



BESTANDSVURDERING AV KVEITE (*HIPPOGLOSSUS HIPPOGLOSSUS*) I NORSK ØKONOMISK SONE (ICES-OMRÅDER 1-4) I 2024

Fabian Zimmermann, Erik Berg, Torfinn Erling Larsen og Mikko Vihtakari
(HI)



Tittel (norsk og engelsk):

Bestandsvurdering av kveite (*Hippoglossus hippoglossus*) i Norsk økonomisk sone (ICES-områder 1-4) i 2024

Rapportserie:	År - Nr.:	Dato:
Rapport fra havforskningen	2024-39	27.09.2024
ISSN:1893-4536		
Forfatter(e):		
Fabian Zimmermann, Erik Berg, Torfinn Erling Larsen og Mikko Vihtakari (HI)		
Forskningsgruppeleder(e): Ole Thomas Albert (Dyphavsarter og bruskfisk) og Erik Berg (Bentiske ressurser og prosesser)		
Godkjent av: Forskningsdirektør(er): Geir Huse Programleder(e): Jan Atle Knutsen		

Distribusjon:
Åpen

Program:
Kystøkosystemer

Forskningsgruppe(r):
Dyphavsarter og bruskfisk
Bentiske ressurser og prosesser

Antall sider:
36

Sammendrag (norsk):

Kveite (*Hippoglossus hippoglossus*) er en langtlevende flatfiskart med lang fiskerihistorie og høy økonomisk og kulturell verdi i Norge. Arten forekommer over store områder i norske farvann, men hovedtyngden av bestanden antas nå å være i fjorder og kystnære områder langs norskekysten, og anses derfor som en norsk bestand. Bestanden er delt inn i to forvaltningsenheter, sør og nord for 62°N basert på fisket, antatt bestandsutvikling og tilgjengelig data (tidsserier) til bruk i bestandsvurdering. Etter en kollaps i hele utbredelsesområdet på 1970-tallet, har rapporterte landinger nord for 62°N økt, spesielt i perioden etter 1995. Samme økning i rapporterte landinger er ikke observert i området sør for 62°N. Det er antatt at endringer i landinger over tid er en kombinasjon av endring i bestandsstørrelse og fiskeinnsats. For tiden, er fisket bare begrenset av redskapsreguleringer (antall kroker, antall garn og maskevidde i garn), fredningstid for direktefiske samt minstemål og maksimum. Det har vist seg å være vanskelig å begrense innsatsen i fisket da stadig flere fartøy deltar, fartøyene øker bruksmengden (flere garn/kroker) og de bruker mer effektive redskaper (trommelline). For å unngå overfiske er det derfor etter Havforskningsinstituttets vurdering, behov for en forskningsbasert overvåking, modelbasert bestandsvurdering og tilhørende kvoteråd. Mangel på aldersdata (spesielt fra fangst) og andre biologiske parametere begrenser hvilke modeller som kan benyttes. Basert på tilgjengelige data og kunnskap ble det bestemt at en biomassemodell er den beste tilnærmingen for en bestandsvurdering av kveitebestanden på det nåværende tidspunktet. Bestandsmodellen har blitt implementert i modelleringsrammeverket SPiCT, som er en foretrukket biomassemodell i ICES. Etter en omfattende gjennomgang av alle relevante tokt- og fiskeridata som kunne inneholde informasjon om endringer i bestanden, ble SPiCT testet med forskjellige kombinasjoner av bestandsindekser og konfigureringer. Datatilgang, fangstutvikling og antatt bestandsutvikling i området sør for 62°N er så forskjellig fra nord for 62°N at dette området ikke inngår i modelleringen. Rapporten presenterer derfor modellkonfigurasjonen for kveite nord for 62°N, som etter analysene anses å være den best egnete gitt den nåværende data- og kunnskapsstatus. Resultatet viser at bestandsmodellen kan aksepteres og brukes til å lage et råd for totalfangst (TAC) av kveite nord for 62°N. Videre diskuteres ytterlige data- og kunnskapsbehov, særlig angående fritids- og turistfisket.

Innhold

1	Bakgrunn	5
1.1	Fiskeri	5
1.2	Dagens bestandsvurdering og rådgiving	6
2	Inputdata til bestandsvurdering	7
2.1	Landinger, utkast og fritids-/turistfiske	7
2.2	Bestandsindekser	8
2.2.1	<i>Toktindeks</i>	9
2.2.2	<i>Kommersielle indekser</i>	10
2.3	Priors	10
3	Bestandsmodell	12
3.1	Endelig bestandsvurdering	12
3.2	Alternative modellkonfigurasjoner	19
3.2.1	<i>Tidsserie av landinger</i>	19
3.2.2	<i>Bestandsindekser og konfigurasjon</i>	20
3.3	Sensitivitetsanalyse	22
3.3.1	<i>Antagelser på urapporterte landinger</i>	22
3.3.2	<i>Bestandsvekst (r-prior)</i>	24
3.3.3	<i>Modellformen (produksjonskurve)</i>	25
3.3.4	<i>Opprinnelig bestandstilstand (B0/K-prior)</i>	27
3.4	Referansepunkter og kvoteråd	28
4	Anbefalinger og kunnskapsbehov	30
4.1	Fiskeridata	30
4.1.1	<i>Fritidsfiske</i>	30
4.1.2	<i>Turistfiske</i>	30
4.1.3	<i>Kommersielle data</i>	31
4.2	Toktdata	31
4.3	Biologi	31
4.3.1	<i>Bestandsstruktur</i>	31
4.3.2	<i>Rekruttering og bestandsdynamikk</i>	32
4.3.3	<i>Livshistorieparametere</i>	32
4.4	Bestandsvurdering og forvaltningsstrategi	32
4.4.1	<i>Alternative bestandsvurderingsmetoder</i>	32
4.4.2	<i>Høstingsregel og forvaltningsstrategi</i>	33
4.5	Kveite sør for 62°N	33
5	Referanser	34

1 - Bakgrunn

Kveite (*Hippoglossus hippoglossus*) er en langlevende art med lang fiskerihistorie og høy økonomisk og kulturell verdi i Norge. Arten forekommer over store områder i norske farvann; i fjorder og kystnære områder langs hele norskekysten, i deler av Barentshavet, på sokkelen mot Norskehavet samt i Nordsjøen. Selv om arten forekommer over store områder, er hovedtyngden av bestanden i fjorder og kystnære områder langs norskekysten (både ung umoden og gytemoden fisk), og anses derfor som en norsk bestand.

Oppvekstområdene for de minste kveitene er på grunt vann (<50 meter), mens kveite over 60-70 cm er utbredt over hele dybdeintervallet fra 0 til 1000 meter. Bestanden har, som mange andre bestander, vært delt inn i to forvaltningsenheter, sør og nord for 62°N basert på fisket, antatt bestandsutvikling og tilgjengelig data til bruk i bestandsvurdering. Redskapsbegrensninger og fredningstid har vært ulik i de to områdene, men ble harmonisert i 2023. Etter en kollaps i hele utbredelsesområdet på 1970-tallet, har rapporterte landinger nord for 62°N økt, spesielt i perioden etter 1995. Samme økning i landinger er ikke blitt observert i området sør for 62°N. Endring i fangstene i nord skyldes antageligvis en kombinasjon av økt bestandsbiomasse og økt fiskeinnsats. Inntil nå har fisket kun vært begrenset av redskapsregulering i form av mengde redskap, maskevidde på garn, fredningstid for direktefiske samt minstemål og maks mål. Det har hverken vært en systematisk overvåking av bestandssituasjonen eller en fangstbegrensning. Det har vist seg vanskelig å regulere det totale uttaket fra bestanden gjennom å innsatsbegrense fisket ettersom stadig flere fartøy deltar, fartøyene øker bruksmengden (flere garn/kroker) og de bruker mer effektive redskaper (trommelline). For å unngå overfiske er det derfor behov for en forskningsbasert overvåking med kvoteråd basert på en bestandsvurderingsmodell. Mangel på aldersdata (spesielt fra fangst) og andre biologiske parametere begrenser hvilke modeller som kan benyttes til bestandsvurdering.

1.1 - Fiskeri

Kveite har hovedsakelig blitt fanget med garn og line (kveitevad). I perioden etter andre verdenskrig ble kveitegarnene mer effektive, blant annet på grunn av nye materialvalg. Fisket med garn på gytefeltene i gytetiden var svært effektivt og var nok hovedårsaken til overfisket som førte til bestandsnedgangen etter andre verdenskrig. Etter hvert ble garnfisket i gytetiden forbudt for å bevare gytebestanden. Kveitegarn settes hovedsakelig på relativt dypt vann og fanger for det meste relativt stor kveite godt over både minstemål og alder ved kjønnsmodning, mens kveitevad settes på alle dyp (10-600 m) og fanger i utgangspunktet alle størrelser, fra fisk under minstemålet til de aller største. På grunn av de ulike seleksjonsmønstrene til garn og line, er det forventet at både de minste og de største individene er underrepresentert mens størrelser rundt 25-50 kg er overrepresentert i garnfangstene, og for line er de aller største underrepresentert fordi de slites av under draging av lina. Etter 2000 har også en betydelig andel relativt små kveite rundt og under minstemålet blitt tatt som bifangst i forbindelse med torskefisket i perioden januar-mai i området nord for 62°N. I 2024 ble omlag 250 tonn kveite landet nord for 62°N fra 1.januar til 1.april. I denne perioden er direktefiske etter kveite forbudt i alle områder. All fangst er derfor bifangst. Hovedmengden (170 tonn) var fanget med garn som bifangst i torskefisket, og er hovedsakelig kveite rundt minstemålet og utgjør derfor et relativt stort antall selv om kvantumet er under 10% av dagens totale landinger. Nye reguleringer i 2023 ble innført blant annet for å begrense bifangsten i torskefisket. En del kveite tas også som bifangst i garnfisket etter breiflabb som fanges med garn med noe mindre maskestørrelse. Det har vært noe ulike redskapsbegrensninger og fredningstider nord og sør for 62°N, men disse ble harmonisert i 2023. Direktefiske er nå kun tillat i perioden 1.april-20.desember. Minstemålet på kveite økte fra 60 til 80 cm i 2010, og økte videre til 84 cm i 2023. Garn og liner som brukes til fiske etter breiflabb og kveite skal røktes minst hver fjerde dag.

1.2 - Dagens bestandsvurdering og rådgiving

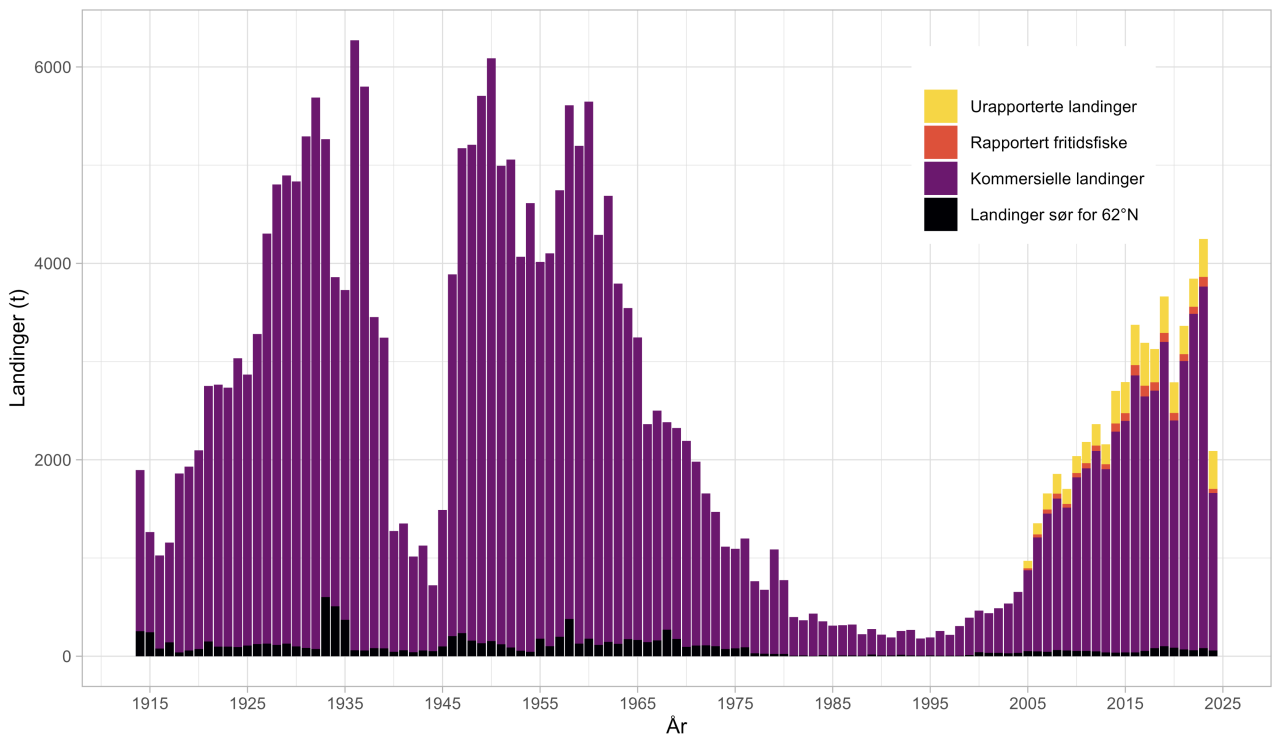
Det har ikke tidligere blitt gjennomført en kvantitativ bestandsvurdering av kveite i norske farvann. Havforskningsinstituttet (HI) har etablert en tidsserie fra kystøkosystemtoktet som går tilbake til 1995. Selv om toktet ikke er utviklet med tanke på kveite er toktet antatt å være den beste fiskeriuavhengige indeksen fordi toktet dekker en stor del av det sentrale utbredelsesområdet. Basert på toktindeksen, data om historiske fangster samt antatt utvikling i fangsttinningsgrad fra kommersielle aktører har det dannet seg et bilde av en historisk bestandsutvikling i perioden fra 1995 og frem til i dag. HI har de siste årene advart om at nåværende beskatningsnivå på kveite antageligvis ikke er bærekraftig (blant annet i svar på høring i 2022 angående nye reguleringer i fisket etter kveite). Det har imidlertid ikke vært mulig å komme med konkrete forslag til et bærekraftig uttak, fordi det ikke foreligger en kvantitativ bestandsvurdering med dertil etablerte referansepunkter. Både bestandsvurdering og rådgiving har derfor tidligere bare vært basert på endringer i kveiteindeksen fra kystøkosystemtoktet, utvikling i kommersiell fangst og antatt sammenheng mellom disse parametrene og bestandsbiomassen.

2 - Inputdata til bestandsvurdering

Data som ble vurdert som input til bestandsmodellen var: 1) rapporterte kommersielle landinger og informasjon på landinger fra turist og fritidsfiskere, 2) bestandsindeks fra HIs årlige kystøkosystemtokt, 3) CPUE-indeks fra elektroniske dagbøker og referanseflåte, og 4) priors basert på livshistorie og ekspertkunnskap.

