

1546

NINA Rapport

Modellering av svømmetrekket til lomvi (*Uria aalge*) fra Bjørnøya til norskekysten.

Utvikling av ny metodikk for bruk av lysloggere (GLS), dykkeloggere (TDR) og sjøtemperaturer (SST) til kartlegging av svømmetrekket hos alkefugl.

Kjell Einar Erikstad (NINA), Sigurd Benjaminsen (NINA), Tone Kristin Reiertsen (NINA), Manuel Ballesteros (NINA), Hallvard Strøm (NP)



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er NINAs ordinære rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig..

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Modellering av svømmetrekket til lomvi (*Uria aalge*) fra Bjørnøya til norskekysten.

Utvikling av ny metodikk for bruk av lysloggere (GLS), dykkeloggere (TDR) og sjøtemperaturer (SST) for å kunne kartlegge svømmetrekket hos alkefugl.

Kjell Einar Erikstad
Sigurd Benjaminsen
Tone Kristin Reiertsen
Manuel Ballesteros
Hallvard Strøm

Erikstad, K.E., Benjaminsen, S., Reiertsen, T.K, Ballesteros, M. & Strøm, H. 2018. Modellering av svømmetrekket til lomvi (*Uria aalge*) fra Bjørnøya til norskekysten. Utvikling av ny metodikk for bruk av lysloggere (GLS), dykkeloggere (TDR) og sjøtemperaturer (SST) til kartlegging av svømmetrekket hos alkefugl. NINA Rapport 1546. Norsk institutt for naturforskning.

Tromsø september 2018

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-3284-5

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Sveinn Are Hanssen

ANSVARLIG SIGNATUR

Cathrine Henaug

OPPDRAGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Miljødirektoratet og Equinor

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Brit Veie-Rosvoll (Miljødirektoratet) & Jürgen Weissenberger (Equinor)

FORSIDEBILDE

Lomvi-hann med ungens sin © Tone Reiertsen

NØKKEWORD

- Norge, Barentshavet, Bjørnøya
- Sjøfugl, Lomvi
- Svømmetrekk

KEY WORDS

Norway, Barents Sea, Bjørnøya, Seabirds, Common Guillemot, *Uria aalge*, Swimming track

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Torgarden
7485 Trondheim
Tlf: 73 80 14 00

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Tlf: 73 80 14 00

NINA Tromsø

Postboks 6606 Langnes
9296 Tromsø
Tlf: 77 75 04 00

NINA Lillehammer

Vormstuguvegen 40
2624 Lillehammer
Tlf: 73 80 14 00

NINA Bergen

Thormøhlensgate 55
5006 Bergen
Tlf: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Erikstad, K.E., Benjaminsen, S., Reiertsen, T.K, Ballesteros, M. & Strøm, H. 2018. Modellering av svømmetrekket til lomvi (*Uria aalge*) fra Bjørnøya til norskekysten. Utvikling av ny metodikk for bruk av lysloggere (GLS), dykkeloggere (TDR) og sjøtemperaturer (SST) til kartlegging av svømmetrekket hos alkefugl. NINA Rapport 1546. Norsk institutt for naturforskning.

Lomvi (*Uria aalge*) og andre alkefugl som polarlomvi (*Uria lomvia*) og alke (*Alca torda*) har en spesiell hekkestrategi ved at ungene forlater reirplassen før de er flyvedyktige. Ungene forlater kolonien etter ca 21 dager med en vekt som bare er 1/3 av voksenvekta. Hannen følger ungen til havs til et oppvekstområde og beskytter og mater den gjennom resten av oppvekstperioden. Når de voksne ankommer oppvekstområdet myter de fjær og er flyvedyktige for en periode. Dette er derfor en veldig sårbar periode av livet for forstyrrelser og evt skade fra for eksempel oljesøl. For å beskrive vandring og områdebruk til havs bruker en nå i stort omfang såkalte små lysloggere (GLS) som festes til de voksnes fotring. Disse beregner posisjoner til fugl basert på dag/natt signaler. I perioden tidlig i august når dette svømmetrekket foregår er det imidlertid fortsatt sommertid i området lomviene oppholder seg i og lyst hele døgnet, noe som gjør denne teknikken ubrukt. GLS loggere måler imidlertid sjøtemperaturen nøyaktig samtidig som de har en tørr/våt bryter som gjør det mulig å beregne hvor mye de flyr. Målsetningen med dette studiet har vært å utvikle en modell basert på temperaturgradienter i Barentshavet og de temperaturdataene som GLS loggerne gir oss for å sannsynliggjøre av dette svømmetrekket. Modellene bygger på «random walk» begrenset av svømmehastigheten av fuglene. Ved å sammenligne temperaturdata fra GLS loggere med temperaturgradienter i Barentshavet kan en sette begrensninger i denne modellen og utelukke alle simuleringer hvor disse temperaturene har ett avvik på mer enn ± 1.5 °C. Dette gjør det mulig å kartlegge sannsynlig retning gitt at en kjenner hvor i Barentshavet oppvekstområdet er. Hannen med unge forlater kolonien tidlig i august og er framme i oppvekstområdet i det sørøstlige Barentshavet etter 20 dager. Hastigheten til svømmetrekket ble beregnet til 37km per dag og lengden på dette svømmetrekket ble estimert til 470km, 580km og 522km i 3 år (2011, 2012, 2015) og det var stor overlapp mellom år (77%). Hunner flyr mer enn hanner med unger langs dette trekket og er framme ca ei uke tidligere i dette oppvekstområdet. Ved å analysere data fra dykkeloggere (TDR) ser vi ut fra dykkeprofiler at ungen er avhengig av bidrag fra hannen i ca 60 dager etter at den forlater kolonien. Metoden som er utviklet ser lovende ut for å kunne beskrive svømmetrekket. Foreløpig har en kun benyttet dette for lomvi fra Bjørnøya i 3 år. Metoden bør nå også brukes for å beskrive svømmetrekket for andre alkefugl og også flere kolonier.

Kjell Einar Erikstad, NINA, PB 6606 Langnes, 9296 Tromsø,
Kjell.erikstad@nina.no
Sigurd Benjaminsen, NINA, Framsentret, PB 6606 Langnes, 9296 Tromsø,
Sigurd.Benjaminsen@nina.no
Tone Kristin Reiertsen, NINA, Framsentret, PB 6606 Langnes, 9296 Tromsø,
tone.reiertsen@nina.no
Manuel Ballesteros, NINA, Framsentret, PB 6606 Langnes, 9296 Tromsø,
Manuel.Ballesteros@nina.no
Hallvard Strøm, Norsk Polarinstitutt, PB 6605 Langnes, 9296 Tromsø,
hallvard.strom@npolar.no

Abstract

Erikstad, K.E, Benjaminsen, S., Reiertsen, T.K, Ballesteros, M. & Strøm. H. 2018. Modeling the movements of common guillemots and their chicks from Bjørnøya to the mainland coast of Norway. NINA Report 1546. Norwegian Institute for Nature Research.

Guillemots and some other auk species are unique among birds in their intermediate departure strategy from the colony. The chick leaves the breeding ledge at 1/3 of adult size and spends the time at sea accompanied by the male until it reaches fledge-age. After leaving the breeding ledge, the adult male takes care of the flightless chick and migrates (swimming migration) to areas where the chick is raised to independence. During this time, adult males and females also moult their wing feathers and become flightless for a period. This is a period of their life when auk species are hugely vulnerable for any disturbances. The purpose of the present project has been to develop a model to describe the swimming migration of Common Guillemots from Bjørnøya to the area where the chicks are raised to independence. To achieve this, we used a combination of different miniature dataloggers (Global Location Sensing, GLS-loggers) and diving depth loggers (TDR) attached to a colour ring of the adult birds when at the colony. One problem with GLS loggers is that they estimate the position of birds using day- night signals of light. However, during the time of migration, the Barents Sea area experiences continuous daylight and therefore the loggers give no reliable position of the birds. When day/night signals are picked up around 20 August, the birds are distributed in an area in the southern Barents Sea To model the probability of the direction of the swimming migration from when the males leave Bjørnøya and until they reach the area in the southern area in the Barents Sea, we have used the temperature data measured by the GLS loggers and the sea temperature gradients that they cross on their way. The GLS loggers also have a dry/wet stage which we used for the estimate of how much the adult male and female fly along this track. The model of swimming direction was estimated using a random walk model. By comparing the SST gradients in the Barents Sea with the temperature measured by the GLS loggers along the track, we could exclude trajectories where temperatures differed by more than ± 1.5 °C in order to control the direction of the tracks. The males with their chicks leave Bjørnøya in early August and reach the chick-rearing area in the southern Barents Sea around 20 days later. The estimated speed for the male with a chick was 37 km d⁻¹ and the mean lengths of these tracks were 470 km, 580 km and 522 km in three years with large overlap in the 50% Kernel area (77%). Females fly more than males, which are accompanied by a chick along the track, and reach the chick-rearing area ca. one week before the male. Using diving depth loggers (TDR), we have estimated that the chick grows to independence of the male in around 60 days based on data on diving depths and number of dives of males caring for chicks. The simulation model developed here looks promising for the description of the swimming migration in auks. What we have shown for the Common Guillemot from Bjørnøya should be tested for at other colonies and in other auk species.

