



Fjällräven i ett föränderligt klimat

The Arctic Fox in a changing climate

Emma Marander

Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för husdjurens miljö och hälsa
Etologi och djurskydd – kandidatprogram
Uppsala 2022



Fjällräven i ett föränderligt klimat
The Arctic Fox in a changing climate

Emma Marander

Handledare: Claes Anderson, SLU, institutionen för husdjurens miljö och hälsa
Examinator: Jenny Loberg, SLU, institutionen för husdjurens miljö och hälsa

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i biologi
Kurskod: EX0867
Program/utbildning: Etologi och djurskydd – kandidatprogram
Kursansvarig inst.: Institutionen för husdjurens miljö och hälsa
Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2022

Nyckelord: fjällräv, vulpes lagopus, klimatförändringar
Keywords: arctic fox, vulpes lagopus, climate change

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens miljö och hälsa

Abstract

Climate change is an ongoing threat to the world's biodiversity, and has an alarming effect on the Arctic. One species that can only be found in this particular habitat is the arctic fox, whose future is threatened by the aversive effects of global warming. The aim of this study was to investigate how climate change is affecting the arctic fox. A literature review of current research was done to identify relevant scientific information concerning the process of climate change affecting the species. Recent data indicates that the life of the arctic fox will be affected in many different aspects. The sea ice is decreasing, and this change is expected to continue, which affects both the arctic fox gene flow but also the abundance of marine food resources. The boreal forest is also expected to expand further north, leading to a shrinking tundra, as well as an influx of predators migrating from the south. The red fox, which has already significantly affected the Fennoscandian arctic fox population, is expected to further expand its distribution north, which will be detrimental to the prospect of survival of the arctic fox. The rodent cycles, which are a key process in the tundra ecosystem, are also expected to become more unstable. The arctic fox's reproductive success is dependent on peaks in the rodent population and will be severely affected if these cycles fail. Many conservation measures have been taken, especially in Fennoscandia, in the form of support feeding the arctic fox and controlling the red fox expansion. Conservation and management will be necessary in the future, and new research is needed to find sustainable and ethical methods for the conservation of the arctic fox. Insight into the process of converging factors is also fundamental. Even if the arctic fox is an opportunistic predator, a change in both terrestrial and marine food resources can lead to a food shortage for the arctic fox. Understanding how this, in conjunction with a shrinking tundra and a boreal invasion will impact the global arctic fox population is necessary to be able to predict and find sustainable solutions for the future.

Nyckelord: fjällräv, vulpes lagopus, klimatförändringar

Keywords: arctic fox, vulpes lagopus, climate change

Innehållsförteckning

1.	Inledning	6
1.1	Klimatförändringar	6
1.2	Artbeskrivning	6
2.	Syfte och frågeställningar	8
3.	Material och metod	9
4.	Resultat	10
4.1	Förändrade levnadsytor	10
4.1.1	Havsisen	10
4.1.2	Expanderande skog norrut	11
4.2	Konkurrens från andra arter	12
4.2.1	Underlägsen konkurrent	12
4.2.2	Rödräv och fjällräv	12
4.3	Förändrade födoresurser	13
4.3.1	En sann opportunist	13
4.3.2	Förändrade populationscykler	13
4.4	Bevarandeinsatser	14
4.4.1	Fennoskandinavien	14
4.4.2	Arctic Fox Captive Breeding Programme	15
5.	Diskussion	16
5.1	Syfte och frågeställningar	16
5.2	Marina födoförändringar	16
5.3	Terrestra födoförändringar	17
5.4	Krympande tundra	18
5.5	Boreala arter och förvaltning	19
5.6	Framtida åtgärder	20
5.7	Olika perspektiv	21
6.	Slutsats	23
7.	Populärvetenskaplig sammanfattning	24
Tack		25
8.	Referenslista	26

1. Inledning

1.1 Klimatförändringar

Världens medeltemperatur har sedan 1900-talets start ökat med cirka 1,0 °C (USGCRP, 2017). Klimatrelaterade extremväder har blivit alltmer vanligare, och de senaste tre åren har varit de varmaste åren någonsin globalt (USGCRP, 2017). I tusentals studier har forskare dokumenterat klimatrelaterade konsekvenser såsom havsisförlust, förhöjda havsnivåer, smältande glaciärer, minskat snötäcke och havsförsurning (USGCRP, 2017). Dessa förändringar har också långtgående effekter på den biologiska mångfalden (Thomas *et al.*, 2004), och påverkar både djur, växter och hela ekosystem (IUCN, 2016). Klimatförändringarna beräknas vara en bidragande faktor till att minst 10 967 arter finns med på IUCN:s rödlista över hotade arter (IUCN, 2019). Omfattningen och hastigheten av förändrade habitat gör det svårt för arter att hinna anpassa sig till sin nya livsmiljö (Hunter *et al.*, 2010), och 7,9% av alla arter förutspås dö ut till följd av klimatförändringarna (Urban, 2015).

Den globala uppvärmningen är som mest tydlig runt polerna, och gör både Arktis och Antarktis särskilt sårbara för klimatförändringarna (Fuglei & Ims, 2008). Med fokus på Arktis så har nordpolens genomsnittliga årliga medeltemperatur under de senaste decennierna fördubblats i jämförelse med den globala (IPCC, 2019). Detta har bl.a. resulterat i en smältande is och en stigande havsnivå (Moon *et al.*, 2019). Havsisen på Arktis har minskat markant med 19% per decennium mellan 1979–2018 (IPCC, 2019), och utgör en livsviktig källa för många arter gällande jakt och födosök (Descamps *et al.*, 2017). Klimatförändringarna har även bidragit till att vinterregn idag är ett vanligt fenomen på Arktis, vilket innebär inkapsling av vegetation i is, som i sin tur förhindrar växtätare från att komma åt sin föda (Hansen *et al.*, 2013). Det förutspås även att den arktiska tundran kommer krympa och att den boreala skogszonen kommer flyttas norrut pga. den globala uppvärmningen (Fuglei & Ims, 2008). Ekologiska processer och karakteristiska arter inom tundrans ekosystem kommer dock troligtvis att påverkas långt innan den öppna tundran blir skogbevuxen (Fuglei & Ims, 2008). En av dessa, och kanske en av de mer karakteristiska arterna som lever på tundran är fjällräven (*Vulpes lagopus*) (Fuglei & Ims, 2008).

1.2 Artbeskrivning

Fjällräven är den minsta arten i hundfamiljen (*Canidae*), och väger normalt mellan 2,5–4,0 kg (Fuglei & Ims, 2008). Den tillhörde tidigare släktet *Alopex*, men är idag placerad i släktet *Vulpes* tillsammans med de flesta andra rävarterna (Fuglei & Ims, 2008). Arten finns i två morfer, vitt och blått, där de vita rävarna har en ren vit

vinterpäls och får under sommaren en brungrå färg på ryggen (Fuglei & Ims, 2008). De blåa rävarna förblir mörka eller kolfärgade året runt, men dock något ljusare under vintern (Fuglei & Ims, 2008). Generellt håller sig blårävarna mer vid kustområdena utan havsis och med mindre snömängd, där deras päls är mer fördelaktig då de smälter in i miljön, medan de vita rävarna lever mer på den snötäckta inlandstundran och på havsisen (Fuglei & Ims, 2008). Fjällräven kan finnas i alla typer av tundrahabitat och har en cirkumpolär utbredning (Audet *et al.*, 2002). De lever bl.a. i arktiska Skandinavien, Sibirien, Kanada och Alaska, samt på arktiska och subarktiska öar som Grönland, Island och Svalbard (Audet *et al.*, 2002).

Fjällräven är mycket väl anpassad till ett kallt klimat, och genom sin korta nos och korta runda öron minimerar de värmeförlusten (Underwood & Reynolds, 1980). De har en utmärkt tjock och isolerande vinterpäls samt en tät underpäls (Underwood & Reynolds, 1980). Utöver detta har fjällräven också ett tjockt fettlager under huden som bidrar till värmeisolering, samt att energin från fettlagret hjälper räven att uthärda längre perioder med liten tillgång till föda i extrem kyla (Fuglei & Øritsland, 1999). Fjällrävens födoresurser kan variera, och på inlandets tundra är de mest beroende av lämmel (*Lemmus* spp.) och i vissa områden sorkar (*Arvicolinae* spp.), men kan också livnära sig på ägg från markhäckande fåglar (Burgess, 2000). På havsisen kan sälar (*Pinnipedia* spp.) utgöra en viktig födokälla för fjällräven, där de bl.a. kan ta sälungar från deras lyor (Fuglei & Ims, 2008). Det är också vanligt att fjällräven följer efter större rovdjur för att sedan ta del av resterna från deras byten (Fuglei & Ims, 2008). Vid stora födoresurser på sommaren kan fjällräven lagra sina födoresurser, vanligtvis genom att hamstra (sprida ut sina förråd av föda), som de kan ta del av senare (Burgess, 2000).