2.1 - Landinger, utkast og fritids-/turistfiske

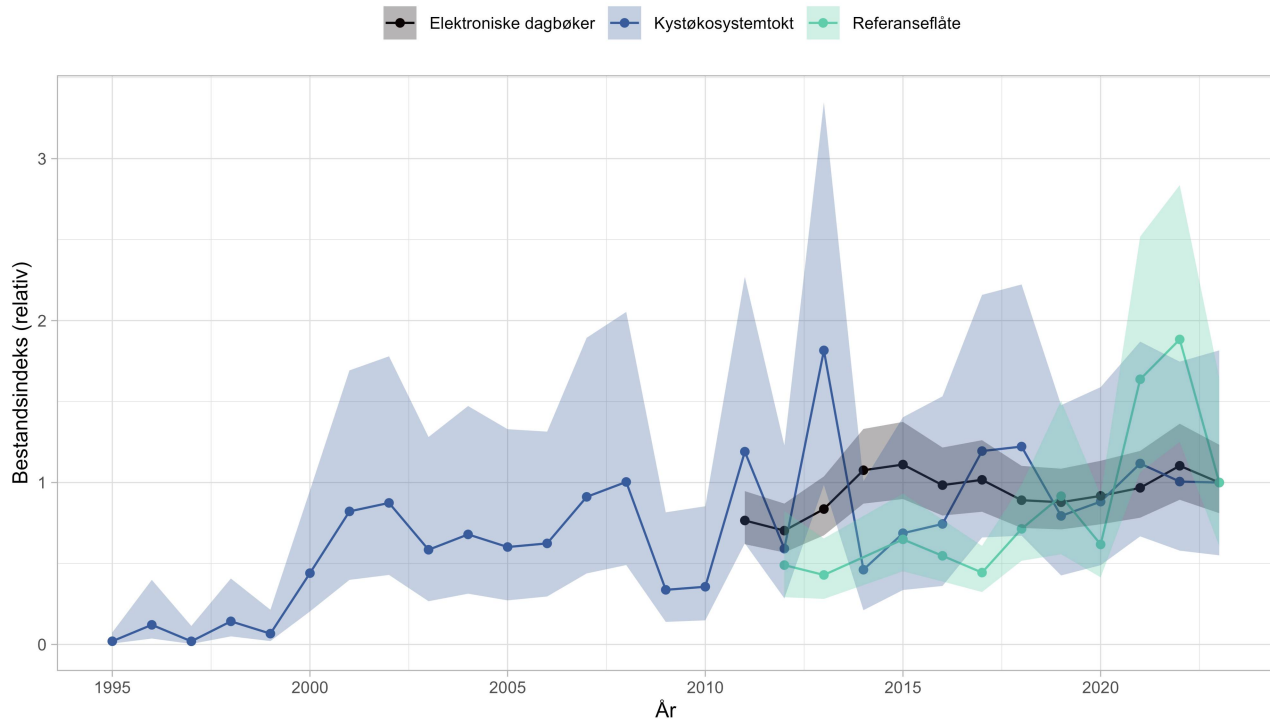
Kommersielle landinger er basert på Statistisk Sentralbyrå sin digitaliserte fiskeristatistikk (<https://www.ssb.no/a/histstat/publikasjoner/histemne-06.html>) fram til 1976, og Fiskeridirektoratets sluttseddelregister (<https://www.fiskeridir.no/Yrkesfiske/Rapportering-ved-landing/Landings-og-sluttsedlene>) fra og med 1977. Historiske data fra før 1977 er basert på landinger per fylke (Nedreaas og Kjærnli 2024) og inkluderer alle landinger fra og med Møre og Romsdal til og med Finnmark. Sluttseddeldata mellom 1977 og 2000 har blitt kvalitetssjekket og tilordnet til bestandsområdet (Lindgård 2023), mens fra og med 2000 inkluderes også alle lokasjoner nord for 62°N, bortsett fra fangster registrert fra områder rundt Island og Grønland (ICES-områder 5a, 14a og 14b). Kommersielle landinger i tidsperioden fra 1914 til 2023 var dermed tilgjengelig som input i analysen (Figur 1). Fritids og turistfiske på kveite representerer en ikke ubetydelig andel av totalfangsten. Eksakt størrelse på dette kvantumet er ukjent, fordi rapportering av fisk som ikke omsettes gjennom godkjente kjøpere ikke er påkrevd. Det finnes to datakilder med systematisk informasjon om omfang og utvikling av fritidsfiske og turistfiske: 1) landinger fra fritidsfiskere på fiskemottak registreres i sluttseddelregisteret (registrert med kvotetype "Fritidsfiske" eller fartøytype "Fritidsfartøy"), 2) obligatorisk rapportering av turistfiskebedrifter fra og med 2018 i antall fisk. Fordi det er en lengre tidsserie hvor fritidsfiske kan relateres direkte til landinger i yrkesfisket, ble det bestemt å bruke informasjon fra sluttsedler som indikasjon på både omfang og endringer over tid av fritidsfiske. Vi antar at bare 20% av fangstene fra fritids og turistfiske kombinert, blir rapportert i sluttsedlene hvert år. Selv om det bare er for et enkelt år, stemmer denne antagelsen overens når vi sammenligner forholdet mellom beregnet turist- og fritidsfiske i Troms fylke (Ferter mfl 2022) med rapporterte fritidsfiskefangster fra sluttsedler samme år. Totalfangsten i bestandsmodellen ble derfor beregnet som registrerte landinger av yrkesfiskere per år pluss registrerte landinger fra fritidsfisket multiplisert med fem. Utkast i både kommersielt fiske og turist- og fritidsfiske er antatt å være neglisjerbart og er derfor satt til null. Usikkerhet knyttet til endringer i datakvaliteten til fangsttidsserien over tid ble inkludert i modellkonfigurasjonen som en tidsserie der observasjonsfeilen i periodene ble vektet henholdsvis: 1) 1914-1977: lineær reduksjon fra 3 i 1914 til 1 i 1977, for å representere økt usikkerhet rundt landingsstatistikk tilbake i tid; 2) satt til 1 mellom 1977 og 2004, og for 2005-2023 lik forholdet mellom totalfangst og rapporterte landinger, for å ta høyde for usikkerhet rundt urapporterte fangster i nyere tid. Tidsserien på fangst og alle antagelser rundt den blir utforsket og diskutert som en del av sensitivitetsanalysen.X



Figur 1: Kveite i norsk økonomisk sone, ICES-områder 1-4. Tidsserie av rapporterte landinger (lilla), rapporterte landinger av fritidsfisker (rød), antatt urrapporterte landinger av fritidsfisker (gul) nord for 62°N, og rapporterte landinger sør for 62°N (sort). Landinger i 2024 er kun tom. juli.

2.2 - Bestandsindekser

Standardiserte bestandsindekser for området nord for 62° N ble estimert basert på tre datakilder: 1) HIs årlige kystøkosystemtokt mellom Stad og Varanger, 2) elektroniske fangstdagbøker, og 3) HIs referanseflåte. Bestandsindeksene er vist i Figur 2, og datagrunnlaget og metodikken for hver indeks er beskrevet i de følgende underkapitlene.



Figur 2: Kveite i norsk økonomisk sone nord for 62°N, ICES-områder 1-2. Bestandsindekser basert på data fra elektroniske fangstdagbøker, HIs kystøkosystemtokt, og HIs referanseflåte. Alle indekser er standardisert slik at siste året har verdi 1. Linjer og punkter viser gjennomsnitt, skraverte områder angir 95%-konfidensintervaller.

2.2.1 - Toktindeks

En biomasseindeks på kveite nord av 62°N ble estimert basert på data fra HIs årlige kystøkosystemtokt. Tøktet dekker fjorder og kystnære bankområder mellom Stad og Varanger med et stratifisert fast stasjonsnett med bunntål (Campelen 1800/35 bunntål med rock-hopper gir og et påmontert innernet med 20 mm maskevidde i trålpøsen). Tøktet var opprinnelig designet som et akustisk tøkt (med faste bunntålstasjoner) med kysttorsk som hovedmålar i regi av Fiskeriforskning (nå Nofima avdeling Tromsø). Etter at Fiskeriforskning ble innlemmet i HI i 2003, overtok HI tøktet og det ble slått sammen med HIs seitøkt og fortsatte som "Kystøkosystemtøktet". Etter hvert har fokuset blitt endret til også å dekke flere andre arter (vanlig uer, hyse, sei, ungsild, brisling, haier, skater og flere andre arter). Tøktet hadde opprinnelig om lag 130 faste bunntålstasjoner men har etter hvert blitt utvidet til i overkant av 200 faste bunntålstasjoner. Først ble tøktet utvidet med rundt 20 døgnet rundt 2015-2016, da ble dekningsområdet marginalt utvidet, men akustiske transekter ble tettere og det ble flere faste stasjoner. Rundt 2018 ble ytterligere bunntålstasjoner inkludert både på eggakanten og i dypere områder for å dekke vanlig uer bedre. Gjennomsnittlig dybde på de faste stasjonene har endret seg svært lite over tid. Tråltid har i hele tidsperioden vært 30 min.

Biomasseindeksen ble estimert med en ikke-linjære mikset effektmodeller (GAMM) som inkluderer korrelasjon i tid og rom. Modellen ble implementert i sdmTMB (Anderson mfl 2022). Tilnærmingen ble valgt til å ta høyde for den komplekse romlige strukturen langs kysten og lokale endringer i tøktdekning. Totalvekt per størrelsesgruppe (over og under minstemål) ble modellert med en tweedie-fordeling (log-link), år som kategorisk effekt og dyp som en kontinuerlig effekt med smooth spline (begrenset til 5 punkter). Modellen inkluderer både romlig korrelasjon (spatial random field) og tid-og-rom-korrelasjon (spatio-temporal random fields med AR1-korrelasjon), basert på en romlig mesh (cutoff på 40 km) som ble laget med sdmTMBs innebygde mesh-

funksjon. Indeksen representeres totalbiomasse over minstemålet predikert fra modellen for hele toktområdet med en grid-størrelse av 4 km². Modellen ble godkjent basert på modelldiagnostikk (konvergering, residualfordeling). Sensitivitetsanalysen og sammenligning med alternative metoder viste at den estimerte trenden er robust. Tilnærmingen bygger på samme metodikk som har blitt brukt i bestandsvurdering av begge rekebestander i Barentshavet og Skagerrak/Norskerenna fra 2022 (ICES 2022).

2.2.2 - Kommersielle indekser

Tilgjengelig kommersielle fangstdata data fra elektroniske fangstdagbøker og HIs database (referanseflåte kyst og hav, Sjøtjenesten, Kystvakt) ble evaluert. Hovedutfordringen ved bruk av kommersielle data på kveite er den komplekse flåtestrukturen med relevante fangster fra flere forskjellige båter og "métiers", bla. garn- og linefiske målrettet mot kveite, men også bifangst i garn- og linefisket etter torskefisk og bifangst i bunntålfiske etter torskefisk. Et stort flertall av registrerte kveitefangster i kommersielle data er bifangst. Det er vanskelig å standardisere fangstrater i bifangstfiske fordi de er avhengig av det som skjer på andre bestander og kan derfor ikke relateres direkte til endringer i bestanden. For å lage fangstrateindekser ble dataene derfor filtrert: 1) bare elektroniske dagbøker med kveite indikert som hovedart og redskapstypene garn og line fra fartøy med minimum tre års deltakelse i fiskeriet ble brukt i dagbokindeksen, 2) bare redskapstype garn ble valgt for referanseflåteindeksen. Det viste seg at fangstmengdene i referanseflåten som kan tilordnes til fisket med kveitegarn er ganske begrenset og må derfor anses som lite representativt, særlig før 2020.

To bestandsindekser ble utarbeidet basert på 1) elektroniske fangstdagbøker og 2) data fra HIs kystreferanseflåte ved standardisering gjennom GAMMs. Modellene for standardisering ble bestemt basert på innledende analyse, diagnostisk og modellseleksjon. Den endelige modellen for elektroniske dagbøker med gammafordeling med log-link kan uttrykkes som:

$$Fangst \sim \text{År} : Redskap + s[innsats, k=5, by=Rdskap] + s[Dag, k=5, by=Redskap] + (1 \vee OmrLok) + (1 \vee FartøyID)$$

, der fangstvekt er responsvariabel, år er inkludert som en kategorisk effekt med en interaksjon med redskapstype (to kategorier: stormasket garn med >180mm maskevidde og line), ståtid og dag i året ble inkludert som kontinuerlige fikserte effekter med smooth splines spesifikk for hver redskapstype. Statistisk område-lokasjon og fartøyidentifikasjon (radiokallesignal) ble inkludert som random intercepts.

Den endelige modellen for referanseflåten med gammafordeling med log-link kan uttrykkes som:

$$Fangst \sim \text{År} : Maskevidde + s[innsats, k=5] + s[fiskedyp, k=5] + (1 \vee FartøyID), \text{ der}$$

fangstvekt er responsvariabel, år er inkludert som en kategorisk effekt alene og år med en interaksjon med maskevidde (to kategorier: garn med >180mm maskevidde, garn med 0-180mm maskevidde), ståtid og fiskedyp ble inkludert som kontinuerlig fikserte effekter med smooth splines. Fartøyidentifikasjon (radiokallesignal) ble inkludert som random intercept.

2.3 - Priors

Informative priors brukes for å styre modellen mot parameterestimerer som korresponderer med eksisterende kunnskap, og skal reflektere en antatt sannsynlighetsfordeling av en spesifikk parameter før andre data (f.eks. fangst og bestandsindekser) blir inkludert. Den underliggende informasjonen bak en prior kan være basert på ekspertkunnskap og/eller faglitteratur. Priors ble testet på parametere som beskriver bestandsdynamikken, nærmere bestemt bestandsvekst (r) og produksjonskurven (η), den opprinnelige bestandstilstanden ($B0/K$), og observasjonsfeil av bestandsindeksene og fangsttidsserien. En prior på r ble generert med R-pakkene FishLife og SPMpriors som bruker informasjon fra livshistorie basert på FishBase, med et gjennomsnitt på 0,15 og et standardavvik på 0,34. Produksjonskurven (η) ble antatt å følge en Schaefer-lik form med et gjennomsnitt på 2

og et standardavvik på 0,2. Den opprinnelige bestandstilstanden $B0/K$ ble antatt å ligge på 0,9 av bestandens bæreevne K , med et standardavvik på 0,25. Priors på observasjonsfeil av bestandsindeksene ble satt til gjennomsnittlig standardfeil av den respektive indeksen med standardavvik på 0,3 hver, mens fangsttidsserien ble satt til 0,2 med standardavvik på 0,4. Fordi observert lognormal fordeling kan gi en positiv og dermed ikke-konservativ bias på r og $B0/K$, ble det bestemt å bruke en bias-korrigeringsfaktor på begge priorene, dvs. trekke $sd/2$ fra gjennomsnittet.