Kjell Einar Erikstad, NINA, PB 6606 Langnes, 9296 Tromsø,

Kjell.erikstad@nina.no

Sigurd Benjaminsen, NINA, Framsentret, PB 6606 Langnes, 9296 Tromsø,

Sigurd.Benjaminsen@nina.no

Tone Kristin Reiertsen, NINA, Framsentret, PB 6606 Langnes, 9296 Tromsø,

tone.reiertsen@nina.no

Manuel Ballesteros, NINA, Framsentret, PB 6606 Langnes, 9296 Tromsø,

Manuel.Ballesteros@nina.no

Hallvard Strøm, Norsk Polarinstitutt, PB 6605 Langnes, 9296 Tromsø

hallvard.strom@npolar.no

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	4
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning	7
2 Metoder	8
2.1 Analyse lysloggerdata	8
2.2 Når forlater lomvien kolonien.....	8
2.3 Analyser TDR loggere	8
2.4 Modellering svømme trekke t.....	9
3 RESULTAT	11
3.1 Når starter svømme trekke t?	11
3.2 Myteområdet til de voksne og området hvor ungene vokser opp	12
3.3 Svømme trekke t.....	12
3.4 Adferd under svømme trekke t.....	13
3.4.1 Beiteadferd og flyve aktivitet under svømme trekke t.....	13
3.5 Hvor lenge er ungen avhengig av hannen	14
4 DISKUSJON	16
4.1 Konklusjon og videre arbeid	17
4.2 Kvantifisere sårbarhet.....	19
5 REFERANSER	20

Forord

Menneskelig aktivitet spesielt knyttet til olje- og gassvirksomhet i Barentshavet vil kunne skape økte trusler for sjøfugl i åpent hav. I den forbindelse har Miljødirektoratet fått i oppdrag fra Klima og miljødepartementet om mulige nye vilkår og tillatelser for å ivareta rammeverket som tar hensyn til sjøfugl på åpent hav. Gjennom de store sjøfugl programmene SEAPOP og SEATRACK har det i de siste årene blitt skaffet til veie mye ny data og kunnskap. Loggerteknologi har gitt nye muligheter for å utvikle bedre metoder og rutiner for å implementere denne kunnskapen i konkrete konsekvensutredninger og miljørisiko analyser. Alkefuglene er særlig sårbare i forbindelse med oljesøl. Noen av disse artene er spesielle ved at de forlater kolonien med ungene sine lenge før ungene er flyvedyktige, og foretar ett svømmetrekk fra koloniene til et definert oppvekstområde hvor resten av ungepasset foregår. Dette er en sårbar fase av livet deres og hvor kunnskapen om svømmetrekkets rute og varighet har vært fraværende. Med bakgrunn i dette finansierte Miljødirektoratet og Equinor et prosjekt for å utvikle en modell basert på ny loggerteknologi for å beskrive retning og tidspunkt for svømmetrekket hos lomvi fra Bjørnøya.

Vi takker Britt Veie-Rosvoll og Magnus Irgens ved Miljødirektoratet og Jürgen Weissenberger ved Equinor for oppfølging og diskusjoner i prosjektperioden.

20.09.2018
Kjell Einar Erikstad

1 Innledning

Lomvi er klassifisert på den norske rødlisten. For fastlands Norge er statusen kritisk truet, mens bestanden på Bjørnøya er klassifisert som sårbar. Hoveddelen av de norske bestandene oppholder seg i Barentshavet det meste av året (seatrack.no). Lomvi og andre alkefugl som polarlomvi og alke har en spesiell hekkestrategi ved at ungene forlater kolonien etter ca. 21 dager med en vekt som bare er 1/3 av voksenalderen. Hannen følger ungen til havs og beskytter og mater den gjennom resten av oppvekstperioden. Data fra lysloggere (GLS) (Seatrack.no) viser at både lomvihanner (sammen med ungen) og lomvihunner befinner seg i et relativt begrenset område sørøst i Barentshavet allerede i siste halvdel av august. De drar trolig direkte til dette området med en gang de forlater kolonien. Dette gjelder fugl både fra Bjørnøya, men også lomvi fra andre kolonier som Hornøya, Hjelmsøya, Sklinna og Jan Mayen, og trolig også koloniene fra russisk side. I dette området etter svømmetrekket gjennomgår foreldrene også fjærfellingen (myting) og er flyve-udyktige en periode på ca. 45-50 døgn. Dette er derfor en svært sårbar periode i forhold til inngrep og aktiviteter i områdene fuglene bruker.

På grunn av lysforholdene i nord tidlig i august, mangler vi posisjonsdata fra lysloggere. På denne tiden som svømmetrekket i Barentshavet foregår er det dagslys døgnet rundt og dermed ikke dag/natt rytme. Samtidig har direkte kartlegging vha. båttransekter vist seg både lite egnet og kostbart (Follestad et al. 2015). En annen mulighet for å kartlegge svømmetrekket er små satellitt sendere festet til lomvi-ungene. Det lages nå sendere som veier ned til 5 g, og som utprøves av Norsk Polarinstitutt på Bjørnøya (Hallvard Strøm pers. komm.). Denne teknikken kan være nyttig, men er så langt på test-stadiet. Den er også svært kostbar og dermed ressurskrevende å gjennomføre i stor skala på mange kolonier.

Utarbeidelse av nye teknikker for å analysere data fra både GLS- og dykkeloggere (TDR) er lovende, for om mulig å analysere svømmetrekket i detalj. Sammen med data på gradienter av sjøtemperatur kan nå data fra disse loggerne sammenstilles for å sannsynliggjøre mer spesifikt hvor svømmetrekket foregår i den perioden hvor lysintensitet dataene til GLS-loggerne gir begrensninger. Til dette har vi brukt en «random walk» modell. GLS-loggerne har i tillegg også en saltvannsbryter-funksjon («dry/wet stage») som gjør det mulig å beregne aktivitetsmønstre for når fuglen flyr, når den ligger på sjøen og når den dykker. I tillegg registrerer de nøyaktige sjøtemperaturer. Både «dry/wet stage» og temperatur registreres uavhengig av lysforhold. TDR-loggerne registrerer dykkeprofiler og dykkemønstre, inklusive sjøtemperaturer, i hele perioden fra fuglene forlater kolonien til de når myteområdet øst i Barentshavet. Målsetningen med denne undersøkelsen har vært å utvikle en metode basert på analyser av data fra dataloggere og gradienter i sjøtemperaturer for i detalj å studere retning, tid og adferd til fugl langs dette svømmetrekket.

2 Metoder

2.1 Analyse av lysloggerdata

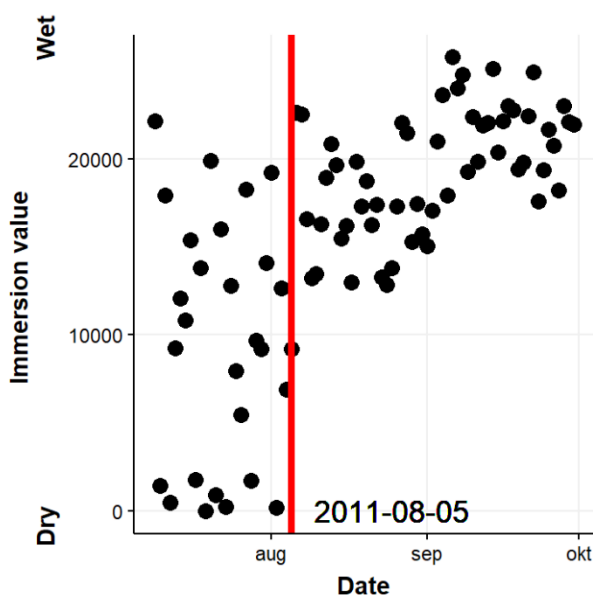
For å estimere posisjoner fra lysloggerdata brukte vi lysloggere av typen MK15. Loggerne blir festet til foten av fuglen sammen med en fargering. Loggerne måler lysforhold hvert minutt og lagrer maksimum verdier i løpet av 10 minutt perioder. I tillegg måler disse loggerne temperaturdata med en oppløsning på 0.125 °C og en nøyaktighet på ± 0.5 °C.

