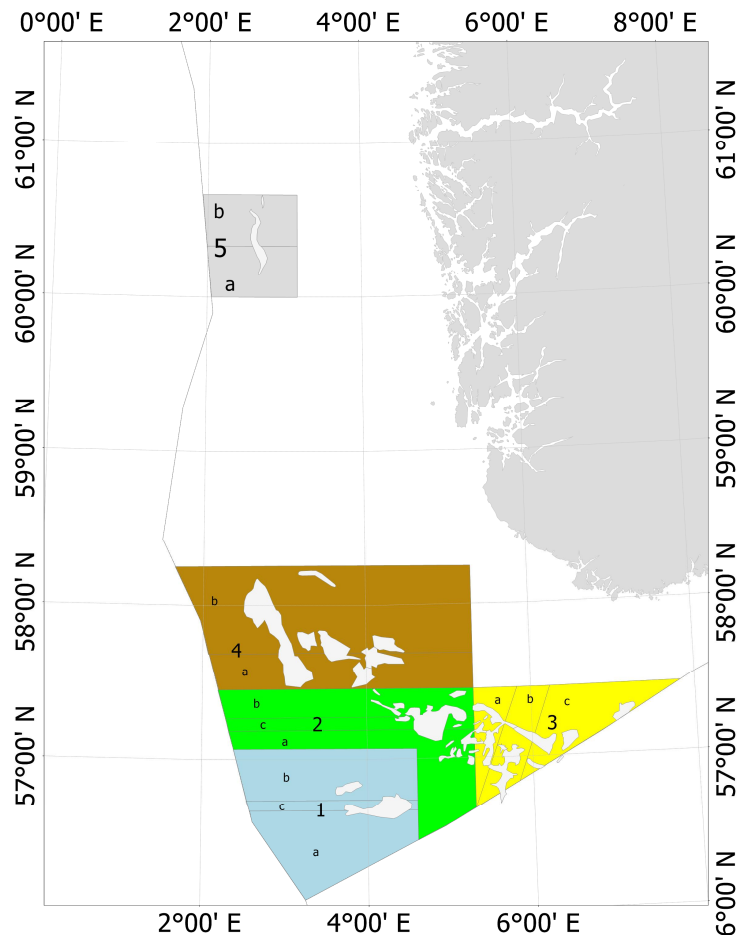
Den predikerte biomassen av 2 år og eldre tobis i 2019 er 97 578 tonn, og den predikerte biomassen (basert på 5-persentilen fra skrapetoktet, Figur 3) av ettåringer i 2019 er 78 041 tonn. Dette gir en foreløpig kvote (i henhold til ligningen over avrundet til nærmeste 5000 tonn) på 55 000 tonn.

Høstingsregel som brukes i det foreløpige rådet for 2019 bør evalueres grundig, og Havforskningsinstituttet vil fortsette diskusjoner om høstingsregelen med fiskerinæringen og andre interessenter.

Forvaltningsmodell

Etter en prøvefase i 2010 innførte Norge fra 2011 en områdebasert forvaltning av tobis i norsk økonomisk sone (NØS) av Nordsjøen. Hovedmålsettingen med planen er å bygge opp gytebiomasse av tobis på alle historisk viktige tobisfelt i NØS for å sikre et langsiktig bærekraftig tobisfiske. En slik forvaltning vil øke rekrutteringspotensialet for denne nøkkelarten i økosystemet, og således gi en økt mattilgangen for arter i Nordsjøen som beiter på tobislarver og eldre tobis. Forvaltningsmodellen ble evaluert av Fiskeridirektoratet, HI og fiskerinæringen våren 2014, og igjen i desember 2016. Kart over gjeldende forvaltningsområder og underområder er vist i Figur 4. Posisjonene til gjeldene områdegrensene er gitt i Appendiks 2.

Hvis beregningene tilsier at gytebiomassen er for lav til å sikre en full reproduksjonskapasitet for den lokale tobisbestanden vil området være stengt for tobisfiskeri. I henhold til forvaltningsmodellen skal HI forut for fiskerisesongen gi råd om totalkvote og hvilke områder som kan åpnes. I løpet av april-mai 2019 skal HI gjennomføre et akustisk tokt for å validere tidligere bestandsprognoser med et særlig fokus på rekrutteringen (1-åringer). Basert på disse undersøkelsene skal HI gi råd om en eventuell åpning av nye områder, og en eventuell økt kvote.



Figur 4 Tobisområdene i NØS og inndeling av de norske forvaltningsområdene. Gyldig f.o.m 2017.

Toktmetodikk, akustikk

Havforskningsinstituttet startet i 2005 et prosjekt for å etablere en pålitelig metode for akustisk mengdemåling av tobis. Prosjektet som fikk støtte fra Norges forskningsråd i perioden 2008-2011 viste at tobisstimene både lar seg observere og kan skilles fra andre arter ved hjelp av avansert ekkoloddteknologi. Havforskningsinstituttet har de senere årene utviklet akustisk metodikk for å måle utbredelse og mengde av tobis, og i nært samarbeid med tobisfiskerne er de sentrale og historisk viktige tobisområdene i norsk sone definert. Hvert toktområde blir dekket ved å gå kurser som enten er parallelle eller i sikksakkmønster (Figur A1). Ekkoloddet av typen EK60 med frekvensene 18, 38, 70, 120, 200 og 333 kHz blir kjørt med høy pingrate. Disse dataene blir lastet ned i etterprosesserings-programvaren Large Scale Survey System (LSSS, Korneliussen et al. 2016) hvor stimenes utbredelse og akustisk frekvensrespons blir undersøkt. Tobis har en karakteristisk frekvensrespons som brukes til å skille tobis fra andre arter (Johnsen et al. 2009). Analyserte data blir lagret i en database med en vertikal og horisontal oppløsning på henholdsvis 10 meter og 0,1 nautisk mil.

Den gjennomsnittlige tilbakespredningskoeffisient (NASC) [m^2/nm^2] blir beregnet for hvert toktområde i henhold til standard prosedyre (Appendiks 3). Antall tobis (N) i hver lengdegruppe (l) i hvert toktområde (i) beregnes som:

$$N_l = \frac{f_l \cdot \bar{\mathcal{E}}_i \cdot A_i}{\langle \sigma \rangle}$$

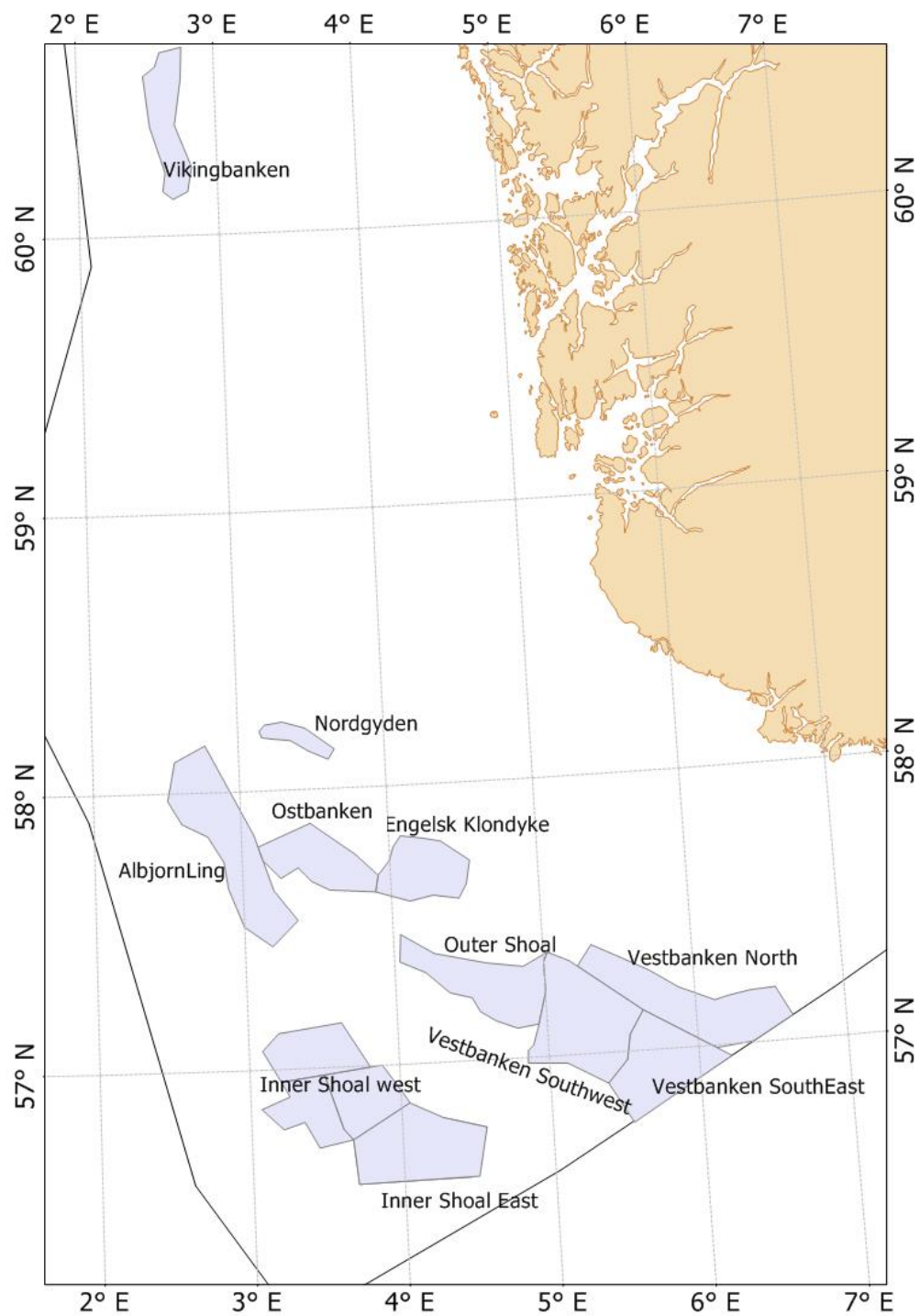
der

$$f_l = \frac{n_l L_i^2}{\sum_{l=1}^m n_l L_l}$$

er det akustiske bidraget av lengdegruppe L_l til den total energien. $\bar{\mathcal{E}}$ er gjennomsnittlig tilbakespredningskoeffisient (NASC) [m^2/nm^2], og A er arealet i undersøkt i området [nm^2]. $\bar{\sigma}$ er gjennomsnittlig tilbakespredningstverrsnitt av en tobis med lengde L_l . Målstyrken (TS) er brukt for konverteringen av $\bar{\sigma} = 4 \pi \cdot 10^{(\text{TS}/10)}$ for å beregne tilbakespredningstverrsnittet. For 38 kHz på tobis brukes $\text{TS} = 20 \log L \pm 93$.

Undersøkelser av lengdefordeling og aldersavlesing av otolitter (ørestein) av individer fanget i trål og skrape gir grunnlag for å beregne aldersstrukturen i bestanden. Konverteringen av antall fisk per lengdegruppe (l) til antall per aldersgruppe beregnes ved å bruke aldersfordelingen fra alle aldersleste individer innen lengdegruppen (l). Tilsvarende beregnes biomassen ved å bruke individuell gjennomsnittsvekt per alders- og lengdegruppe. Ved å kombinere de biologiske og akustiske dataene kan man følge utviklingen av årsklassene mellom år. Man kan også beregne årsklassestyrken til rekruttene (ettåringer). På tilsvarende måte som ved andre tokt vil det knytte seg noe usikkerhet til beregningene, og en av utfordringene når det gjelder akustisk mengdemåling av tobis er at andelen tobisindivider som står i sanden kan variere. For å undersøke denne andelen måles mengde tobis i sanden ved hjelp av en skrape. På tross av disse utfordringene har evalueringer vist at kvaliteten på toktestimatene er god, og at tokresultatene avdekker reelle endringer i mengde og geografisk fordeling av tobis. For kvaliteten er det en fordel at tobisbestanden har en begrenset geografisk fordeling slik at toktinnsatsen kan konsentreres. Det er også en fordel at man har fått utviklet akustisk metodikk som identifiserer og skiller tobisstimer fra andre fiskestimer. Bestandskartlegging og analyser blir gjort per toktområde (Figur 5). For å redusere usikkerheten i toktestimatet blir områder med høy varians og stor tetthet dekket to ganger med noen dagers mellomrom.

Standard akustisk overvåkning per toktområde var først et hovedmål fra 2011. Innsatsen per toktområde har derfor variert noe i perioden før dette (se Figur A1). I denne rapporten presenteres resultater for perioden 2009-2018.



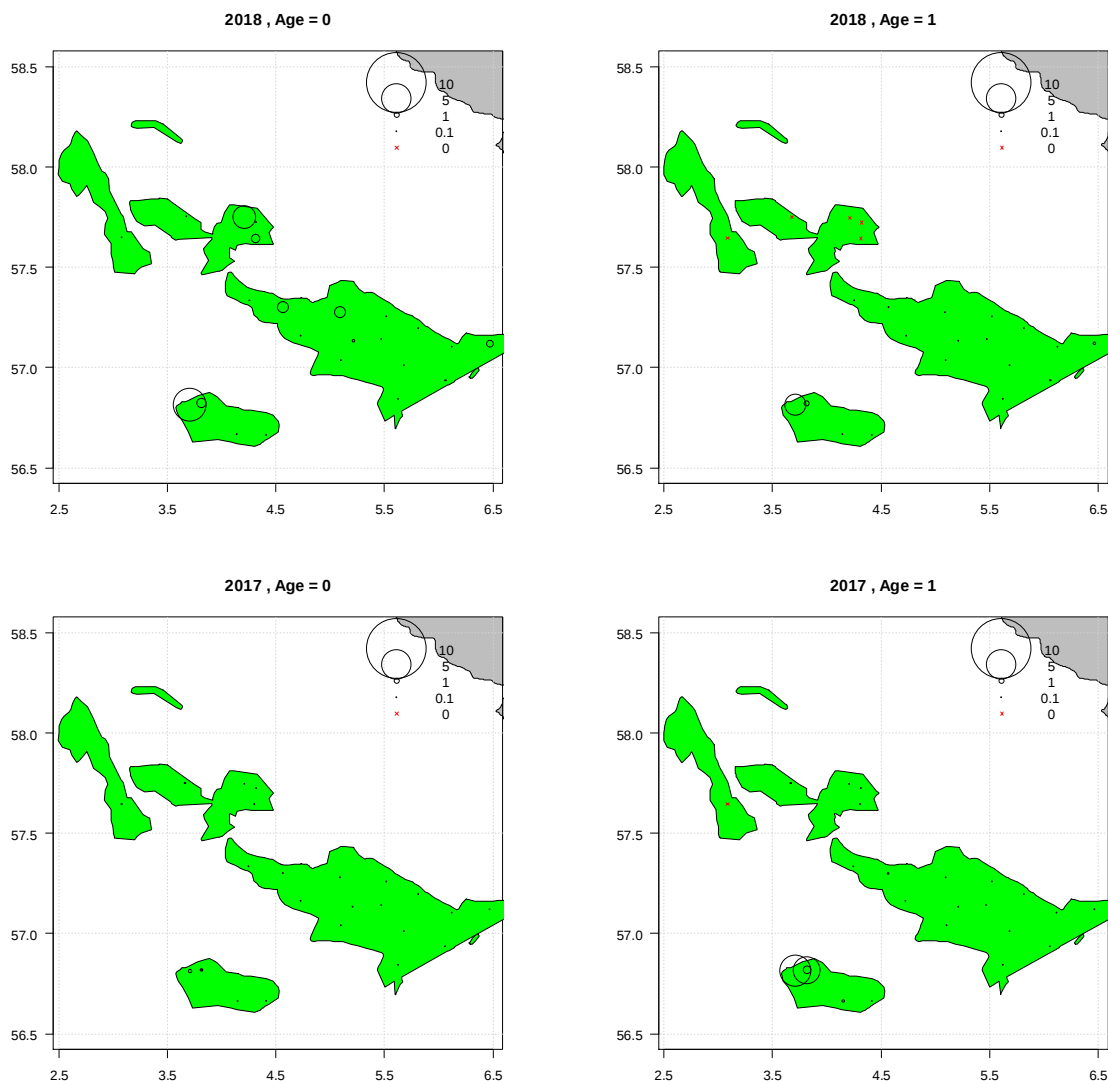
Figur 5. Toktområder i NØS. Et toktområde kan dekke flere tobisfelt. I 2018 ble Inner Shoal west utvidet med to nye strata siden mye fisk ble observert nord og vest for de kjente tobisfeltene på Inner Shoal.