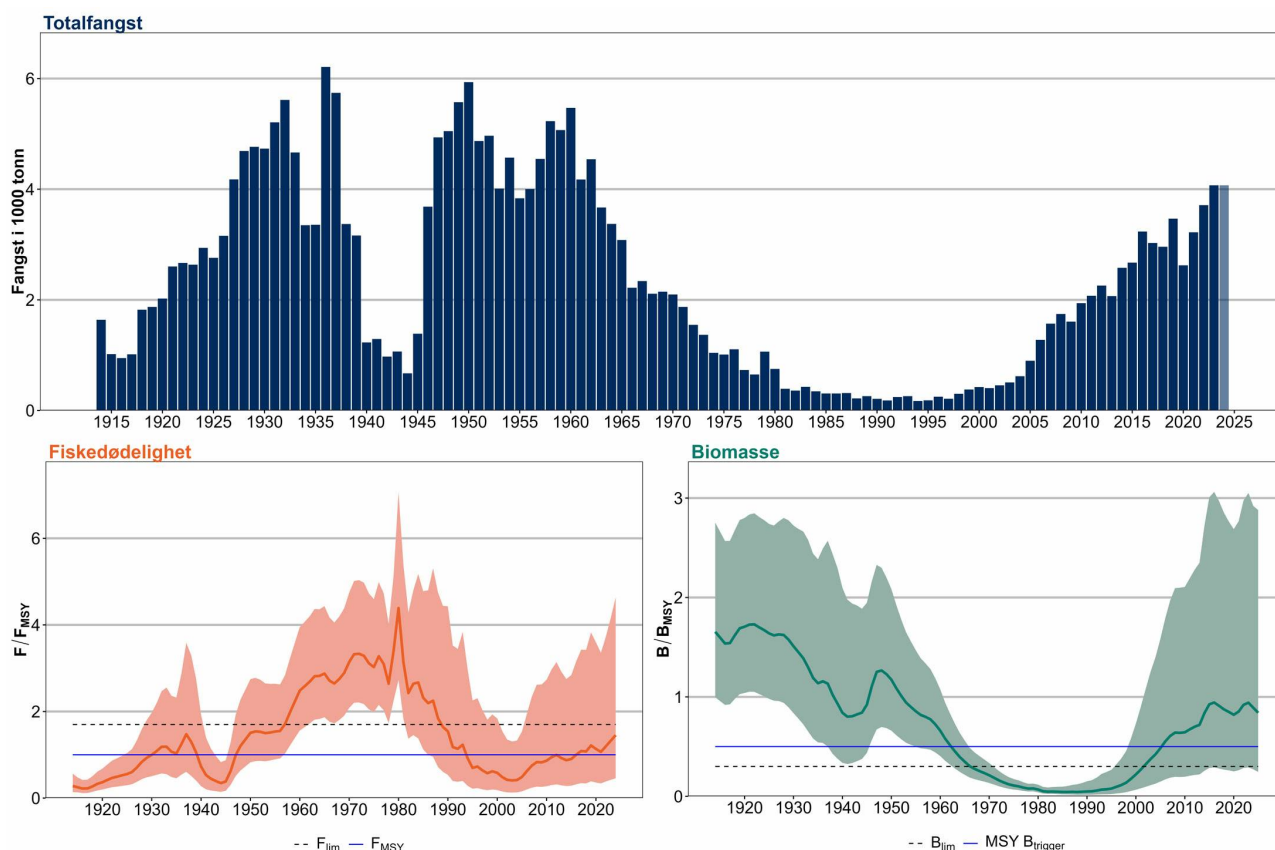
3 - Bestandsmodell

Bestandsmodellen ble implementert i modelleringsrammeverket SPiCT (Stochastic surplus Production model in Continuous Time, Pedersen og Berg 2017), som er en foretrukket biomassemodell i ICES (ICES 2024a), og bygger på en tidligere analyse (Lindgård 2023) som viste at SPiCT kan produsere estimater som er plausible og som oppfyller akseptanskriterier for en slik modell. Flere modellkonfigurasjoner med forskjellige kombinasjoner av prior, bestandsindekser, lengde av fangsttidsserien, etc. ble sammenlignet for å bestemme en best mulig konfigurasjon basert på ekspertvurderingen. Både en grunnleggende versjon av modellen (Lindgård 2023) uten prior og fangster bare tilbake til 1977 og nesten alle ytterlige konfigurasjoner som ble testet oppfylte sentrale akseptanskriterier. Den endelige konfigurasjonen er derfor primært et resultat av en iterativ optimering og finjustering som bruker tilgjengelige informasjonen til å gi robuste bestandsestimater. Resultatet er en endelig bestandsmodell som inkluderer hele fangsttidsserien tilbake til 1914, antagelser på fritidsfiske fangster, alle prior som beskrevet, og bestandsindekser fra kystøkosystemtøktet og elektroniske dagbøker. Indeksen basert på data fra referanseflåten ble vurdert men ble ikke tatt med i den endelige modellen fordi datagrunnlaget bakover i tid var for dårlig. Den endelige bestandsmodellen, eller "hovedmodellen", detaljeres i de følgende underkapittelne. I det følgende vises resultater fra alternative modellkonfigurasjoner samt en sensitivitetsanalyse.

3.1 - Endelig bestandsvurdering

Estimerte bestandstrender fra den endelige bestandsvurderingen er vist i Figur 3 og 4 og parameterestimater i Tabell 1. Estimatenes er relative til referansepunktene B_{MSY} og F_{MSY} , fordi absolutte estimater ofte kommer med høyere usikkerhet. Det bekreftes her, med forholdsvis store konfidensintervaller på estimatene på bæreevne K og høyeste langsiktige uttaket (MSY : Tabell 1). Forskjellen mellom prior og estimatene (posterior-fordeling) viser at tidsseriene (fangst og bestandsindekser) bidrar med relevant informasjon til modellen (Figur 5). Det gjelder spesielt de to komplementære parametrene, bestandsvekst r og modellformen n , som blir estimert til å ligge henholdsvis litt høyere og lavere enn prior-fordelingen antyder. Prosessfeilestimater viser dessuten at modellen følger indeksen fra elektroniske fangstdagbøker tettest og legger mindre vekt på bestandsindeksen fra kystøkosystemtøktet.

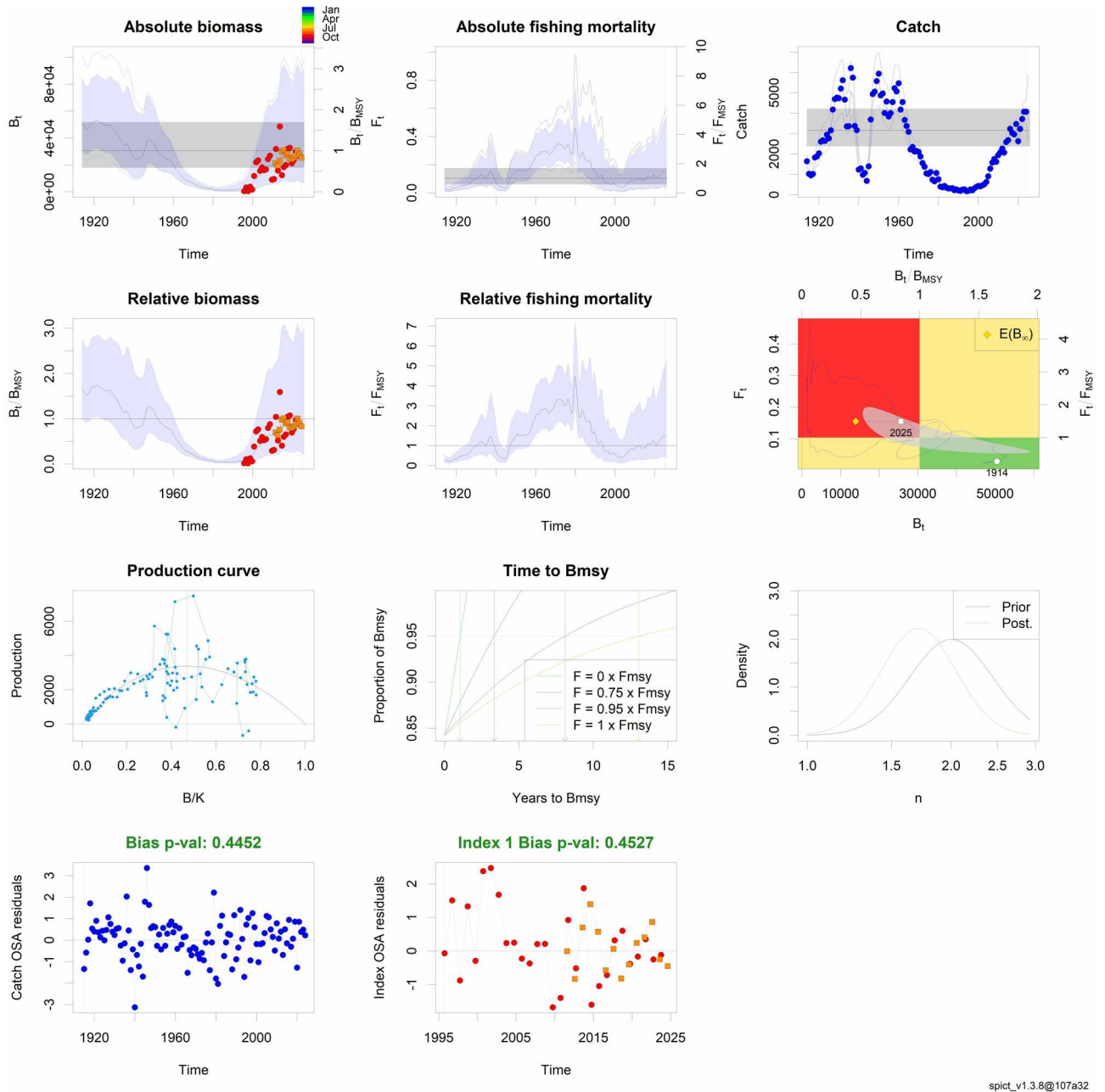
Modelldiagnostikken viste ingen problemer som kunne resultere i relevante brudd med akseptanskriteriene. Modellen hadde en god tilpasning både til fangsttidsserien og de to bestandsindeksene (Figur 6), og bare noen mindre avvik i residualfordelingen på kystøkosystemtøktet, noe som forklares med at modellen ikke følger indeksen veldig nøye grunnet stor usikkerhet. Både prosessfeilresidualer (Figur 7), retrospektive kjøring (Figur 8) og hindcasts (Figur 9) viste ingen relevante problemer. Dessuten viste en jitter-analyse ingen store avvik og kun mindre konvergeringsproblemer (<5%), sannsynligvis på grunn av den krevende modellen med lang tidsserie. Det kunne derfor konkluderes med at hovedmodellen oppfyller alle akseptanskriterier, på lik linje med eller bedre enn, alternative modeller som ble testet og som delvis viste en større tendens til ustabilitet.



Figur 3: Kveite i norsk økonomisk sone nord for 62°N, ICES-område 1-2. Oppsummering av bestandsvurderingen. Øverst: totalfangst. Utkast er antatt å være tilnærmet null. Nederst: biomasse og fiskedødelighet relativ til referansepunkter (B_{lim} , $MSY B_{trigger}$, F_{lim} , og F_{MSY}). Linjer og det fargete området viser henholdsvis gjennomsnitt og 95% konfidensintervaller. Totalfangst inkluderer rapporterte fangster og estimerte urapporterte fangster (fritids- og turistfiske), foreløpige tall vises i lysblå.

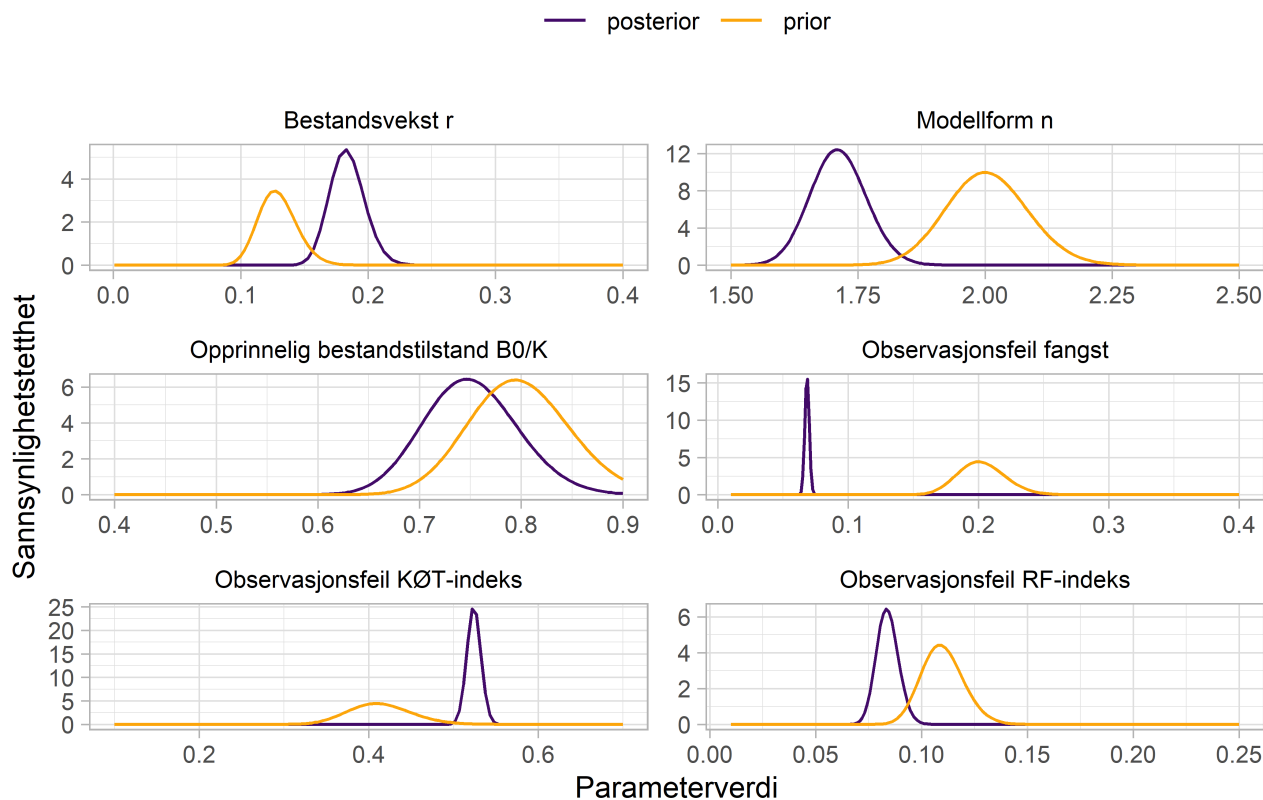
Tabell 1: Kveite i norsk økonomisk sone nord for 62°N, ICES-område 1-2. SPiCT-parameterestimater fra den endelige bestandsmodellen. Her er alle relevante parametere vist, deres gjennomsnittsestimat, 95%-konfidensintervaller og log-estimat. KØT = kystøkosystemtokt, DB = elektroniske dagbøker.

Parameter	Parameternavn	Estimat	95% konfidensintervall	Log-estimat
Bestandens vekstkoeffisient	r	0.182	0.107 - 0.31	-1.70
MSY	m	3400	2600 - 4500	8.1
Bæreevne	K	68000	40000 - 114000	11.1
KØT-indeks fangstbarhet	q1	0.000053	0.0000155 - 0.000184	-9.8
DB-indeks fangstbarhet	q2	0.000038	0.0000112 - 0.000131	-10.2
Modellform	n	1.71	1.20 - 2.4	0.54
Biomasse prosessfeil	sdb	0.124	0.087 - 0.175	-2.1
Fiskeridødelighet prosessfeil	sdf	0.23	0.174 - 0.29	-1.49
KØT-indeks observasjonsfeil	sdi1	0.52	0.41 - 0.67	-0.65
DB-indeks observasjonsfeil	sdi2	0.083	0.051 - 0.136	-2.5
Fangst observasjonsfeil	sdc	0.068	0.050 - 0.093	-2.7