Lysdata ble prosessert ved å bruke BASTrak software (Fox 2010). Lyskurver for hver enkelt logger ble visuelt studert for å beregne timing av dagry og skumring. Loggerne beregner to posisjoner per dag med en mulig feilkilde på 200km (Phillips et al. 2004). Åpenbare feil posisjoner med avvik >750km fra kjerneområdet ble filtret bort.

Utbredelseskart ble produsert ved hjelp av KernelUD funksjonen i statistikk pakken adehabitatHR (Calenge 2006). Alle kart over utbredelse er gitt som 50% Kernels for å beskrive kjerneområdet i utbredelse.

2.2 Når forlater lomvien kolonien

For å beregne dette har vi brukt tørr/våt informasjon fra GLS loggeren som er ett rimelig nøyaktig mål. Eksemplet under (Fig. 1) viser denne teknikken. Først beregner vi ett 3-dagers gjennomsnitt ("running mean") for så å plote disse og bruker deretter "the Change point package" i R (Killick og Eckley 2016) for å beregne datoen når de forlater kolonien og legger ut på svømmetrekket. Dette blir så repetert for hver enkelt logger og genererer tidspunktet når de forlater basert på Bayesisk informasjons kriteria. Fig.1 viser ett grafisk eksempel på hvordan metoden fungerer. Rød linje viser tidspunktet når loggeren ikke registrer lave verdier som indikerer at loggeren ikke er tørr som da indikerer når de forlater kolonien.



Figur 1. Eksempel på hvordan en beregner tidspunktet for når ulike individer av lomvi (hanner) forlater kolonien på Bjørnøya med unger og svømmer til oppvekstområdet i det sørøstlige Barentshavet. Lave verdier indikerer at loggeren er tørr og at hannen tilbringer mye av tiden i kolonien. Denne hannen forlater kolonien den 5 Aug. 2011. Rød linje viser «change point» og angir datoen for når den forlater kolonien.

2.3 Analyser TDR loggerne

På samme måte som GLS loggere ble det satt på dykkeloggere på et utvalg av fugl i kolonien (både voksne hunner og hanner). Disse ble festet til en fotring og registrerte dykkeadferd. Vi sammenlignet dykkeadferden til hann- og hunnlomvi utstyrt med dykkeloggere som registrerer trykk/dyp og ved hjelp av metoden beskrevet av Elliot et al. (2017). Vi benyttet analyseverktøyet diveMove (Luque 2007) i statistikkprogramet R til å estimere blant annet dykkedyp, varighet av dykket og tid på overflaten etter hvert dykk. Ved hjelp av disse variablene kalkulerte vi en indeks for kvaliteten på området det dykkes i (IPQ) (Elliot et al. 2017) og residualene av tid på overflaten mot varigheten av dykket (RES). En linær diskriminantanalyse av variablene dyp, antall dykk per dag, varighet av dykk, IPQ og RES illustrerer forskjellen mellom hann og hunn fra de forlater kolonien og de neste 75 dagene. Vi benytter denne metoden for å beregne hvor lang tid det tar for ungen er «voksen» og uavhengig av hannen for å finne mat.

Beregning av kvalitet av beiteområdet (IPQ) er gjort etter følgende formel (Elliot et al. 2017);

$$IPQ = \ln\left[\frac{(1+3.18*0.0191e^{0.0191*dykketid})(dykketid-1.2*dykkedyp)}{3.18e^{0.0191*dykketid}+dykketid}\right]$$

2.4 Modellering svømmetrekket

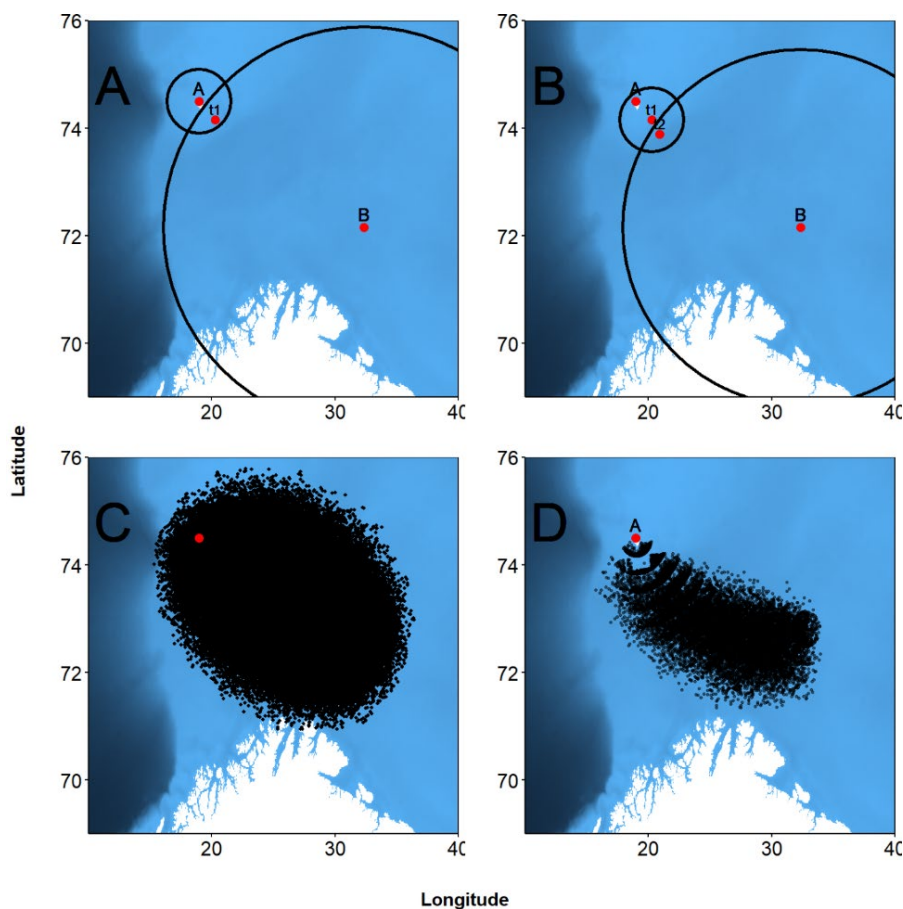
Lomvi på Bjørnøya har i flere år blitt utstyrt med GLS loggere, som i tillegg til å beregne posisjon ved hjelp av lysintensitet, også måler temperaturen gitt at loggeren er i kontakt med saltvann. Da svømmetrekket foregår i slutten av juli og store deler av august, en periode med konstant lys på grunn av midnattssol, er det umulig å beregne posisjoner fra GLS loggeren i denne perioden.

For å modellere svømmetrekket til lomvi fra Bjørnøya benyttet vi en begrenset «random walk» (Technitis et al. 2015) ved hjelp av rpakken PathInterpolatR (Long, 2015). Begrensningen i modellen er i dette tilfellet svømmehastigheten til lomvi-hanner med unge. Svømmehastigheten er kalkulert med data fra to unger merket med satellittsendere i hekkesesongen 2017 på Bjørnøya (Strøm, H. upublisert data).

Det genererte svømmetrekket består av flere punkt, separert av samplingsintervallet. For hvert punkt i trekket konstrueres først et potensielt punkt område (PPO). PPO betegner det område hvor et punkt i trekket kan plasseres. Vi antar at lomvier bruker 20 døgn på svømmetrekket fra Bjørnøya til det sørøstlige Barentshavet (basert på når vi får lyssignaler fra GLS loggerne). Slutt punktet for svømmetrekket, ble satt til midtpunktet av et 50% utbredelsesområde (Kernel) avledet fra GLS-loggere i august og september.

Svømmetrekket starter fra Bjørnøya (A) og forflytter seg i et døgn, til punkt t1, som må ligge innenfor en sirkel rundt A (Figur 2A) med en radius som tilsvarer den distansen de kan ha tilbakelagt ved en gitt hastighet (Vmax). Samtidig må svømmetrekket avsluttes på B etter 20 dager, og punkt t1 må dermed være innenfor en sirkel fra B med en radius på antall døgn som gjenstår multiplisert med Vmax. Overlappen av sirklene til punkt A og B er dermed PPO1, og punkt t1 settes tilfeldig innenfor PPO1 (Figur 2B). Punkt t1 er nå startpunktet, og prosedyren gjentas for å konstruere PPO2 og t2 til PPO18 og t18. For hvert år genererte vi 10 000 svømmetrekk (Figur 2C).