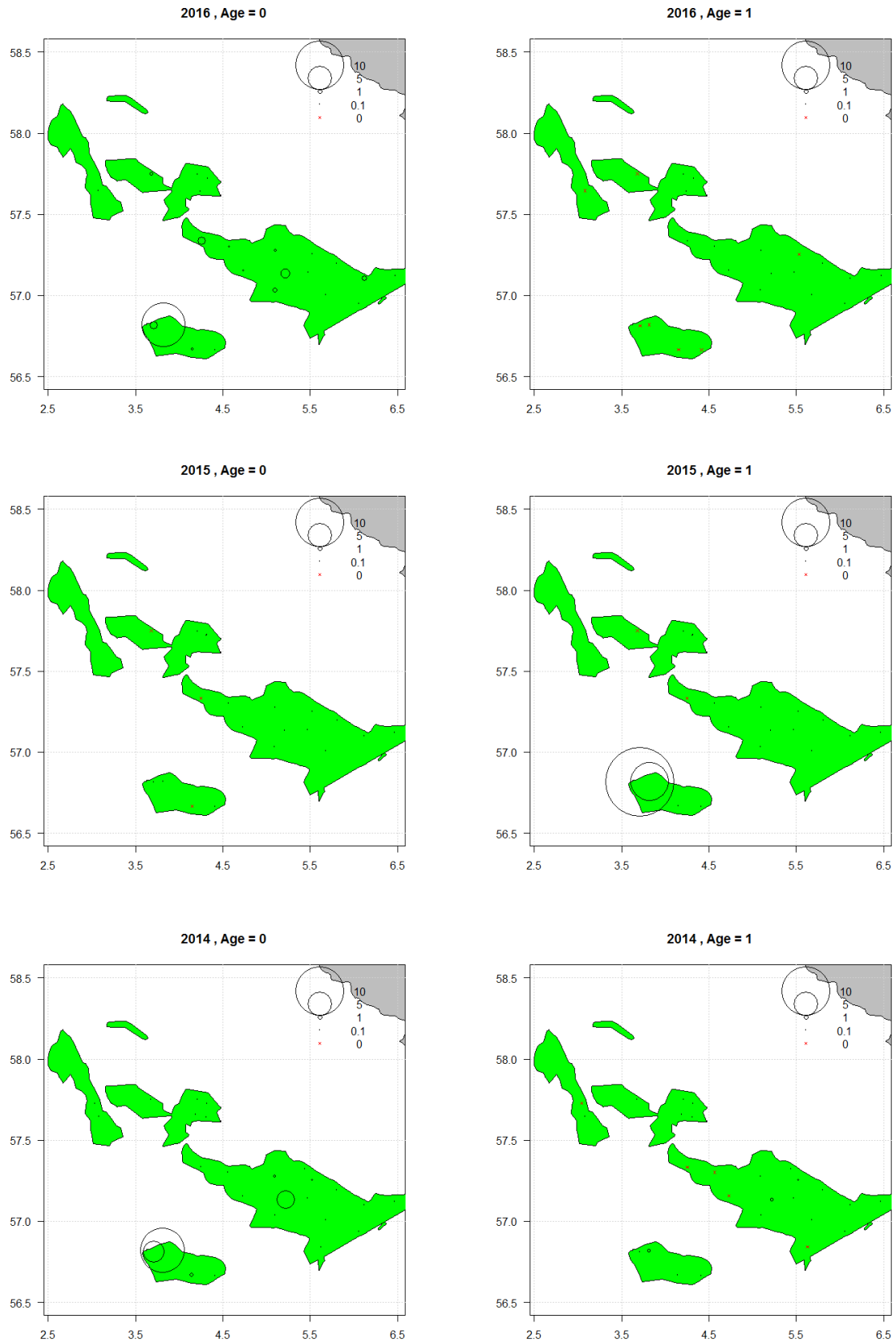
Skrapetokt

Danmarks Tekniske Universitet, Institutt for Akvatiske Ressurser (DTU Aqua) har gjennomført utvidet skrapetokt i november-desember i 2014-2018 i områdene 1-4 i norsk sone. Målsettingen med dette toktet er å måle mengden 0-åringer i november-desember for å ha et mål på rekrutteringen før fiskeriet starter i april året etter.

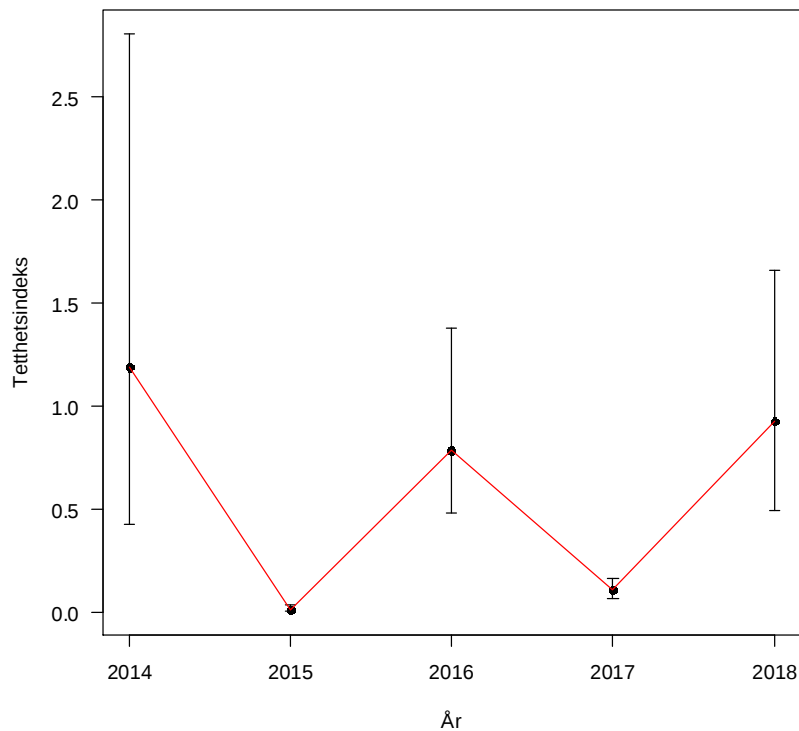
Fra 2014 ble skrapetoktet utvidet med flere stasjoner i norsk sone med økonomisk støtte fra norsk fiskerinæring. Fra 2018 har Havforskningsinstituttet finansiert dette toktet. Det knyttes en del usikkerhet til hvor godt fangstratene i skrapetoktet kan forutsi mengden 1-åringer om våren, men resultatene fra 2014-2018 indikerer at man i alle fall kan bruke skrapetoktdataene til å forutsi om en årsklasse er svak eller sterk.

Figur 6 gir en oversikt over fordelingen av skrapestasjoner og fangstratene for 0- og 1-åringer per år i NØS. Rekrutteringsindeksen er beregnet ved å bruke areal vektet delta-lognormal fordeling grunnet mange nullstasjoner og skjev fordeling av fangstratene (Pennington, 1983). Konfidensintervall ble estimert ved hjelp av bootstrap (1000 kjøringer)





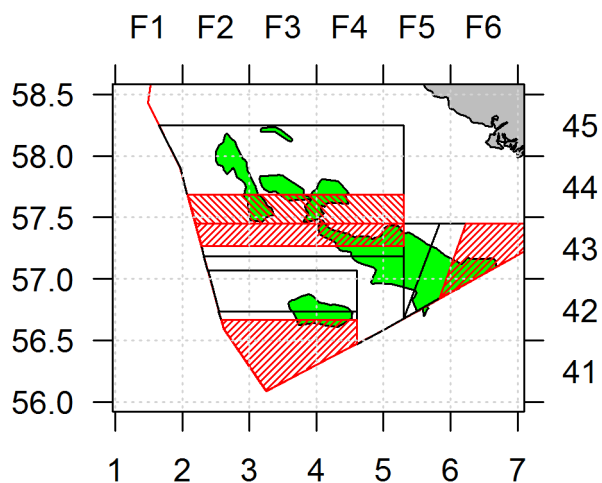
Figur 6. Skrapeposisjoner i norsk økonomisk sone (NØS) 2014-2018. Størrelse på sirklene indikerer fangstrate (antall per tauemeter). Nullfangstene er indikert med røde kryss.