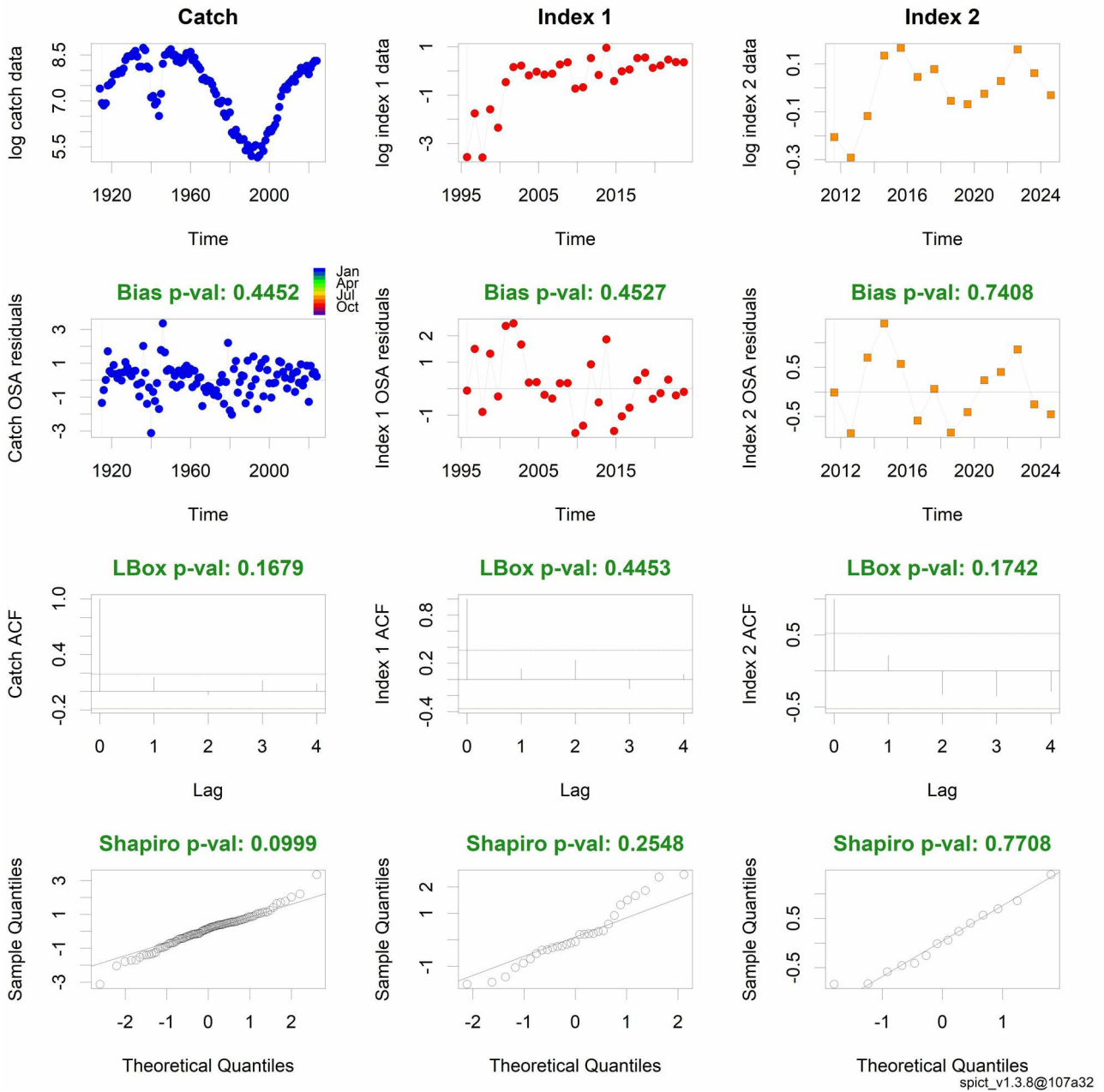


spict_v1.3.8@107a32

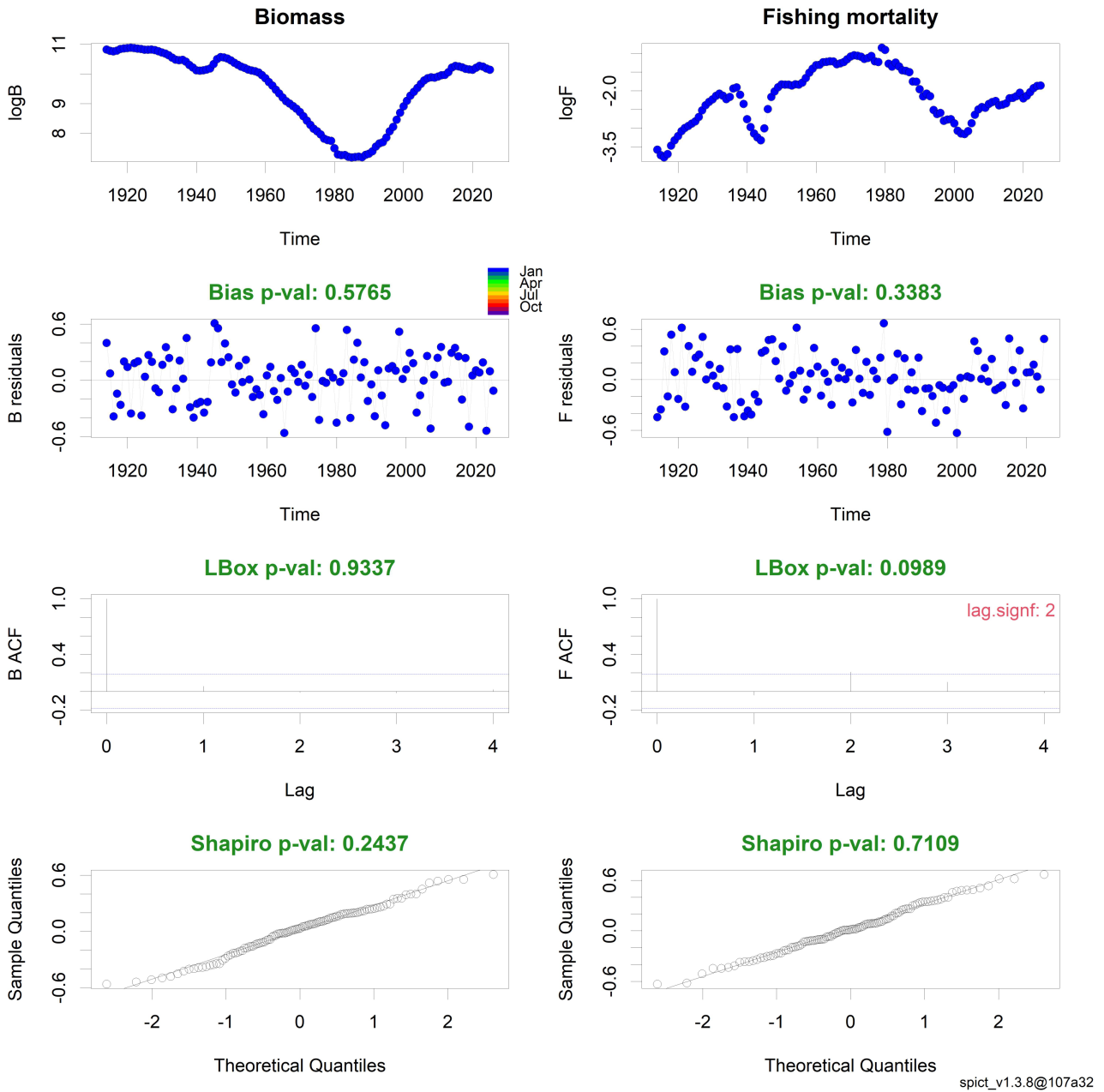
Figur 4: Kveite i norsk økonomisk sone nord for 62°N, ICES-område 1-2. SPiCT-output fra den endelige bestandsmodellen. Standardfigurer fra SPiCT som viser absolutte og relative bestandstrender, produksjonskurven og residualer til input-tidsseriene.



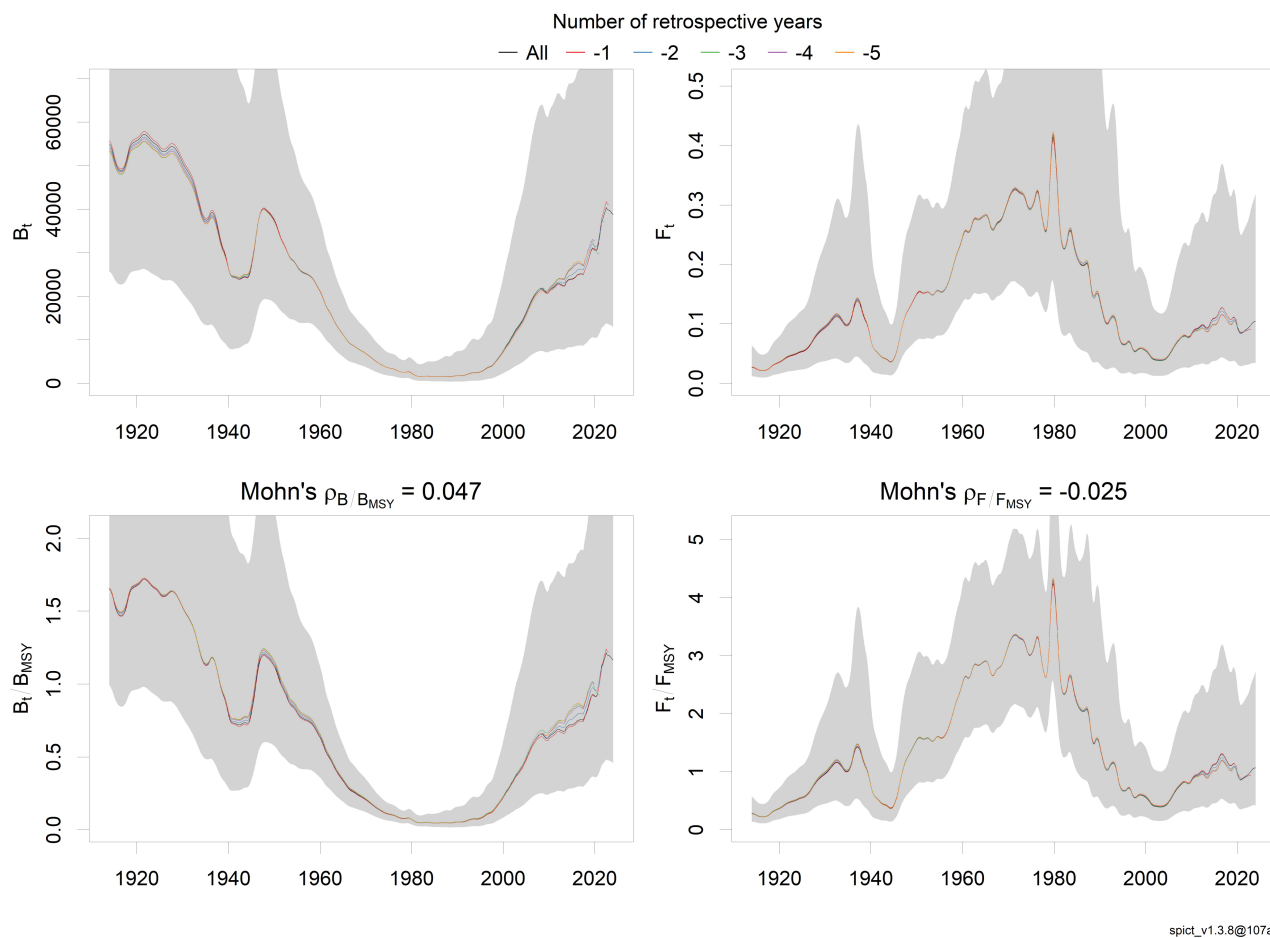
Figur 5: Kveite i norsk økonomisk sone nord for 62°N, ICES-område 1-2. Prior- og posterior-fordeling for alle parametere med informative prior.



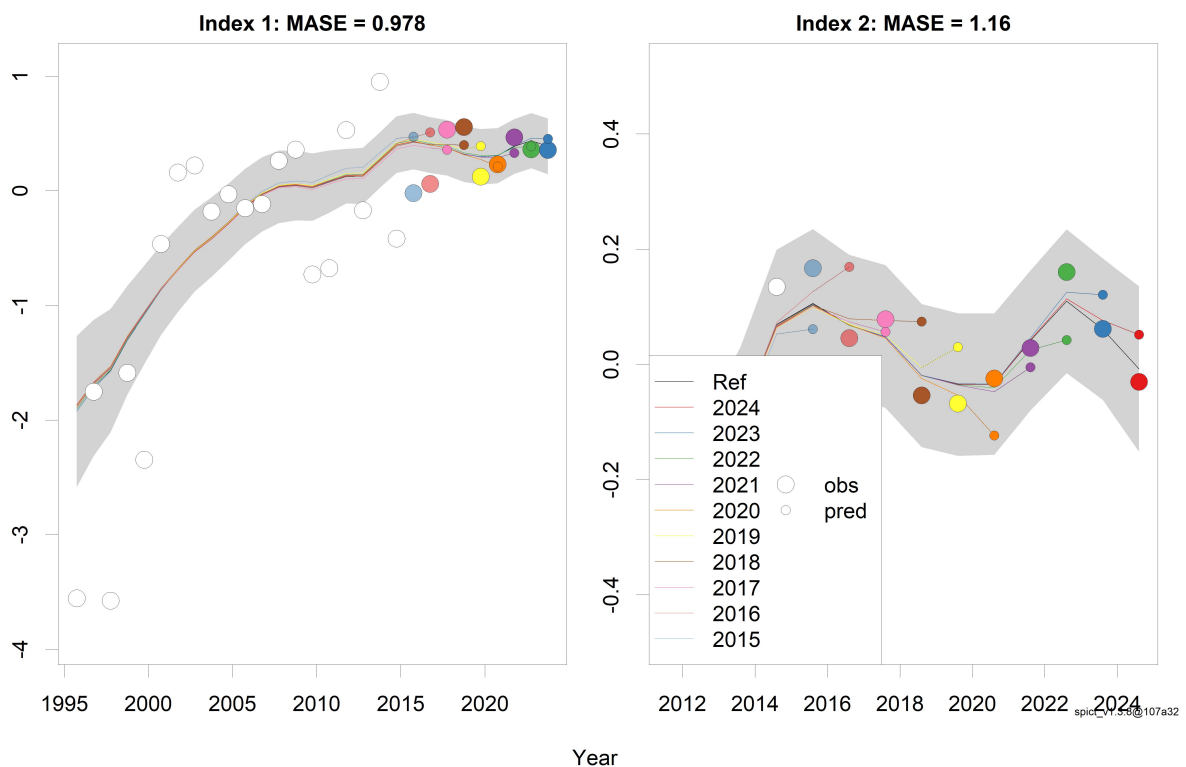
Figur 6: Kveite i norsk økonomisk sone nord for 62°N, ICES-område 1-2. Et-steg-framover residualer fra den endelige SPiCT-modellen for fangsttidsserien og bestandsindekser (index 1 = kystøkosystemtokt, index 2 = elektroniske dagbøker (line)).



Figur 7: Kveite i norsk økonomisk sone nord for 62°N, ICES-område 1-2. Prosessfeil av biomasse og fiskedødelighet i den endelige SPiCT-modellen.



Figur 8: Kveite i norsk økonomisk sone nord for 62°N, ICES-område 1-2. Retrospektive kjøringar fra den endelige SPiCT-modellen.



Figur 9: Kveite i norsk økonomisk sone nord for 62°N, ICES-område 1-2. Hindcast av de to bestandsindeksene (index 1 = kystøkosystemtokt, index 2 = elektroniske dagbøker (line)) fra den endelige SPiCT-modellen.

