VINTERSPURV

Hvor overvintrer Svalbards snøspurver og hvilke konsekvenser har det for miljøgifteksponering og påvirkning av klimaendringer?

Frode Fossøy[1,2], Bård Gunnar Stokke[1,2], Tomasz Maciej Ciesielski[1], Brage Bremset Hansen[1], Øystein Varpe[3,4], Kasper Thorup[5], Thor Harald Ringsby[1], Bjørn Munro Jenssen[1] og Arne Moksnes[1]

[1] Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), 7491 Trondheim, Norge.
[2] Norsk institutt for naturforskning (NINA), 7485 Trondheim, Norge.
[3] Universitetssenteret på Svalbard (UNIS), 9171 Longyearbyen
[4] Akvaplan-niva, Framsenteret, 9296 Tromsø
[5] Statens naturhistoriske museum, 2100 København, Danmark.

SVALBARDS
MILJØVERNFOND

Forord

En stor takk rettes til Svalbards Miljøvernfond for støtten og muligheten til å gjennomføre dette prosjektet.

Prosjektet har inkludert en rekke MSc-studenter som har gjennomført en god del av felt- og analysearbeidet. Vi vil takke Elida Arstad Skøien, Julie Huseklepp Tunli, Gina Mariell Beitveit, Linda Dalen Nordnes, Faith Muhawenimana, Hanna Sofie Sørhus og Pernille Kvernland. Katherine R. S. Snell har som PhD student ved Statens naturhistoriske museum i København analysert og skrevet en artikkel basert på lysloggerdataene.

I tillegg har vi hatt flere hjelpere i felt som har bidratt med kunnskap og arbeidskraft, og vi takker Morten Ingebrigtsen Wedege, Gunn Elin Frilund, Aud Moksnes, Marie-Pier Laplante, Sissel Sjöberg og Tereza Hromádková. Longyearbyen ornitologiske forening (LOF) takkes for lån av utstyr og livlige diskusjoner rundt fuglelivet på Svalbard.

Trondheim, februar 2018

Frode Fossøy

Foto forside: En reirkasse for snøspurv montert på en av bukkene brukt til kulltransport i Adventdalen. Foto: Frode Fossøy.

Innhold

1 Innledning....4
1.1 Bruk av lysloggere for å avsløre snøspurvens trekkrute og overvintringsområde....4
1.2 Variasjon i synkronitet mellom snøspurvens hekketidspunkt og fødetilgang over tid 4
1.3 Forekomst av miljøgifter hos snøspurv i Adventdalen 5

2 Resultater og diskusjon....6
2.1 Bruk av lysloggere for å avsløre snøspurvens trekkrute og overvintringsområde....6
2.2 Variasjon i synkronitet mellom snøspurvens hekketidspunkt og fødetilgang over tid 7
2.3 Forekomst av miljøgifter hos snøspurv i Adventdalen 9
2.3.1 Forekomst av tungmetaller i snøspurv i forhold til alder....9
2.3.2 Forekomst av tungmetaller i jord, mose, insekter og snøpurv i Adventdalen 10
2.3.3 Rutenett-studie i hyttefeltet i Adventdalen....13

3 Konklusjon 15

4 Referanser 16

5 Appendix – Forkortelser av elementer....17

1 Innledning

Snøspurven er den eneste spurvefuglen som hekker regelmessig i det klimatisk utfordrende miljøet på Svalbard, og den er et kjærkomment innslag for fastboende og turister i Longyearbyen. Men selv denne tøffe lille fuglen må gi tapt for den ekstreme arktiske vinteren og trekke sydover til varmere strøk i vinterhalvåret. Men hvilken rute flyr den sydover, og hvor overvintrer den egentlig? Til tross for over 15 år med ringmerking i Adventdalen av over 1000 unger og flere hundre voksne individer er det bare gjenfunnet noen ytterst få fugler ved kysten nord i Russland under vårtrekket. Ved å finne ut hvilken vei snøspurven trekker og hvor den tilbringer det meste av vinteren, vil vi få helt ny kunnskap om Svalbards snøspurver. Dette åpner muligheter for å undersøke hvilke risikoer og utfordringer snøspurven har både lokalt på Svalbard og i overvintringsområdene, og hva dette vil medføre for bestanden i fremtiden.

Prosjektet inneholder tre ulike delprosjekter: 1) Bruk av lysloggere for å avsløre snøspurvens trekkrute og overvintringsområde; 2) Undersøkelse av variasjon i synkronitet mellom snøspurvens hekketidspunkt og fødetilgang over tid; 3) Undersøkelser av forekomst av miljøgifter hos snøspurv i Adventdalen.

1.1 Bruk av lysloggere for å avsløre snøspurvens trekkrute og overvintringsområde

For å kunne løse mysteriet med hvor snøspurven drar om vinteren, ble det montert lysloggere (geolocators) på voksne fugler fanget under hekkeperioden på Svalbard. Lysloggere måler daglengden ved hjelp av variasjoner i lysintensiteten og kan ved hjelp av en innebygd klokke bestemme både lengdegrad og breddegrad en gang per dag. Lysloggere er etter hvert blitt en vanlig metode for å følge trekket til mindre fugler der GPS eller satellittsendere blir for store i forhold til kroppsstørrelsen. Bruk av lysloggere forutsetter at fuglen blir gjenfanget året etter (eller seinere år) for å hente ut dataene.

1.2 Variasjon i synkronitet mellom snøspurvens hekketidspunkt og fødetilgang over tid

Trekkrute og timingen av trekket er svært viktig i forhold til å tilpasse seg de pågående klimaendringene. I flere langtidsstudier har man nå funnet at mange fuglearter hekker tidligere og tidligere om våren ettersom klimaet blir varmere, men at mattilgangen ikke nødvendigvis endrer seg i takt med dette. Insekter ser ut til å følge et annet signal for når de skal starte sin sesong enn fuglene, og insektenes signal ser ikke ut til å forandre seg på samme måte med de globale klimaendringene. Dette gjør at fugleungene kan klekke for tidlig, og på et ugunstig tidspunkt i forhold til når mattilgangen er på topp (McKinnon mfl. 2012, Visser mfl. 2012). Fra våre tidsseriedata i Adventdalen ser vi en klar trend til at snøspurven begynner hekkingen tidligere i sesongen (Fossøy mfl. 2015). Vi har også sett antydning til at det er store forskjeller i hvor synkron snøspurven er mht hekketidspunkt mellom år. Et MSc-studie fra 2005 viste en meget god sammenheng mellom klekketidspunkt og næringstilgang av artropoder (insekter og edderkoppdyr) i Adventdalen gjennom en hekkesesong (Skjøstad 2008), men dataene kunne ikke gi informasjon om hvordan dette varierer mellom år. I dette prosjektet ønsket vi å finne ut om det fortsatt er en god sammenheng mellom klekketidspunkt og forekomst av insekter, eller om klimaendringene har ført til en «mismatch» mellom næringsbehov og næringstilgang for snøspurvene i Adventdalen. For å gjøre resultatene sammenlignbare benyttet vi den samme metoden som i 2005, det vil si at vi brukte de samme to fangstområdene med 10 fallfeller i hvert område for å måle forekomsten av artropoder gjennom sesongen.

1.3 Forekomst av miljøgifter hos snøspurv i Adventdalen

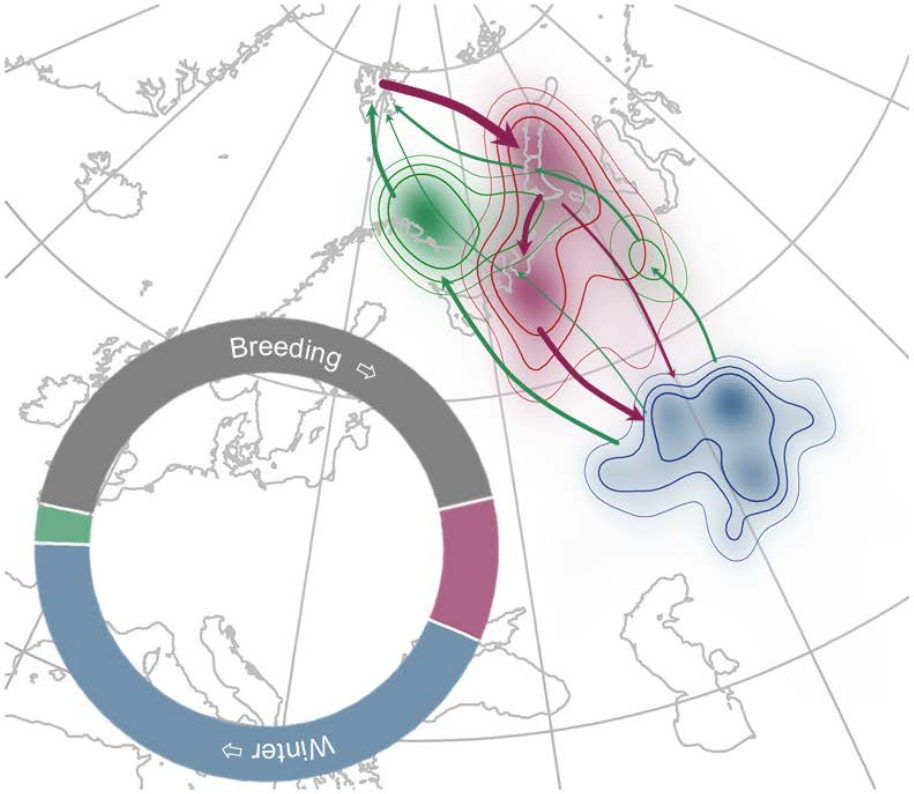
Fugler har vært mye brukt for evaluering av forurensningsnivå i miljøet. Flere studier har undersøkt betydning av alder og kjønn for akkumulering av giftige metaller i fugler, med noe varierende resultater (Berglund mfl. 2011, Cui mfl. 2013, Sánchez-Virosta mfl. 2015). Noen studier hevder at de alvorligste effektene av metaller i det arktiske miljøet på Svalbard kan skyldes lokal forurensning, mens andre studier peker på langtransportert forurensning som den viktigste faktoren (AMAP 1997). Akkumulering av metaller og andre elementer i fugl påvirkes av faktorer som art, kjønn, kroppsstørrelse, sesong, migrasjon, habitat og foringsøkologi (Borgå mfl. 2004). Studieområdet på Svalbard er lokalisert i Adventdalen 0-8 km øst for Longyearbyen, og er et område preget av kullgruver, hauger med gruveavfall og potensielle utslipp fra kullkraftverket lokalisert i Longyearbyen. I dette området hekker snøspurver i kasser montert på de gamle kulltransportbukkene i Adventdalen. Siden reirungene blir foret opp av insekter i nærmiljøet, vil de potensielt akkumulere miljøgifter fra disse områdene. Ved å sammenligne nivåene i fjærpøver fra fugleungene med nivåene i jord, mose, og insekter, kunne vi identifisere hvilke miljøgifter og hvor mye av de ulike miljøgiftene som blir tatt opp av levende organismer i Adventdalen.

2 Resultater og diskusjon

2.1 Bruk av lysloggere for å avsløre snøspurvens trekkrute og overvintringsområde

Vi monterte 17 lysloggere på voksne individer i 2014, hvorav 5 ble gjenfanget i 2015. Vi monterte deretter 24 nye loggere i 2015, hvorav 7 ble gjenfanget i 2016. Totalt fikk vi altså 12 lysloggere tilbake over to år, der 2 var fra hunner og 10 fra hanner. Alle lysloggere fungerte som forventet og gav data på trekkrute og overvintringssted.

Trekkretninger varierte, men med noen dominerende trekkretninger både gjennom høst- og vårtrekket (Figur 1). Det dominerende høsttrekket gikk sørøstover, over 1000 km åpent hav, til Novaja Semlja, og så videre sørover i Russland med overvintring på de Kaspiske steppene. Høststrekket sammenfalt med gunstige værforhold i form av medvind og mindre nedbør under den østlige trekkruten, enn hva tilfellet ville vært om de hadde brukt den kortere trekkruten direkte til Norge. Det er denne mer vestlige trekkruten som ble benyttet av snøspurvene under vårtrekket tilbake til Svalbard (Snell mfl. submitted). Vårtrekket ble utført noe raskere enn høsttrekket (Figur 1). Overvintringsområdet på de Kaspiske steppene hadde lavere temperaturer på vinteren enn hekkeområdene i Adventdalen hadde på sommeren, noe som innebærer at snøspurvene på Svalbard sannsynligvis er fysiologisk godt tilpasset ekstreme forhold. Overvintringsområdene er dominert av lite snø og gode frøressurser (Snell mfl. submitted).



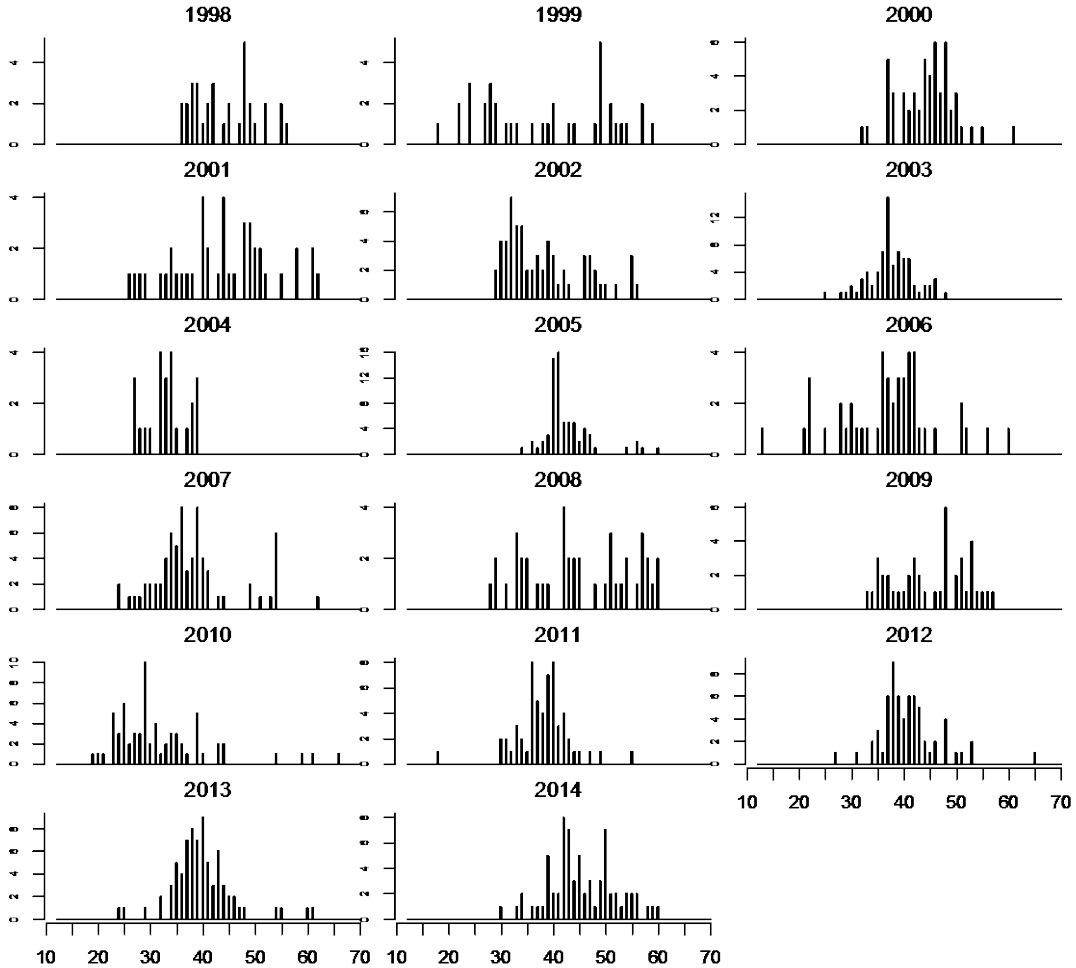
Figur 1. Oversikt over trekkruter og overvintringslokaliteter for snøspurvene merket i Adventdalen. Ringen viser relativ tid brukt på hekking i Adventdalen (grå farge), høsttrekk (lilla farge), overvintring (blå) og vårtrekket tilbake til Svalbard (grønn farge). Figur basert på Snell m.fl. (submitted).

Dette prosjektet har gitt oss ny og verdifull kunnskap om trekkruter og overvintringsområder for snøspurv som hekker på Svalbard. Nye dataloggere har gjort det mulig å beskrive hvor disse

fuglene beveger seg gjennom et helt år. Loggerne fungerer på samme måte som et aktivitets-armbånd for mennesker, og vi kan innhente detaljert informasjon om fuglenes atferd. Vi ønsker derfor i framtidige prosjekter å benytte disse nye loggerne til å besvare flere spørsmål knyttet til snøspurvens trekk og overvintring. Hvor lang tid bruker snøspurvene på å fly den lange veien fra Svalbard til fastlandet? Flyr de kontinuerlig eller hviler de underveis? Og hvor mye sover og hviler snøspurvene midt på vinteren, sammenlignet med de lyse nettene under midnattssolen på Svalbard?

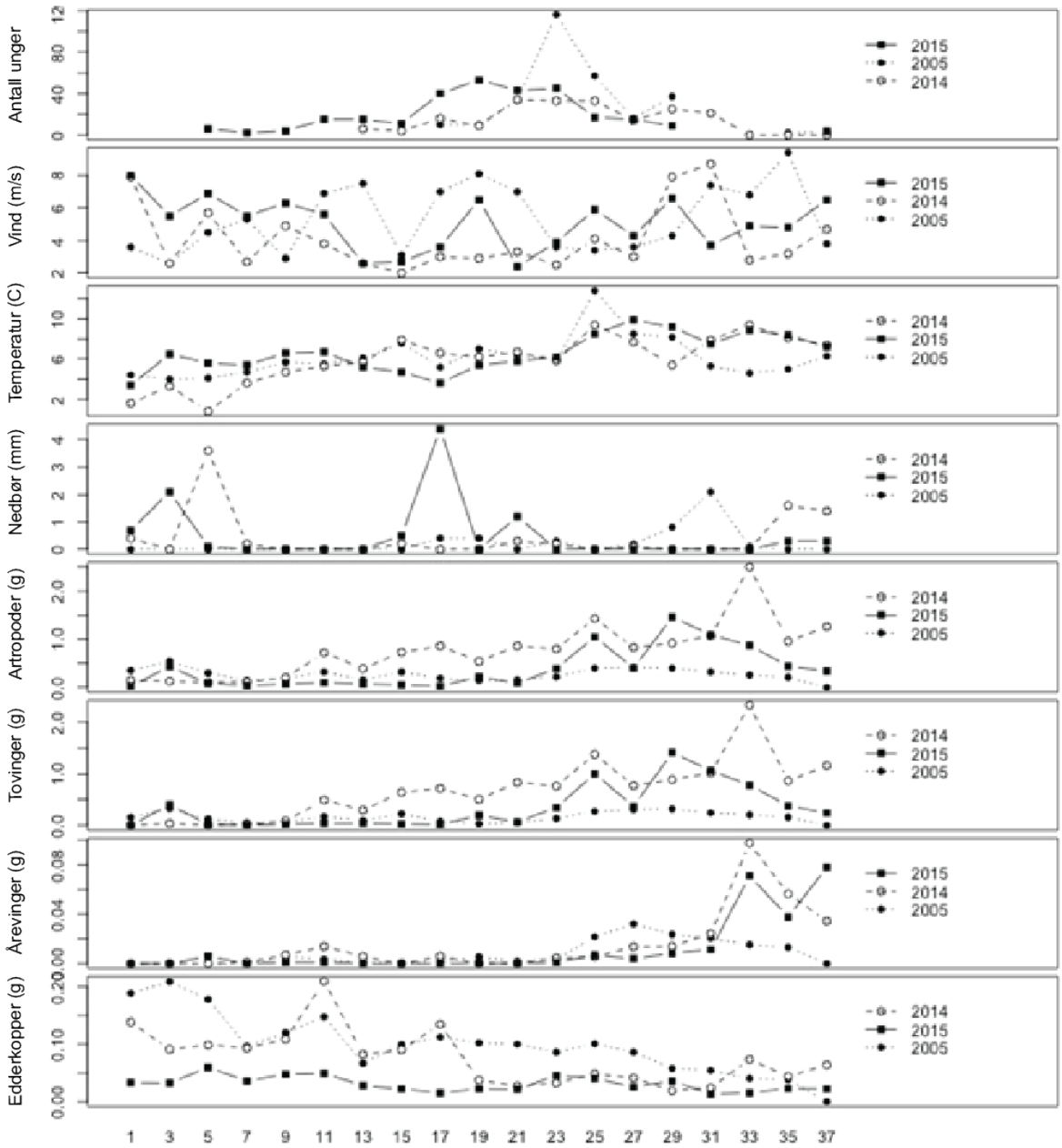
2.2 Variasjon i synkronitet mellom snøspurvens hekketidspunkt og fødetilgang over tid

Vi analyserte hvordan hekkestart og synkronitet varierte mellom år i perioden 1998 til 2014 (Figur 2). Hekkestart var negativt påvirket av vårtemperatur, dvs at hekkestarten ble utsatt dersom temperaturen om våren var lav (Skøien 2015). Videre var hekkesynkronitet (hvor «samtidig» fuglene hekker) positivt påvirket av vårnedbør og gjennomsnittlig tidspunkt for hekkestart, dvs at det var større synkronitet dersom nedbøren om våren var høyere og hekkestarten var senere. Reproduktiv suksess, målt som årlig gjennomsnittlig antall utfløyne unger per par, var positivt påvirket av hekkesynkronitet og sommertemperatur, dvs at suksessen var større med høyere synkronitet og temperatur i hekkeperioden. Dette studiet har gitt viktig innsikt i hvordan hekke-biologien til snøspurven blir påvirket av lokale klimaforhold og gir indikasjoner på hvordan hek-kebiologien kan endres med forventet stigning i vår og sommertemperaturer.



Figur 2. Variasjon i tidspunkt for første egg lagt for hvert reir i Adventdalen. X-aksen angir dag i sesongen der dag 1 er 1. mai, og y-aksen angir antall reir. Figur fra (Skøien 2015).

I studiet hvor vi undersøkte sammenhengen mellom klekketidspunkt og næringstilgang av insekter ble det ikke funnet noen sterk indikasjon på noe misforhold mellom reproduktiv suksess og fødetilgang hos snøspurv i Adventdalen (Figur 3). Tilgangen på de fleste enkeltgrupper av insekter (årevinger og tovinger) økte jevnt og trutt gjennom sesongen, med en topp i begynnelsen av juli, mens fangsten av edderkopper derimot ble redusert over tid. Toppen for antall unger som trenger mat lå generelt før toppen i total mattilgang (artropoder, men som i all hovedsak bestod av tovinger og årevinger) (Figur 3). Fordi mattilgangen gjerne avtar raskere *etter* toppen enn den øker *før* toppen, er det sannsynligvis viktig for snøspurven å «time» hekketidspunkt slik at ungene klekker før toppen i mattilgang. Toppen for hekketidspunkt var derimot noe seinere i 2014 enn i de to andre årene, noe som samsvarte med en noe seinere topp i mattilgang. Disse dataene fra tre år med noe forskjellig utvikling i mattilgang kan derfor tyde på at snøspurven, under de rådende klimatiske forhold, fortsatt er i stand til å tilpasse seg de lokale forholdene. Vi anbefaler imidlertid å overvåke situasjonen videre framover slik at man kan ta rede på om snøspurven er i stand til å tilpasse seg nye klimaregimer med forventet ytterligere stigning i vår- og sommertemperaturer.



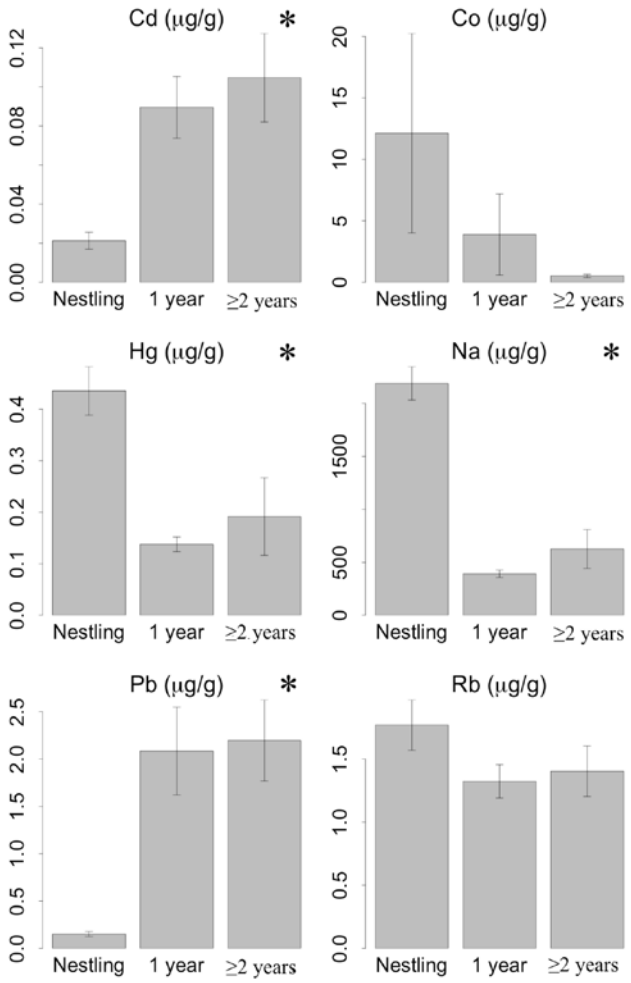
Figur 3. Variasjoner i antall unger i studieområdet, klimavariabler og mattilgang (insekter og edderkopper) gjennom sesongen for de tre ulike årene. X-aksen viser dager gjennom sesongen der dag 1 tilsvarer 13. juni i 2005 og 2015, og 14 juni i 2014. Figur fra Tunli (Unpublished).

2.3 Forekomst av miljøgifter hos snøspurv i Adventdalen

2.3.1 Forekomst av tungmetaller i snøspurv i forhold til alder

I løpet av feltsesongen 2015 ble det samlet inn fjærprøver av unger fra 34 reir, samt 22 fjærprøver fra voksne. Analysene av konsentrasjoner for 58 kjemiske grunnstoffer i disse prøvene ble utført ved NTNU i Trondheim (se Appendix for navn på elementene). Det var et klart skille i konsentrasjon av disse stoffene i fjærprøver fra unger og voksne. P, K, Na, Mg, Zn og Se, samt Hg og Rb, var tilstede i høyest konsentrasjoner i fjærprøver fra unger (Nordnes 2016). De resterende analyserte grunnstoffene var i all hovedsak tilstede i høyest konsentrasjon i fjærprøver fra voksne. Signifikante forskjell i konsentrasjoner mellom unger og voksne ble funnet for Al, Ba,

Cd, Cu, Hg, Mn, Na, Ni, Pb, Sb, Sm, Tl, V og Zn (Figur 4). Basert på fravær av signifikante forskjeller i konsentrasjoner av elementene mellom 1 år gamle fugler og 2 år eller eldre fugler, ble det ikke konkludert med en tydelig akkumulering med alder. Ingen signifikant forskjell mht akkumulering ble observert i forhold til kjønn. Sammenliknet med referanse-konsentrasjoner i spurvefugler fra relativt ikke-forurensede områder, var Al, Co, Se og Zn til stede i høyere konsentrasjoner i snøspurv fra Adventdalen. Det er fortsatt uvisst om disse nivåene kan være av toksikologisk betydning for snøspurven, og oppfølgingsstudier som undersøker konsentrasjoner i blod eller annet vev og/eller organer, samt studier som undersøker eventuelle toksikologisk effekter anbefales.



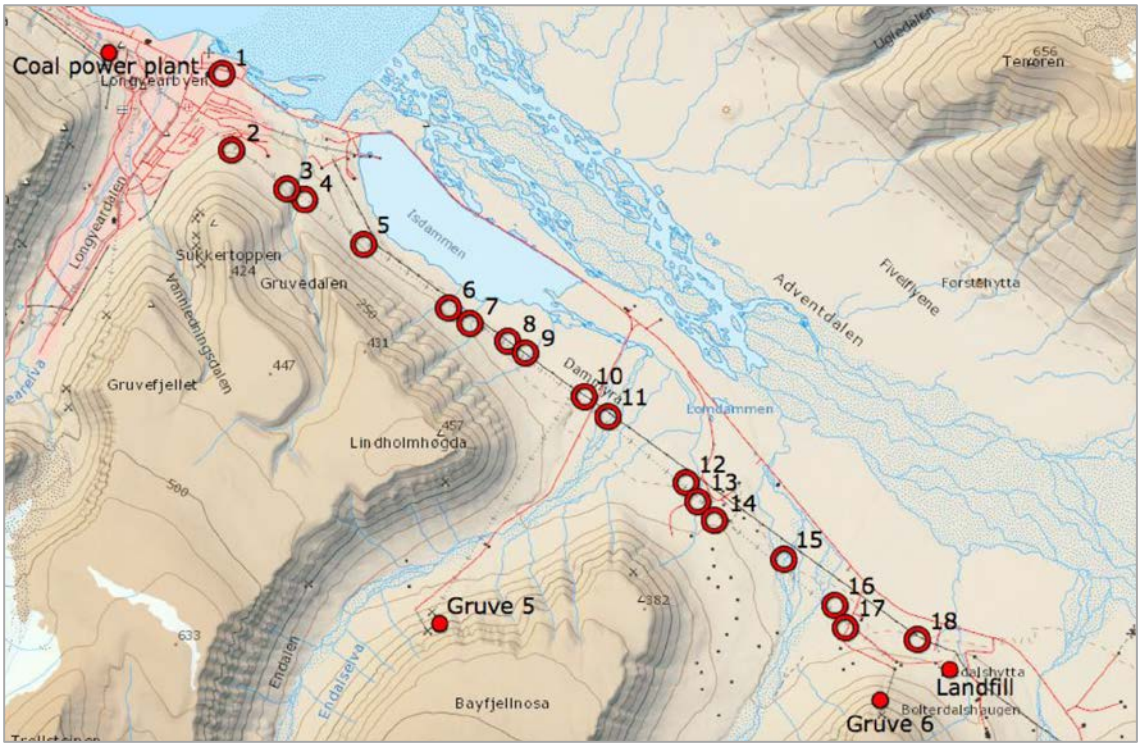
Figur 4. Eksempler på hvordan konsentrasjon av ulike metaller varierer mellom aldersgrupper av snøspurv i Adventdalen. Nestling = årsunger. Figur fra Nordnes (2016).

2.3.2 Forekomst av tungmetaller i jord, mose, insekter og snøpurv i Adventdalen

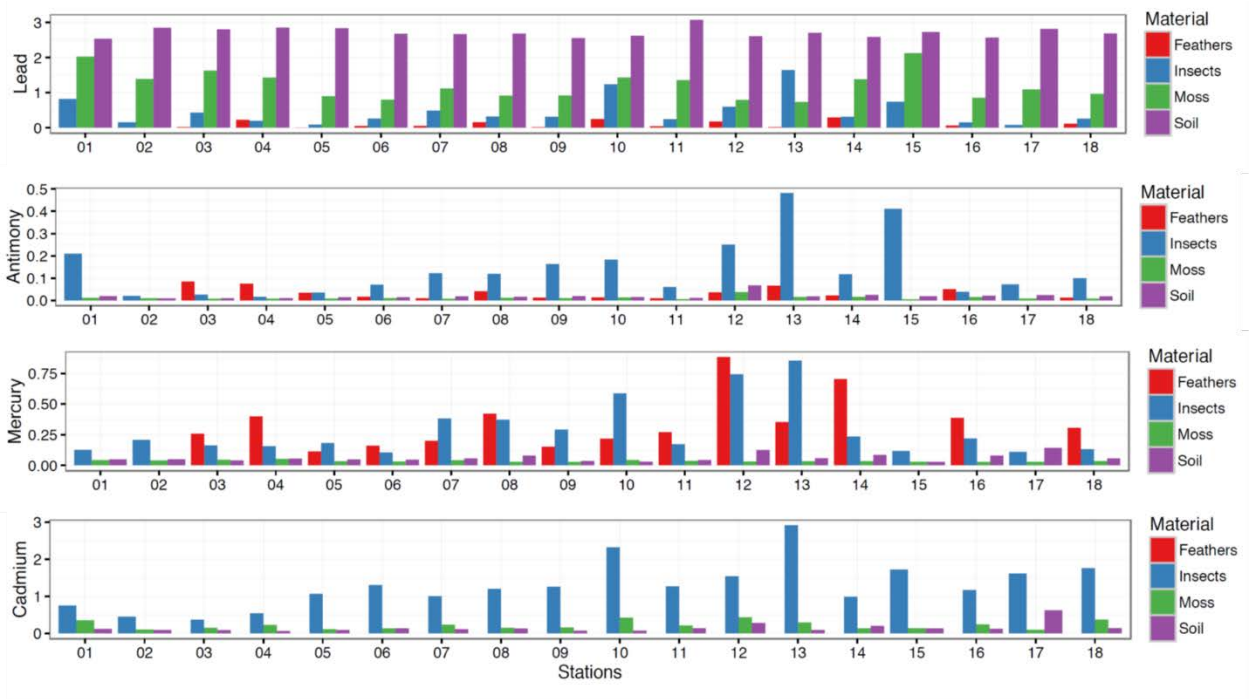
Viktige kilder for utslipp av tungmetaller kan inkludere kullindustrien, som har vært fremtredende på Svalbard i mer enn 100 år. Et kullkraftverk er også i drift i Longyearbyen, og Store Norske Spitsbergen Gruvekompani AS gjennomfører fortsatt gruvedrift ved en av kullgruvene (Gruve 7) i Adventdalen, like utenfor Longyearbyen. Forlatte kullgruver, som for eksempel Gruve 6, er også tilstede i Adventdalen. Målet med den denne undersøkelsen (Beitveit 2016) var å evaluere om Longyearbyen kullkraftverk og Gruve 6 har en signifikant innvirkning på forekomsten av kjemiske grunnstoffer i jord og levende organismer i Adventdalen. Basert på litteratur fra Norges geolo-

giske undersøkelse, ble det forventet at kullkraftverket og Gruve 6 ville medføre høyere konsentrasjoner av Al, As, B, Be, Cd, Co, Cr, Fe, Hg, La, Mn, Mo, Ni, Pb, S, Sb, Se, Sn, Th, U, V, Y, Yb og Zn.

Jord, mose, insekter/edderkopper og fjær fra snøspurvunger ble samlet inn fra 18 stasjoner lokalisert langs et transsekt som strakk seg fra Longyearbyen kullkraftverk til Gruve 6 (Figur 5). Resultatene indikerer at det var en økning i konsentrasjonen av noen elementer, slik som Cd i insekter/edderkopper og Mo i jord, rundt stasjon 10 ved Vinkelstasjonen og stasjonene 12-15 i hyttefeltet i Adventdalen (Figur 6). I tillegg viste noen elementer en forhøyet konsentrasjon ved stasjonene 1 og 18, dvs at konsentrasjonen av disse stoffene var høyere i Longyearbyen og ved gruve 6 (Figur 6). Til sammen antyder dette at elementene kan stamme fra mange ulike kilder slik som kraftverk, gruveindustri, cruiseskip, snøscootere, luft- og veitrafikk, avfallsdeponiet, med flere.



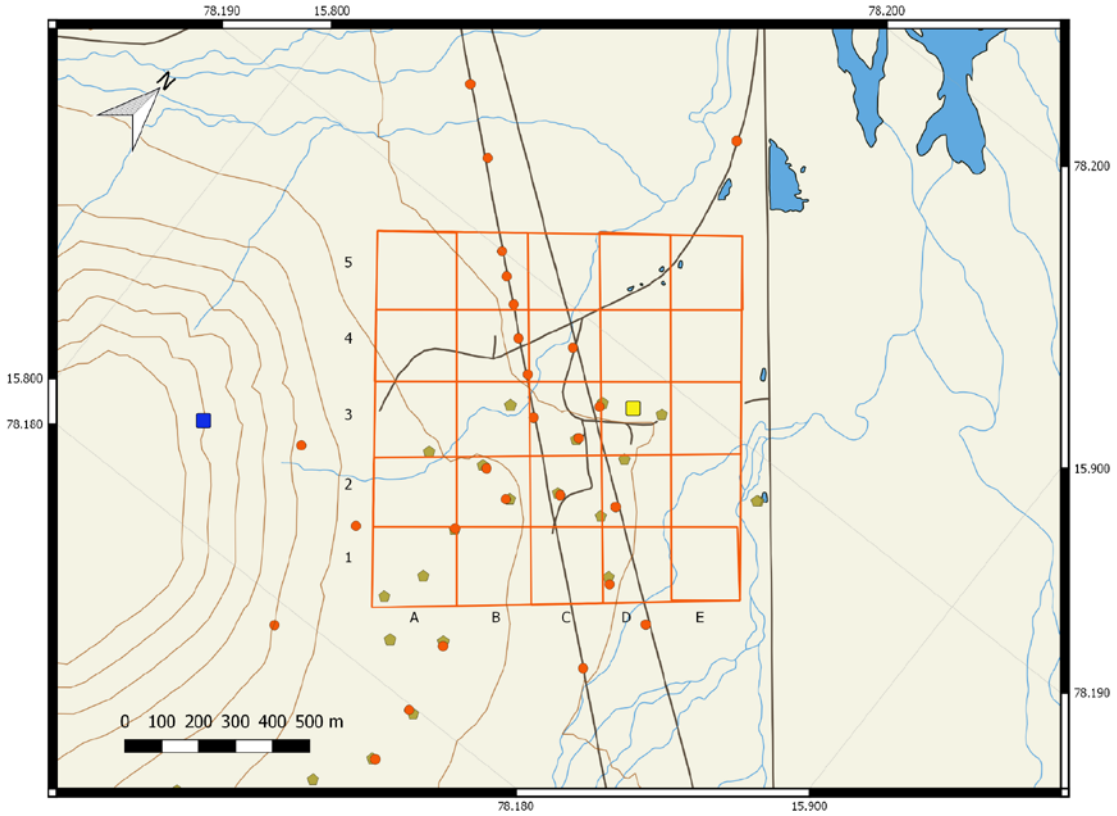
Figur 5. Oversikt over stasjoner der prøver fra jord, mose, insekter og fjær fra snøspurvunger ble analysert for tungmetaller. Figur fra Beitveit (2016).



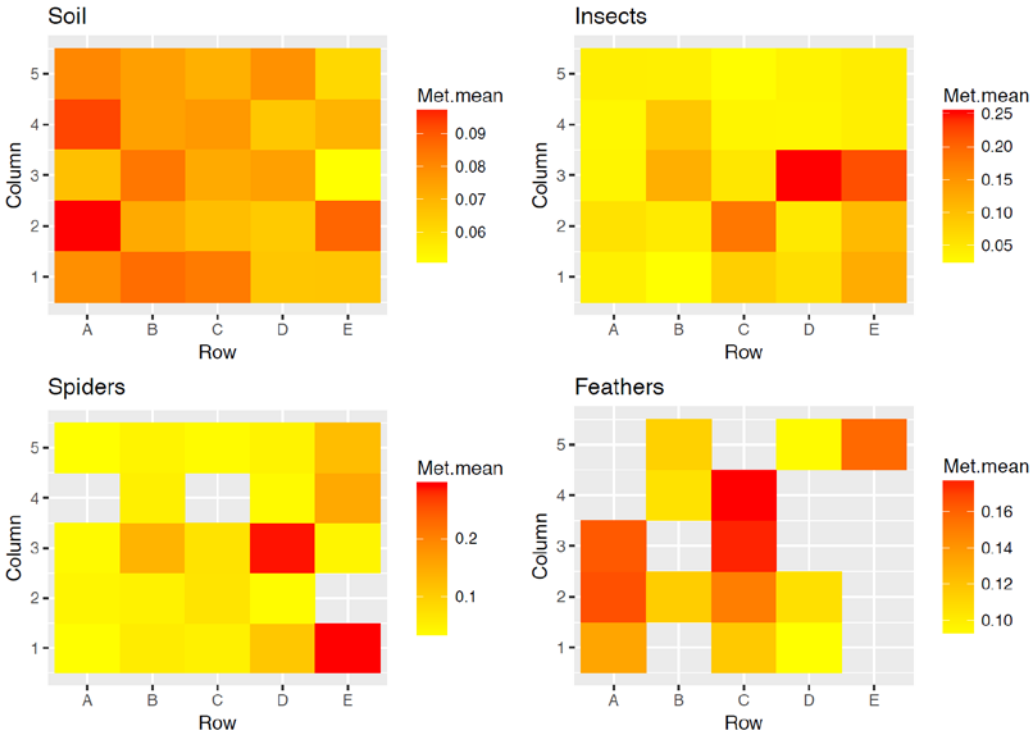
Figur 6. Eksempler på noen av metallene som viste en økning i konsentrasjon rundt stasjonene 10-15. For plassering av stasjonene se figur 5. Figur basert på Beitveit (2016).

2.3.3 Rutenett-studie i hyttefeltet i Adventdalen

Som en oppfølging av studiene som indikerte forhøyede konsentrasjoner av endel elementer mellom stasjon 12 og 15 (Beitveit 2016, Nordnes 2016) ble et område i tilknytning til disse stasjonene undersøkt i mer detalj for å undersøke mulige kilder (Sørhus 2017). En hypotese her var at rester fra den tyske værstasjonen Bansø kan ha bidratt til de høye nivåene. Studieområdet ble delt inn i et rutenettmønster bestående av 25 celler (Figur 7). Jord-, insekt-, edderkopp- og fjærprøver ble samlet inn fra hver celle i juni og juli 2016, og grunnstoffsammensetningen i disse ble analysert. Analysene indikerer at store deler av forurensingen er relatert til lokale kilder, trolig av antropogen opprinnelse. Resultatene viser at celler lokalisert nært kullgruveutgangen (Gruve 5) og kullhauger har forhøyede konsentrasjoner av kullrelaterte elementer i jord og fjær, men ikke i insekter og edderkopper (Sørhus 2017). Jordprøvene fra celle D3, hvor Bansø var lokalisert, viser ikke forhøyede konsentrasjoner, men det ble funnet høye konsentrasjoner både i insekter og edderkopper (Figur 8). På grunn av manglende data for fjær rundt Bansø, vi fant ingen snøspurvreir i dette området, kan det ikke trekkes noen konklusjon med tanke på stasjonens innvirkning på fugler. Det ble imidlertid funnet forhøyede konsentrasjoner av Bansø-relaterte grunnstoff i fjær i celler som grenser mot Bansø, noe som indikerer en påvirkning også for fugler (Figur 8). Dette studiet har imidlertid ikke undersøkt hvordan snøspurven søker etter og samler inn mat, og andre mulige kilder til disse forhøyede konsentrasjonene kan derfor ikke utelukkes, hverken for kullrelaterte eller Bansø-relaterte grunnstoffer. Basert på resultatene kan det allikevel antas at rester etter Bansø værstasjon påvirker lokal biota mer enn kullforurensing gjør.



Figur 7. Rutenett brukt som bakgrunn for prøvetaking i hyttefeltet i Adventdalen. Røde sirkler viser posisjoner for snøspurvreir, gul firkant viser plassering av den tyske værstasjonen Bansø, og blå firkant viser plassering av kullgruveutgang fra gruve 5. Figur fra Sørhus (2017).



Figur 8. Resultater for totalbelastning av metaller for jord, insekter, edderkopper og fjær fra snøspurvunger i forhold til geografisk rutesystem. Den tyske værstasjonen Bansø er lokalisert i rute D3. Se Figur 7 for kartreferanse. Figur fra (Sørhus 2017).

Prøvetaking av jord og mose i forbindelse med rutenett-forsøket ved hyttefeltet i Adventdalen. Foto: Frode Fossøy.

3 Konklusjon

I dette prosjektet har vi avslørt trekkretning og overvintringssted for snøspurven som hekker i Adventdalen. Det dominerende høsttrekket gikk sørøstover, over 1000 km åpent hav, til Novaja Semlja, og så videre sørover i Russland med overvintring på de Kaspiske steppene. Høststrekket sammenfalt med gunstige værforhold i form av medvind og mindre nedbør under denne trekkruten, enn hva tilfellet ville ha vært om de hadde brukt den kortere trekkruten direkte til Norge. Snøspurvene benyttet derimot den kortere direkte trekkruten fra Norge under vårtrekket tilbake til Svalbard.

Snøspurvene i Adventdalen viser stor variasjon i når de starter med reirbygging og egglegging mellom år. Vi fant at hekkestart var negativt påvirket av vårtemperatur, og fuglene hekket mer synkront i år med mye nedbør og i år med en senere hekkestart. Ungeproduksjonen var høyere i år med høy temperatur i hekkeperioden og i år med synkron hekking. Vi fant ingen klar indikasjon på noe misforhold mellom hekketidspunkt i forhold til mattilgang (insekter og edderkopper) for ungene. Tilgangen på de fleste enkeltgrupper av insekter (årevinger og tovinger) økte jevnt og trutt gjennom sesongen, med en topp i begynnelsen av juli, mens mengden edderkopper faktisk minket gjennom sesongen.

Svalbard har en lang historie med kullindustri, og kull er ofte forbundet med forurensing av tungmetaller. Sammenliknet med referanse-konsentrasjoner i spurvefugler fra relativt ikke-forurensede områder, var Al, Co, Se og Zn til stede i noe høyere konsentrasjoner i snøspurv fra Adventdalen, men det er ikke kjent om dette innebærer toksikologiske effekter. Vi fant ikke noen tydelig akkumulering med alder hos voksne fugler, men ulike elementer varierte mye i konsentrasjon mellom unger og voksne, noe som er forventet i forhold til om det er essensielle elementer eller ikke. Et gradientstudie gjennom hele Adventdalen, indikerte en økning i konsentrasjonen av noen elementer, slik som Cd i insekter/edderkopper og Mo i jord, rundt stasjonene 10-15 (Figur 6). Til sammen antyder dette at elementene kan stamme fra mange ulike kilder slik som kraftverk, gruveindustri, cruiseskip, snøscootere, luft- og veitrafikk, avfallsdeponiet, med flere. Basert på resultatene kan det allikevel se ut som at rester etter den tyske værstasjonen Bansø påvirker lokal biota mer enn kullforurensing i Adventdalen.

VINTERSPURV-prosjektet har så langt resultert i 1 artikkel innsendt til internasjonale vitenskapelige tidsskrift (Snell mfl. submitted) og 5 MSc-oppgaver (Beitveit 2016, Muhawenimana 2016, Nordnes 2016, Skøien 2015, Sørhus 2017) ved Norges Teknisk-naturvitenskaplige Universitet (NTNU). Det forventes at prosjektet vil resultere i ytterlige publikasjoner i vitenskapelige tidsskrifter. Resultater fra prosjektet er også aktivt benyttet i undervisningen på BSc, MSc kurs ved NTNU og UNIS, samt på Svalbardkurset. MSc studentene har presentert resultatene fra sine studier på seminarer for vitenskapelige ansatte og medstudenter.

4 Referanser

AMAP. 1997. Arctic pollution issues: a state of the Arctic environment report

Beitveit, G. 2016. Contamination in an arctic environment: abiotic and biotic impacts of local pollution. M.Sc. Department of Biology. - Norwegian University of Science and Technology, Trondheim. 69 s.

Berglund, Å. M. M., Koivula, M. J. & Eeva, T. 2011. Species- and age-related variation in metal exposure and accumulation of two passerine bird species. - Environmental Pollution 159 (10): 2368-2374.

Borgå, K., Fisk, A. T., Hoekstra, P. F. & Muir, D. C. G. 2004. Biological and chemical factors of importance in the bioaccumulation and trophic transfer of persistent organochlorine contaminants in arctic marine food webs. - Environmental Toxicology and Chemistry 23 (10): 2367-2385.

Cui, J., Wu, B., Halbrook, R. S. & Zang, S. 2013. Age-dependent accumulation of heavy metals in liver, kidney and lung tissues of homing pigeons in Beijing, China. - Ecotoxicology 22 (10): 1490-1497.

Fossøy, F., Stokke, B. G., Kåsi, T. K., Dyrset, K., Espmark, Y., Hoset, K. S., Wedege, M. I. & Moksnes, A. 2015. Reproductive success is strongly related to local and regional climate in the Arctic snow bunting (*Plectrophenax nivalis*). - Polar Biology 38 (3): 393-400.

McKinnon, L., Picotin, M., Bolduc, E., Juillet, C. & Bety, J. 2012. Timing of breeding, peak food availability, and effects of mismatch on chick growth in birds nesting in the High Arctic. - Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie 90 (8): 961-971.

Muhawenimana, F. 2016. Essential and non-essential elements in feathers of snow bunting nestlings of Longyearbyen and Adventdalen - Svalbard. M.Sc. Department of Biology. - Norwegian University of Science and Technology (NTNU). 49 s.

Nordnes, L. 2016. Life-history effects of metal contamination in Arctic snow buntings (*Plectrophenax nivalis*) breeding in Adventdalen, Svalbard. M.Sc. Department of Biology. - Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim. 57 s.

Sánchez-Virosta, P., Espín, S., García-Fernández, A. J. & Eeva, T. 2015. A review on exposure and effects of arsenic in passerine birds. - Science of The Total Environment 512-513: 506-525.

Skjøstad, M. B. 2008. Sammenhengen mellom næringstilgang og reproduktiv suksess hos snøspurv (*Plectrophenax nivalis*). M.Sc. Department of Biology. - Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim. 30 s.

Skøien, E. A. 2015. Causes and consequences of breeding synchrony in the snow bunting (*Plectrophenax nivalis*). M.Sc. Department of Biology. - Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim. 38 s.

Snell, K. R. S., Stokke, B. G., Moksnes, A., Thorup, K. & Fossøy, F. submitted. From Svalbard to Siberia: snow buntings breeding in the High Arctic also endure the extreme cold of the Western Steppe. - PLoS One.

Sørhus, H. 2017. Possible anthropogenic sources of toxic elements in snow bunting nestlings (*Plectrophenax nivalis*) in Adventdalen, Svalbard. M.Sc. Department of Biology. - Norwegian University of Science and Technology, Trondheim. 105 s.

Tunli, J. H. Unpublished. Arthropod phenology and how it can affect the reproductive success of Arctic snow buntings (*Plectrophenax nivalis*) in relation to climate change. M.Sc. Department of Biology. - Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim.

Visser, M. E., te Marvelde, L. & Lof, M. E. 2012. Adaptive phenological mismatches of birds and their food in a warming world. - Journal of Ornithology 153: S75-S84.

5 Appendix – Forkortelser av elementer

Al - Aluminium
As - Arsenic
Ba - Barium
Be - Beryllium
Ca - Calcium
Cd - Cadmium
Ce - Cerium
Co - Cobalt
Cr - Chromium
Cu- Copper
Fe - Iron
H - Hydrogen
Hg - Mercury
K - Potassium
La - Lanthanum
Li - Lithiu
Mn - Manganese
Mg - Magnesium
Mo - Molybdenum
N - Nitrogen
Na - Sodium
Ni - Nickel
O - Oxygen
P - Phosphorus
Pb - Lead
Rb - Rubidium
S - Sulphur
Sb - Antimony
Se - Selenium
Si - Silisium
Sm - Samarium
Th - Thorium
Ti - Titanium
Tl - Thallium
U - Uranium
V - Vanadium
Y - Yttrium
Yb - Ytterbium
Zn - Zinc
Zr - Zirconium