Figur 7. Rekrutteringsindeksen (Alder 0) fra skrapetoktet. Indeksen er vist med median og konfidensintervall (5-95%).

Fiskeridata

Tobis holder seg på avgrensede områder med bunnforhold der tobis kan grave seg ned i sanden. Det er i disse avgrensede tobisområdene flåten tråler. Figur 8 viser hvilke underområder som var åpne for fiskeri i 2018. Totalt ble det landet 69 530 tonn av norske fartøy og ca. 700 tonn av svenske trålere i norsk sone.

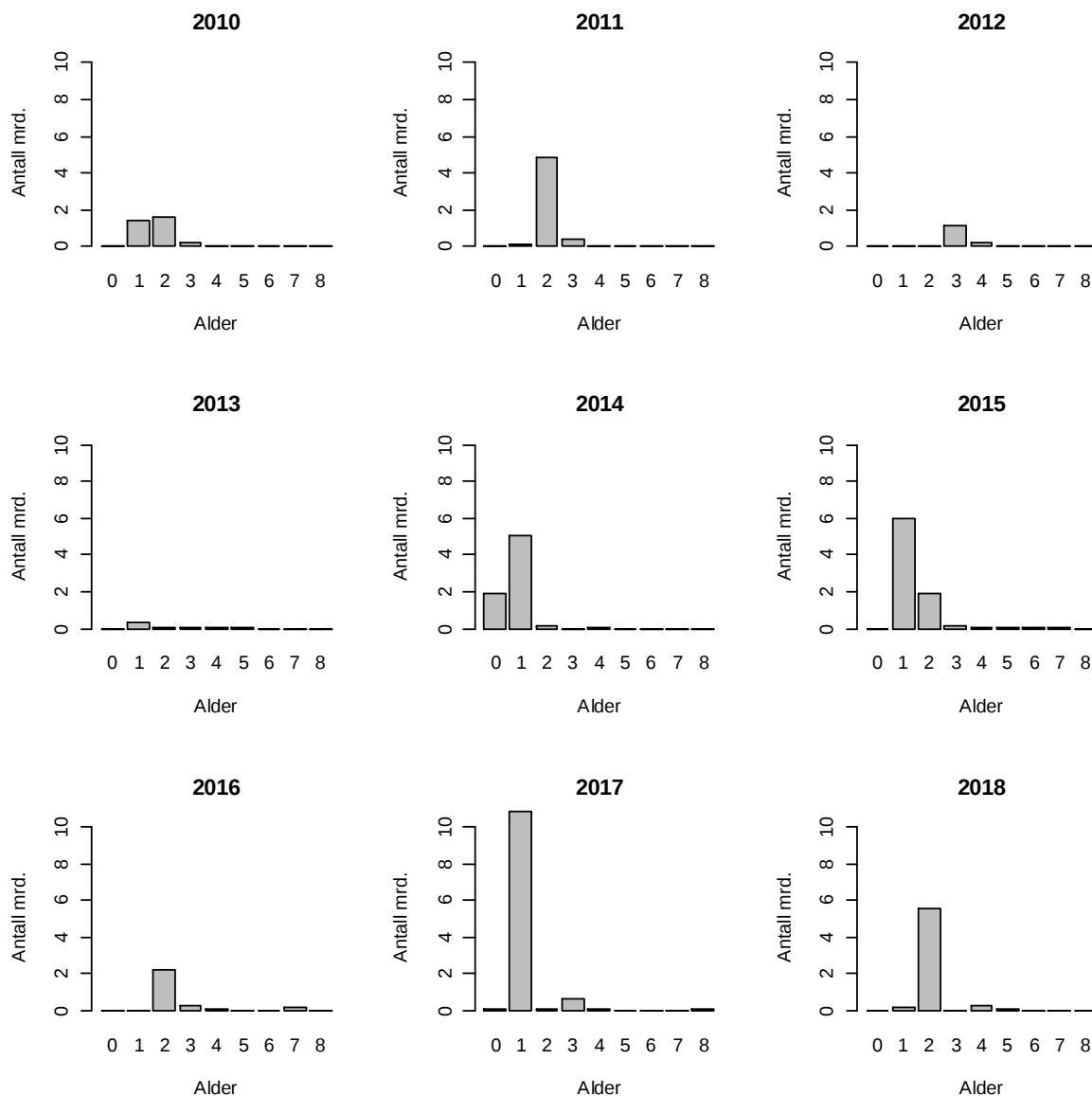


Figur 8 Stengte (røde) og åpne (gjennomsiktige) områder for tobisfiskeriet i NØS 2018. Grønt indikerer tobisområdene. Stiplede linjer viser ICES-ruter, og rutenavn er gitt på topp- og høyreakse.

Forvaltningsområdene overlapper ikke ICES-rutene eksakt (se Figur 8 for rutenavn), men ved å sammenligne kartene og landingene som er rapportert per ICES-rute (Tabell 2) er ca. 7%, 22%, 9% og 62% av fangstene i 2018 tatt i henholdsvis forvaltningsområde 1, 2, 3 og 4.

Tabell 4. Offisielle norske landinger (tonn) per ICES rute i NØS per måned i 2018

Måned	ICESsq	Tonn
april	43F5	4167
juni	43F4	927
juni	43F5	1264
juni	44F3	3876
juni	44F4	1828
mai	42F3	846
mai	43F4	13933
mai	43F5	5946
mai	44F3	11170
mai	44F4	25574
Totalt		69531



Figur 9. Aldersfordeling i de kommersielle fangstene av tobis fra NØS fra 2010 til 2018.

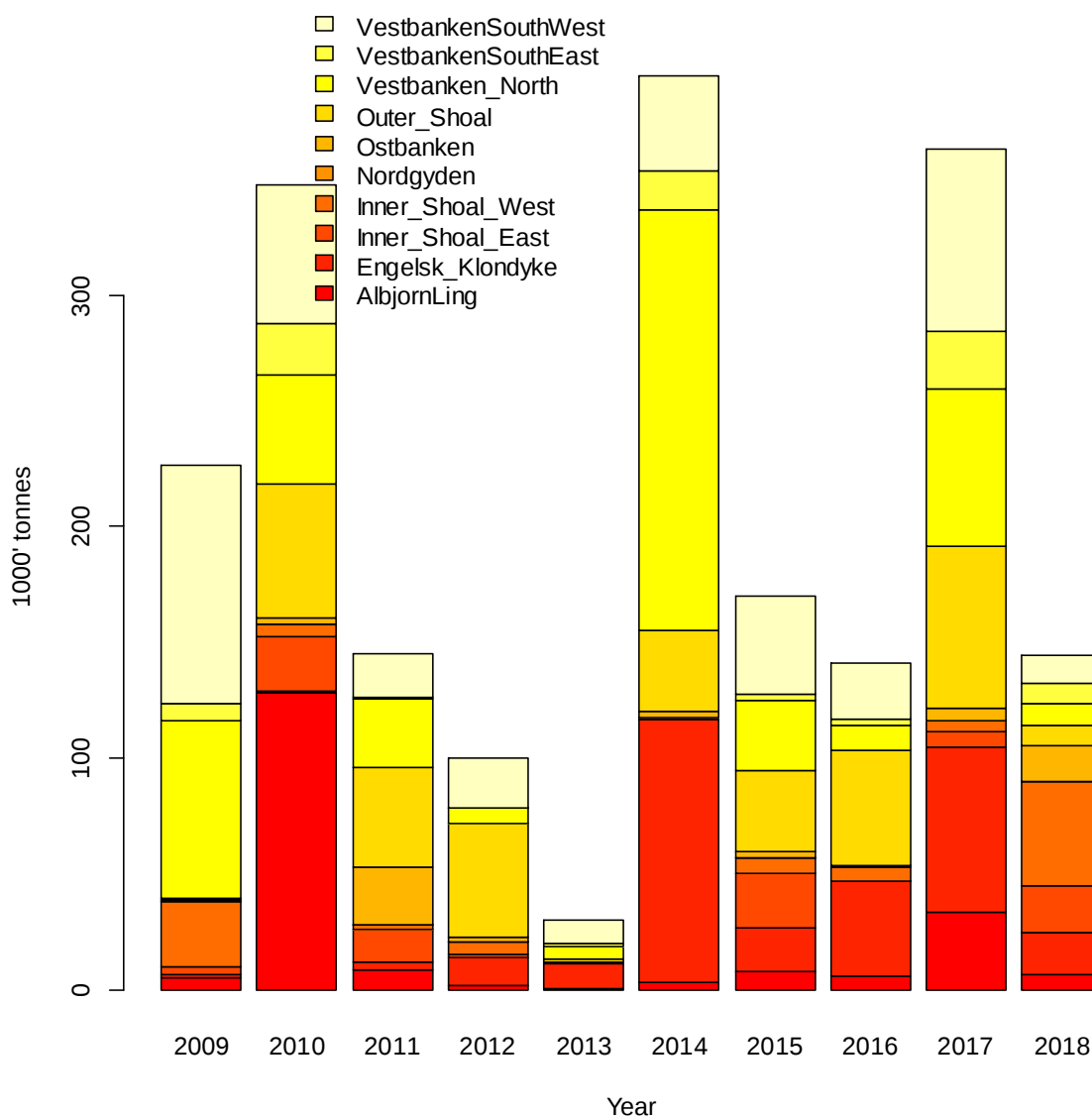
Analysen viser at lengdefordelingene fra toktene og de norske fangstene er like, noe som gir en sterk indikasjon på at både toktdata og fangstdata reflekterer den reelle lengdestrukturen i bestanden av fisk som er ett år og eldre. Ved høy rekruttering, som i 2017, vil 1-åringer dominere fangstene (Figur 9), mens eldre fisk dominerer når rekruttering er dårlig (se for eksempel 2016 og 2018).