Ved å bruke temperaturdata fra GLS-loggerne, kunne vi sammenligne disse temperaturene med modellerte sjøtemperaturer fra satellittdata (Reynoldset al.2002). Vi brukte gjennomsnittlig temperatur fra GLS loggerne ved samme tidspunkt, fra de forlot kolonien (t1-t18) og sammenlignet de med havoverflatetemperaturen for august i 2011, 2012 og 2015.



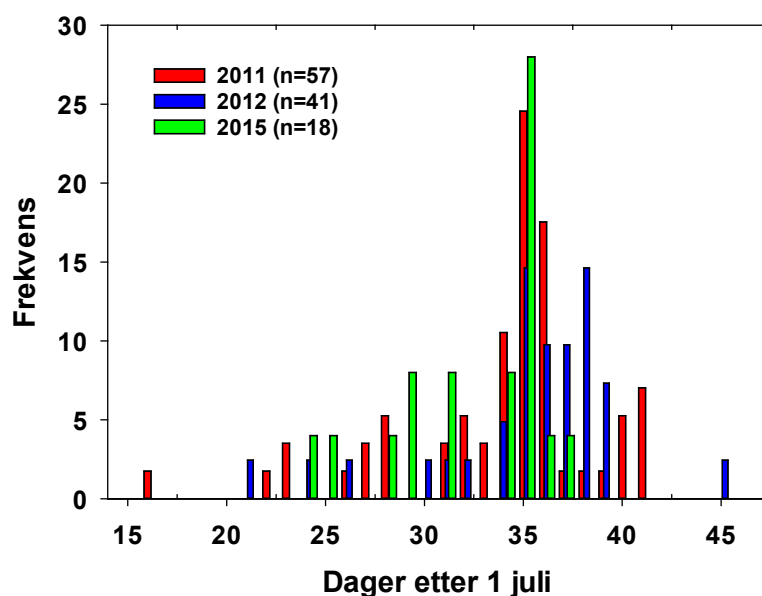
Figur 2. Eksempel på hvordan random walk modellen fungerer for å modellere svømmetrekket fra Bjørnøya til det området i Barentshavet hvor ungene vokser opp til de er uavhengig av hannen (se tekst for forklaring av figurene (A-D)).

Hver av de 10 000 genererte svømmetrekkene har 18 posisjoner mellom Bjørnøya (A) og destinasjonen (B), der punkt t1 er en dag etter at fuglen forlot kolonien. Ved å sammenligne temperaturen fra GLS-loggerne ved t1-t18 med den modellerte temperaturen på posisjonen ved t1-t18, fjernet vi posisjoner fra modellert svømmetrekk hvor differansen mellom GLS-temperatur og modellert temperatur var større enn ± 1.5 °C på mer enn et punkt i svømmetrekket (Figur 2D)

3 RESULTAT

3.1 Når starter svømmetrekket?

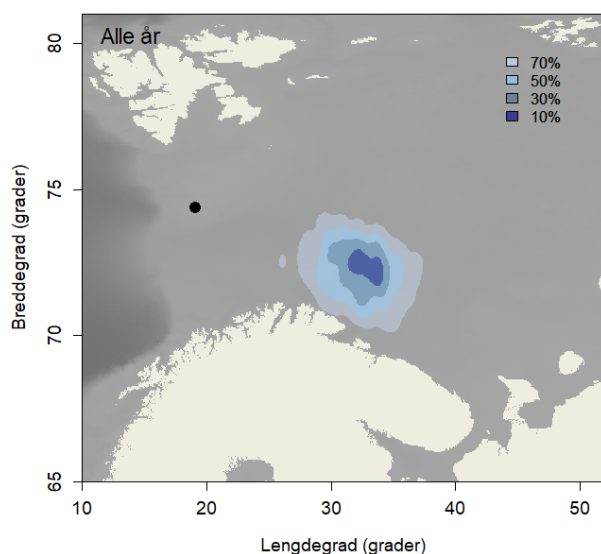
Lomvi-hannene fra Bjørnøya forlater kolonien tidlig i august. Det var veldig liten variasjon i de tre årene (2011, 2012 og 2015) som ble brukt til å modellere svømmetrekket. Median verdier for startdato på svømmetrekket de tre årene var på henholdsvis 4, 4, og 6 august (Fig. 3). For de samme årene var det imidlertid stor spredning i dato for når enkelt-individer forlater kolonien (hhv 25, 24 og 13 dager). Totalt sett for alle tre årene var spredningen på 29 dager som betyr at starten på dette svømmetrekket varierer så mye som nesten en måned. Hovedtyngden for når de forlater kolonien begrenser seg imidlertid til ca. 10 dager (fra 1.-10. august). Totalt var det en tendens til at hanner med unger forlot noe tidligere en hunnen, men kun i gjennomsnitt 3 dager tidligere (ikke vist her).



Figur 3. Frekvensdiagram som viser når enkeltfugler (hanner) forlater kolonien med unger i årene 2011, 2012 og 2015. Det var liten variasjon mellom år, men stor variasjon innad i år (se tekst).

3.2 Myteområdet til de voksne og området hvor ungene vokser opp

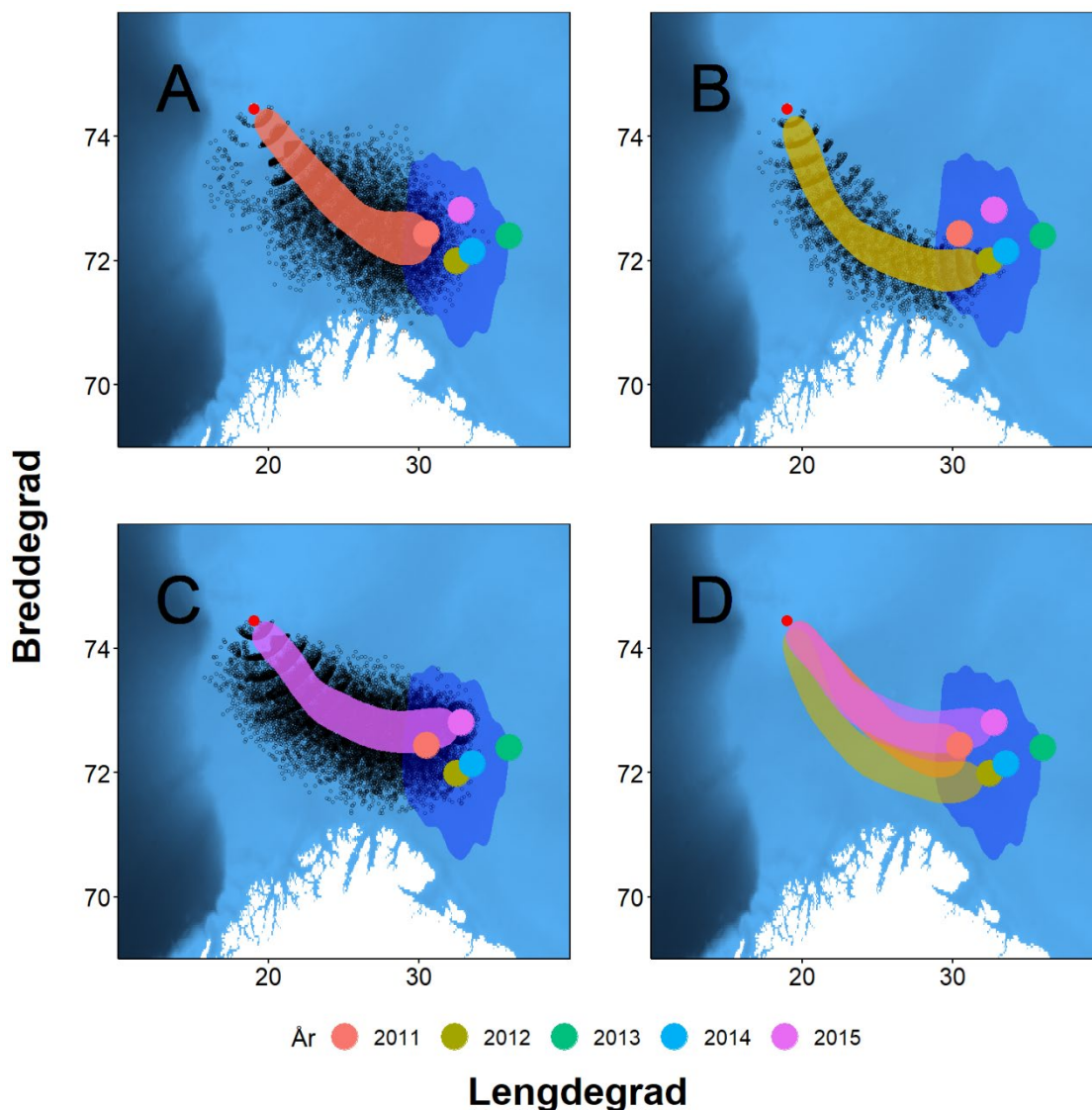
Sent i august og deler av september får en lyssignaler og posisjoner fra GLS loggerne. Allerede i slutten av august befinner lomviene fra Bjørnøya seg i ett begrenset område i det sør-østlige Barentshavet. I tillegg til at dette er oppvekstområdet til ungene så myter de voksne sine vingefjær i dette området og er flyge-udyktige i en periode.