Fjällräven lever till största del ensam men bildar monogama par under parningssäsong i april–maj, för att tillsammans föda upp och ta hand om sina ungar (Norén *et al.*, 2012). På inlandstundran finns det 3 till 4-åriga gnagarcyklar, något som fjällrävens fortplantning är beroende av (Fuglei & Ims, 2008). I samband med t.ex. lämmeltoppar kan fjällräven producera kullar med upp till 19 ungar, medan vid bristfälliga lämmelår förökar sig rävarna normalt inte alls (Fuglei & Ims, 2008). Födoresurserna vid kusten är mer konstanta, och därmed har rävarna här också en mer konstant reproduktion med kullar på cirka 5 ungar per år (Norén *et al.*, 2012). Ungarna kan komma ut ur hålan när de är omkring 3–4 veckor gamla, och kan avvänjas vid 9 veckors ålder (Norén *et al.*, 2012). Fjällräven lever i stora hålor med komplexa system och tunnlar som kan användas av rävar i flera generationer (Norén *et al.*, 2012). De labyrintlikande hålorna är bl.a. fördelaktigt för att undvika och fly från olika rovdjur (Gallant *et al.*, 2013) som rödräv (*Vulpes vulpes*), isbjörn (*Ursus maritimus*), fjälluggla (*Bubo scandiacus*) och polarvarg (*Canis lupus arctos*) (Garrott & Eberhardt, 1982).

2. Syfte och frågeställningar

Syftet med denna litteraturstudie var att utreda hur ett varmare klimat kan komma att påverka det globala fjällrävsbeståndet. Detta undersöktes genom följande frågeställningar.

- I) Hur kan fjällrävens levnadsytor komma att påverkas?
- II) Vad är följderna av ett varmare klimat gällande konkurrens från andra arter?
- III) Hur kan fjällrävens födoresurser komma att påverkas?
- IV) Har det gjorts bevarandeinsatser och vilka åtgärder kan vara nödvändiga i framtiden?

3. Material och metod

För att finna relevanta vetenskapliga artiklar användes databasen Primo. I sökningarna användes följande sökord på engelska i olika kombinationer: "fjällräv", "vulpes lagopus", "klimatförändringar", "arktis", "ekosystem", "rödräv", "lämmel", "bevarande". Utifrån sökorden hittades 145 artiklar, varav 39 valdes ut som relevanta baserat på titel och abstract. Utifrån de valda artiklarnas referenslista kunde ytterligare artiklar väljas ut som ansågs skulle kunna vara relevanta för ämnet.

4. Resultat

4.1 Förändrade levnadsytor

4.1.1 Havsisen

Fjällräven kan migrera över långa avstånd, vilket resulterar i att det finns ett kontinuerligt genflöde (Geffen *et al.*, 2007). Möjligheten att migrera över havsisen bidrar till 40–60% av den genetiska variationen mellan fjällrävspopulationer på olika kontinenter eller öar (Geffen *et al.*, 2007). Island är t.ex. endast under väldigt kalla vintrar ansluten med havsisen till andra delar av Arktis, och har därmed ett rävbestånd med relativt låg genetisk variation (Geffen *et al.*, 2007). Till följd av ett varmare klimat har omfattningen och livslängden av polarisen minskat (Comiso, 2002), där reduceringen varit särskilt drastiskt de senaste tre decennierna (Park *et al.*, 2015). Det arktiska havet kan komma att bli isfritt under sommarmånaderna mellan mitten och slutet av det tjugoförsta århundradet (Wang & Overland, 2012; Sun *et al.*, 2018), och skulle ha en betydande påverkan på fjällrävens genflöde.

Havsisen har observerats vara viktig för fjällräven när det kommer till födosök, och havsisplattformen används i större grad när landlevande födoresurser är begränsade (Pamperin *et al.*, 2008). För kustlevande rävspopulationer kan marin föda utgöra hälften av fjällrävens proteinintag under låg förekomst av terrestra resurser (Roth, 2002). När det är fördelaktigt kan fjällräven spendera långa perioder på havsisen istället för att återvända gång på gång till land, vilket också kan minska predationsrisk från andra rovdjur (Pamperin *et al.*, 2008). En minskning av havsisen kan även påverka andra arter, vilket i sin tur kommer ha en inverkan på fjällräven (Kovacs & Lydersen, 2008). Isbjörnar och sälarter är väldigt beroende av havsisen, och kommer uppenbarligen påverkas starkt av havsisförlust (Kovacs & Lydersen, 2008). Sälkroppskadaver som lämnats efter isbjörnar är en viktig säsongsbetonad födokälla för fjällräven (Roth, 2002), och en minskning av havsisen kan komma att minska sältillgängligheten, vilket kommer påverka isbjörnen, och i sin tur fjällräven (Pamperin *et al.*, 2008).

Även om fjällräven under vissa år förlitar sig mer på närvaro av havsis, är det osannolikt att en förlust av tillgång till isen skulle leda till att arten försvinner (Pamperin *et al.*, 2008). Vid tillräckliga resurser på land kan fjällräven bestå (Pamperin *et al.*, 2008). Förlorad tillgång till havsis i framtiden kan dock leda till minskad vinteröverlevnad och reproduktion för fjällräven under de år då förekomsten av terrestra resurser är låg (Pamperin *et al.*, 2008). Detta kan leda till ökad rävnärvaro vid mänskliga bosättningar och mänskliga boskap, vilket kan öka potentialen för konflikt mellan människa-vilt (Pamperin *et al.*, 2008).

En annan aspekt är att förlusten av havsisanslutning mellan arktiska öar skulle kunna leda till isolering av vissa fjällrävspopulationer, med konsekvenser på den genetiska variationen för dessa individer (Carmichael *et al.*, 2007). Dessutom kommer vissa öpopulationer sannolikt att förlora genetisk variation när dessa inte längre ansluts till andra delar av Arktis (Gillespie, 1998). Om några decennier kan isförbindelsen mellan kontinenterna vid de arktiska öarna permanent försvinna, vilket kommer innebära att den nuvarande anslutningen och genflödet av den, för närvarande, stora cirkumpolära fjällrävspopulationen går förlorad (Geffen *et al.*, 2007).

4.1.2 Expanderande skog norrut

Den globala uppvärmningen kommer utsätta den arktiska tundran för ett extra hårt tryck (Millennium Ecosystem Assessment, 2015). Tundrans utbredning kan liknas med ett bälte mellan den boreala skogen i söder och de arktiska haven i norr (Killengreen *et al.*, 2012). Pga. klimatrelaterade förändringar förväntas tundran krympa i samband med en utvidgning av den boreala skogen (Danby & Hik, 2007), och gränsen mellan skogs- och tundrazoner förväntas komma att genomgå en betydande förändring i både struktur och position (Grace *et al.*, 2002). Skogen förväntas expandera sin tillväxt mer norrut när temperaturen fortsätter öka, vilket redan har observerats under varmare perioder (MacDonald *et al.*, 2000). Enligt undersökta klimatförändrings-scenarier kommer skogen slutligen sträcka sig norrut ända upp till kusten av de arktiska haven både på Eurasien och den amerikanska kontinenten (Callaghan *et al.*, 2004).

Fjällräven är beroende av öppna tundrahabitat, och om denna livsmiljö så småningom blir ersatt av en norrut expanderande skog, så skulle möjligheten att bevara arten kunna gå förlorad (Fuglei & Ims, 2008). De mest nordliga terrestra miljöerna kommer vara de sista som värms upp till den grad att fjällrävens livsmiljö elimineras (Fuglei & Ims, 2008), och utgör en sista tillflyktsort för flera terrestra arktiska arter när tundrans utbredning krymper (Serreze *et al.*, 2007). Av mest omedelbar oro är dock de snabbare förekommande ekologiska förändringar som för närvarande äger rum inom tundras ekosystem (Fuglei & Ims, 2008). Den expanderande skogen kan sätta press på tundrans biologiska mångfald, bl.a. pga. ett inflöde av mer sydliga rovdjur från närliggande ekosystem (Killengreen *et al.*, 2012).

4.2 Konkurrens från andra arter

4.2.1 Underlägsen konkurrent

Enligt principen om konkurrensutslagning bör arter med liknande habitatkrav inte kunna samexistera tillsammans (Gallant *et al.*, 2012 se Hardin, 1960). Pga. sin storlek är fjällräven jämt mot andra predatorer underlägsen, och kan till och med fungera som byte för andra rovdjur (Fuglei & Ims, 2008). Till följd av den globala uppvärmningen förväntas fjällrävens utbredningsområde minska (IUCN, 2009). Som tidigare nämnt kommer den boreala skogszonen förflytta sig mer norrut, vilket kommer föra med sig ett konkurrenstryck för fjällräven. En mycket omtalad art i detta sammanhang är rödräven (Fuglei & Ims, 2008).