Resultat fra akustikktokt og bestandsutvikling

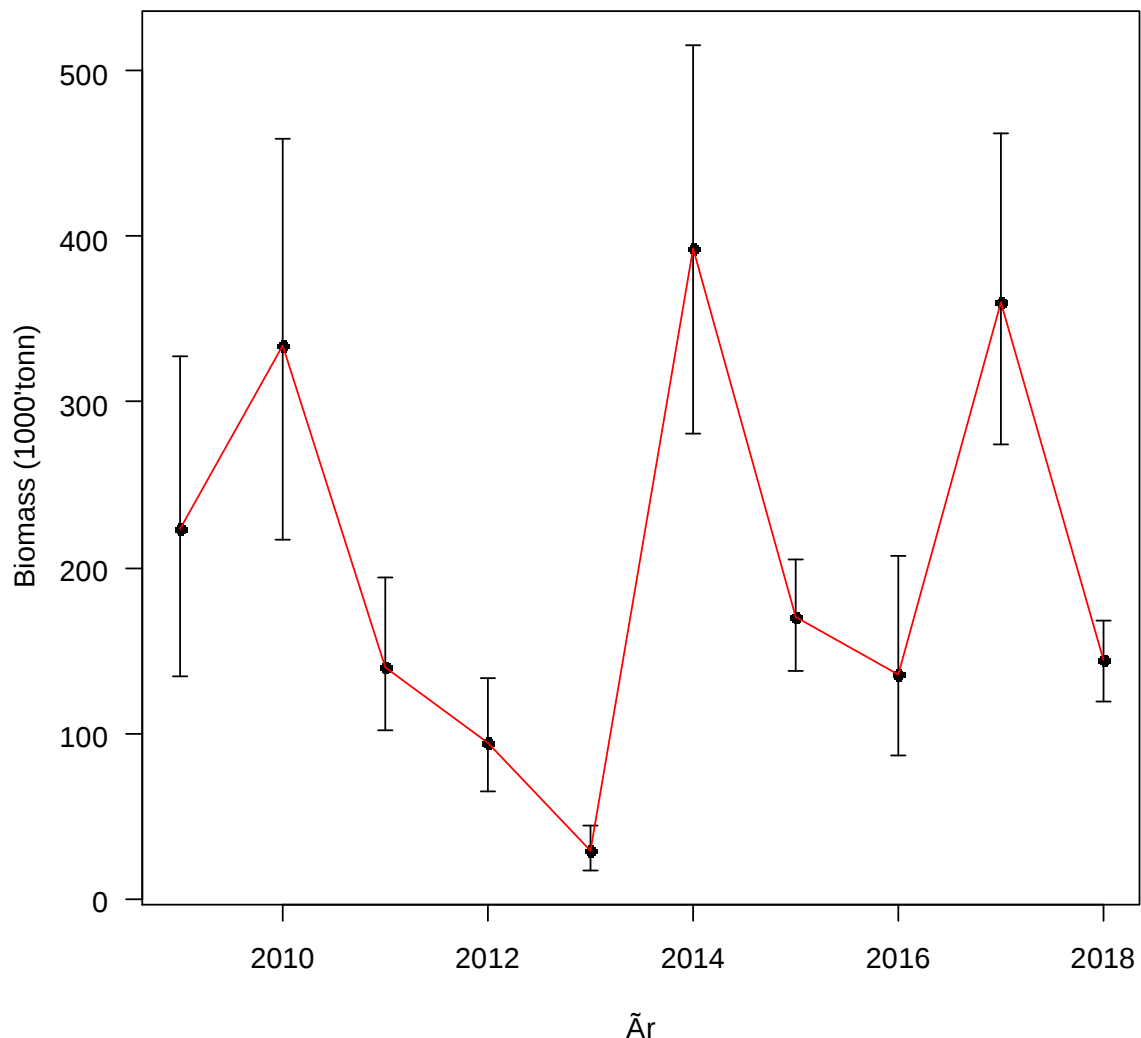
Forvaltningsområdene 1-4

Figur 10 viser estimert biomasse per år og toktområde for perioden 2009-2018 (toktområdene er vist i Figur 5). På tross av at det er knyttet noe usikkerhet til estimatene (Figur 11) viser både Figur 12 og 12 at man følger årsklassene godt gjennom flere år. Mengde tobis i antall per lengde- og aldersgruppe i forvaltningsområdene 1-4 (Figur 12) viser hvor stor variasjon det er i årsklassestyrkene for tobis. Denne variasjonen er også vist i Figur 13, og det er klart at mens 2015-og 2017 årsklassene er svært svake er 2016-årsklassen meget sterk.

Nordgyden har ikke blitt systematisk kartlagt, men det har ikke blitt observert høye tettheter av tobis i dette toktområdet.



Figur 10. Biomasse (1000 tonn) per toktområde (ekskl. Nordgyden og Vikingbanken) og år estimert fra de akustiske tobistoktene i Nordsjøen.



Figur 11. Biomasse (median) med konfidensintervall (5-95%) totalt for alle toktområder i forvaltningsområdene 1-4 (ekskl. Nordgyden) per år estimert fra de akustiske tobistoktene i Nordsjøen.

Rekrutteringen av 2009-årsklassen bidro sterkt til en høy total biomasse i 2010, men de påfølgende to årsklassene var meget svake (Figur 13). I tillegg var 2012-årsklassen kun middels sterk slik at gytebestanden var lav ved gyting i årsskiftet 2013/2014 (Figur 10 og 11). Denne bestandsnedgangen fikk også store konsekvenser for den geografiske spredningen av bestanden (Figur 14).