3.2 - Alternative modellkonfigurasjoner

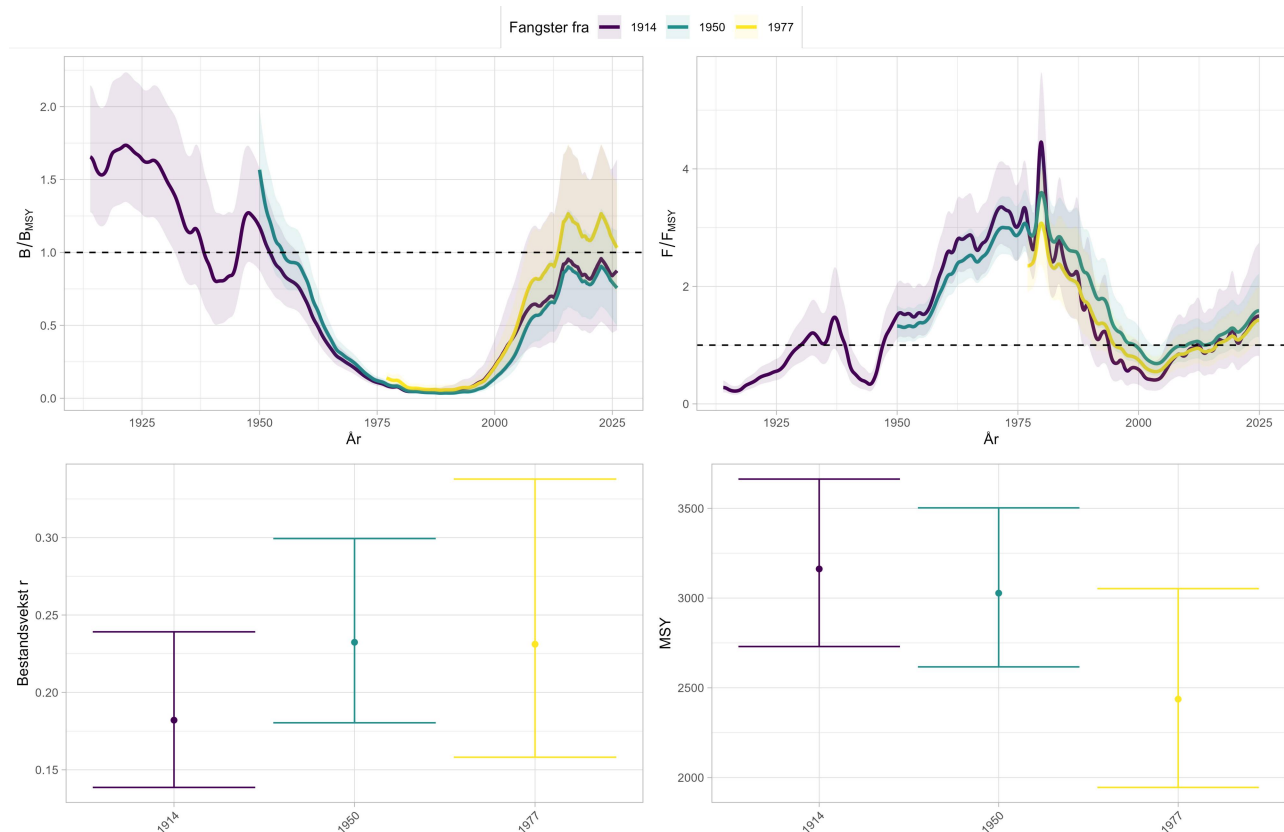
Forskjellige modellkonfigurasjoner ble testet for å komme fram til den endelige modellen gjennom å sammenligne modellresultatene fra hver enkelt konfigurasjon. Endringer ble primært gjort i de to hovedkomponentene i konfigurasjonen, henholdsvis lengden av fangsttidsserien og endringer av bestandsindekser og setting av prior. Hovedkonklusjonen var at modellresultatene og kvoterådet er robust og i relativt liten grad ble påvirket av forskjeller i fangsttidsserien eller bestandsindeksene. Inkludering av historiske fangster lengst mulig bakover i tid og priors stabiliserer modellestimeringen ved å gi mer kontrast og informasjon, slik at modellen får relevant informasjon om bestandssituasjonen fra bestandsindeksen basert på elektroniske fangstdagbøker.

3.2.1 - Tidsserie av landinger

Fangsttidsserien i den endelige bestandsmodellen inkluderer fangster fra 1914. Kortere fangsttidsserier resulterte i mindre, men ikke signifikante forskjeller (Figur 10). Avviket, både på bestandsutviklingen og parameterestimaten, var større når den korteste tidsserien (fra 1977) ble brukt. Bruk av den korteste tidsserien resulterte i større usikkerhet og et mer optimistisk estimat på bestandstilstanden i 1977 enn i de andre modellene, noe som skalerer opp til en høyere bestandsbiomasse i 2024. Modelldiagnostikken viste dessuten problematiske retrospektive mønster og en lavere stabilitet i en jitter-analyse, med mer avvik og høyere risiko for konvergeringsfeil. Årsaken er at den korte tidsserien resulterer i en en-veis-retning av fangstutviklingen som utelater tidligere toppe og svingninger som inneholder viktig informasjon for modellestimeringen. Estimaten ble imidlertid mer lik den endelige modellen når tidsserien fra 1950 ble inkludert, som også inkluderer en

tidligere topp i fangstene. Forskjell i bestandsparametere og MSY ble med denne settingen neglisjerbar. Bestandsutviklingen viste kun mindre, ikke-signifikante forskjeller mellom de tre konfigurasjonene.

Sammenligningen bekrefter at både estimeringen av bestandsutviklingen og parameterne er robust, og dermed at resultatene er akseptable uavhengig av tidsserielengden. Det betyr at kvoterådet i liten grad blir påvirket av spesifikke beslutninger rundt inkluderingen av (nokså usikre) historiske landinger. På samme tid understreker resultatene at en inkludering av historiske fangster, ikke bare forlenger tidsserien, men øker kontrasten ganske betydelig.



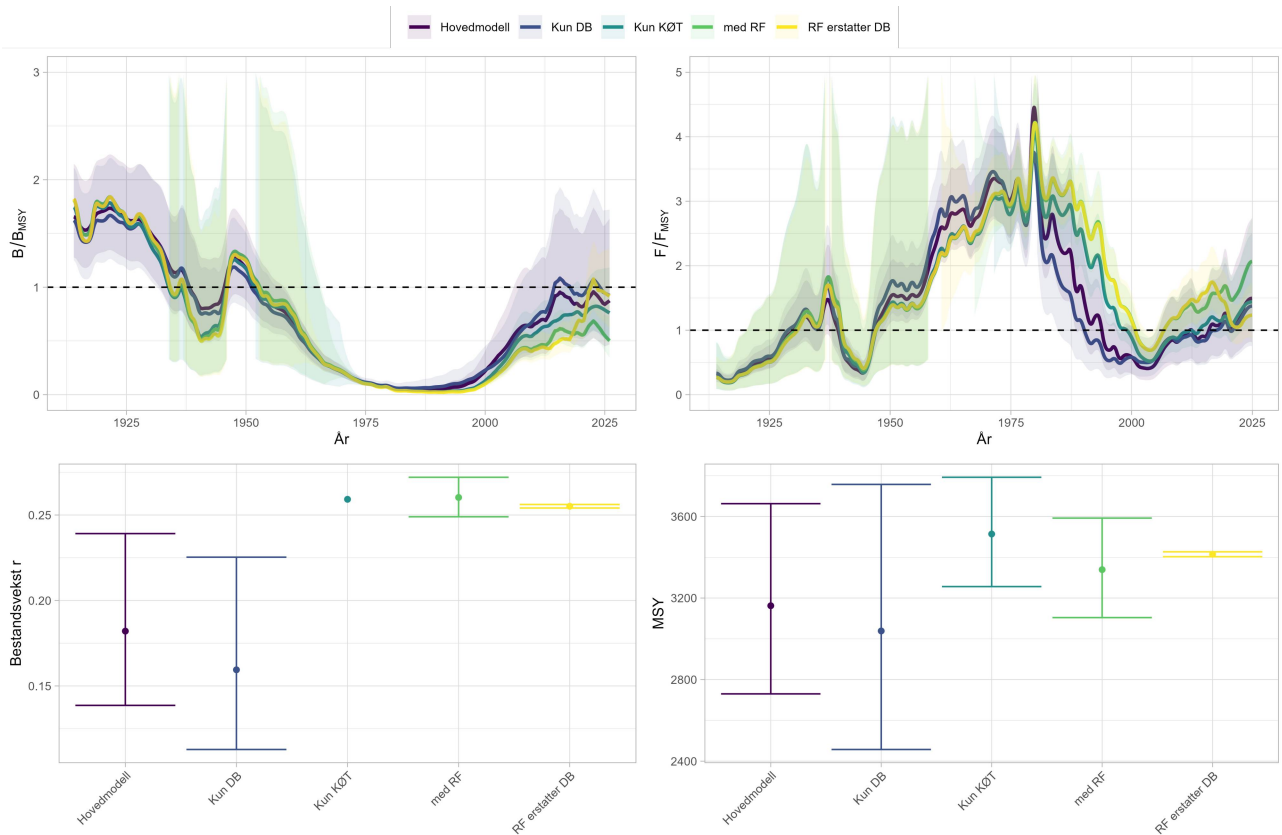
Figur 10: Kveite i norsk økonomisk sone nord for 62°N, ICES-område 1-2. SPiCT-estimer med ulike lengder av fangsttidsserien (fra og med 1914, 1950 eller 1977). Bortsett av fangsttidsserien bruker alle tre modeller den samme konfigurasjonen. Linjer og punkter tilsvare estimert gjennomsnitt, fargelagte områder og feillinjer angir 95% konfidensintervaller.

3.2.2 - Bestandsindekser og konfigurasjon

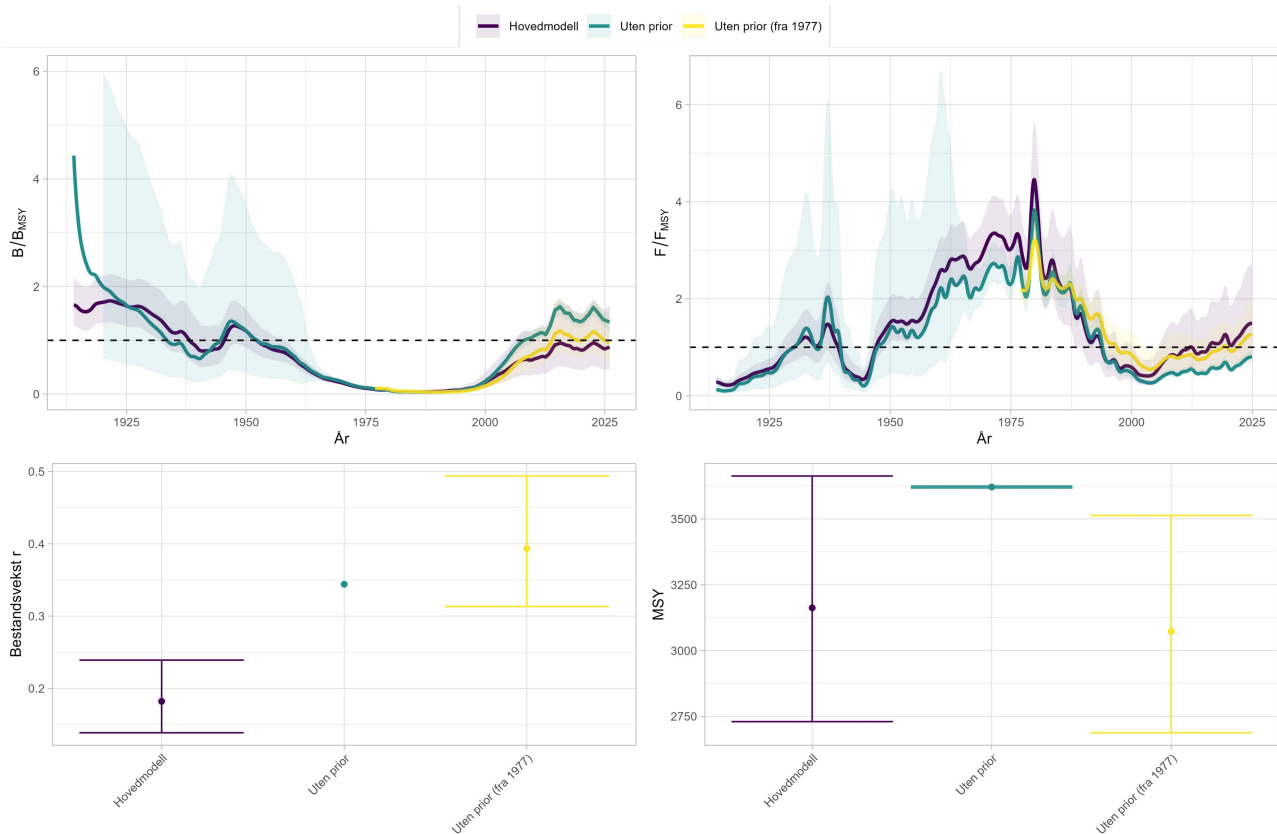
Uttesting av alternative konfigurasjoner på bestandsindekser og priors viste at bestandsmodellen i stor grad fanger opp den samme bestandsutviklingen og estimerte tilstand uavhengig av små endringer i konfigurasjonen (Figur 11). Dette gjenspeiler resultater fra en tidligere studie (Lindgård 2023), men analysen fremmehevet at usikkerheten øker og modellstabiliteten minker når man bruker kun en av to bestandsindekser, særlig når bare indeksen basert på kystøkosystemtoktet brukes som eneste indeks, fordi den har høy usikkerhet og resulterte i konvergeringsfeil. Det samme gjelder når man bruker bestandsindeks fra referanseflåten i stedet av indeksen basert på dagbøker.

Analysen bekrefter at priors er avgjørende for å informere og dermed styre modellen i retning av mer plausible

estimerer (Figur 12). Selv om trenden i bestandsutviklingen fanges opp uten informative priors resulterte det i konvergeringsfeil, problematiske parameterestimer og brudd med akseptanskriterier.



Figur 11: Kveite i norsk økonomisk sone nord for 62°N, ICES-område 1-2. SPiCT-estimer basert på den endelige modellkonfigurasjonen (hovedmodellen) og tre alternative modeller. De alternative modellene er identisk med hovedmodellen bortsett fra at de er enten: 1. uten bestandsindeksen fra kysttoktet, 2. uten bestandsindeksen fra dagbøkene, 3. med bestandsindeks fra referanseflåten, og 4. bestandsindeksen fra referanseflåte i stedet av dagbøker. Linjer og punkter tilsvarer estimert gjennomsnitt, fargelagte områder og feillinjer angir 95% konfidensintervaller. Manglende eller små konfidensintervaller på modellestimer fra 2. og 4. indikerer konvergeringsfeil.



Figur 12: Kveite i norsk økonomisk sone nord for 62°N, ICES-område 1-2. SPiCT-estimater basert på den endelige modellkonfigurasjonen (hovedmodellen) og tre alternative modeller. De alternative modellene er identisk med hovedmodellen bortsett at de uten informative prior (dvs. bruker kun uinformative standardprior), enten med samme tidsserie som hovedmodellen eller kun fra 1977. Linjer og punkter tilsvare estimert gjennomsnitt, fargelagte områder og feillinjer angir 95% konfidensintervaller. Manglende eller små konfidensintervaller på modellestimater indikerer konvergeringsfeil.

3.3 - Sensitivitetsanalyse

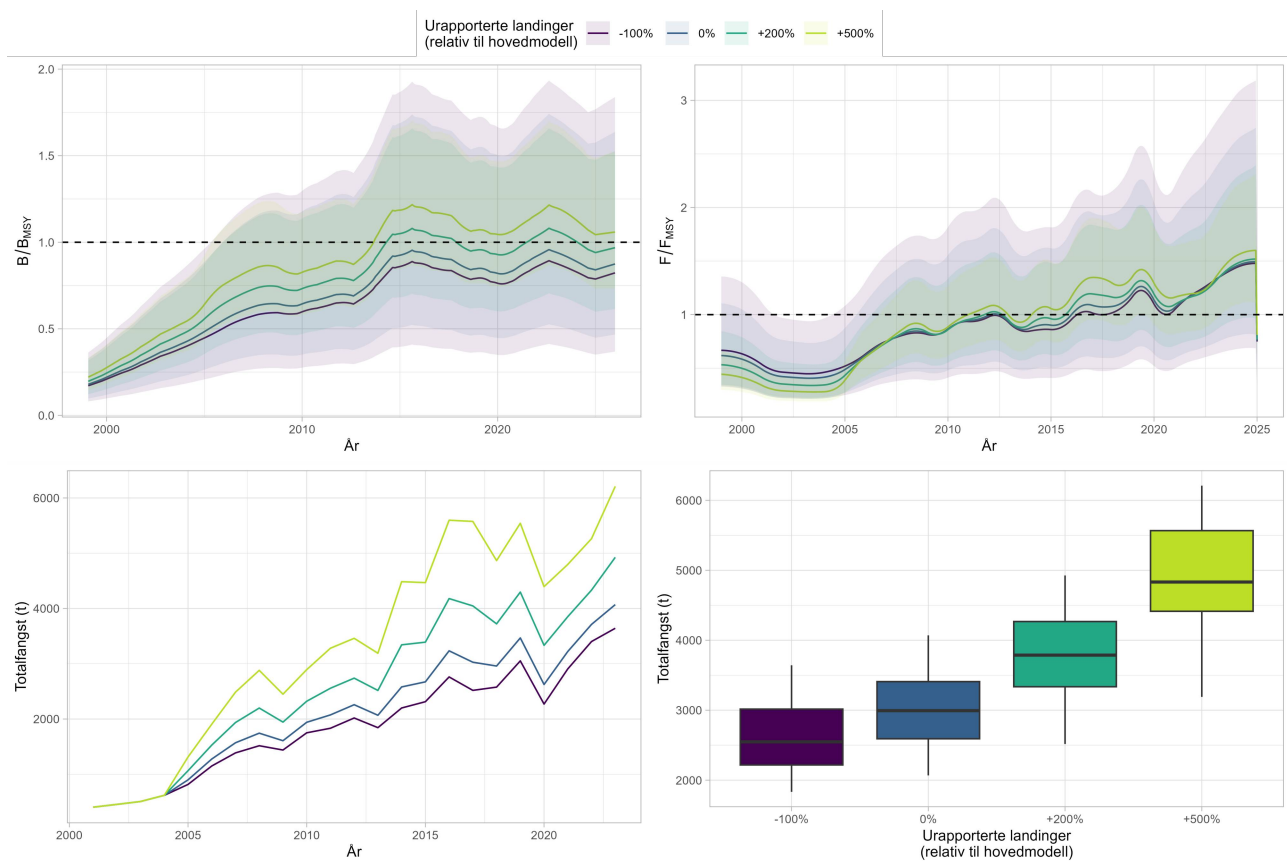
I tillegg til å teste alternative modellkonfigurasjoner ble sensitivitetsanalyser gjennomført for å utforske i hvilken grad resultatene er avhengig av spesifikke antagelser på urapporterte landinger og definisjonen på priors. Hovedfokus var på priorene r og n som sammen med K bestemmer hvor produktiv bestanden er. Videre ble effekten av priors på opprinnelig bestandstilstand $B0/K$, observasjonsfeil på bestandsindeksene og fangsten undersøkt. Resultater fra observasjonsfeil er ikke vist her, fordi alle påvirkningene var neglisjerbare.