4.2.2 Rödräv och fjällräv

Rödräven kan väga dubbelt så mycket som fjällräven, och kan vara upp till 70 % längre (Gallant *et al.*, 2012). Rödräven är alltså fysiskt dominerande och kan döda den mindre fjällräven (Pamperin *et al.*, 2009). Till följd av ett varmare klimat har rödräven redan expanderat mer norrut, och arterna konkurrerar om både livsmiljöer och födoresurser, då arterna har till stor del överlappande ekologiska nischer (Elmhagen *et al.*, 2002). Trots att rödräven är mycket större så är båda arterna opportunistiska köttätare som förlitar sig på små till medelstora gnagare (Elmhagen *et al.*, 2017). De använder sig av liknande strategier för att livnära sig i den arktiska miljön (Careau *et al.*, 2008) och söker båda alternativ föda på havsisen under vintern i form av kadaver (Gallant *et al.*, 2012).

Rödrävens nordliga utbredningsgräns är kopplat till födoresurser, medan fjällrävens sydliga utbredningsgräns bestäms genom interspecifik konkurrens, det vill säga ett överflöd av rödräven (Elmhagen *et al.*, 2017). Eftersom rödräven är dominant över fjällräven kan en ökad rödrävpopulation leda till en tillbakagång och/eller konkurrensutslagning av fjällräven (Elmhagen *et al.*, 2017). Ett tydligt exempel är i Fennoskandinavien (Norge, Sverige, Finland och en liten del av nordvästra Ryssland) där konkurrenstrycket på lägre höjder ökat (Killengreen *et al.*, 2011). Detta har lett till en altitudinell segregation där fjällräven dragit sig till områden på högre höjder där rödräven inte är lika anpassad att leva (Gallant *et al.*, 2012).

Rödräven är inte lika anpassad för det arktiska klimatet som fjällräven (Prestrud, 1991). Fjällräven är bättre isolerad, har en lägre kritisk temperatur, samt är bättre anpassad att röra sig i snö med en lägre fotbelastning (Gallant *et al.*, 2012). Fjällräven kan även minska sin basala ämnesomsättning under vintern (Fuglestad *et al.*, 2006). Det arktiska klimatet är därmed mer energikrävande för rödräven, som pga. detta har ett större behov av både föda och territorium för att kunna överleva (Gallant *et al.*, 2012). Detta sätter i sin tur ett större tryck på interferenskonkurrensen om föda och hålor mellan rödräv och fjällräv (Gallant *et*

al., 2012). En tuff miljö och en låg ekosystemsproduktivitet kan vara förklaringen till att arterna till viss del kan samexistera på vissa platser, då det förhindrar den dominerande rödräven från att ockupera hela landskapet och helt utesluta fjällräven (Gallant *et al.*, 2012). Ett varmare Arktis skulle därmed kunna gynna rödräven genom minskad termisk stress och en ökad tillgänglighet av bytesdjur (Schuur *et al.*, 2007).

4.3 Förändrade födoresurser

4.3.1 En sann opportunist

Klimatförändringarna kan ha en påverkan på en arts utbredning, och kan förändra tillgången på resurser och interaktion mellan arter, vilket innebär en omdefinition av ekosystems funktion (Walther *et al.*, 2002). Detta kan bl.a. innebära ett förändrat antal bytesdjur (Sentis *et al.*, 2012). Fjällräven lever i två huvudsakliga tundratyper, på inlandet och vid kustnära tundra, vilket ger upphov till olika födoresurser, dietskillnader och egenskaper (Fuglei & Ims, 2008).

På inlandstundran är huvudfödan lämlar och andra smågnagare (Ims & Fuglei, 2005). Vid lämmeltoppar finns det ett överflöd av matresurser, och kan som tidigare nämnt resultera i att fjällräven producerar stora kullar (Fuglei & Ims, 2008). Vid låga lämmelår brukar fjällräven livnära sig på andra landlevande födokällor som ripor (*Lagopus spp.*), gäss (*Anserini spp.*) och fågelägg (Fuglei & Ims, 2008). För kustlevande rävar som lever vid områden utan lämmel vid bl.a. Island, västra Grönland och Svalbard utgörs födan till största del av marina resurser, vilket inkluderar bl.a. sälar och sjöfåglar (Fuglei & Ims, 2008). Fjällräven livnar sig som tidigare nämnts även på kadaver, och kan följa isbjörnar på havsisen för att fånga upp rester av deras byte (Fuglei & Ims, 2008). Under andra omständigheter kan fjällrävsfödan bestå av ryggradslösa djur som finns längst stranden (Fuglei & Ims, 2008). I vissa områden faller inte rävarna in i varken en kust- eller inlandsekologisk nisch. T.ex. vid kusttundra-områden som hyser cykliska lämmelbestånd, så växlar fjällräven vanligtvis mellan terrestra och marina resurser beroende på vad som är mest lönsamt ett givet år (Roth, 2003). Fjällräven är en sann opportunist som gör det bästa av det de ekologiska omständigheterna (Fuglei & Ims, 2008). Pga. fjällrävens beroende av byten från både terrestra och marina ekosystem kan dess populationsstorlek på sikt påverkas av både marina och terrestra födoresursförändringar (Fuglei & Ims, 2008).

4.3.2 Förändrade populationscykler

Det finns forskningsteorier kring att populationscykeln av lämlar och sorkar kommer bli alltmer instabil och svagare när klimatet blir varmare (Ims *et al.*, 2008). Detta pga. att sådana cykler verkar vara beroende av långa, kalla och stabila vintrar (Ims *et al.*, 2008). En annan aspekt är vinterregn som idag är ett vanligt fenomen i

Arktis pga. klimatförändringarna, vilket innebär inkapsling av vegetation i is, som i sin tur förhindrar växtätare från att komma åt sin föda (Hansen *et al.*, 2013). Lämmelarter kommer sannolikt vara väldigt sårbara för sådan isbildning, då de är beroende av den mossiga marken, vilket är den första växtligheten att bli inkapslad av is (Fuglei & Ims, 2008). Sorkar som söker föda på upprättstående buskar som ofta sticker ut ur iskorpan kan förutsägas vara mindre sårbar (Fuglei & Ims, 2008).

Dessa populationscykler är en nyckelprocess för det arktiska ekosystemet, speciellt på inlandstundran där rovdjuren är särskilt livsanpassade efter dessa cykler (Fuglei & Ims, 2008). Lämlar har som tidigare nämnt en 3- till 4-årig populationscykel (Dominé *et al.*, 2018), något som fjällrävens reproduktion är anpassad utefter (Fuglei & Ims, 2008). En hög reproduktiv produktion vid lämmeltoppar är alltså nödvändig för att upprätthålla fjällrävspopulationen till nästa lämmeltopp (Fuglei & Ims, 2008). Om en lämmeltopp skulle uteslutas i en annars resursfattig tundra kommer populationer av bl.a. fjällräven att minska (Fuglei & Ims, 2008). Missade lämmel- och sorktoppar verkar vara en tydlig orsak till de minskade fjällrävsbestånden i Fennoskandinavien (Tannerfeldt *et al.*, 2002). Efter några höga lämmeltoppar under 1970-talet och början av 1980-talet saknades ordentliga toppar i perioden 1985–2000, och följaktligen såg man en markant nedgång av fjällrävspopulationen i Fennoskandinavien (Tannerfeldt *et al.*, 2002). Då klimatuppvärmningen är särskilt snabb i Arktis, så kommer de terrestra tundraekosystemen att fortsätta påverkas (CAFF, 2013). Gnagarcyklerna bidrar rikligt med resurser till många rovdjur, och om klimatförändringarna fortsätter påverka cyklernas stabilitet förväntas detta föra med sig dramatiska konsekvenser för flera arktiska arter (Fuglei & Ims, 2008).

4.4 Bevarandeinsatser

4.4.1 Fennoskandinavien

Många rovdjur har under de senaste århundradena upplevt en kraftig populationsminskning med en ökad risk för utrotning (Woodroffe, 2001). Detsamma gäller fjällräven, mer specifikt fjällrävspopulationen i Fennoskandinavien (Landa, 2017). Som en följd av krympande arktiska och alpina livsmiljöer, rödrävens expansion samt avbrott i gnagarcyklerna, så klassificerades fjällräven 2009 som en av IUCN:s 10 flaggskeppsarter som indikatorer för pågående klimatförändringseffekter (IUCN, 2009). Den globala fjällrävspopulationen är i sig riklig, men klassas som kritisk hotad i Fennoskandinavien (Landa, 2017).