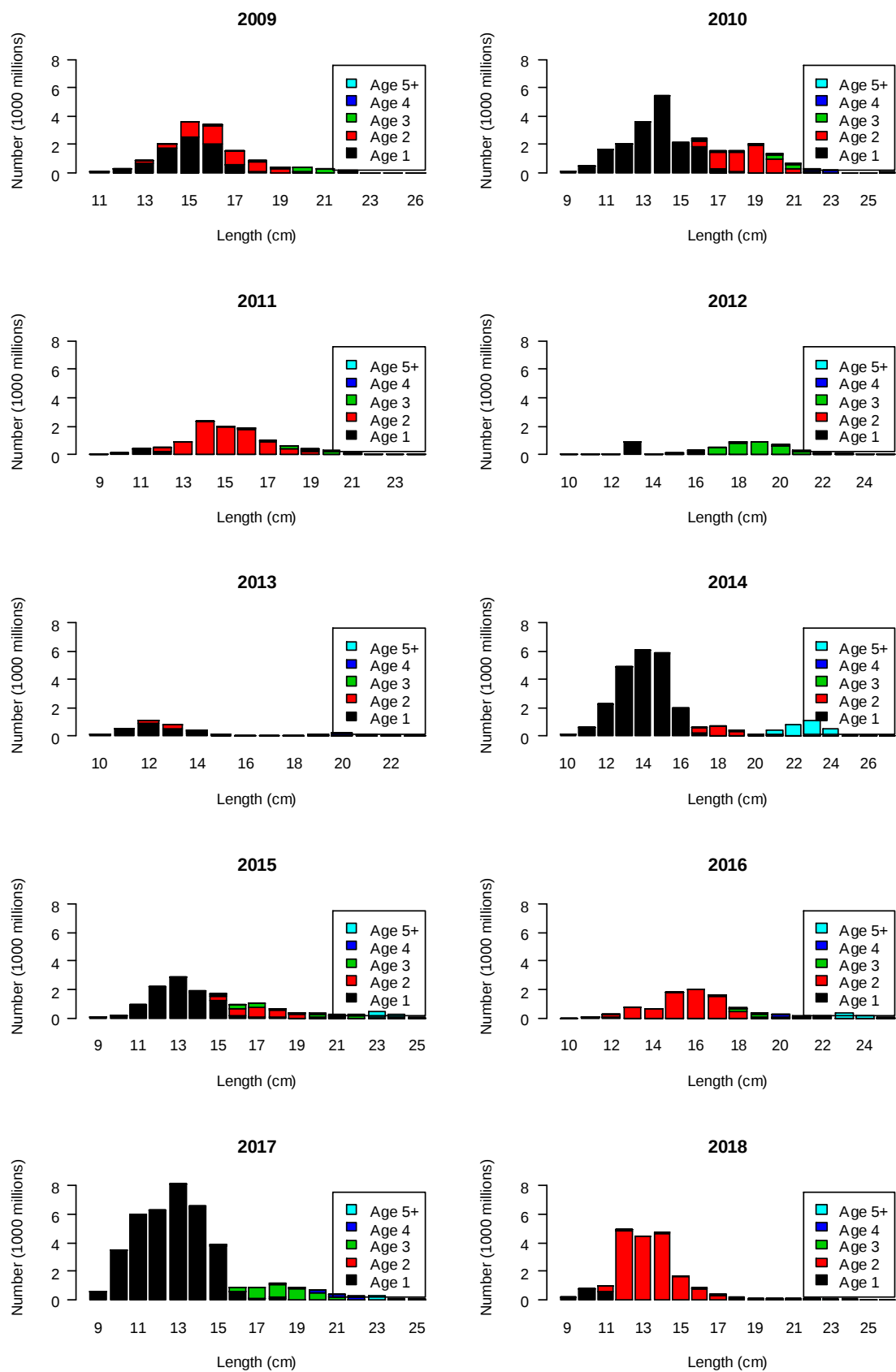
En sterk rekruttering av 2013-årsklassen medførte et kraftig løft i den totale tobisbestanden i område 2 og 3 i 2014, men det akustiske toktet, skrapetoktet og de kommersielle fangstene viste at rekrutteringen av 2013-årsklassen varierte svært mye mellom områdene (Figur 14). Rekrutteringen av 2013-årsklassen var svak i område 1, 4 og 5. Store mengder toåringer var forventet i område 2 og 3 under akustikktoktet i 2015, men dette slo ikke til. Det er derfor knyttet noe usikkerhet til hvor sterk 2013-årsklassen faktisk var. På tross av et stort fiskeri i norsk sone i 2015 (cirka 100 000 tonn) viste akustikktoktet i 2016 kun en moderat nedgang i både 2013- og 2014 årsklassen på tross av det ble fisket mye av disse to årsklassene i 2015. Dette tyder på at toktet i 2015 ga et bestandsanslag som var for lavt, altså et underestimat. En

mulig årsak til dette er at toktet i 2015 var preget av dårlig vær noe som igjen kan ha forårsaket en ugunstig tobisadferd for akustisk måling. Den moderate nedgangen av 2013- og 2014-årsklassen fra 2015 til 2016 tyder på at fisketrykket på tobis i 2015, på tross av et moderat biomasseestimat, ikke var for høyt. Været under toktet i 2016 var meget bra, noe som trolig gjorde at det var enklere å måle tobismengden i vannsøylen da. Selv med disse gode forholdene ble 2015-årsklassen estimert til å være den historisk svakeste, og skrapetoktene i 2015 og 2016 estimerer også 2015-årsklassen til å være meget svak.

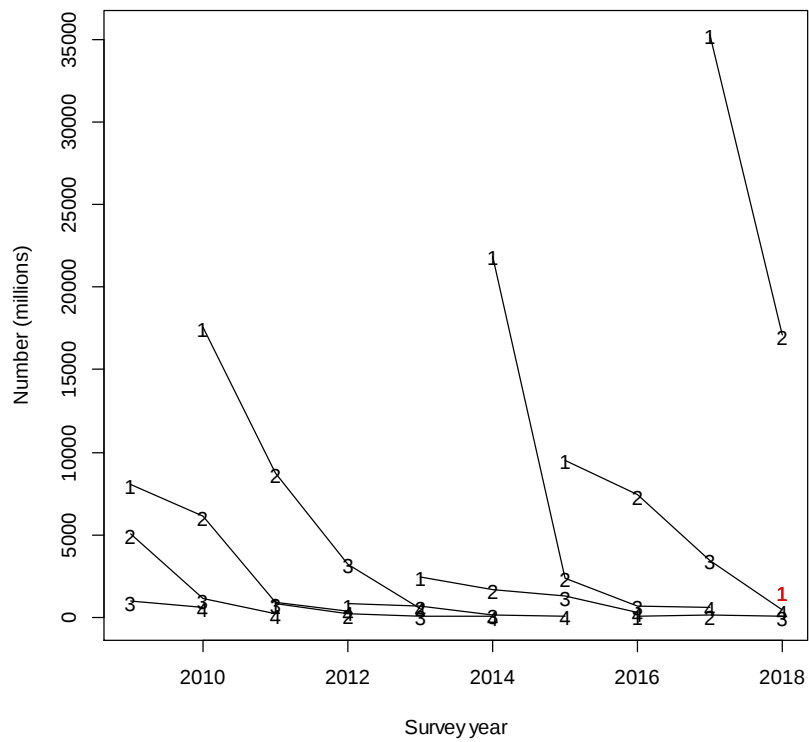
Været var også bra under 2017-toktet, og som forventet fra observasjoner av 0-åringer fra både akustikktoktet og skrapetoktet i 2016 ble det målt store forekomster av 1-åringer i 2017 (Figur 13). I tillegg var denne årsklassen godt spredd i område 1-4. Skrapetoktet antydte at 2017-årsklassen er svak (Figur 3, 6 og 7).

Dette ble bekreftet i løpet av akustikktoktet i 2018, da den sterke 2016-årsklassen dominerte både i toktresultatene og i fiskeriet. På tross av et høyt antall tobis var den totale biomassen mye lavere enn forventet (predikert) siden den individuelle veksten hadde vært svært liten. Lav sjøtemperatur og liten tilgang på dyreplankton er sannsynlige forklaringer til den dårlige veksten. Individvekten av 2-åringene, som er aldersgruppen som i 2018 klart dominerte i antall, var hele 47 % lavere enn gjennomsnittet av denne aldersgruppen i perioden 2009-2017.