3.3.1 - Antagelser på urapporterte landinger

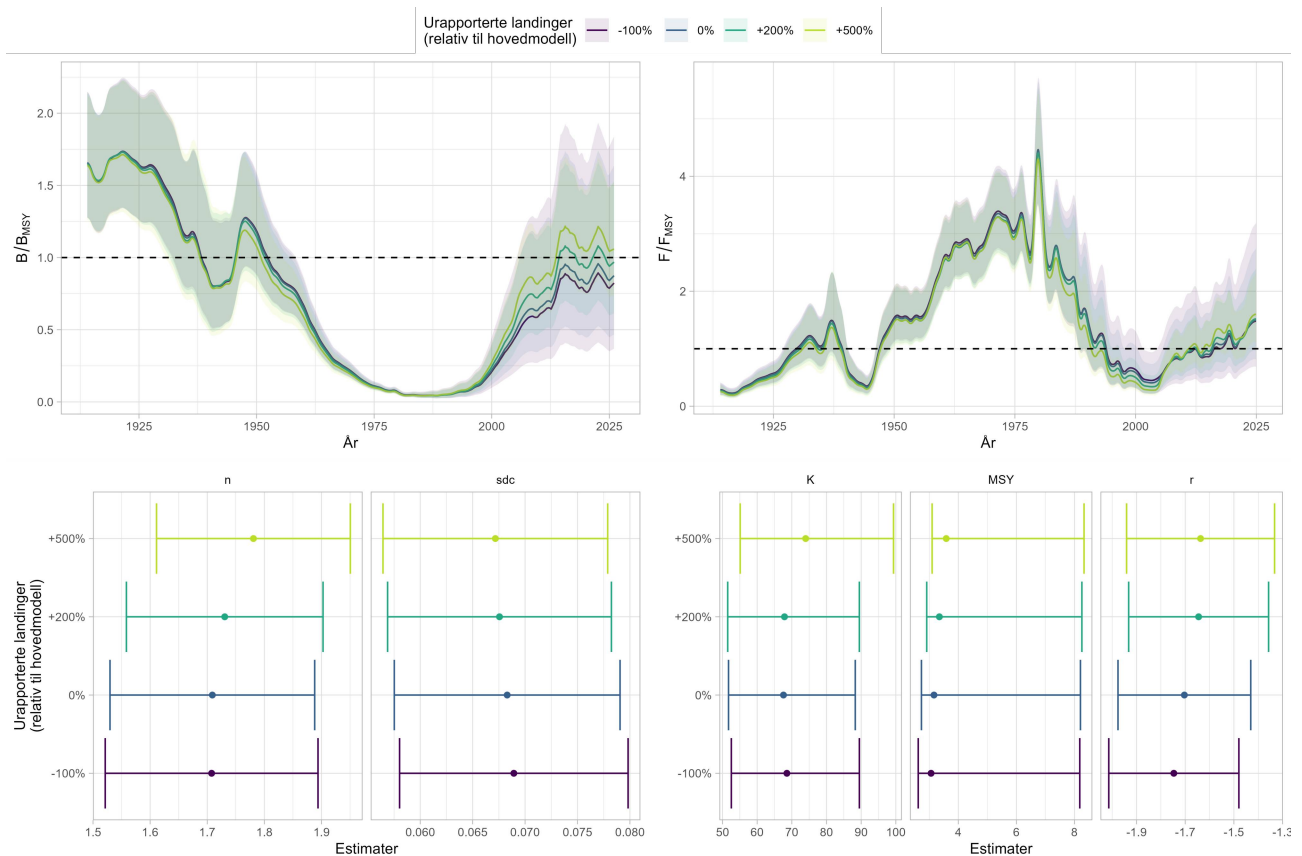
Beregning av forholdet mellom urapporterte og rapporterte landinger fra fritids- og turistfiske er basert på en sammenligning mellom rapporterte landinger fra fritidsfiskere og estimerte landinger i fritids- og turistfiske (Ferter mfl 2022, hovedsakelig i Troms fylke) og ekspertkunnskap. Antagelsen er beheftet med relativt stor usikkerhet, fordi det kan være store lokale forskjeller og forskjeller mellom år. Det er også svært vanskelig å beregne dette langt bakover i tid. Sensitiviteten med hensyn til urapporterte fangster ble analysert ved at bestandsmodellen ble kjørt med alternative antagelser på urapporterte landinger, fra -100% sammenlignet med hovedmodellen (dvs. ingen urapporterte fangster) til +500% urapporterte landinger (Figur 13). Til tross for den store spennvidden som ble utforsket, med tildels urealistisk høye urapporter landinger, viser resultatene at mulige feil i antagelsen på urapporterte landinger ikke har en signifikant effekt på bestandsutviklingen og

parameterestimaterne (Figur 14).

Effekten av høyere urapporterte fangster har primært en liten skaleringseffekt på bestandsbiomasse, dvs. høyere urapporterte landinger resulterer i en litt høyere MSY og høyere B/B_{MSY} etter 2000, men lavere i den historiske perioden. Forskjellen er størst de siste 20 år (Figur 13), noe som er forventet fordi urapporterte fangster kuner lagt til fra og med 2005 etter at fritidslandinger ble registrert i sluttsedlene. På bestandstilvekst og andre nøkkelparametere hadde endringer på urapporterte landinger ingen effekt. Det er derfor uproblematisk å introdusere en spesifikk antagelse på nivået av urapporterte landinger i bestandsmodellen. Forskjellen på estimering av bestandstilstanden og kvoterådet var svært lav. Likevel er det viktig å redusere usikkerheten i bestandsvurderingen generelt, og bedre data på total landinger fra fritids- og turistfiske vil bidra spesifikt til det. Det gjelder spesielt utviklingen bakover i tid. Den aktuelle antagelsen at rapporterte landinger fra fritidsfiske er proporsjonale med urapporterte landinger er en forenkling, både fordi det gir null urapporterte fangster før 2005, og fordi forholdet kan variere over tid og mellom områder.



Figur 13: Kveite i norsk økonomisk sone nord for 62°N, ICES-område 1-2. SPiCT-estimer av B/B_{MSY} , F/F_{MSY} , bestandsvekst r og MSY i forhold til antagelser på urapporterte landinger fra fritids- og turistfiske i perioden 2000-2024. Totalfangsten er resultatet av en reduksjon eller økning relativ til hovedmodellen (=0%): -100% betyr ingen urapporterte landinger (totalfangst=rapporterte landinger), +100% betyr en fordobling av urapporterte landinger, osv. Figuren viser estimert utvikling av bestandsbiomasse og fiskeriutvikling over tid, figurer på bunnen viser resulterende totalfangster for hvert scenario. Linjer og punkter tilsvarer estimert gjennomsnitt, fargelagte områder og feillinjer angir 95% konfidensintervaller.



Figur 14: Kveite i norsk økonomisk sone nord for 62°N, ICES-område 1-2. SPiCT-estimer i forhold til antagelser om nivået på urapporterte landinger fra fritids- og turistfiske over hele tidsserien. Urapperte landinger ble redusert eller økt relativ til hovedmodellen (=0%): -100% betyr ingen urapporterte landinger (totalfangst=rapporterte landinger), +100% betyr en fordobling av urapporterte landinger, osv. Figuren viser estimert utvikling av bestandsbiomasse og fiskeriutvikling over tid, modellformen og observasjonsfeil av fangsttidsserien, og bæreevne, MSY (i 1000t) og bestandsvekst. Linjer og punkter tilsvarer estimert gjennomsnitt, fargelagte områder (øverst) og feillinjer (nederst) angir 95% konfidensintervaller.

3.3.2 - Bestandsvekst (r-prior)

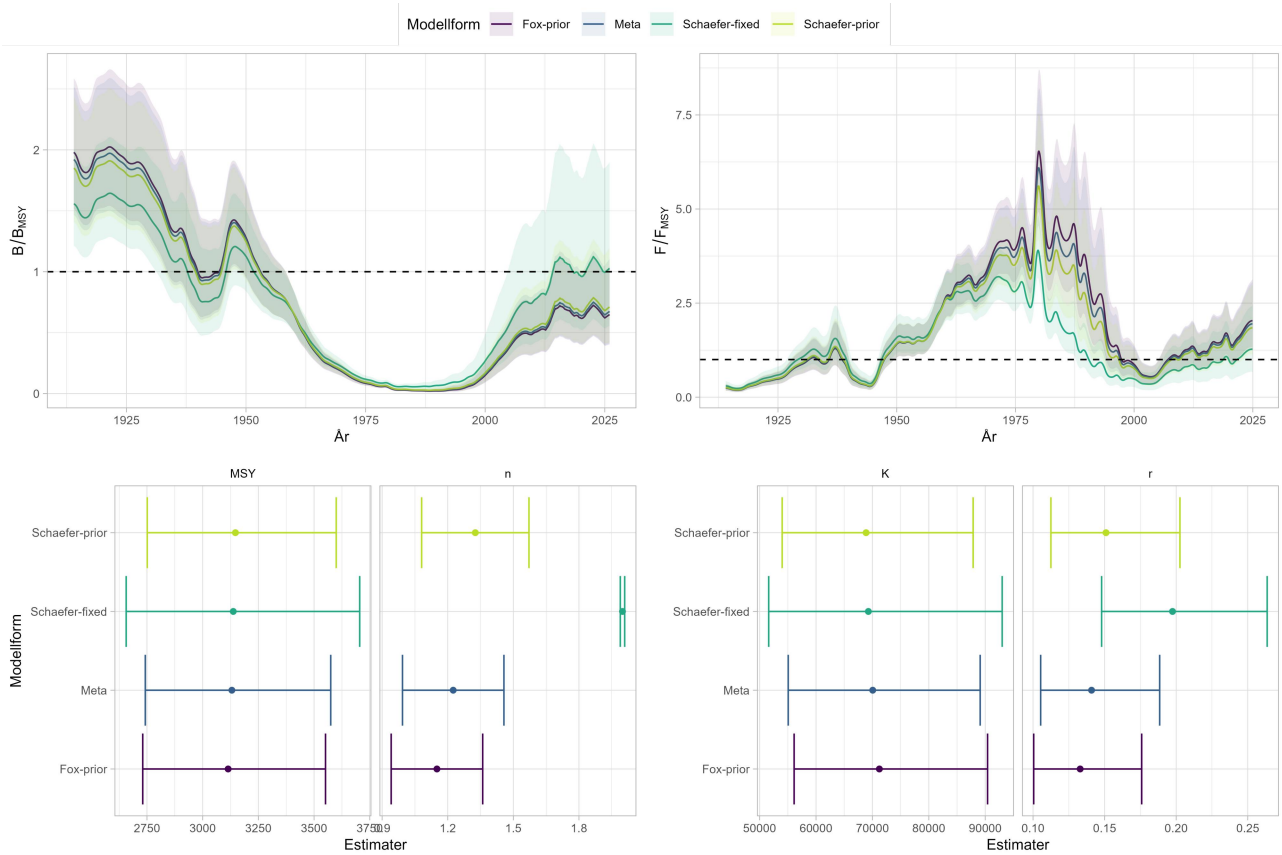
Bestandsvekst r er sammen med bæreevne K og modellform n nøkkelparametere i SPiCT som i stor grad definerer bestandsproduktiviteten. En informativ prior på r kan bedre estimater av de andre parametrene og bestandsdynamikken, og dermed påvirke bestandsvurderingen i relevant grad. Vi testet følsomheten til modellestimatene mot en spesifikk antagelse på r -prioren ved å variere gjennomsnittet stegvis fra 50% til 150% av standardverdien som ble brukt i hovedmodellen. Resultatene viser at definisjonen av r -prioren har relativt stor betydning for estimatene, ved at r -estimatene er positivt korrelert med den, mens K -estimatene er negativt korrelert (Figur 15). Sammenlignet med hovedmodellen er forskjellene på parameterestimatene og bestandsutviklingen ikke signifikant. Det gjelder også når man ikke inkluderer en prior på r i det hele tatt, selv om modellen får da konvergeringsproblemer og estimerer en r som er tendensielt for høyt. En lignende, men mindre effekt ble funnet når man øker eller reduserer standardavviket til r -prioreren endres: jo større det er jo mindre informativ er prioreren og viser da en ikke-signifikant tendens til litt høyere og mer usikre r -estimer. Dette påvirker imidlertid bare bestandsutviklingen marginalt. Unntaket er når man øker prior-gjennomsnittet med 150%. Da økte usikkerheten betydelig og modellen fikk konvergeringsproblemer. Dette tyder på at selv om den ellers er ganske robust mot små endringer av den valgte r -verdien, finnes det noen vippepunkter, hvor mer ekstreme antagelser gir problemer i bestandsmodellen. Dette understreker at det er viktig å gi modellen en prior på r basert på ekspertkunnskap og kunnskap fra litteraturen.



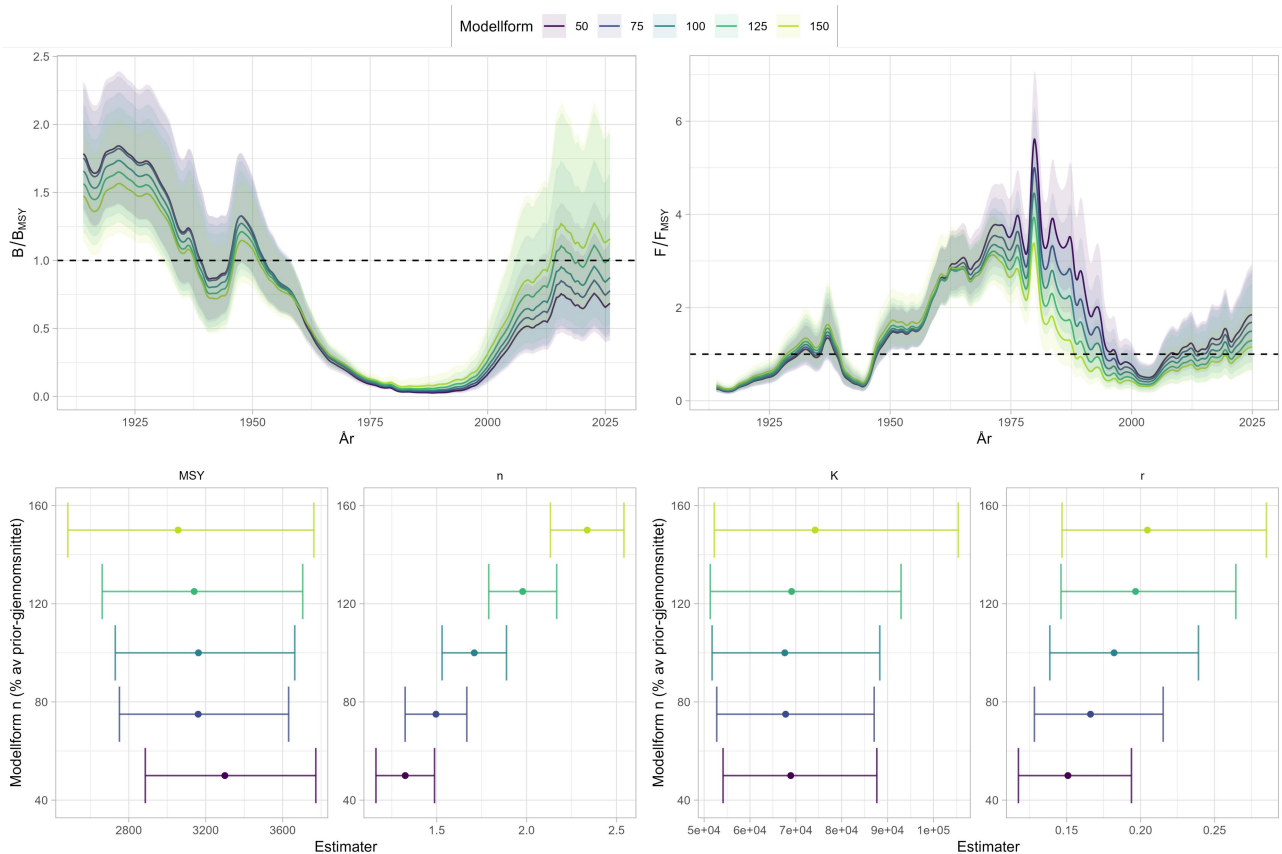
Figur 15: Kveite i norsk økonomisk sone nord for 62°N, ICES-område 1-2. SPICT-estimer ved ulike verdier av prioren r i forhold til gjennomsnittet av prioren hentet fra hovedmodellen. Gjennomsnittet av r -prioren ble variert fra 50% til 150% av verdien i hovedmodellen, i tillegg til en modell uten r -prior i det hele tatt. Figuren viser B/B_{MSY} , F/F_{MSY} , bestandsvekst r og MSY . Linjer og punkter tilsvarer estimert gjennomsnitt, fargelagte områder (øverst) og feillinjer (nederst) angir 95% konfidensintervaller. Modellkjøringen uten r -prior konvergente ikke.

3.3.3 - Modellformen (produksjonskurve)

Modellformen n bestemmer hvor B_{MSY} ligger i forhold til K og dermed hvor produktiv en lav bestand er. Hovedmodellen estimerte n til å være lavere enn 2 (Tabell 1). Det vil si at produksjonskurven ikke er symmetrisk, men at B_{MSY} er ved en lavere bestandsstørrelse enn $K/2$. Alternative modellkonfigurasjoner med enten spesifikt definerte prior på n (Figur 16) eller variasjoner av hovedmodellens prior (Figur 17) bekrefter både en sterk trend mot n -estimer < 2 og at resultatene blir ganske like uavhengig av prior-definisjonen. Fiksering av modellformen tilsvarer en Schaefer-modell ($n=2$), fører til mindre men ikke signifikante endringer av de andre parametrene og bestandsutviklingen. Resultatene bekrefter en forventet korrelasjonen mellom r og n , der lavere n -verdier kompenseres med en høyere r -verdi og motsatt. I kombinasjonen resulterte det i en relativ lik bestandsproduktivitet og bestandsutvikling.



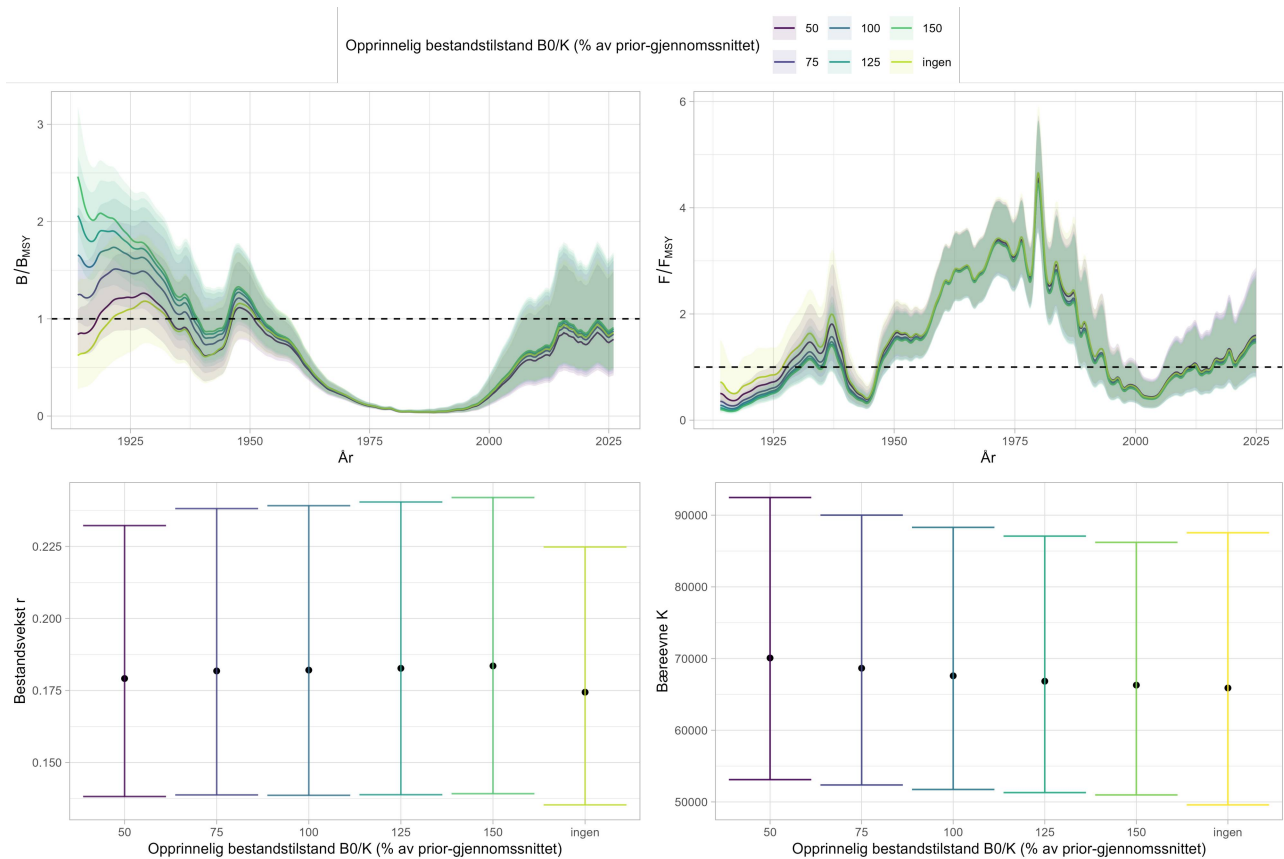
Figur 16: Kveite i norsk økonomisk sone nord for 62°N, ICES-område 1-2. SPiCT-estimer ved ulike verdier av modellform-prior n : prior basert på Fox-modell (gjennomsnitt = 1, standardavvik = 0,5) og på en metastudie (1,478, 0,6), fiksert til Schaefer-modell (2, 0), og en mindre informativ Schaefer-prior (2, 0,5). Figuren viser B/B_{MSY} , F/F_{MSY} , MSY , n , bæreevne K og bestandsvekst r . Linjer og punkter tilsvarer estimert gjennomsnitt, fargelagte områder og feillinjer angir 95% konfidensintervaller.



Figur 17: Kveite i norsk økonomisk sone nord for 62°N, ICES-område 1-2. SPiCT-estimer ved ulike verdier (gjennomsnittet) av prioren på modellformen n . Gjennomsnittet av n -prioren ble variert fra 50% til 150% av verdien i hovedmodellen. Figuren viser B/B_{MSY} , F/F_{MSY} , MSY , n , bæreevne K og bestandsvekst r . Linjer og punkter tilsvare estimert gjennomsnitt, fargelagte områder og feillinjer angir 95% konfidensintervaller.

3.3.4 - Opprinnelig bestandstilstand (B_0/K -prior)

En prior på opprinnelig bestandstilstand B_0/K gir modellen et ankringspunkt på bestandsutviklingen som kan ha en viss skaleringseffekt framover. Det er ofte spesielt relevant når en bestand har relativ korte tidsserier, mens analyser på andre bestander med lange tidsserier viser lite til ingen effekt på kvoterådet (ICES 2022). Det bekreftes her på kveite (Figur 18): B_0/K -prioren bestemmer i relativ stor grad estimatene av bestandsbiomassen i begynnelsen av tidsserien, men effekten jevnes ganske fort ut, slik at bestandstrendene er nesten identiske fra 1970 og framover ved ulike settinger av B_0/K -prioren. Verken gjennomsnittet eller standardavviket til prioren har en signifikant påvirkning på estimatene av andre parametere.



Figur 18: Kveite i norsk økonomisk sone nord for 62°N, ICES-område 1-2. SPiCT-estimer ved ulike verdier av prioren B0/K (gjennomsnitt) på opprinnelig bestandstilstand B0/K. Gjennomsnittet av B0/K-prioren ble variert fra 50% til 150% av verdien i hovedmodellen, i tillegg til en modell uten B0/K-prior. Figuren viser B/B_{MSY} , F/F_{MSY} , bestandsvekst r og MSY . Linjer og punkter tilsvare estimert gjennomsnitt, fargelagte områder og feillinjer angir 95% konfidensintervaller.

3.4 - Referansepunkter og kvoteråd

Kvoterådet genereres i SPiCT gjennom en korttidsprediksjon av bestandsutviklingen under en gitt fiskedødelighet eller fangst. I tillegg kan det defineres et triggerpunkt $MSY_{B_{trigger}}$ som definerer når fiskepresset skal reduseres under det som er målet (F_{MSY}), og et føre-var-referansepunkt B_{lim} som definerer en nedre biomassegrense som fører til et nullfiskeråd. Biomassereferansepunktene ble satt til $MSY_{B_{trigger}} = 0,5$ av B_{MSY} og $B_{lim} = 0,3$ av B_{MSY} . Dette er generiske referansepunkter, og er et standardvalg når bestandsspesifikk kunnskap ikke gir grunnlag til andre verdier (Berg mfl 2021). Det ble inkludert tre standard fangstscenarier og et standard ICES-scenario i kvoterådet. ICES-scenarioet anbefalt på SPiCT-kvoteråd (ICES 2024b) for saktevoksende bestander og/eller bestandsvurderinger med høy grad usikkerhet hvor en bruker en lavere persentil av fangstfordelingen under F_{MSY} i stedet for gjennomsnittsfangst under F_{MSY} . Begge begresningene er relevant for kveiterådgivning i og med at den er en langlevende og saktevoksende art (r på bestanden nord for 62° ble estimert på gjennomsnitt av 0.18) med begrenset produktivitet, og bestandsvurderingen er beheftet med betydelig grad av usikkerhet, primært på grunn av usikre totalfangster og bestandsindekser.

Konkret ble følgende fangstscenarier beregnet: 1. fangst (15. persentil) under F_{MSY} som anbefalt av ICES 2024b, 2. fangst (gjennomsnitt) under F_{MSY} , 3. fangst (gjennomsnitt) under fjorårets F , og 4. fangst under nullfiske ($F = 0$). Prediksjonen lages direkte som en videreføring av den estimerte bestandsutviklingen. Den eneste ytterlige antagelse som brukes er at totalfangsten i assessment-året (her 2024) er identisk med fjorårets

totalfangst (2023), fordi det er ikke et tilstrekkelig datagrunnlag før slutten av året til å beregne totalfangsten. Foreløpige registrerte landinger i første halvår av assessmentåret tyder på en ganske likt nivå på landinger i 2024 sammenlignet med 2023.

4 - Anbefalinger og kunnskapsbehov

Selv om bestandsmodellen vurderes som robust og oppfyller akseptanskriterier uten relevante avvik, er det flere områder hvor mer forskning og utvidet eller forbedret datainnsamling anbefales. Utfordringer er primært knyttet til urapporterte og ukjente landinger, særlig fra fritids- og turistfisket, manglende eller kvalitativt ikke tilstrekkelig rapportering gjennom elektroniske dagbøker fra kystflåten, og redskapsselektivitet på HIs kystøkosystemtøkt. Kombinert bidrar disse utfordringene til økt usikkerhet i rådgivningen. Relevante problemstillinger og anbefalte handlingstiltak er beskrevet i de følgende underkapitlene.

4.1 - Fiskeridata

4.1.1 - Fritidsfiske

Ikke-kommersiell fangst av kveite er per i dag ikke eller lite begrenset utover generelle redskapsbegrensninger, minstemål og maks mål samt fredningstid. Det finnes verken en rapporteringsplikt eller en systematisk datainnsamling på omfanget av fritidsfisket. Kun landinger av privatpersoner på fiskemottak som registreres i sluttседlene gir en indikasjon på fritidsfisket, men det er uklart hvordan det reflekterer utviklinger over tid og hvor stort forholdet mellom rapporterte og ikke rapporterte private fritidslandinger er. Her estimerte vi derfor urapporterte landinger (fritidsfiske og turistfiske) til å være fire ganger rapporterte fritidslandinger for å kunne inkludere et plausibelt nivå på ikke-rapporterte landinger. Våre resultater viser at estimeringen av bestandsstatus og bærekraftig utbytte ikke er veldig sensitiv til det nivået i seg selv. For å forbedre bestandsvurderingen og redusere usikkerheten i rådgivningen, er det likevel et stort behov for bedre data på kvantum og utvikling over tid i fritidsfisket. Dette kan f.eks. gjøres gjennom registreringsordninger, systematiske undersøkelser, rapporteringsplikt eller en kombinasjon av disse.

4.1.2 - Turistfiske

Turistfisket er sammen med fritidsfisket en sentral grunn til at totallandingene er ukjent. Til forskjell fra fritidsfisket har turistfiskebedrifter i utgangspunktet rapporteringsplikt. Registrerte data fra turistfisket ble derfor vurdert, men det ble konkludert med at disse dataene per dags dato ikke er brukbare til bestandsvurderingen. Det er først og fremst fordi tidsperioden er veldig begrenset i forhold til hele fangsttidsserien, datakvaliteten er ikke tilstrekkelig, og registreringer foretas i antall uten at det eksisterer informasjon om størrelse eller vekt. På grunn av dette har turistfisket blitt inkludert i de estimerte urapporterte landingene, som bruker fritidsfangster landet på fiskemottak som hovedindikator. Basert på resultatene antas det at den tilnærmingen ikke introduserer en relevant bias i estimatene, men øker usikkerheten noe. Fordi turistfisket har blitt en viktig aktør i kveitefisket og muligens følger en annen dynamikk enn fritidsfiske, bør eksplisitte estimater av turistfisket inkluderes i bestandsvurderingen på sikt. Det er derfor behov for et bedre rapporteringssystem som gir et robust grunnlag til å estimere totallandinger i turistfisket. Det trengs ytterlig forskning for å finne et system som leverer kvalitativ og kvantitativ gode landingsdata (i vekt eller med informasjon om størrelse) og unngår feilkildene i det nåværende systemet. En mulig løsning er randomiserte, representative og kvalitetskontrollerte stikkprøver i stedet av en rapporteringsplikt.

En ytterligere usikkerhetsfaktor er at turistfisket ofte fokuserer på fang og slipp ("catch and release") av storkveite. Overlevelseshastighet av kveite er i utgangspunktet høy hvis den er håndtert på en korrekt måte (Ferber mfl 2017). Det er imidlertid uklart hvor godt håndteringen er i praksis, hvordan flere gjenfangster av samme individ påvirker overlevelsen, og hvilke andre ikke-letale effekter som kan påvirke adferd og reproduksjon. Siden det er rettet mot de største individene og dermed rammer del av kveitebestanden som antageligvis er spesielt viktig for produktiviteten av gytebestanden, er mer forskning nødvendig. Hvis fangst og slipp på kveite skal

fortsettes i framtiden, anbefales det at riktig håndtering ved gjenutsetting blir et krav i reguleringen.

4.1.3 - Kommersielle data

En stor del av kystflåten er fartøy med mindre enn 15 m lengde og har dermed hatt lave rapporteringskrav. Særlig gjelder dette unntak for rapportering gjennom elektroniske dagbøker. Selv om elektroniske dagbøker har blitt obligatorisk for båter 12-15 m etter 2022 og muligens utvides videre til de minste fartøyene, begrenser det datagrunnlaget betydelig og er hovedgrunnen hvorfor bestandsindeksen basert på dagboksdata fremstår som noe usikker. Mellom 2010 og 2023 ble 75% (årlig gjennomsnitt, i vekt) av kveite landet av fartøy mindre enn 15 m og 48% av fartøy mindre enn 12 m. Manglende rapportering av en så stor og viktig del av fiskeflåten gjør at eksisterende data, særlig opp til 2022, øker usikkerheten betydelig for denne indeksen. I tillegg kommer utfordringer med datakvalitet, siden det er uklart hvor nøyaktig viktige parametere på fiskeinnsats og redskapsspesifikasjon blir rapportert. På samme tid er kommersielle data og spesielt elektroniske dagbøker en sentral og potensielt beste datakilde på datafattige kystbestander som kveite. Det er derfor svært viktig at rapporteringen forbedres både i kvantitet og kvalitet. Vi anbefaler at den planlagte utvidelsen av rapporteringskrav utvides til alle fiskefartøy og at det medfører fullstendig og nøyaktig rapportering på informasjon om fangst, innsats (varighet) og fiskeutstyr (detaljert redskapstype, maskevidde). Det bør også vurderes om det kan inkluderes mer detalj på fiskeinnsats på redskapstyper som garn og line. Rapporteringsformat er per i dag best tilpasset trålfisket og inkluderer derfor ikke viktig informasjon som garnlengde eller antall krok på line. Videre anbefaler vi en jevnlig revurdering av bestandsindeksen basert på dagboksdata og referanseflåten, da det kan forventes at begge blir mer representativt etter flere år med data fra mindre båter.

4.2 - Toktdata

Hls kystøkosystemtokt er designet for torsk, hyse og sei og fanger kveite kun som bifangst. Hverken toktdesignet eller bruk av Campelen-trål er tilpasset til kveite. Analysen viste blant annet at trålen fanger primært mindre til mellomstore individ, men har relativ dårlig selektivitet på større individ, over minstemålet. Det betyr at tokttindeksen ikke er direkte representativ for den høstbare delen av bestanden, men i stedet gir en indikasjon av den generelle trenden i totalbestanden. Dette blir håndtert i bestandsmodellen ved at tokttindeksen får mindre vekt enn indeksen basert på fangstdagbøkene, og understreker dermed viktigheten av høy kvalitet på kommersielle data. På grunn av begrensede ressurser og fartøytid er det ikke realistisk at det kan samles mer og bedre toktdata på sikt, verken gjennom økt innsats på kystøkosystemtoktet eller et eget kveitetokt. I stedet blir det viktig å sikre at den nåværende deknningen og prøvetakingsinnsatsen i områder relevant for kveite opprettholdes, og på lengre sikt eventuelt forbedres. Det anbefales dessuten å utforske hvordan mulige endringer og kutt i kysttoktet påvirker tokttindeksen, og om det finnes andre toktdata (f.eks. økotokt og vintertokt i Barentshavet) som kan bidra med relevant informasjon.

4.3 - Biologi

4.3.1 - Bestandsstruktur

Fordi det er begrenset kunnskap om populasjonsstrukturen av kveite i norske farvann ble arten inndelt i to forvaltningsområder: kveite nord for 62° (ICES-område 1-2 som omfatter statistiske områder 03, 04, 05, 06 og 07) og sør for 62°N (ICES-område 3-4 som omfatter statistiske områder 28, 08 og 09). Denne inndelingen baserer seg på fiskeri- og datarelaterte betraktninger. Omfanget og utviklingen av fisket i nord skiller seg fra fisket i sør. Området nord for 62°N er i tillegg dekket av en konsistent fiskeriuavhengig toktserie (kystøkosystemtoktet) mens det ikke finnes relevante overvåkingstidsserier på Vestlandet nord for Stavanger (sør for Stavanger dekker reketokt i sør Norskerenna og Skagerrak). Inndelingen er til en viss grad villkårlig

(som for flere andre arter hvor en skiller mellom bestander sør og nord for 62°N), siden de to bestandene sannsynligvis henger sammen gjennom larvedrift. Dessuten er det uklart hvor mye genetisk finstruktur det finnes innenfor de to bestandsenhetene, med forskjellig populasjonsdynamikk på regionalt eller lokalt nivå. Forskning på andre arter viser et blandet bilde av populasjonsstrukturen langs kysten. Nyere studier på kysttorsk tyder på at det er en stor metapopulasjon med populasjonsstruktur delvis på lokal skala, f.eks. innenfor fjorder (Knutsen mfl 2003, Johansen mfl 2020). For dypvannsreke finnes derimot indikasjoner på at det er sterk konnektivitet langs kysten, hele veien fra Skagerrak til Finnmark (Hansen mfl 2021).

En korrekt og hensiktsmessig bestandsdefinisjon er viktig for å kunne estimere bestandsdynamikken best mulig og for å unngå overfiske av lokale (del-)bestander. Det er derfor behov for mer forskning og data på bestandsstrukturen til kveite i norske farvann, spesielt gjennom populasjonsgenetiske analyser.

4.3.2 - Rekruttering og bestandsdynamikk

Rekruttering er sentral for bestandsdynamikk og definerer i stor grad hvor produktiv en bestand er. På samme tid er rekruttering en veldig stokastisk prosess som er sterkt avhengig av miljøvariabler og predasjon, noe som ofte gjør det vanskelig å avdekke hele forholdet mellom gytebestand og rekruttering (Zimmermann mfl 2021). Selv om rekruttering er sentral, er prosessen ikke godt forstått for de fleste bestandene og vanskelig å predikere. Det gjelder også kveite hvor data- og kunnskapsgrunnlaget er svært begrenset. Kveite gjennomgår en veldig kompleks og krevende metamorfoseprosess under larveutvikling (Gomes mfl 2014), noe som gjør dem spesielt sårbar for uegnede miljøforhold i tidlig livsfase og antagelvis bidrar til stor variasjon i rekrutteringen. Svingninger i rekruttering og dermed bestandsvekst er vanskelig å oppdage i de eksisterende dataene og representeres forholdsvis dårlig i en biomassemodell som SPiCT. Enkle, store årsklasser og resulterende oppsvingninger i bestandsbiomassen kan derfor fort gi et for optimistisk bilde av bestandstilstanden og -produktivitet. Det er derfor viktig å forbedre kunnskapen på rekrutteringsvariasjon og aldersstrukturen på kveite. Kystøkosystemtøktet kan gi en indikasjon på rekruttering av 5-7 år gammel kveite.

4.3.3 - Livshistorieparametere

Livshistorieparametere på vekst, modning, fekunditet, etc. er et viktig for å forstå bestandsdynamikken til kveite bedre og for å kunne definere mer informative priors til bestandsmodellen. Internasjonalt finnes det mye informasjon om biologien og livshistorie til vill- og oppdrettskveite, men livshistorie er plastisk og kan derfor variere mye mellom bestander av den samme arten og også innenfor en bestand over tid. Det anbefales derfor studier på kveite i Norge for å kunne estimere plausible sentrale livshistorieparametre på vekst, modning, etc. HI har samlet inn en del individdata på kveite på egne tokt i nyere tid, også aldersdata. De siste årene har det også samlet blitt inn noe individdata på kveite av referanseflåten. Bakover i tid er det svært lite kvalitativt gode data som sier noe om størrelse (lengde, vekt, alder) i fangstene. Det mest nærliggende er å vurdere om aldersdata/lengdedata fra kystøkosystemtøktet kan si noe om rekruttering til bestanden.

4.4 - Bestandsvurdering og forvaltningsstrategi

4.4.1 - Alternative bestandsvurderingsmetoder

SPiCT kan anses som den beste løsningen for å produsere et robust kvoteråd, gitt eksisterende data og deres begrensninger. Likevel er det viktig at det i framtiden jevnlig vurderes om det finnes eller kan samles data som gjør det mulig å teste alternative bestandsvurderingsmetoder, særlig de som representerer bestandssammensetning (alder og lengde) og endringer i fiskeselektivitet bedre enn en biomassemodell. Relevante metoder er først og fremst lengdebasert indikatorer, lengdebaserte bestandsmodeller, eller alderslengde bestandsmodeller. Alle de metodene forutsetter en forbedret og mer representativ innsamling av biologiske data, særlig lengde, men også otolitter til aldersbestemmelse. Dette gjelder spesielt fangstdata.

4.4.2 - Høstingsregel og forvaltningsstrategi

Kvoterådet per nå baserer seg på en standardtilnærming som følger anbefalingen av ICES (ICES 2024b) for en langtlivende art som kveite. Den underliggende høstingsregelen for slike bestander legger mye vekt på føre-var prinsippet, noe som er viktig når bestandsestimatene i tillegg er forholdsvis usikre. Det anbefales likevel på sikt å gjennomføre en forvaltningssimulering som evaluerer den nåværende (15% persentil, med $MSY_{B_{trigger}} = 0,5$ og $B_{lim} = 0,3$) og alternative høstingsregler mot forskjellige forvaltningsmål og under alternative scenarier på den framtidige bestandsutviklingen. I en slik undersøkelse kan for eksempel økonomiske betraktninger og en mer eksplisitt modell av flåtedynamikk og -struktur inkluderes. Kveitefiskeriet er komplekst og veldig divers, både innenfor den kommersielle flåten og med fritids- og turistfiskere som ytterlige viktige interessensgrupper. Inkludering av økonomiske referansepunkter og analyser av verdiskapning på tvers av flåtegrupper kan bidra til en økt forståelse av flåtedynamikk og lage et bedre beslutningsgrunnlag for mulige reguleringstiltak og fordeling av totalkvoten.

4.5 - Kveite sør for 62°N

Statusen for kveite sør for 62°N er antatt å være dårlig men kan ikke bestemmes på grunn av data- og kunnskapsbegrensninger. Det anbefales å gjennomføre en omfattende analyse for å utforske om det finnes datakilder som er gode nok til å lage en bestandsindeks også sør for 62°N. Den beste kandidaten per dags data er HIs reketokt som gir en konsistent dekning av Skagerrak og Norskerenna fra 1984 og har registrert lave men jevnlig fangster av kveite (gjennomsnittsfangstrate på 0,0 - 0,99 kg/nm over de siste 20 år) (ICES 2024c). I tillegg understreker den datafattige situasjonen på kveite sør for 62°N behovet for bedre data fra kommersielle fiskere og fritidsfiskere.

5 - Referanser

- Anderson, S. C., Ward, E. J., English, P. A., og Barnett, L. A. K. 2022. sdmTMB: an R package for fast, flexible, and user-friendly generalized linear mixed effects models with spatial and spatiotemporal random fields. bioRxiv: 2022.03.24.485545.
<https://www.biorxiv.org/content/biorxiv/early/2022/05/02/2022.03.24.485545.full.pdf>.
- Berg, C., Coleman, P., Cooper, A., Hansen, H. Ø., Haslob, H., Herrariz, I. G., Kokkalis, A., *mfl*. 2021. Benchmark Workshop on the development of MSY advice for category 3 stocks using Surplus Production Model in Continuous Time; SPiCT (WKMSYSPiCT).
- Ferter, K., Rikardsen, A. H., Evensen, T. H., Svenning, M.-A., og Tracey, S. R. 2017. Survival of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) following catch-and-release angling. *Fisheries Research*, 186: 634–641.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165783616301692>.
- Ferter, K., Otterå, H., Christman, M., Kleiven, A. R., Weltersbach, M. S., Gundersen, S., Djønne, C., *mfl*. 2022. Integrating complementary survey methods to estimate catches in Norway's complex marine recreational hook-and-line fishery. *ICES Journal of Marine Science*, 80: 107–121. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac216>.
- Gomes, A. S., Kamisaka, Y., Harboe, T., Power, D. M., og Rønnestad, I. 2014. Functional modifications associated with gastrointestinal tract organogenesis during metamorphosis in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *BMC Developmental Biology*, 14: 11. <https://doi.org/10.1186/1471-213X-14-11>.
- Hansen, A., Westgaard, J.-I., Søvik, G., Hanebrekke, T., Nilssen, E. M., Jorde, P. E., Albretsen, J., *mfl*. 2021. Genetic differentiation between inshore and offshore populations of northern shrimp (*Pandalus borealis*). *ICES Journal of Marine Science*, 78. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsab181>.
- ICES. 2022. Benchmark workshop on *Pandalus* stocks (WKPRAWN). Report. ICES Scientific Reports. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.19714204.v1>.
- ICES. 2024a. ICES technical guidance for harvest control rules and stock assessments for stocks in categories 2 and 3. Report. ICES Technical Guidelines. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.26056306>.
- ICES. 2024b. Benchmark workshop 3 on the development of MSY advice using SPiCT (WKBMSYSPiCT3). Report. ICES Scientific Reports. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.24998858>.
- ICES. 2024c. Joint NAFO/ICES *Pandalus* Assessment Working Group (NIPAG). Report. ICES Scientific Reports. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.25772121.v1>.
- Johansen, T., Besnier, F., Quintela, M., Jorde, P. E., Glover, K. A., Westgaard, J.-I., Dahle, G., *mfl*. 2020. Genomic analysis reveals neutral and adaptive patterns that challenge the current management regime for east atlantic cod *gadus morhua* L. *Evolutionary Applications*, 13: 2673–2688.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/eva.13070>.
- Knutsen, H., Jorde, P. E., André, C., og Stenseth, N. CHR. 2003. Fine-scaled geographical population structuring in a highly mobile marine species: The atlantic cod. *Molecular Ecology*, 12: 385–394.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1365-294X.2003.01750.x>.
- Lindgård, E. L. 2023. Stock Assessment of Norwegian Atlantic Halibut North of 62°N Latitude Using a Data-Limited Approach. UiT The Arctic University of Norway.

Nedreaas, K., og Kjærnli, H. 2024. Digitalisert norsk fangststatistikk 1914-1980 - artsspesifikke og fylkesvise sluttseddeldata. Rapport fra havforskningen.

Pedersen, M. W., og Berg, C. W. 2017. A stochastic surplus production model in continuous time. *Fish and Fisheries*, 18: 226–243. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/faf.12174>.

Zimmermann, F., Enberg, K., og Mangel, M. 2021. Density-independent mortality at early life stages increases the probability of overlooking an underlying stock–recruitment relationship. *ICES Journal of Marine Science*. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsaa246>.



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Postboks 1870 Nordnes

5817 Bergen

Tlf: 55 23 85 00

E-post: post@hi.no

www.hi.no