Historiskt sett uppskattas det ha funnits kring 10 000–20 000 fjällrävar i Fennoskandinavien, men under slutet av 1800-talet och början av 1900-talet skedde en dramatisk minskning (Tannerfeldt & Angerbjörn, 1998). Detta orsakades

troligtvis av jakt för det höga värdet på deras päls (Landa, 2017), och arten skyddades genom lag 1928 i Sverige, 1930 i Norge och 1940 i Finland (Landa, 2017). Trots det fanns det i slutet på 1900-talet inga tecken på naturlig återhämtning, utan snarare en fortsatt nedgång, med flera delpopulationer som lokalt utrotades (Herfindal *et al.*, 2010). I Norge och Sverige fanns det år 2000 endast 40–60 vuxna individer kvar (Angerbjörn *et al.*, 2013). En sådan liten population är känslig för variation i både demografi, miljöförändringar och sjukdomsutbrott (Loison *et al.*, 2001). Ökningen av rödrävens populationsstorlek samt de avbrutna lämmelcyklerna utgjorde även stora utmaningar för fjällrävens återhämtande och bevarande (Angerbjörn *et al.*, 2013). För att bevara den fennoskandinaviska fjällrävspopulationen från utrotning genomfördes flera bevarandeåtgärder (Angerbjörn *et al.*, 2013). Detta innefattade bl.a. stödutfodring för fjällräven samt kontroll av rödrävens expansion genom jakt (Angerbjörn *et al.*, 2013). Även populationstillskott och återintroduktion ansågs vara nödvändig för att undvika inavelsdepression (Landa, 2017).

4.4.2 Arctic Fox Captive Breeding Programme

Med målet att stärka befintliga populationer och återinföra arten till områden från där den dött ut, finansierade den norska miljömyndigheten *Arctic Fox Captive Breeding Programme* (Landa, 2017). Detta var den första uppfödningensanläggningen där fjällrävar hålls i fångenskap exklusivt för bevarandesyfte (Landa, 2017). I det norska programmet som inleddes 2000, föddes fjällrävarna upp i stora hägn i sin naturliga miljö, där unga individer sedan släpptes ut på platser med konstgjorda hålor, där man året runt stödutfodrade med skraddarsydda matautomater (Landa, 2017). Inom några år visade sig programmet vara den mest effektiva bevarandeåtgärden som gjorts för att åter-upprätthålla och stärka populationerna av den fennoskandinaviska fjällrävspopulationen (Landa, 2017). Mellan 2007–2015 släpptes 295 unga individer ut i det vilda, där man observerade att minst 46 rävar etablerade och förökade sig (Landa, 2017). Tre fjällområden där fjällräven tidigare försvunnit från hittades även återkoloniserade, där en av populationerna blivit det största fjällrävsbeståndet i Norge (Landa, 2017). Även andra populationer i bl.a. Sverige har gynnats av programmet (Landa, 2017), och år 2020 beräknades det finnas cirka 450 vilda individer i Sverige och Norge sammanlagt (WWF, 2020).

5. Diskussion

5.1 Syfte och frågeställningar

Syftet med denna studie var att undersöka hur vidare klimatförändringarna kan komma att påverka fjällräven. Resultatet indikerar att den globala uppvärmningen slår som hårdast mot Arktis, vilket troligtvis kommer orsaka negativa konsekvenser både vad gäller fjällrävens levnadsytor, födoresurser och konkurrensnivå från andra arter. En havsminskning kommer bl.a. förändra den marina födotillgängligheten, samt påverka fjällrävens genflöde mellan olika populationer. Den boreala skogen förväntas även expandera mer norrut, vilket kommer leda till en förkrympning av tundran samt ett inflöde av mer sydliga arter. Rödräven har expanderat sig mer norrut pga. klimatförändringarna, och kan komma att orsaka en tillbakagång och/eller konkurrensutslagning av fjällräven, vilket redan har observerats i Fennoskandinavien. Gällande födoresurser kommer den globala uppvärmningen troligtvis även påverka gnagarcyklarna på Arktis, vilket kommer påverka många rovdjur vars reproduktionsframgång är beroende av gnagartopparna. Vad gäller bevarandeinsatser har detta varit som mest aktuellt i Fennoskandinavien, där fjällräven tidigare varit extremt hotad. Även om fjällrävsbeståndet har stärkts, är bevarandeinsatser fortfarande nödvändiga vad gäller stödutfodring för fjällräven och kontroll av rödräv, och situationen i Fennoskandinavien skulle kunna ses som ett tidigt exempel för eventuell utveckling bland andra fjällrävspopulationer i samband med klimatförändringarna.

5.2 Marina födoförändringar

Vid kusten och på havsisen är marina resurser särskilt viktiga för fjällräven. Fjällräven kan ta sälungar från deras hålor, men en stor del av deras jaktbeteende är också att följa efter isbjörnar för att ta del av deras bytesrester (Roth, 2002). Klimatförändringarna förväntas påverka, utöver fjällräven, arktiska sälar och isbjörnen (Descamps *et al.*, 2017). Vikare (*Pusa hispida*) är särskilt beroende av att havsisen bildas tillräckligt tidigt på säsongen, då de kräver en tillräcklig snömängd för att kunna konstruera snöhålor för sina ungar (Descamps *et al.*, 2017). De senare åren har havsisen bildats mycket sent på säsongen (om ens alls), vilket har resulterat i onaturligt höga tätheter av vikare som lever i områden med otillräcklig snömängd (Descamps *et al.*, 2017). Snöminskningen förhindrar alltså vikare från att bygga sina snöhålor som ska skydda sina ungar från både väder och rovdjur, vilket i sin tur lett till en hög dödlighet bland avkommor (Descamps *et al.*, 2017). Vikare har också i samband med snöminskningen börjat dragit sig mer sällan mot land än tidigare, och förblir mindre tillgängliga som marina byten för bl.a. isbjörnen, vars huvudkälla är vikare (Petherick *et al.*, 2021).

Isbjörnen är beroende av havsis vad gäller både jakt och förflyttning, och havsisnedgången utgör skadliga effekter för isbjörnens överlevnad och överflöd (Petherick *et al.*, 2021). Laidre *et al.* (2018) observerade en subpopulation av isbjörn på Baffin Bay under en 25-års period av havsisförlust, och såg att havsisreduceringen lett till en minskad utbredning, färre anslutningar, geografisk isolering, minskade intervallstorlekar samt en minskad emigration mellan subpopulationsgränser. Studien observerade bl.a. en drastisk sammandragning i subpopulationsområdets storlek med en mest markant minskning på 70% under sommaren. Studien använde sig både av satellittelemetri, data från individuellt märkta djur samt mikrosatellit- och genetisk data för att undersöka förändringar i geografiskt räckvidd, emigration och förbindelser mellan populationer av isbjörnen under en lång period. En svaghet med studien är att den innefattade endast en subpopulation av isbjörnar, och ger därmed inte ett fullständigt stöd på hur det ser ut globalt. Studiens breda metod kan dock anses som en styrka och erbjuder ändå trovärdiga resultat gällande hur isbjörnen påverkats av klimatförändringarna, och ger en stark indikation på hur framtida mönster kan komma att utvecklas för andra isbjörnspopulationer i framtiden.

Havsisreduceringen skulle till en början kunna vara fördelaktigt för fjällräven, då vikarnas möjlighet att skydda sina ungar minskar, vilket gör sälungarna mer tillgängliga för rovdjur. I längden kommer dock antalet sälar att minska, vilket minskar överflödet av marin föda både för fjällräven men också för isbjörnen. Minskade födoresurser och geografisk isolering kommer ha en drastisk effekt på isbjörnspopulationerna, vilket i sin tur kommer förhindra fjällräven från att utföra ett av deras vanligaste jaktbeteenden på havsisen. Så länge det finns gott om terrestra födoresurser kan dock fjällräven bestå, men skulle dessa födoresurser också drabbas negativt kan detta utgöra stora hot för fjällräven som art.

5.3 Terrestra födoförändringar

Förändringar i gnagarcyklerna kommer troligtvis ha drastiska konsekvenser för fjällrävspopulationen, då fjällrävens reproduktionsframgång är beroende av gnagartopparna (Gilg *et al.*, 2009). Brist på gnagartoppar i ett annars resursfattigt tundra kommer leda till en minskning av fjällräven, något som redan observerats i Fennoskandinavien (Gilg *et al.*, 2009).

Den globala uppvärmningen påverkar både vegetationens kvalitet och tillgänglighet (Duncan *et al.*, 2021). Vegetationsproduktiviteten är bl.a. sammankopplat med växttäares reproduktionsframgång (Duncan *et al.*, 2021), och vegetation behöver därmed finnas tillgänglig inför dessa arters reproduktionsperiod (Duncan *et al.*, 2021). Regn-på-snö (ROS) som är ett klimatfenomen i Arktis förväntas bli alltmer vanligare i samband med den globala uppvärmningen. Detta orsakar förändringar i snöpackningsegenskaper och isbildning, då den kan blockera

tillgången till vegetation, vilket förhindrar födotillgängligheten för många växtätare. Dessa förändringar kommer sannolikt påverka hela växtätarnas livskraft och populationsdynamik framöver (Hansen *et al.*, 2011). Lämmel tros vara särskilt känsliga för variationer i vinterklimatet (Ims *et al.*, 2008), då de som tidigare nämnt förlitar sig på mossor som sin huvudsakliga vinterföda, vilket finns i det lägsta vegetationsskiftet och är väldigt utsatt för att bli inkapslad i is (Ims *et al.*, 2008). Den ökade förekomsten av regn-på-snö-event som sker mer frekvent i samband med klimatförändringarna kan förväntas påverka lämmelbeståndet kraftigt samt hela det högarktiska ekosystemet (Brown, 2018).