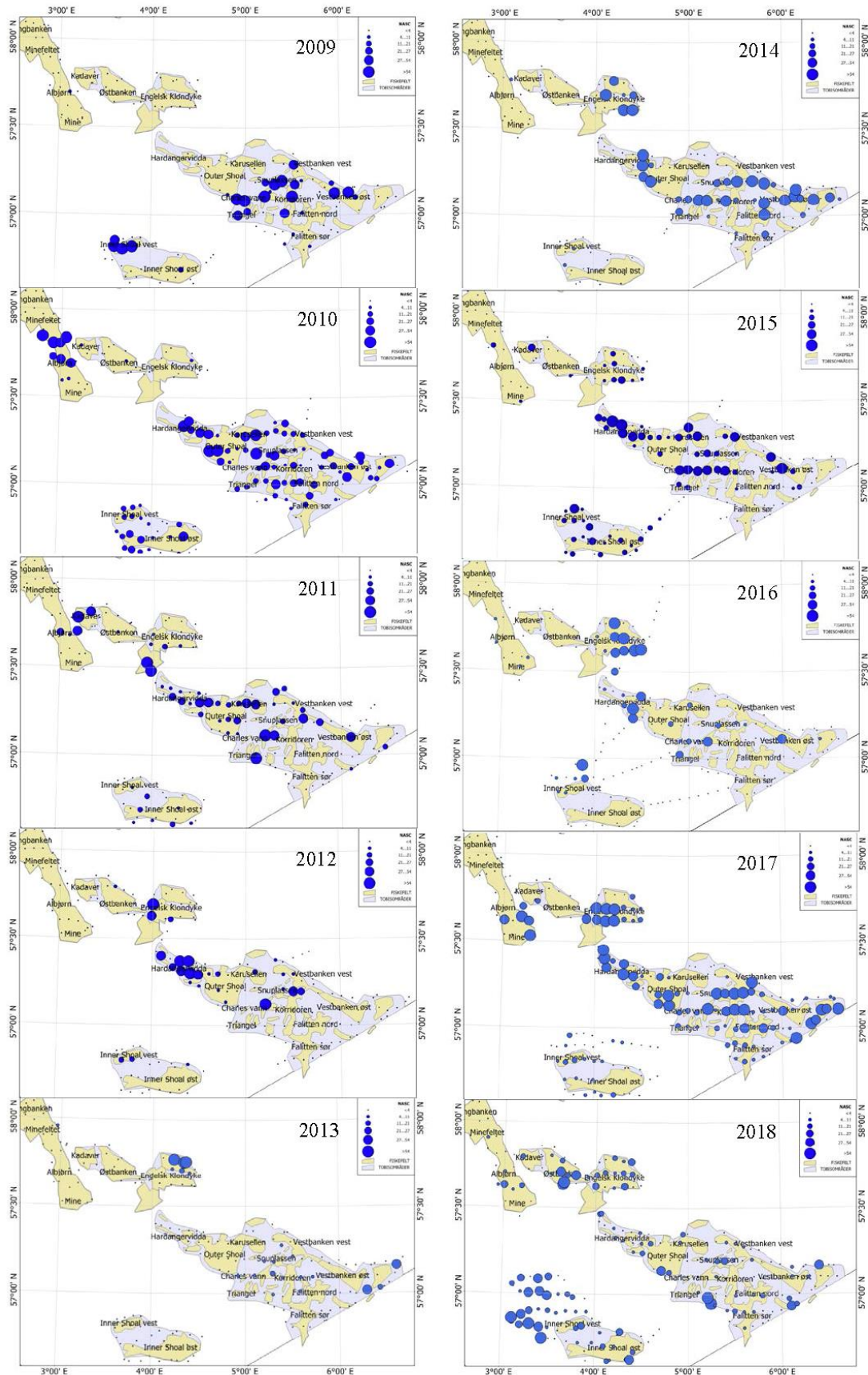
Biologiske prøver fra fiskeriet viste at individvekten økte raskt, og rundt 15. mai hadde individvekten (for 2-åringene) økt til et stabilt nivå og var i snitt ca. 90 % høyere enn vekten målt i midten av april.



Figur 12 Estimert antall individer per lengde- og aldersgrupper hvert år (ekskl. Nordgyden og Vikingbanken).



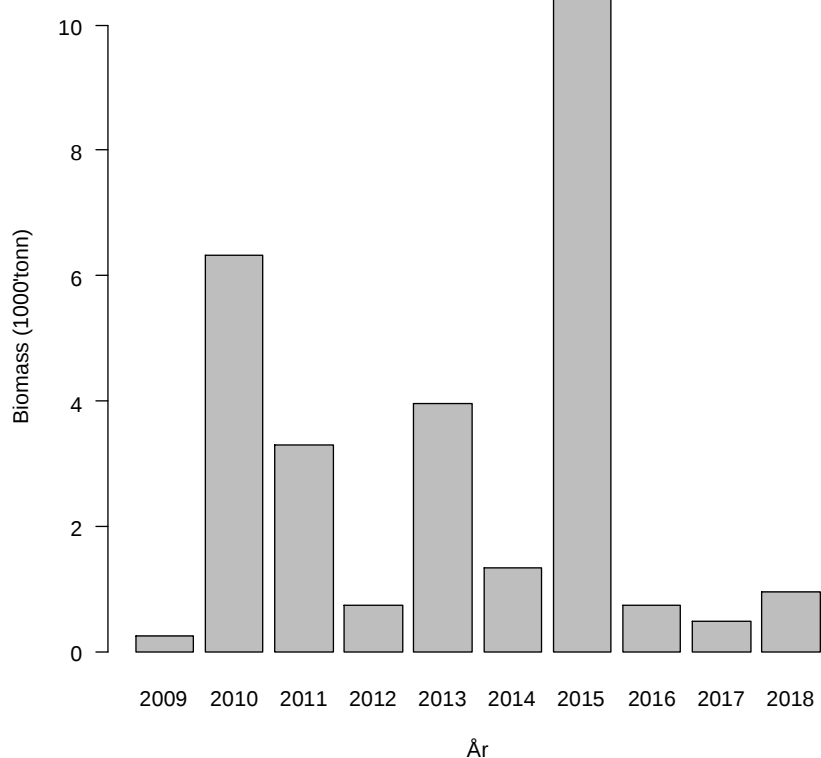
Figur 13 Estimert antall individer per årsklasse ved alder 1 til alder 4. Tallene i linjene viser alder på fisken. Rødt nummer (ölö) viser 2017-årsklassen.



Figur 14. Geografisk utbredelse av tobis (akustisk tetthet) 2009-2018.

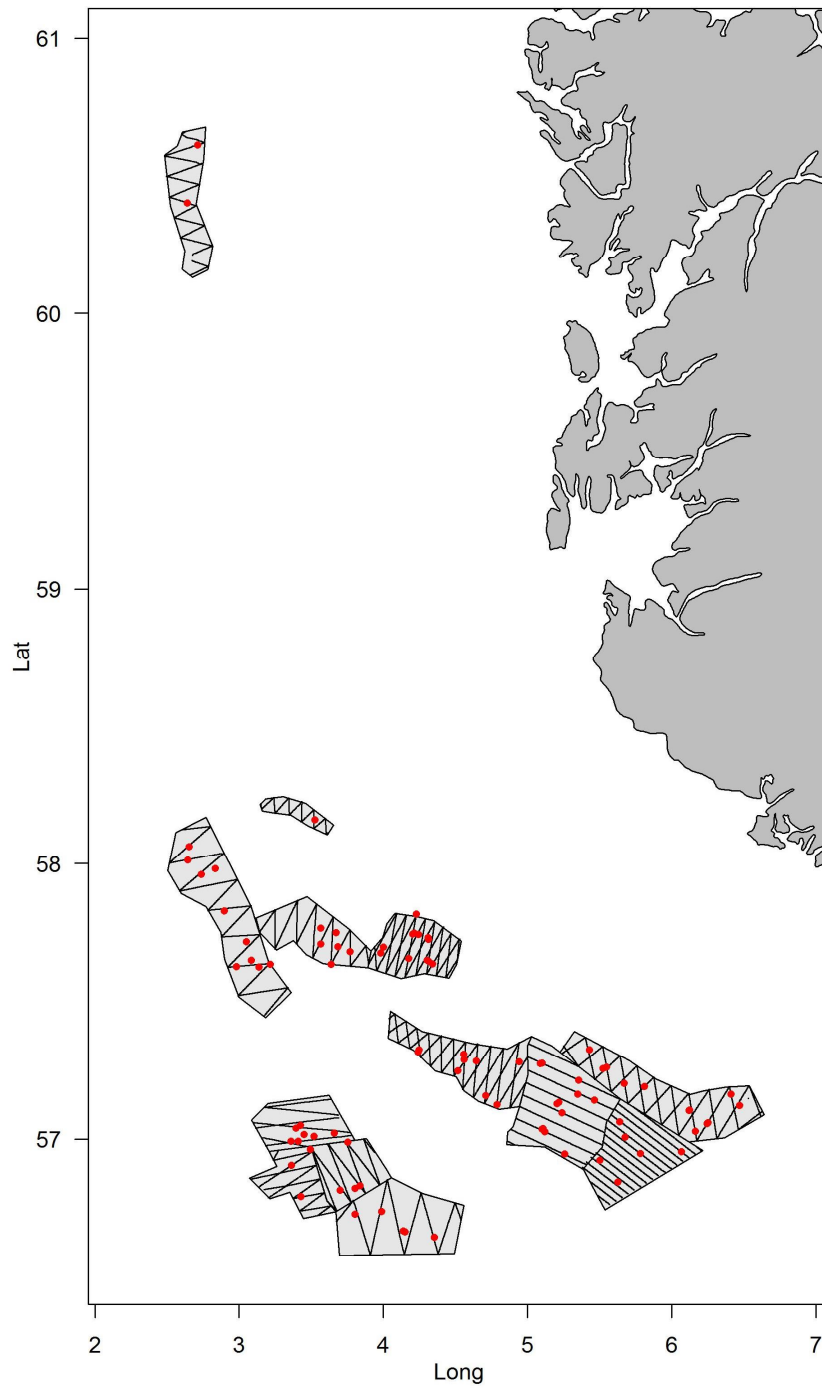
Forvaltningsområde 5

Vikingbanken har også blitt kartlagt akustisk, men det har aldri blitt målt store konsentrasjoner av tobis. Det har også vært vanskelig å få tobis i trålprøvene fra dette området. I perioden 2009-2018 har biomasseestimatene for Vikingbanken variert fra under 500 t (2009) til 12 800 tonn (i 2015) (Figur 15). Selv med usikre bestandsestimat fra Vikingbanken er det ikke noen tvil om at mengden tobis i området fortsatt er svært liten.



Figur 15. Biomasse (tonn) for Vikingbanken estimert fra de akustiske tobistoktene i Nordsjøen.

Appendiks 1



Figur A1. Transekt (svarte streker) og biologiske stasjoner (røde punkter) for det akustiske toktet i 2018. Stratagrensene er vist som sorte polygon.

Appendiks 2

Forvaltningsområde 1

Underområde 1a. Inner Shoal sør.

Området sør for N56°40' vest for Ø004°36' og ellers avgrenset av norsk sektorlinje i sør og vest.

Underområde 1c. Inner Shoal midt. Vil alltid være åpnet dersom det tillates fiskeri i område 1.

Området nord for N56°40' og sør for N56°44' vest for Ø004°36' og ellers avgrenset av norsk sektorlinje i sør og vest.

Underområde 1b. Inner Shoal nord.

Området mellom N56°40' og N57°04' vest for Ø004°36' til norsk sektorlinje i vest.

Forvaltningsområde 2

Underområde 2a. Outer Shoal sør, Snurreplassen, Triangel.

Nordlige grense er N57°11' Vest for Ø004°36' er sydlige grense N57°04' og øst for Ø004°36' er sydlige grense den norske sektorlinjen. Den østlige grensen er Ø005°18' og den norske sektorlinje er den vestlige grensen mellom N57°04' og N57°11' Sør for N57°04' er den vestlige grensen Ø004°36'

Underområde 2c. Outer Shoal midt, Snuplassen. Vil alltid være åpnet dersom det tillates fiskeri i område 2.

Området nord for N57°11' og sør for N57°16', og mellom Ø005°18' og norsk sektorlinje i vest.

Underområde 2b. Outer Shoal nord, Karusellen, Hardangerviden

Området nord for N57°16' og sør for N57°27', og mellom Ø005°18' og norsk sektorlinje i vest.

Forvaltningsområde 3

Underområde 3a. Vestbanken vest, Korridoren, Diana.

Området mellom følgende koordinater;

1. N56°40' (Ved sektorlinja); Ø005°18'
2. N57°27' ; Ø005°18'
3. N57°27'; Ø005°50'

Underområde 3b. Vestbanken sentral, Falittene. Vil alltid være åpnet dersom det tillates fiskeri i område 3.

Området mellom følgende koordinater;

1. N56°40' (Ved sektorlinje); Ø005°18'
2. N57°27' ; Ø005°50'
3. N57°27' ; Ø006°14'
4. N56°50,5' (Mot sektorlinje) ; Ø005°50'

Underområde 3c; Vestbanken øst.

Området mellom følgende koordinater;

1. N56°50,5' (Mot sektorlinje) ; Ø005°50'
2. N57°27' ; Ø006°14'
3. N57°27' Ø007°49,5' (Ved sektorlinje)

Forvaltningsområde 4

Underområde 4a. Albjørn, Østbanken sør og Engelsk Klondyke Sør.

Området mellom N57°27' og N57°41', og norsk sektorlinje i vest og Ø005°18' i øst.

Underområde 4b. Lingbanken, Kadaveret, Minefeltet, Østbanken nord, Engelsk Klondyke Nord.

Området mellom N57°41' og N58°15' og den norsk sektorlinje i vest og Ø005°18' i øst.

Forvaltningsområde 5

Underområde 5a. Vikingbanken sør.

Området mellom N60°00' og N60°20' og mellom norsk sektorlinje i vest og Ø003°10'

Underområde 5b. Vikingbanken nord.

Området mellom N60°20' og N60°40' og mellom norsk sektorlinje i vest og Ø003°10'

Appendiks 3. Survey design and estimation procedures

The survey design followed a standard stratified design (Jolly and Hampton 1990). Within each stratum, the transects had a random starting position and the transects were used as the primary sampling unit (Simmonds and MacLennan 2008). More effort was allocated to areas with expected high densities.

The acoustic density values were stored by species category in nautical area scattering coefficient (NASC) [$\text{m}^2 \text{ n.mi.}^{-2}$] units (MacLennan et al. 2002) in a database with a horizontal resolution of 0.1 n mile and a vertical resolution of 10 m, referenced to the surface. To estimate the mean and variance of the NASC values, we use the methods established by Jolly and Hampton (1990) and implemented in the software StoX (<http://www.imr.no/forskning/prosjekter/stox/nb-no>). The primary sampling unit is the sum of all elementary NASC samples of sandeel along the transect multiplied with the resolution distance. The transect (t) has NASC value (s) and distance length L . The average NASC ($\bar{S}$) in a stratum (i) is then:

$$\bar{S}_i = \frac{1}{n_i} \cdot \sum_{t=1}^{n_i} w_{it} s_{it} \quad (1)$$

where $w_{it} = L_{it} / \bar{L}_i$ ($t=1,2,.. n_i$) are the lengths of the n_i sample transects, and

$$\bar{L}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{t=1}^{n_i} L_{it} \quad (2a)$$

The final mean NASC is given by weighting by stratum area, A_i :

$$\bar{S} = \frac{\sum_i A_i \bar{S}_i}{\sum_i A_i} \quad (3)$$

Variance by stratum is estimated as:

$$\hat{V}(\bar{S}_i) = \frac{n}{n_i - 1} \sum_{t=1}^n w_{it}^2 (s_t - \bar{s})^2 \quad \text{with } \bar{s}_i = \frac{1}{n_i} \cdot \sum_{t=1}^{n_i} s_t \quad (4)$$

Where $w_{it} = L_{it} / \bar{L}_i$ ($t=1,2,.. n_i$) are the lengths of the n_i sample transects.

The global variance is estimated as

$$\hat{V}(\bar{S}) = \frac{\sum_i A_i^2 \hat{V}(\bar{S}_i)}{\left(\sum_i A_i \right)^2} \quad (5)$$

The global relative standard error of NASC

$$RSE = 100 \sqrt{\frac{\hat{V}(\bar{S})}{N}} / \bar{S} \quad (6)$$

where N is number of strata.

Relative standard error by number of individuals by age group was estimated by carrying out by combining a bootstrap of the transects with a bootstrapping techniques of the assigned trawl stations.

References

- Hamre, J., Johnsen, E., & Hamre, K. (2014). A new model for simulating growth in fish. *PeerJ*, 2, e244.
- Johnsen, E., Pedersen, R., & Ona, E. (2009). Size-dependent frequency response of sandeel schools. *ICES Journal of Marine Science*, 66(6), 1100-1105.
- Jolly, G. M., and Hampton I.. A stratified random transect design for acoustic surveys of fish stocks. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 47.7 (1990): 1282-1291.
- Korneliussen, R. J., Heggelund, Y., Macaulay, G. J., Patel, D., Johnsen, E., & Eliassen, I. K. (2016). Acoustic identification of marine species using a feature library. *Methods in Oceanography*, 17, 187-205.
- MacLennan, D. N., Fernandes P. G., and Dalen J. 2002. A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 59: 365-369.
- Pennington, M. 1983. Efficient estimators of abundance, for fish and plankton surveys. *Biometrics*, 281-286.
- Simmonds, J, and David N. MacLennan. *Fisheries acoustics: theory and practice*. John Wiley & Sons, 2008.