Figur 4 Området som lomvi fra Bjørnøya drar til i slutten august og september kartlagt med GLS loggerne. Dette er tidspunktet når vi får tilstrekkelige lyssignaler for å beregne posisjoner på fugl utstyrt med GLS loggerne. Kartet angir området (Kernels 10-70%) som de bruker til å fostre opp unger og myte. Bjørnøya er angitt som et svart punkt.

3.3 Svømmetrekket

Figur 5 viser resultatet fra disse simuleringene for hvert av de tre årene (A=2011, B=2012, C=2015) og for alle tre årene samlet (D). Etter at hanner med unge forlater Bjørnøya, svømmer de i en sørøstlig retning. Retningen går først mer inn mot norskekysten enn direkte til oppvekstområdet. Sannsynligvis er dette en tilpasning for å nå den østgående kyst- og Atlanterhavs-strømmen raskere. Å «haike» medstrøms mot det vi antar er oppvekstområdet i sør-øst kan være en tilpasning som gjør kostnadene med svømmetrekket lavere. Området i sørøst er et produktivt område med aggregering av fiskeyngel (spesielt torsk og sild) som drifter med strømmen nordover fra gyteområdene lengre sør langs norskekysten (Myksvoll et al. 2013, Sandvik et al. 2014). Lengden på svømmetrekket ble beregnet til hhv 467km, 583km, 522km i de tre årene 2011, 2012 og 2015. Overlappen mellom svømmetrekket i de tre årene er stort og ble beregnet til 77%.



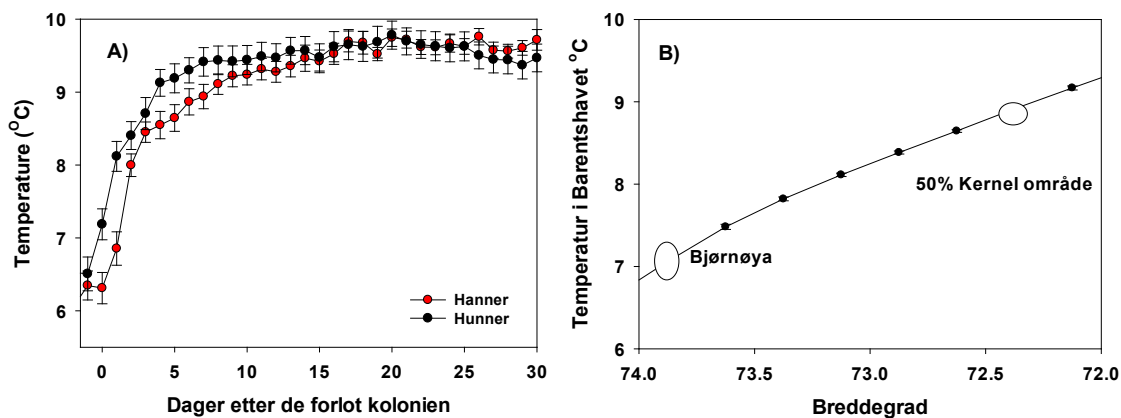
Figur 5. Modellert svømmetrekk av Lomvi fra Bjørnøya i årene 2011 (A), 2012 (B), 2015 (C) og en samlet figur for alle tre årene (D). Blått område viser 50% Kernel område for alle årene. Farga fylte sirkler angir kjerneområdet for oppvekstområdet for unger og myteområdet i de ulike årene svømmetrekket ble simulert. Bjørnøya angitt som en liten rød sirkel. Svarte symboler angir alle punkt etter at man har kuttet posisjoner hvor det er ett avvik på mer enn $\pm 1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ mellom sjøtemperatur og temperaturen målt med GLS festet på fuglen. De farga områdene angir 50% Kernel områder og den mest sannsynlige retninga på selve trekket.

3.4 Adferd under svømmetrekket

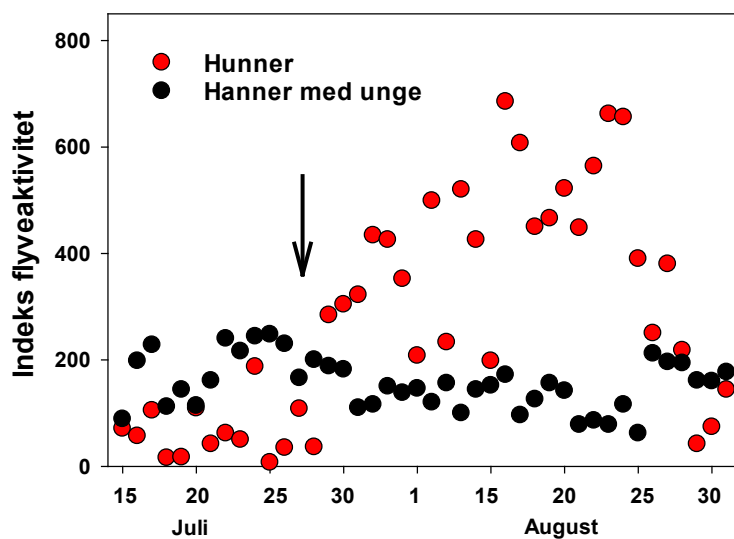
3.4.1 Beite-adferd og flyve-aktivitet under svømmetrekket

GLS loggerne angir tørr/våt stadier samtidig som de måler sjøtemperatur nøyaktig. Fig 6 viser endringer i temperaturen målt av GLS loggerne fra de forlater Bjørnøya og til de når oppvekstområdet til lomvi-ungene i det sør-østlige Barentshavet. Det er tydelig at hanner som svømmer med unger ankommer oppvekstområdet sørøst i Barentshavet senere enn

hunner uten unger (Fig. 7). Dette skyldes at hunnen flyr mer en hanner. Dette kan sannsynligvis gjøre hunnene mindre sårbare langs denne ruta.



Figur 6. Temperatur fra GLS loggere (A) og sjøtemperatur langs en temperaturgradient fra Bjørnøya til oppvekstområdet i det sørlige Barentshavet (B).