Klimatförändringarna kommer även påverka snöregimen, snötäcket varaktighet, snödjup och snökvalitet (Gilg *et al.*, 2009). Snö är en viktig miljöfaktor i det högarktiska ekosystemet, och förändrade snöförhållanden kan komma att påverka gnagarcyklerna. Gnagarcyklerna är beroende av långa och kalla vintrar, och tros kan komma att bli mer instabila i samband med den globala uppvärmningen (Gilg *et al.*, 2009). Lämmeln som är en huvudföda för flera arktiska rovdjur spenderar mycket av sin tid i snötäcket (Gilg *et al.*, 2009). Lämmeln använder sig av snötäcket både för reproduktion men även mot skydd från rovdjur (Gilg *et al.*, 2009). Minskat snötäcke skulle alltså ha mycket negativa effekter på lämmelns förmåga att undkomma predation samt bygga bon för att föröka sig (Duncan *et al.*, 2021). Förändringar i snöförhållandena kan under våren direkt påverka lämmeldynamiken, då de sista vinterfödda kullarna är avgörande för att nå de högsta populationstopparna (Gilg *et al.*, 2019). Detta påverkar i sin tur flera antal rovdjur och deras reproduktionsframgång, som är beroende av dessa lämmeltoppar (Gilg *et al.*, 2009).

På östra Grönland har lämmelcykeln varit frånvarande sedan år 2000, och man har observerat att snöugglan (*Nyctea scandiaca*) i samband med detta varit frånvarande de senaste 8 åren (Gilg *et al.*, 2009). Detta kan ses som ett första tecken på en allvarlig påverkan av klimatförändringarna på lämmel-rovdjurs-samhällena (Gilg *et al.*, 2009). Många ekologiska studier har redan rapporterat blekande populationscykler av små gnagare och minskande täthet av deras rovdjur för många arktiska samhällen (Gilg *et al.*, 2009). Fjällräven är en av flera rovdjur som är beroende av gnagarcyklerna, och överflödsförändringar av smågnagare kommer ha omfattande konsekvenser för fjällräven och deras överlevnad.

5.4 Krympande tundra

I samband med den globala uppvärmningen förväntas fjällrävens levnadsytor att förändras. Det varmare klimatet har resulterat i en längre växtsäsong i både boreala och tundra ekosystem, vilket har bidragit till en nordlig expansion av den boreala skogen (Danby & Hik, 2017). Mellan 1988–2000 har man observerat att växtsäsongens start ökat med 5–10 dagar (Simon *et al.*, 2021). Samtidigt har

havsisen minskat markant med 19% per decennium mellan 1979–2018 (IPCC, 2019), och dessa två förändringar resulterar i en förändrad levnadsyta för fjällräven och många andra arktiska arter. Med minskad tillgång till marina födoresurser samt ett konkurrenstryck i samband med den boreala expansionen som för med sig mer sydliga rovdjur, kan detta leda till ökad närvaro av fjällräven nära mänskliga bosättningar och industriplatser där antropogena födokällor finns, vilket ökar risken för människa-vilt-konflikt (Pamperin *et al.*, 2008). Sådana konflikter kan innebära förstörelse av odling eller skada på boskapsdjur, vilket är ett allmänt problem i många delar av världen (Voigt *et al.*, 2014; Dalerum *et al.*, 2020; Rashid *et al.*, 2020).

Denna ökning av vilt-människa-konflikter kan anses vara problematiskt ur ett samhällsperspektiv. Utöver viltskador på mänskliga bosättningar är rabies något som förekommer i hela Arktis, och fjällräven är den vanligaste huvudvärden i det arktiska området (Simon *et al.*, 2021). Människor kommer i normala fall i kontakt med arktisk rabies via bett från deras egna hundar (Hueffer & Murphy, 2018), och skulle fjällräven närma sig mänskliga bosättningar mer kan detta öka rabiessmittade hundar och i sin tur rabiessmittade människor.

5.5 Boreala arter och förvaltning

Klimatförändringarna resulterar i att boreala arter expanderar från sydligare platser och etablerar sig i nordliga livsmiljöer, något som kan efterlikna en invasion av invasiva arter (Norén *et al.*, 2016). Rödräven har redan expanderat sin utbredning mer norrut, vilket har orsakat ett ökat konkurrenstryck för fjällräven (Norén *et al.*, 2016). För att minska rödrävens negativa påverkan på fjällrävsbeståndet har intensiv jakt av rödräv gjorts och har varit en viktig åtgärd i förvaltningsplanen för skandinaviska fjällrävar (Angerbjörn *et al.*, 2013). Dock varierar effektiviteten av jakt mellan olika områden (Angerbjörn *et al.*, 2013). Norén *et al.* (2016) fann genom mikrosatellitdata och insamlad mitokondriell sekvensvariation att den svenska tundrarödrävpopulationen kompletterades med vandrande rödrävar från kanten av de boreala zonerna, vilket innebär att kontroll av rödräv behöver utvidgas till att även omfatta de intilliggande boreala zonerna. Annars är risken att tundran snabbt återkoloniserar igen från den boreala skogen, vilket inte är fungerande ur ett hållbarhetsperspektiv. Dock är dessa åtgärder både dyra, tidskrävande och högt utmanande (Norén *et al.*, 2016), och kan ur ett etiskt perspektiv anses vara rätt så kontroversiellt.

För att åstadkomma effektiv och etiskt kontroll av tundrarödrävar är det nödvändigt att definiera målområden av specifik demografisk betydelse och förstå rödrävens spridningsvägar (Norén *et al.*, 2016). En svaghet med denna studie är att endast ett visst antal svenska rödrävar observerades och ger därmed inte ett fullständigt globalt perspektiv för hur rödrävars spridningsvägar till tundran ser ut. Trots det

lägger ändå studien en viktig grund inom ämnet då invasionen av boreala arter till tundran förutspås bli ännu mer kraftfull under kommande decennier, samtidigt som jakt av rödräv varken kan anses som hållbart eller etiskt rätt. Detta kan därmed ses som en styrka med studien, eftersom den sätter forskning i rätt riktning, då det behövs undersökas mer om hur den boreala invasionen i tundraområden kommer utvecklas framöver för att kunna utveckla hållbara förvaltningsmetoder och skydda det arktiska ekosystemet.

5.6 Framtida åtgärder

Norges återintroduktionsprogram *Arctic Fox Captive Breeding Programme* har varit effektivt vad gäller stärkandet och bevarandet av den fennoskandinaviska fjällrävspopulationen (Landa, 2017). Återintroduktioner har även varit framgångsrikt för vissa andra arter som bl.a. rödvarg (*Canis rufus*) (Phillips *et al.*, 1995), präriekatträv (*Vulpes velox*) (Carbyn *et al.*, 1994) och arabisk oryx (*Oryx leucoryx*) (Stanley, 1989). Något att tänka på dock är att dessa program fortfarande är komplexa och riskabla, och kräver bättre och effektivare övervakning av djuren efter utsättning för ett mer lyckat resultat (Berger-Tal & Saltz, 2014). En viktig aspekt för återintroduktion är att identifiera och eliminera orsakerna till artens nedgång från första början (Landa, 2017). Även om den fennoskandinaviska fjällrävspopulationen till en början minskade pga. jakt så var arten fortfarande allvarligt hotad många år efter att arten lagskyddats (Landa, 2017). Nuvarande hot i Fennoskandinavien återstår med minskad föda pga. avbrott i gnagarcyklerna och den ökade konkurrensen med rödräv (Angerbjörn *et al.*, 2013). Att återintroducera en art till ett område där en annan art med liknande nisch redan finns misslyckas ofta (Landa, 2017). Även om djur i fångenskap kan ur ett etiskt perspektiv anses vara kontroversiellt, så är det fortfarande en viktig del för bevarandet av hotade arter (Berger-Tal & Saltz, 2014). Vad gäller fjällräven förväntas rödrävens expansion att öka och gnagarcyklerna bli mer instabila, vilket kommer ha betydande konsekvenser vad gäller fjällrävens överlevnad (Landa, 2017).

Genom att kombinera intensiva bevarandeåtgärder i form av jakt av rödräv och kompletterande utfodring har fjällräven kunnat bevaras (Ims & Fuglei, 2005). Jakt av rödräven har ju dock som tidigare nämnt många nackdelar, samt är en rätt så kontroversiell metod, vilket innebär att utfodringsstrategier som endast stödjer fjällräven bör utvecklas (Landa, 2017). Arctic Fox Captive Breeding Programme utformade en matautomat med en smal röringång som uteslutande släppte in den mindre fjällräven, vilket minskade på konkurrenstrycket mellan fjäll- och rödräv (Landa, 2017). Bevarandeåtgärder är nödvändigt för att stärka och bevara fjällräven (Landa, 2017). Fjällrävspopulationen i Fennoskandinavien som är utsatt för både direkta och indirekta effekter av klimatförändringar kan ses som ett tidigt exempel på en framtida klimatrelaterad utveckling hos andra arktiska populationer (Ims & Fuglei, 2005).

5.7 Olika perspektiv

Arktis och dess biologiska mångfald är allvarligt hotad av klimatförändringarna, och den globala uppvärmningen förväntas fortsätta driva på ytterligare utmaningar för fjällräven. När det gäller födoresurser är fjällräven ett opportunistiskt rovdjur, och kan anpassa sig väl utefter de ekologiska förändringarna. Vid brist på marin föda kan fjällräven livnära sig på landlevande föda och tvärtom, och vid brist på lämmel finns det andra landlevande alternativ såsom fåglar och fågelägg. Det är dock när andra faktorer spelar in som hotet blir mer omfattande.

Denna litteraturstudie ger en bra inblick över särskilda perspektiv och hur en aspekt enskilt kan komma att påverka fjällräven. En fördel med en litteratursammanställningen som metod är att den fungerar väl för att besvara de ställda frågeställningarna och ger en bra inblick över hur olika faktorer kan komma att påverka fjällrävens framtid. Ämnet kring klimatförändringarnas påverkan är dock brett och komplext (Phoenix & Lee, 2004), och en nackdel med denna metod är att den antagligen missar vissa aspekter, och ger därmed inte en fullständig inblick över alla delar som kan vara viktiga för att kunna ge en fullständig bedömning. Att ha specifika frågeställningar leder till att många viktiga studier kan anses som irrelevanta och väljs därmed bort, men som kunde ha varit viktiga för att ge ett bredare perspektiv och ett mer tillförlitlig slutsats. Att ge ett helhetsperspektiv är även något som forskning behöver utveckla för att kunna finna ett samband mellan alla olika faktorer. Hur förändrade födoresurser, smältande havsis, boreal expansion och invasion från sydliga arter allt hänger samman och påverkar varandra, och hur detta i slutändan påverkar fjällräven. En enskild aspekt må kanske inte utgöra ett så sådant stort hot, men det är när alla sammanstrålar som hotet blir väldigt omfattande, och detta är något forskning behöver förstå för att kunna utveckla fungerande och hållbara lösningar både för fjällräven enskilt men också för hela det arktiska ekosystemet. Viktiga frågor för framtida forskning skulle kunna vara:

- Hur kan invasionen av boreala arter förebyggas och minimeras för att skydda fjällräven och det arktiska ekosystemet?
- Vilka bevarandeinsatser kan göras för att minska konkurrenstrycket mellan rödräv och fjällräv?
- Hur kommer fjällräven påverkas om det blir brist på både marina och terrestra födoresurser?
- Hur kan havsisminskningens påverkan på den genetiska strukturen hos fjällräven förebyggas?

Frågan kring hur klimatförändringarnas exakta påverkan på det arktiska ekosystemet är omöjlig att svara på, då det är svårt att dra säkra slutsatser på grund av att så många faktorer spelar in (Phoenix & Lee, 2004). Många nutida händelser ger dock en antydning om hur utvecklingen kan komma att se ut. Forskning behöver

undersöka påverkan och utvecklingen när olika faktorer sammanstrålar för att kunna finna hållbara lösningar och förvaltningsplaner för att kunna skydda och bevara fjällräven och andra arktiska arter. I slutändan är det ju dock klimatförändringarna i det stora hela som ligger bakom de olika faktorerna som hotar fjällräven. Om inte klimatförändringarna stoppas kommer det komma en tid då man anser att fördelarna inte längre lönar sig i relation till de kostnader och resurser som bevarandeåtgärder kräver. Den globala uppvärmningen kan i framtiden utplåna hela fjällrävens livsmiljö, och artens ekologiska nisch kommer inte längre passa in i det vilda. En räddning av fjällräven kan då vara försent.

6. Slutsats

Syftet med denna studie var att besvara frågeställningar gällande klimatförändringarnas påverkan på det globala fjällrävsbeståndet, och arbetet ger starka indikationer på att det finns många olika faktorer och aspekter att ta hänsyn till. Havsisminskningen kommer både påverka fjällrävens genetiska struktur samt orsaka en marin födoresursminskning. Den globala uppvärmningen kommer även påverka gnagarbeståndets stabilitet och överflöd, vilket utgör fjällrävens terrestra födoresurser. Klimatförändringarna kommer också orsaka en förkrympning av fjällrävens levnadsytor, både vad gäller havsisminskningen men också den boreala expansionen norrut. Detta kommer öka konkurrenstrycket från den redan befintliga rödräven, som utgör stora hot för fjällrävsbeståndet. Det är tydligt att bevarandeåtgärder har behövts och kommer behövas i framtiden. Det krävs ytterligare en förståelse kring hur vidare alla aspekter hänger samman, samt hur utvecklingen av deras sammanstrålning kommer se ut och påverka fjällräven och det arktiska ekosystemet.

7. Populärvetenskaplig sammanfattning

Den globala uppvärmningen har ökat kraftigt de senaste århundradet, och klimatförändringarna hotar världens djur och natur. Dessa förändringar är som mest tydliga runt polerna, vilket gör bl.a. Arktis särskilt sårbar för klimatförändringarna. En välkänd art som lever i denna miljö är fjällräven. Syftet med denna studie var att undersöka hur vidare klimatförändringarna kan komma att påverka fjällräven vad gäller deras levnadsytor, födotillgänglighet och konkurrens från andra arter. Baserat på den funna informationen tyder resultatet på att den globala uppvärmningen troligtvis kommer ha många olika negativa konsekvenser för fjällräven. Klimatförändringarna förväntas påverka fjällrävens levnadsytor då havsisen minskar, vilket kommer påverka tillgängligheten av marin föda, samt förhindra fjällräven från att förflytta sig och blanda sig mellan olika fjällrävsgrupper. Denna förändring skulle därmed kunna leda till att vissa fjällrävsgrupper blir genetiskt isolerade, vilket kan leda till en lokal utrotning.

Den globala uppvärmningen bidrar även till att den närliggande sydliga skogen breder sig mer norrut, vilket både minskar tundrans storlek samt för med sig mer sydliga arter som kan komma att påverka Arktis. Vad gäller konkurrens från andra arter är rödräven väldigt omtalad. Rödräven har rört sig mer norrut pga. ett varmare klimat, vilket haft som mest tydliga effekter på fjällräven i Fennoskandinavien (Norge, Sverige, Finland och en liten del av nordvästra Ryssland). Rödräven och fjällräven har båda liknande behov, och konkurrerar om samma mat och utrymme. Om rödräven fortsätter breda ut sig över tundran kan detta leda till att fjällräven tvingas förflytta sig mer norrut för att undvika utrotning. Gällande födotillgänglighet kommer den globala uppvärmningen troligtvis även påverka mängden gnagare på Arktis, vilket många arktiska rovdjur är beroende av. Gnagarnas reproduktionscykler tros bli mer ostadiga då de är beroende av långa och kalla vintrar. En brist på gnagare kan ha stora negativa konsekvenser för fjällräven vad gäller deras överlevnad och möjlighet att föröka sig. Dock kan fjällräven anpassa sig väl utefter olika födoresursförändringar, men kan innebära stora konsekvenser om både landlevande och marina födoresurser förändras samtidigt.

Vad gäller bevarandeinsatser har detta varit som mest aktuellt i Fennoskandinavien, där fjällräven varit extremt hotad. Även om fjällrävsbeståndet har stärkts, är bevarandeinsatser fortfarande nödvändiga vad gäller stödutfodring för fjällräven och kontroll av rödräv. Även om andra fjällrävspopulationer är stabila kan situationen i Fennoskandinavien ses som ett tidigt exempel på vad som skulle kunna komma att ske i andra delar av Arktis. Något framtida forskning behöver fokusera på är hur alla delar hänger ihop, och vad som händer när de olika faktorerna sammanstrålar, och hur detta kan komma att påverka fjällräven och Arktis i framtiden.

Tack

Ett stort tack till min handledare för vägledning och feedback! Jag vill även tacka min kritiska vän samt opponent för värdefull konstruktiv kritik på mitt arbete.

8. Referenslista

- Angerbjörn, A., Eide, N.E., Dalén, L., Elmhagen, B., Hellström, P., Ims, R.A., Killengreen, S., Landa, A., Meijer, T., Mela, M., Niemimaa, J., Norén, K., Tannerfeldt, M., Yoccoz N.G., Henttonen, H. & Pettorelli, N. 2013. Carnivore conservation in practice: replicated management actions on a large spatial scale. *Journal of Applied Ecology*. 50(1), 59–67.
- Audet, A.M., Robbins, C.B. & Larivière, S. 2002. *Alopex lagopus*. *Mammalian Species*. (713), 1–10.
- Berger-Tal, O. & Saltz, D. 2014. Using the movement patterns of reintroduced animals to improve reintroduction success. *Current Zoology*. 60(4), 515–526.
- Brown, A. 2018. Rain on the lemming parade. *Nature Climate Change*. 8(11), 940–940.
- Burgess, R.M. 2000. Chapter 8 – Arctic Fox. I: The natural history of an Arctic oil field (Red. J.C. Truett & S.R. Johnson). Cambridge, Academic Press.
- CAFF (Conservation of Arctic Flora and Fauna) (2013). Arctic biodiversity assessment. Status and trends in Arctic biodiversity. Akueyri: Conservation of Arctic Flora and Fauna.
- Callaghan, T.V., Björn, L.O., Chernov, Y., Chapin, T., Christensen, T.R., Huntley, B., Ims, R.A., Johansson, M., Jolly, D., Jonasson, S., Matveyeva, N., Panikov, N., Oechel, W., Shaver, G., Schaphoff, S. & Sitch, S. 2004. Effects of changes in climate on landscape and regional processes, and feedbacks to the climate system. *Ambio*. 33(7), 459–469.
- Carbyn, L.N., Armbruster, H.J. & Mamo, C. 1994. The swift fox reintroduction program in Canada from 1983 to 1993. I: Restoration of endangered species (Red. M.L. Bowles & C.J. Whelan). Cambridge, Cambridge University Press.
- Careau, V., Giroux, J., Gauthier, G. & Berteaux, D. 2008. Surviving on cached foods - the energetics of egg-caching by arctic foxes. *Canadian Journal of Zoology*. 86(10), 1217–1223.
- Carmichael, L.E., Krizan, J., Nagy, J.A., Fuglei, E., Dumond, M., Johnson, D., Veitch, A., Berteaux, D. & Strobeck, C. 2007. Historical and ecological determinants of genetic structure in arctic canids. *Molecular Ecology*. 16(16), 3466–3483.

- Comiso, J.C. 2002. Correlation and trend studies of the sea-ice cover and surface temperatures in the Arctic. *Annals of Glaciology*. 34(1), 420–428.
- Dalerum, F., Selby, L.O.K. & Pirk, C.W.W. 2020. Relationships between livestock damages and large carnivore densities in Sweden. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 7, 1–14.
- Danby, R.K. & Hik, D.S. 2007. Variability, contingency and rapid change in recent subarctic alpine tree line dynamics. *Journal of Ecology*. 95(2), 352–363.
- Descamps, S., Aars, J., Fuglei, E., Kovacs, K.M., Lydersen, C., Pavlova, O., Pedersen, Å.Ø., Ravolainen, V. & Strøm, H. 2017. Climate change impacts on wildlife in a High Arctic archipelago – Svalbard, Norway. *Global Change Biology*. 23(2), 490–502.
- Duncan, R.J., Andrew, M.E. & Forchhammer, M.C. 2021. Snow mediates climatic impacts on Arctic herbivore populations. *Polar Biology*. 44(7), 1251–1271.
- Elmhagen, B., Berteaux, D., Burgess, R.M., Ehrich, D., Gallant, D., Henttonen, H., Ims, R.A., Killengreen, S.T., Niemimaa, J., Norén, K., Ollila, T., Rodnikova, A., Sokolov, A.A., Sokolova, N.A., Stickney, A.A. & Angerbjörn, A. 2017. Homage to Hersteinsson and Macdonald: climate warming and resource subsidies cause red fox range expansion and Arctic fox decline. *Polar Research*. 36(sup1), 3.
- Elmhagen, B., Kindberg, J., Hellström, P. & Angerbjörn, A. 2015. A boreal invasion in response to climate change? Range shifts and community effects in the borderland between forest and tundra. *Ambio*. 44(sup 1), 39–50.
- Elmhagen, B., Tannerfeldt, M. & Angerbjörn, A. 2002. Food-niche overlap between arctic and red foxes. *Canadian Journal of Zoology*. 80(7), 1274–1285.
- Fuglei, E. & Ims, R.A. 2008. Global warming and effects on the arctic fox. *Science Progress (1916)*. 91(2), 175–191.
- Fuglei, E. & Øritsland, N.A. 1999. Seasonal trends in body mass, food intake and resting metabolic rate, and induction of metabolic depression in arctic foxes (*Alopex lagopus*) at Svalbard. *Journal of comparative physiology B. Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology*. 169(6), 361–369.
- Fuglestad, B.N., Haga, Ø.E., Folkow, L.P., Fuglei, E. & Blix, A.S. 2006. Seasonal variations in basal metabolic rate, lower critical temperature and responses to temporary starvation in the arctic fox (*Alopex lagopus*) from Svalbard. *Polar Biology*. 29(4), 308–319.

- Gallant, D., Reid, D.G., Slough, B.G. & Berteaux, D. 2013. Natal den selection by sympatric arctic and red foxes on Herschel Island, Yukon, Canada. *Polar Biology*. 37(3), 333–345.
- Gallant, D., Slough, B.G., Reid, D.G. & Berteaux, D. 2012. Arctic fox versus red fox in the warming Arctic: four decades of den surveys in north Yukon. *Polar Biology*. 35(9), 1421–1431.
- Garrott, R.A. & Eberhardt, L.E. 1982. Mortality of arctic fox pups in northern Alaska. *Journal of Mammalogy*. 63(1), 173–174.
- Geffen, E., Waidyaratne, S., Dalén, L., Angerbjörn, A., Vila, C., Hersteinsson, P., Fuglei, E., White, P.A., Goltsman, M., Kapel, C.M.O. & Wayne, R.K. 2007. Sea ice occurrence predicts genetic isolation in the Arctic fox. *Molecular Ecology*. 16(20), 4241–4255.
- Gilg, O., Sittler, B. & Hanski, I. 2009. Climate change and cyclic predator-prey population dynamics in the high Arctic. *Global Change Biology*. 15(11), 2634–2652.
- Gillespie, J. 1998. Population genetics: a concise guide. *Biometrics*. 54(4), 1683–1683.
- Grace, J., Berninger, F. & Nagy, L. 2002. Impacts of climate change on the tree line. *Annals of Botany*. 90(4), 537–544.
- Griffith, B., Scott, J.M., Carpenter, J.W. & Reed, C. 1989. Translocation as a species conservation tool: status and strategy. *Science*. 245(4917), 477–480.
- Hansen, B.B., Aanes, R., Herfindal, I., Kohler, J., Sæther, B. & Oli, M. 2011. Climate, icing, and wild arctic reindeer: past relationships and future prospects. *Ecology (Durham)*. 92(10), 1917–1923.
- Hansen, B.B., Grotan, V., Aanes, R., Saether, B., Stien, A., Fuglei, E., Ims, R.A., Yoccoz, N.G. & Pedersen, A.Ø. 2013. Climate events synchronize the dynamics of a resident vertebrate community in the High Arctic. *Science (American Association for the Advancement of Science)*. 339(6117), 313–315.
- Herfindal, I., Linnell, J.D.C., Elmhagen, B., Andersen, R., Eide, N.E., Frafjord, K., Henttonen, H., Kaikusalo, A., Mela, M., Tannerfeldt, M., Dalén, L., Strand, O., Landa, A. & Angerbjörn, A. 2010. Population persistence in a landscape context: the case of endangered Arctic fox populations in Fennoscandia. *Ecography*. 33(5), 932–941.

- Hueffer, K. & Murphy, M. 2018. Rabies in Alaska, from the past to an uncertain future. *International Journal of Circumpolar Health*. 77(1), 1475185–1475188.
- Hunter, C.M., Caswell, H., Runge, M.C., Regehr, E.V., Amstrup, S.C. & Stirling, I. 2010. Climate change threatens polar bear populations: a stochastic demographic analysis. *Ecology* (Durham). 91(10), 2883–2897.
- Ims, R.A. & Fuglei, E. 2005. Trophic interaction cycles in tundra ecosystems and the impact of climate change. *Bioscience*. 55(4), 311–322.
- Ims, R.A., Henden, J. & Killengreen, S.T. 2008. Collapsing population cycles. *Trends in Ecology & Evolution* (Amsterdam). 23(2), 79–86.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2019). IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate. Cambridge: Cambridge University Press.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature), 2009. https://www.iucn.org/sites/dev/files/import/downloads/fact_sheet_red_list_arctic_foxes_v2.pdf, använd 2022-04-21
- IUCN (International Union for Conservation of Nature) (2016). IUCN SSC guidelines for assessing species' vulnerability to climate change. Cambridge: IUCN.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature), 2019. https://www.iucn.org/sites/dev/files/species_and_climate_change_issues_brief-2019-12.pdf, använd 2022-04-18
- Laidre, K.L., Born, E.W., Atkinson, S.N., Wiig, Ø., Andersen, L.W., Lunn, N.J., Dyck, M., Regehr, E.V., McGovern, R. & Heagerty, P. 2018. Range contraction and increasing isolation of a polar bear subpopulation in an era of sea-ice loss. *Ecology and Evolution*. 8(4), 2062–2075.
- Landa, A., Flagstad, Ø., Areskoug, V., Linnell, J.D.C., Strand, O., Ulvund, K.R., Thierry, A., Rød-Eriksen, L. & Eide, N.E. 2017. The endangered Arctic fox in Norway-the failure and success of captive breeding and reintroduction. *Polar Research*. 36(sup1), 9–14.
- Loison, A., Strand, O. & Linnell, J.D.C. 2001. Effect of temporal variation in reproduction on models of population viability: a case study for remnant Arctic fox (*Alopex lagopus*) populations in Scandinavia. *Biological Conservation*. 97(3), 347–359.

- Killengreen, S.T., Lecomte, N., Ehrich, D., Schott, T., Yoccoz, N.G. & Ims, R.A. 2011. The importance of marine vs. human-induced subsidies in the maintenance of an expanding mesocarnivore in the arctic tundra. *The Journal of Animal Ecology*. 80(5), 1049–1060.
- Killengreen, S.T., Strømseng, E., Yoccoz, N.G. & Ims, R.A. 2012. How ecological neighbourhoods influence the structure of the scavenger guild in low arctic tundra. *Diversity & Distributions*. 18(6), 563–574.
- Kovacs, K.M. & Lydersen, C. 2008. Climate change impacts on seals and whales in the north atlantic arctic and adjacent shelf seas. *Science Progress (1916)*. 91(2), 117–150.
- MacDonald, G.M., Velichko, A.A., Kremenetski, C.V., Borisova, O.K., Goleva, A.A., Andreev, A.A., Cwynar, L.C., Riding, R.T., Forman, S.L., Edwards, T.W.D., Aravena, R., Hammarlund, D., Szeicz, J.M. & Gattaulin, V.N. 2000. Holocene Treeline History and Climate Change Across Northern Eurasia. *Quaternary research*. 53(3), 302–311.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2015. *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Washington D.C., Island Press.
- Moon, T., Ahlstrøm, A., Goelzer, H., Lipscomb, W. & Nowicki, S. 2018. Rising oceans guaranteed: Arctic land ice loss and sea level rise. *Current Climate Change Reports*. 4(3), 211–222.
- Norén, K., Angerbjörn, A., Wallén, J., Meijer, T. & Sacks, B.N. 2016. Red foxes colonizing the tundra: genetic analysis as a tool for population management. *Conservation Genetics*. 18(2), 359–370.
- Norén, K., Hersteinsson, P., Samelius, G., Eide, N.E., Fuglei, E., Elmhagen, B., Dalen, L., Meijer, T. & Angerbjörn, A. 2012. From monogamy to complexity: social organization of arctic foxes (*Vulpes lagopus*) in contrasting ecosystems. *Canadian Journal of Zoology*. 90(9), 1102–1116.
- Pamperin, N.J., Follmann, E.H. & Person, B.T. 2008. Sea-ice use by arctic foxes in northern Alaska. *Polar Biology*. 31(11), 1421–1426.
- Pamperin, N.J., Follmann, E.H. & Petersen, B. 2009. Interspecific killing of an arctic fox by a red fox at Prudhoe bay, Alaska. *Arctic*. 59(4), 361–364.

- Park, H., Lee, S., Son, S., Feldstein, S.B. & Kosaka, Y. 2015. The impact of poleward moisture and sensible heat flux on arctic winter sea ice variability. *Journal of Climate*. 28(13), 5030–5040.
- Petherick, A.S., Reuther, J.D., Shirar, S.J., Anderson, S.L. & DeSantis, L.R.G. 2021. Dietary ecology of Alaskan polar bears (*Ursus maritimus*) through time and in response to Arctic climate change. *Global Change Biology*. 27(13), 3109–3119.
- Phillips, M.K., Smith, R., Henry, V.G. & Lucash, C. 1995. Red wolf reintroduction program. I: Ecology and conservation of wolves in a changing world (Red. L.N. Carbyn, S.H. Fritts & D.R. Seip). Edmonton, Canadian Circumpolar Institute.
- Phoenix, G.K. & Lee, J.A. 2004. Predicting impacts of Arctic climate change: Past lessons and future challenges. *Ecological Research*. 19(1), 65–74.
- Prestrud, P. 1991. Adaptations by the arctic fox (*Alopex lagopus*) to the polar winter. *Arctic*. 44(2), 132–138.
- Rashid, W., Shi, J., Rahim, I., Sultan, H., Dong, S. & Ahmad, L. 2020. Research trends and management options in human-snow leopard conflict. *Biological Conservation*. 242, 108413.
- Roth, J.D. 2002. Temporal variability in arctic fox diet as reflected in stable-carbon isotopes; the importance of sea ice. *Oecologia*. 133(1), 70–77.
- Roth, J.D. 2003. Variability in marine resources affects arctic fox population dynamics. *The Journal of Animal Ecology*. 72(4), 668–676.
- Schuur, E.A.G., Crummer, K.G., Vogel, J.G. & Mack, M.C. 2007. Plant species composition and productivity following permafrost thaw and thermokarst in alaskan tundra. *Ecosystems (New York)*. 10(2), 280–292.
- Sentis, A., Hemptinne, J. & Brodeur, J. 2012. Using functional response modeling to investigate the effect of temperature on predator feeding rate and energetic efficiency. *Oecologia*. 169(4), 1117–1125.
- Serreze, M.C., Holland, M.M. & Stroeve, J. 2007. Perspectives on the arctic's shrinking sea-ice cover. *Science (American Association for the Advancement of Science)*. 315(5818), 1533–1536.
- Simon, A., Beauchamp, G., Bélanger, D., Bouchard, C., Fehlner-Gardiner, C., Lecomte, N., Rees, E. & Leighton, P.A. 2021. Ecology of Arctic rabies: 60 years of disease surveillance in the warming climate of northern Canada. 68(6), 601–608.

- Stanley, P.M.R. 1989. Animal reintroductions: the Arabian oryx in Oman. Cambridge, Cambridge University Press
- Sun, L., Alexander, M. & Deser, C. 2018. Evolution of the global coupled climate response to arctic sea ice loss during 1990–2090 and its contribution to climate change. *Journal of Climate*. 31(19), 7823–7843.
- Tannerfeldt, M. & Angerbjörn, A. 1998. Fluctuating resources and the evolution of litter size in the arctic fox. *Oikos*. 83(3), 545–559.
- Tannerfeldt, M., Elmhagen, B. & Angerbjörn, A. 2002. Exclusion by interference competition? The relationship between red and arctic foxes. *Oecologia*. 132(2), 213–220.
- Thomas, C.D., Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., Erasmus, B.F.N., de Siqueira, M.F., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., van Jaarsveld, A.S., Midgley, G.F., Miles, L., Ortega-Huerta, M.A., Townsend Peterson, A., Phillips, O.L. & Williams, S.E. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature*. 427(6970), 145–148.
- Underwood, L.S. & Reynolds, P. 1980. Photoperiod and fur lengths in the arctic fox (*Alopex lagopus* L.). *International Journal of Biometeorology*. 24(1), 39–48.
- Urban, M.C. 2015. Accelerating extinction risk from climate change. *Science (American Association for the Advancement of Science)*. 348(6234), 571–573.
- USGCRP (U.S. Global Change Research Program) (2017). Climate science special report: forth national climate assessment, volume 1. Washington DC: U.S. Global Change Research Program.
- Voigt, C.C., Thalwitzer, S., Melzheimer, J., Blanc, A., Jago, M., Wachter, B. & Fenton, B. 2014. The conflict between cheetahs and humans on Namibian farmland elucidated by stable isotope diet analysis. *PloS One*. 9(8), e101917–e101917.
- Walther, G., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J.C., Fromentin, J., Hoegh-Guldberg, O. & Bairlein, F. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature (London)*. 416(6879), 389–395.
- Wang, M. & Overland, J.E. 2012. A sea ice free summer arctic within 30 years: An update from CMIP5 models. *Geophysical Research Letters*. 39(18), 1–6.

Woodroffe, R. 2001. Strategies for carnivore conservation: lessons from contemporary extinctions. I: Carnivore conservation (Red. J.L. Gittleman, S.M. Funk, D.W. MacDonald & R.K. Wayne). Cambridge, Cambridge University Press.

WWF. 2020. <https://www.wwf.se/djur/fjallrav/#intro>, använd 2022-04-21

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

- <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.