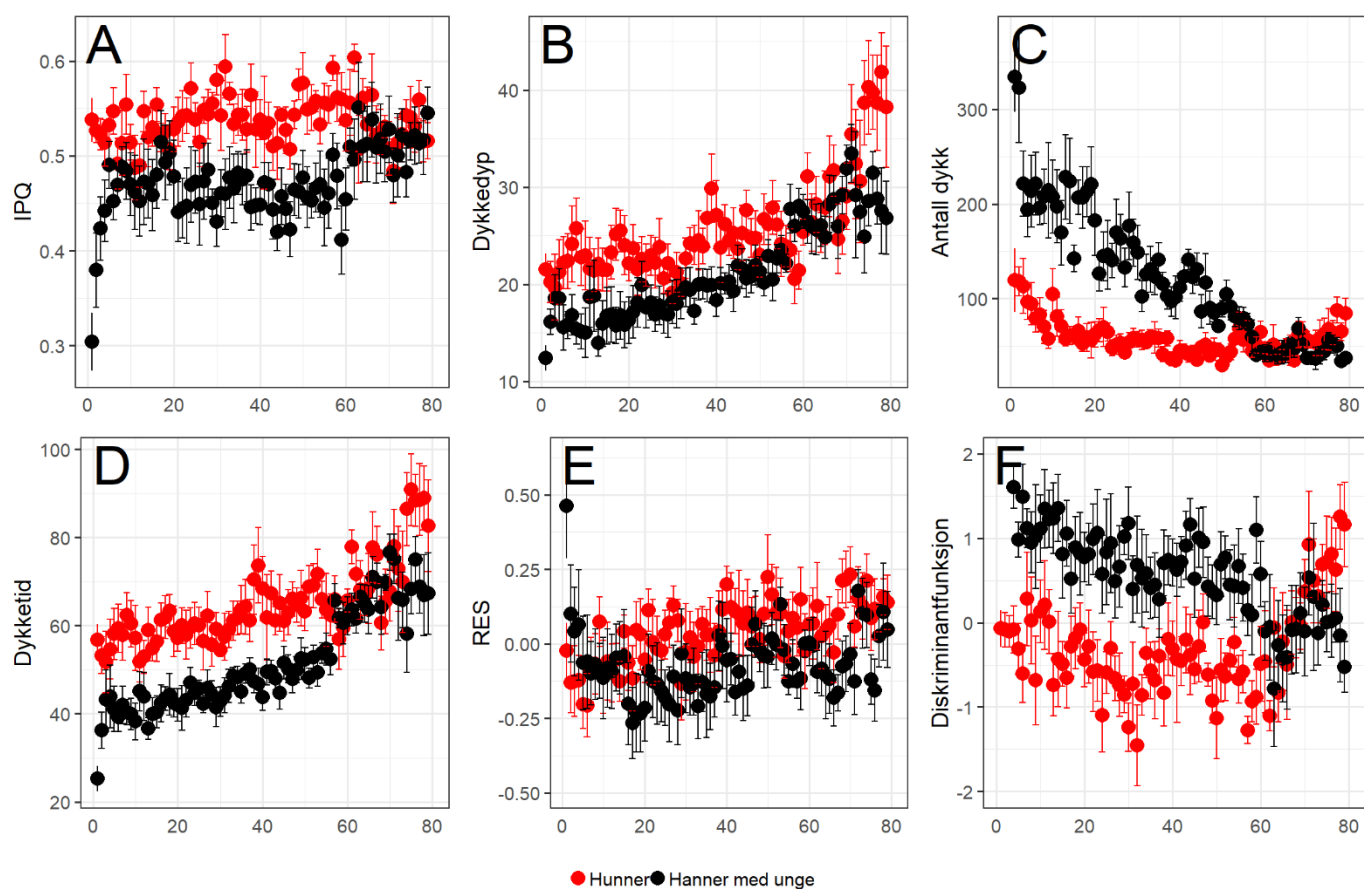


Figur 7. Flyve-aktivitet til hanner med unger og hanner langs svømmetrekket gitt som en indeks beregnet fra tørr/våt bryteren på GLS loggere. Pilen angir tidspunkt for når fuglene forlater kolonien.

3.5 Hvor lenge er ungen avhengig av hanner

Diskriminant funksjonen av adferds-kategoriene viser at forskjellen mellom adferden til hunner og hanner blir den samme etter ca. 60-65 dager (Fig 8F). En antar at dette er tiden som

trengs før ungen er «voksen» og uavhengig av hannen (se også Elliot et al. 2017). Beregninger av dykkeadferd langs svømmetrekket og i oppvekstområdet i Barentshavet viser stor forskjell mellom hanner med unger og hunner (Fig. 8). Disse dataene er fra Hornøya (Erikstad, Benjaminsen & Reiertsen upublisert), da det så langt ikke er tilgjengelige opparbeidete data fra Bjørnøya. Mønsteret synes imidlertid å være robust og stabilt, og er vist hos lomvi fra andre havområder (Elliot et al. 2017). Hanner med unger har grunnere dykk (Fig. 8B), betydelig flere dykk (Fig. 8C), bruker mindre tid til dykking (Fig. 8D) og kvaliteten på beiteområdene er dårligere (Fig. 8A) enn hos hunnene



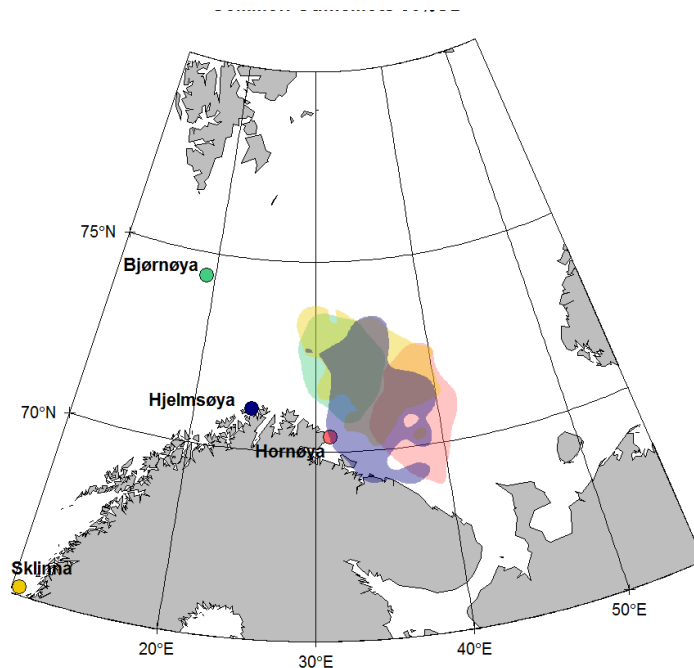
Figur 8. Oversikt over dykkeadferden til hanner med unger og hunner etter at de forlater kolonien og 80 dager fram i tid. Adferd som er registrert er A) IPQ (Kvalitet på området som er gitt av forholdet mellom dyp og dykketid), B) Dykkedyp C) Antall dykk/per dag D) Dykketid, E) RES som angir residualer fra sammenhengen mellom varighet av dykk og lengden på pauser. F) viser resultater fra en diskriminant funksjon av alle parametrene A-E. Når verdien er 0 betyr det at han og hun har samme dykkeadferd

4 DISKUSJON

Metoden som her er utviklet for å angi svømmetrekket til lomvi fra Bjørnøya gir lovende muligheter for å beskrive svømmetrekket hos alle alkefugler som har denne typen hekkestrategi i en periode hvor GLS loggere ikke kan gi informasjon om utbredelsen til fuglene pga usikre posisjoner. Denne perioden utgjør tiden mellom slutten av juli og første halvdel av august for de nordligste populasjonene. Disse lysloggerne måler imidlertid sjøtemperaturen nøyaktig uavhengig av lysforhold og sammen med temperaturgradienter i sjøtemperatur fra Barentshavet gir det oss muligheter til å bruke en «random walk» modellering (fra A til B) hvor en styrer denne modellen med å matche sjøtemperaturer langs en gradient i SST i Barentshavet med den temperaturen som GLS loggerne måler. Svømmetrekket går veldig fort, og tar bare ca 20 dager fra de forlater Bjørnøya og til de ankommer oppvekstområdet sør-øst i Barentshavet. Avstanden er totalt på 524km (snitt for 3 år) og hastigheten er beregnet til så mye som 37 km per dag. Trekket går først inn mot norskekysten før det svinger østover mot oppvekstområdet. Sannsynligvis tar svømmetrekket denne ruten for å nå kyststrømmen og Atlanterhavsstrømmen som da letter ruta østover til dette oppvekstområdet. Dette området sørøst i Barentshavet brukes av en rekke sjøfugl-bestander, også andre lomvibestander fra de andre norske lomvikoloniene (Figur 9). Dette er et viktig område med akkumulering av fiskelarver som ankommer Barentshavet i løpet av sommeren og tidlig høst fra sørlige gyteområder (Vikebø et al. 2011). Dette gjelder spesielt sildelarver fra gyteområder i sør og torskelarver som drifter med kyststrømmen og Atlanterhavsstrømmen fra de viktige gyteområdene i Lofoten-området. Dette er en dynamikk som vi nå vet fører til en viktig næringsressurs for sjøfuglbestander langs hele norskekysten (Erikstad et al. 2013, Sandvik et al. 20145).

Det fins lite publisert informasjon om svømmetrekket til lomvi fra Barentshavområdet (summert opp i Follestad et al. (2015)). Det foreligger noe info basert på båttransekter om hastigheten til lomvi/polarlomvi som svømmer bort fra kolonien på Bjørnøya. Bakken & Mehlum (1988) undersøkte svømmetrekkets retning og hastighet noen dager i august 1987. Resultatene indikerte at en stor del av ungene gikk i en sørlig retning. Follestad et al. (2015) gjorde også båttransekter i det aktuelle tidsrommet og området og konkluderte med at ungene svømte i sørlig retning, men at det ikke var mulig å kartlegge dette i noe detalj med båttransekter. Det mest relevante for de simuleringene vi har gjort så langt fra Bjørnøya er et studie hvor man har brukt små satellittsendere på unger av lomvi (Strøm upublisert). Det ble påsatt 5 sendere i 2017. To av disse ungene nådde oppvekstområdet i det sør-østlige Barentshavet. Det er ikke gjort noen detaljert sammenstilling av data fra disse 2 ungene med de simuleringene vi har gjort i dette prosjektet. Visuelle sammenligninger viser imidlertid at de simulerte dataene på svømmetrekk vi har gjort i dette studiet dekker det området som disse 2 fuglene brukte.

Det er også noen forsøk tilbake i tid fra andre havområder (Grønland og det Baltiske havet) (Olsson et al. 1999, Falk et al. 2001) med bruk av satellittsendere og tradisjonell radiotelemetri for å følge ungene når de forlater kolonien, men p.g.a. av datidens teknologi kunne man si noe om retninga de forlot kolonien og hastigheten, men lite om hele svømmetrekket da loggerne kun varte noen få dager.

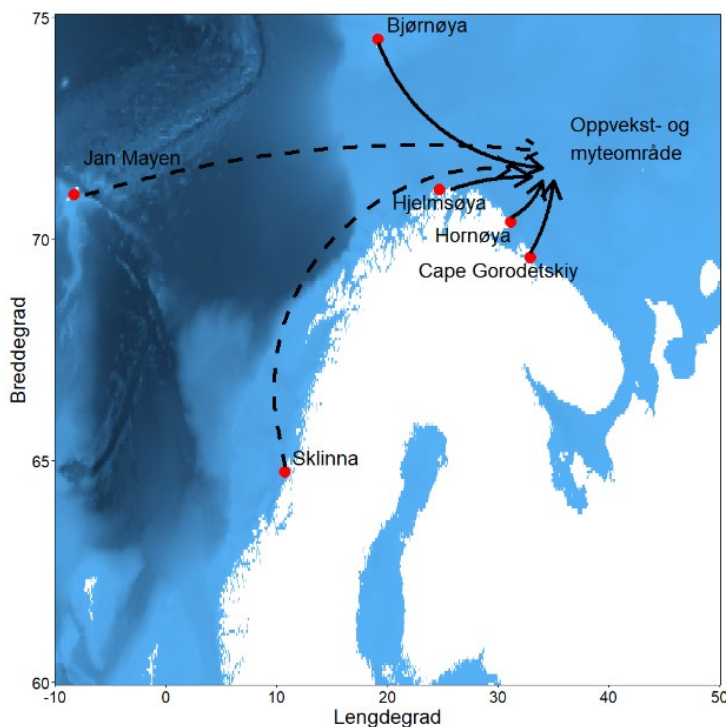


Figur 9. Utbredelse av Lomvi (50% Kernel område) sent i august og deler av september som er periodene de passer unger og myter vingefjær, noe som gjør dem flyve-udyktige for en periode. Alle lomvikoloniene Bjørnøya, Hornøya, Hjelmsøya og Sklinna, som utgjør mer enn 90% av den totale lomvibestanden i norske områder, bruker dette området med stor overlapp mellom kolonier. Fargen på Kernel angir hvilken koloni de representerer. Koloniens plassering er angitt som sirkel med tilsvarende farge.

Simuleringene av svømmetrekket fra Bjørnøya viser ikke bare retning og varighet, men gir også detaljer rundt annen viktig adferd langs trekket. Eksempelvis så flyr hunner mer enn hanner med unger. Det er også info om at hunner kommer tidligere fram til myteområdet enn det hanner med unger gjør. Det betyr at hunner er noe mindre sårbare for eventuelle oljesøl da de kan fly bort sammen lignet med hanner som følger de flyve - udyktige ungene. Dersom et oljesøl rammer lomviene under svømmetrekket kan det skape skeiv kjønnsfordeling i bestanden, hvorav hannene er mer utsatt for å bli rammet. Lomvi er sosialt monogame og en slik skjevhet i kjønnsfordelingen i en bestand vil dermed få utilsiktede indirekte konsekvenser for hele bestanden og ikke bare for den delen som rammes direkte av oljesølet.

4.1 Konklusjon og videre arbeid

Den tiden svømmetrekket hos lomvi pågår er en veldig sårbar periode av livssyklusen til alkefuglene. Både med hensyn til oppvekstområder for unger, men også at denne perioden sammenfaller med myting hos de voksne som gjør dem flyve-udyktig for en periode. Foreløpig har en testet metoden kun på lomvi fra Bjørnøya i tre år. For Bjørnøya fins det data tilgjengelig fra 2011 til og med 2018 som kan brukes. Metoden bør også brukes på flere arter fra flere kolonier over flere år for å få en oversikt over hvordan disse sårbare områdene i Barentshavet blir brukt. Det er en betydelig overlapp i oppvekst området for unger og myting av de voksne fra ulike kolonier (Fig. 9). Enkelte kolonier har også en lengre distanse enn Bjørnøya som de må trekke til for å komme seg til dette området (Fig. 10).



Figur 10. Mulige trekkruiter som kan simuleres for lomvikolonier som bruker dette samme området i Barentshavet om høsten.

I tillegg til lomvi har også polarlomvi (*Uria lomvia*) og alke (*Alca torda*) samme adferden med at ungene forlater kolonien når de er bare ca 1/3 av voksen størrelsen. Disse trekker også til områder i Barentshavet etter at de forlater kolonien.

En ting som er kritisk for nøyaktigheten av de simuleringene vi gjør er skala oppløsningen på sjøtemperaturer som brukes. Temperaturer målt av GLS loggere har en nøyaktighet på 0.5°C. Det temperaturarkivet vi har brukt har imidlertid en skala på ca 10x27km (Reynolds et al. 2007) som ikke vil fange opp finere gradienter i sjøtemperatur. Oseanografer ved Havforskningsinstituttet i Bergen har utviklet to nye temperaturarkiv på henholdsvis 4x4km og 800x800m som vil kunne forbedre nøyaktigheten av de simuleringene vi gjør. Disse bør implementeres i simuleringene for å forbedre nøyaktigheten.

Simuleringene som er gjort har ikke en variasjon i starttidspunkt, men simulerer kun retning og hvor lang tid svømmetrekket tar. Det er viktig i videre arbeid å legge inn variasjon i tidspunkt for når de forlater kolonien i tillegg. Tidspunkt kan vha GLS data beregnes med stor nøyaktighet. For Bjørnøya varierer dette mye selv om mesteparten av fuglene forlater innen ett tidsvindu på 10 dager. Slike simuleringer vil også gi tetthet av unger både i tid og rom som ytterligere kan dokumentere den mest sårbare perioden langs dette trekket.

Svømmetrekket går forbausende fort med en hastighet på mer enn 30 km per dag. Vi mistenker at strømforhold i Barentshavet kan være en nøkkel i tillegg til vind for å forstå årsakene til dette. Arkiv over strømforhold; <https://earth.nullschool.net/#current/ocean/surface/currents/orthographic=-322.37,73.25,3000> viser at det er mulig for fuglene å velge områder med medstrøms for mesteparten av ruten fra Bjørnøya til kysten av Norge. Det vil også være gunstig å kunne legge inn strøm og vindforhold i simuleringene for en ytterligere forbedring av svømmetrekket og ikke minst variasjon mellom år.

I løpet av de siste årene har økt dataprosessorkapasitet gitt muligheter for mer sofistikerte modeller som baserer seg på kjent kunnskap om miljø og adferd. I prosjektet MARAMBS (finansiert av NFR og oljeindustrien) har man brukt agentbaserte modeller (Agent-Based Modeling; ABM), for å simulere bevegelsesmønsteret til sjøfugl og sjøpattedyr i Barentshavet. ABM brukes etter hvert i stor utstrekning for å modellere bevegelsesmønsteret og utbredelsen til mange typer biologiske resurser. Slike modeller tar hensyn til all kunnskap om de parameterne som modelleres samtidig. Det vil være fullt mulig å inkludere detaljer om adferd fra den type loggere (GLS og TDR) som er benyttet i vårt studie i en slik stokastisk tilnærming for å modellere mer detaljer rundt dette svømmetrekket både i tid og rom.

4.2 Kvantifisering av sårbarhet

Et overordna mål for forvaltningen av sjøfugl i forhold til eventuelle skader fra oljesøl er å kvantifisere effekter på bestandsnivå. Her er imidlertid kunnskapsnivået begrenset. Det er forøvrig fullt mulig med de kunnskapene en har i dag om bestandsutviklingen og demografi til enkeltarter, å kunne gi objektive kriterier for sårbarhet, og også gi kvantitative prognoser om bestandseffekter i forbindelse med eventuelle oljeutslipp. Det foregår i dag en utstrakt overvåkning av bestandstrender hos sjøfugler i en rekke kolonier gjennom det nasjonale overvåkningsprogrammet for sjøfugl (og SEAPOPOP). I løpet av de siste årene har også kunnskapen om arters vinterområder blitt mye bedre (SEATRACK). Oljeindustrien (NOROG) har finansiert prosjekter som har vært gjennomført av NINA i Tromsø for å utvikle ett modellapparat for å kvantifisere effekter av akutt forurensing på populasjonsnivå. Mye av arbeidet med selve populasjonsmodellen er gjort og selve bestandsmodellen er også kvalitetssikret i to internasjonale publikasjoner (Erikstad et al. 2013 og Sandvik et al. 2014). Denne modellen er også brukt i et prosjekt initiert og finansiert av Miljødirektoratet for 2018 hvor en har simulert sårbarhet ved å kvantifisere hva et utvalg av bestander tåler av akutte reduksjoner i bestanden i forhold til definerte kriterier som brukes i miljørisikoanalyser (Reiertsen et al. 2018).

Modellarbeidet med å kople denne modellen med romlig utbredelse av enkelt populasjoner til havs er så langt ikke gjennomført. SEATRACK og andre logger studier har nå i de siste årene gitt oss god informasjon om hvor enkelt populasjoner beveger seg i løpet av året. Populasjonsmodeller basert på bestandsutvikling for å beregne bestanders sårbarhet er et svært nyttig verktøy for å kunne identifisere hvor stor grad av ekstra belastning i form av økt dødelighet ved for eksempel uhellutslipp av olje de ulike bestandene tåler. Fordi sjøfugl beveger seg over store områder samtidig som de er knyttet til helt spesifikke hekkebestander, er man imidlertid avhengig av å koble de berørte fuglene fra et oljesøl til en spesifikk hekkebestand for å kunne si noe om det reelle skadeomfanget. Man kan vanskelig sette fornuftige grenseverdier for et potensielt skadeomfang ved et oljeuhell uten å ha kunnskap om bestanden som de berørte fuglene kommer fra (Fauchald et al. 2018). Det vil være mulig å bruke dette modellkonseptet i forbindelse med ulike uhellscenarier til å beregne sårbarhet i tid og rom for svømmetrekket, oppvekstområdet til unger og myteperioden til voksne med en oppløsning på uker.

5 REFERANSER

- Bakken, V. & Mehlum, F. 1988. AKUP – Sluttrapport sjøfuglundersøkelser nord for N740 Bjørnøya. Norsk Polarinstitutt Rapport 44.
- Calenge, C. 2006. The package adehabitat for the R software: a tool for the analysis of space and habitat use by animals. *Ecol Model* 197: 516–519.
- Elliott, K.H., Linnebjerg, J.F., Burke, C., Gaston, A.J., Mosbech, A., Frederiksen, M. & Merkel, F. 2017. Variation in Growth Drives the Duration of Parental Care: A Test of Ydenberg's Model. *The American Naturalist* 189: 526-538.
- Erikstad, K.E., Reiertsen, T.K., Barrett, R.T., Vikebø, F. & Sandvik, H. 2013. Seabird-fish interactions: the fall and rise of a common guillemot *Uria aalge* population. *Mar Ecol Prog Ser* 475: 267-276
- Falk, K., DairAntoniii, L. & Benvenuti, S. 2001. Mapping pre- and post-fledging foraging locations of thick-billed murrelets in the North Water polynya. *Ecography* 24: 625-632.
- Fauchald, P., Reiertsen, T.K. & Erikstad, K.E. 2018. Sjøfugl i Barentshavet. Vurderinger av sårbare arter, bestander, områder og perioder basert på nyeste kunnskap. NINA Rapport i trykk
- Falk, K., DairAntoniii, L. and Benvenuti, S. 2001. Mapping pre- and post-fledging foraging locations of thick-billed murrelets in the North Water polynya. *Ecography* 24: 625-632.
- Follestad, A., Fauchald, P., Erikstad, K.E. & Strøm, H. 2015. Erfaringer fra kartlegging og overvåkning av sjøfugler ved leteboring i Barentshavet i 2014. NINA Rapport 1175.
- Fox, J.W. 2010. Geolocator Manual v8 (March 2010). British Antarctic Survey, Cambridge.
- Killick R and Eckley IA 2014. "changepoint: An R Package for Changepoint Analysis." *Journal of Statistical Software*, *58*(3), pp. 1-19.
- Long, J.A. 2015. Kinematic interpolation of movement data, *International Journal of Geographical Information Science*, 30:5, 854-868, DOI: 10.1080/13658816.2015.1081909
- Luque, S.P. 2007. Diving Behaviour Analysis in R. *R News* 7(3): 8-14.
- Myksvoll, M., Erikstad, K.E., Barrett, R.T., Sandvik, H. & Vikebø, F. 2013. Climate-driven ichthyoplankton drift model predicts growth of top predator young. *Plos One* 8 e79225 DOI: 10.1371/journal.pone.0079225.
- Olsson, O., Fransson, T. & Larsson, K. 1999. Post-fledging migration of common murrelets *Uria aalge* in the Baltic Sea; management implications. *Ecography* 22: 233-239.
- Phillips, R.A., Silk, J.R.D., Croxall, J.P., Afanasyev, V. & Briggs, D.R. 2004. Accuracy of geolocation estimates for flying seabirds. *Mar Ecol Prog Ser* 266: 265–272.
- R Core Development Team. 2018. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <http://www.R-project.org/>
- Reiertsen, T.K., Kjellstadli Johansen, M., Erikstad, K.E., Sandvik, H., Anker-Nilssen, T., Barrett, R., Christensen-Dalsgaard, S., Lorentsen, S-H., Strøm, H. & Systad, G. 2018. Effekter av akutte bestandsreduksjoner hos sjøfugl knyttet til Lofoten – Vesterålen og Barentshavet. NINA Rapport 1547. Norsk institutt for naturforskning

- Reynolds, R.W., Smith, T.M, Liu, C., Chelton, D.B., Casey, K.S. & Schlax, M.G. 2007. Daily High-Resolution-Blended Analyses for Sea Surface Temperature. *J. Climate* 20: 5473-5496. NOAA High Resolution SST data provided by the NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA, from their Web site at <https://www.esrl.noaa.gov/psd/>
- Sandvik, H., Reiertsen, T.K., Erikstad, K.E., Anker-Nilssen, T., Barrett, R.T., Lorentsen, S.H., Systad, G.H. & Myksvoll, M. 2014. The decline of Norwegian seabird populations: modelling the role of ocean warming. *Climate Research* 60: 91-102. doi:10.3354/cr01227.
- Sandvik, H., Barrett, R.T., Erikstad, K.E. & et al. 2017. Modelled drift patterns of fish larvae link coastal morphology to seabird colony distribution. *Nature Communication* 7:11599.
- Technitis, G., Othman, W., Safi, K., & Weibel, R. 2015. From A to B, randomly: a point-to-point random trajectory generator for animal movement. *International Journal of Geographical Information Science* 29(6): 912-934.
- Vikebø, F.B., Ådlandsvik, B., Albretsen, J., Sundby, S. et al. 2011. Real-time ichthyoplankton drift in Northeast Arctic cod and Norwegian spring-spawning herring. *PLoS ONE* 6: e27367

Norsk institutt for naturforskning, NINA, er en uavhengig stiftelse som forsker på natur og samspillet natur–samfunn.

NINA ble etablert i 1988. Hovedkontoret er i Trondheim, med avdelingskontorer i Tromsø, Lillehammer, Bergen og Oslo. I tillegg driver NINA Sæterfjellet avlsstasjon for fjellrev på Oppdal, og forskningsstasjonen for vill laksefisk på lms i Rogaland.

NINAs virksomhet omfatter både forskning og utredning, miljøovervåking, rådgivning og evaluering. NINA har stor bredde i kompetanse og erfaring med både naturvitere og samfunnsvitere i staben. Vi har kunnskap om artene, naturtypene, samfunnets bruk av naturen og sammenhenger med de store drivkreftene i naturen.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-3284-5

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger