UPPSALA
UNIVERSITET

Kan fjällräven, *Alopex lagopus,* överleva ett varmare klimat i Sverige?

Julia Jonsson

Independent Project in Biology
Självständigt arbete i biologi, 15 hp, vårterminen 2013
Institutionen för biologisk grundutbildning, Uppsala universitet

Kan fjällräven, *Alopex lagopus*, överleva ett varmare klimat i Sverige?

Julia Jonsson
Självständigt arbete i biologi 2013

Sammandrag

Arter som lever i känsliga miljöer eller som redan är hotade kan ha svårt att anpassa sig till en global uppvärmning. Det gäller till exempel fjällräven, som i dagsläget är klassad som akut hotad i Sverige, Norge och Finland. Arten har inte lyckats återhämta sig efter en intensiv period av pälsjakt under början av 1900-talet, trots att den fridlystes i Sverige 1927 och har varit skyddad sedan dess. Det finns ett flertal aspekter och teorier som förklarar den bristande återhämtningen, varav flera är relaterade till klimatförändringar. Att klimatet har blivit varmare har lett till att rödräven har vandrat norrut, där den konkurrerar om fjällrävens lyor och föda. Det finns även teorier om att de senaste årens försvagade eller uteblivna fjällämmelcykler har berott på att vintrarna blivit mildare. Eftersom fjällämlar är fjällrävens huvudsakliga föda har detta lett till födobrist. I framtiden kan fler konsekvenser förväntas av ett varmare klimat. Flera analyser visar att den alpina miljön kommer att krympa, vilket därmed minskar fjällräven och andra arters utbredningsområde. Samtidigt finns det dåliga möjligheter för fjällräven att migrera norrut, eftersom den skandinaviska fjällkedjan är isolerad. Förhoppningarna är att bevarandeinsatser i form av stödutfordring och bekämpning av rödräv ska stärka arten. Om fjällrävspopulationen kan återhämta sig och uppnå en livskraftig populationsstorlek, ökar dess chanser att klara av de påfrestningar som klimatförändringar innebär.

Inledning

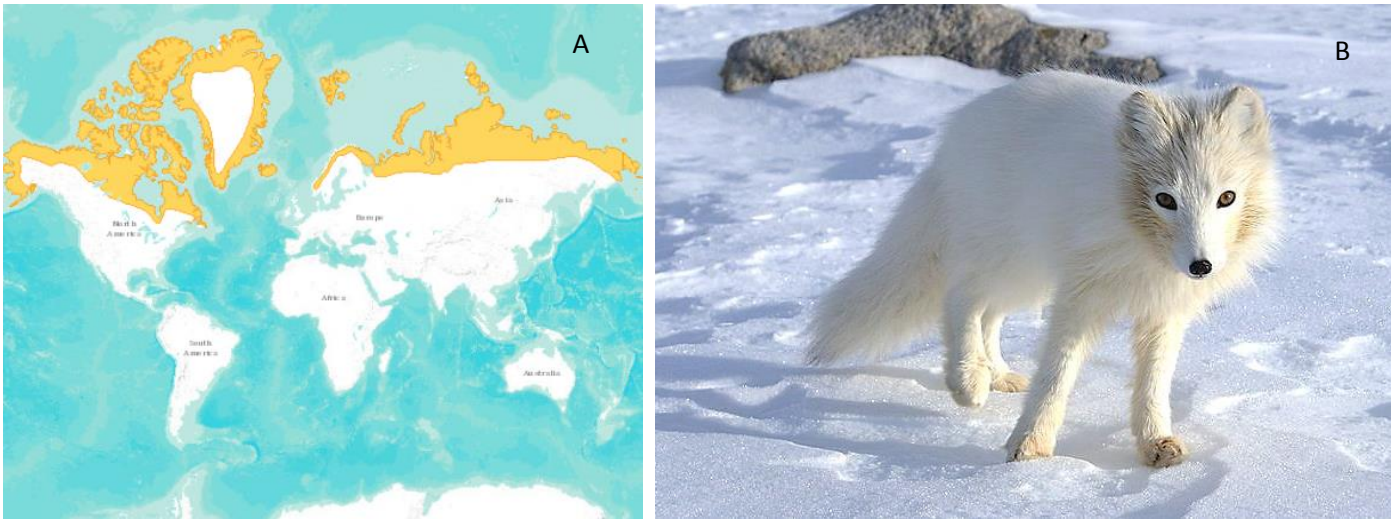
Den globala uppvärmningen har redan orsakat synbara förändringar i miljön på det norra halvklotet. Snötäcket har minskat i de flesta regioner och de arktiska isarna har minskat i storlek (Lemke *et al.* 2007). Ett varmare klimat i Arktis beräknas medföra många förändringar i den fysiska miljön, inklusive smältande is, ökad vattenavrinning och en eventuell höjning av havsnivån (Nordic Council of Ministers 2009). Förutom förändrade livsmiljöer, kan klimatförändringarna leda till att Arktis invaderas av arter från söder, vilket ger upphov till en större konkurrens om resurserna för de arktiska arterna (Kullman 2008, McRae *et al.* 2010).

I Fennoskandia (Norge, Sverige och Finland) är de arter som lever i fjällen särskilt känsliga, eftersom fjällkedjans isolering innebär dåliga möjligheter att migrera norrut om livsbetingelserna skulle förändras. Bland dessa arter finns fjällräven, *Alopex lagopus,* som redan är utsatt och därför kan få svårigheter att klara förändringar. Fjällräven återfinns i Arktis, det vill säga norra Nordamerika, Grönland, Svalbard, Island, den skandinaviska fjällkedjan och i Sibirien (figur 1a). Den blir 50-75 cm lång, har korta rundade öron och en yvig svans (figur 1b). Den fennoskandiska fjällrävens huvudsakliga föda är smågnagare och dess ekologi är därför starkt bunden till smågnagarnas cykliska fluktuationer (Angerbjörn *et al.* 1995).

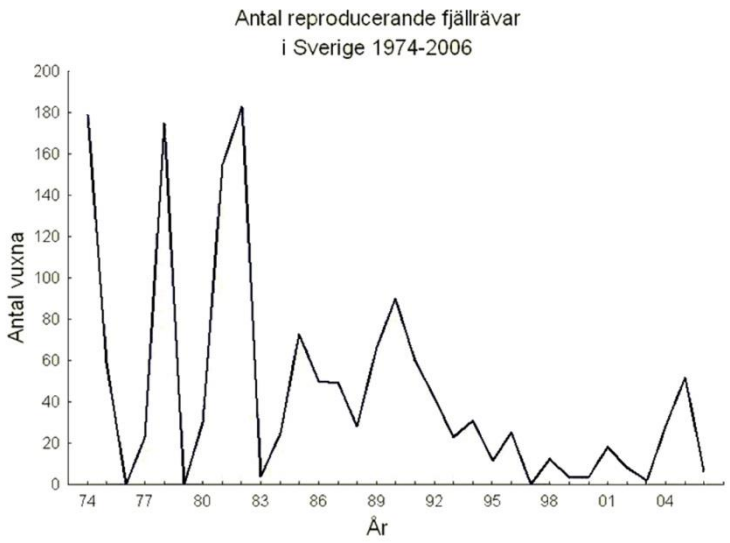
Fjällräven var en av de första arterna som koloniserade Sverige i samband med att inlandsisen försvann. Den höll sig till tundran i Fennoskandia och hade populationstoppar på tiotusen

individer fram till 1800-talet (Tannerfeldt 1997, Linnell *et al.* 1999). Under den tidigare delen av 1900-talet jagades fjällräven intensivt och populationsstorleken minskade därför drastiskt (Lönnberg 1927). Samtidigt lades förgiftat kött ut för att döda varg, vilket även drabbade fjällräven (Haglund & Nilsson 1977). Till sist var populationen så liten att den fick skydd enligt svensk lag 1927. I grannländerna Norge och Finland uppstod liknande problematik och även där fridlystes arten, i Norge 1930 och i Finland 1940 (Hersteinsson *et al.* 1989). Trots det har arten ännu inte återhämtat sig och den är idag klassad som akut hotad i Fennoskandia enligt Artdatabanken. Sedan 1980-talet har antalet fjällrävar mer än halverats (figur 2). Antalet reproduktiva individer i Sverige idag uppskattas vara 30-80 (Artdatabanken).

Att fjällrävspopulationen inte har kunnat återhämta sig efter jakten beror troligen på dåliga lämmelår, konkurrens från rödräven, *Vulpes vulpes*, och bristen på kadaver under de år som vargpopulationen har varit liten (Shirley *et al.* 2009, Naturvårdsverket 2011). Det senare är dock en teori som det råder meningsskiljaktigheter om (Linnell & Strand 2001). Ett annat hot är att det ibland rymmer fjällrävar från farmar och då kan hybridisering ske med vilda fjällrävar (Norén *et al*. 2005). Eftersom farmrävarna har ett annat ursprung och dessutom har avlats i flera generationer, kan hybridisering leda till att viktiga anpassningar till den fennoskandiska fjällkedjan går förlorade hos den vilda fjällräven (Angerbjörn *et al.* 2008). Slutligen är populationen så liten och fragmenterad att det är svårt för de kvarvarande individerna att hitta varandra, vilket leder till en försvårad förökning och en större utsatthet i fall något oväntat skulle inträffa (Angerbjörn *et al.* 2008).



Figur 1. A) Fjällrävens utbredningsområde i världen © IUCN Red List. B) Fjällräv i vinterpäls, fotograferad i Kulusuk, Grönland av Algkalv 2010, Wikimedia commons.



Figur 2. Antal fjällrävar som reproducerat sig 1974-2006. Källa: Sefalo (Angerbjörn *et al.* 2008).

De rådande förutsättningarna kan göra det svårt för fjällrävspopulationen att klara ytterligare påfrestningar. Vilka klimateffekter har redan uppmätts och vilka kan förväntas uppkomma i framtiden som kan påverka de svenska fjällen? Vilka chanser har fjällräven att överleva dessa miljöförändringar och vilka svårigheter måste den i så fall överkomma?

Klimatförändringars påverkan på tundra, fjäll och dess arter

Jordens klimat förändras, särskilt på höga latituder. Medan den globala temperaturen har stigit med 0,4ºC de senaste 150 åren, har temperaturökningen varit 2-3 gånger så stor i Arktis (Trenberth *et al*. 2007). Enligt IPCC:s klimatrapport från 2007 har snö- och ismängden minskat på en global skala under många år, särskilt sedan 1980. Minskningen har förvärrats ytterligare sedan slutet av 1990-talet. De flesta glaciärer blir mindre, snötäcket försvinner tidigare på våren och havsisen i Arktis krymper under alla säsonger, särskilt på sommaren (Lemke *et al*. 2007). Många arter förväntas flytta sina utbredningsområden i riktning mot polerna (Parmesan *et al.* 1999, Walther *et al.* 2002, Huntley *et al.* 2008), vilket kan resultera i regionala förluster av arter och förändringar i artkompositionen i olika ekosystem (Hof *et al.* 2012).

Skanderna (fjällkedjan i Fennoskandia) är relativt små och isolerade, vilket gör dem till ett känsligt område för störningar som till exempel klimatförändringar. Om fjällen blir varmare kan det få många konsekvenser för de arter som lever där, inte minst för fjällräven.

Fjällräven har gynnats under istider och missgynnats under interglaciala perioder. Dalén och hennes kollegor (2005) har gjort en studie som visar att fjällrävspopulationen minskade i antal och genomgick en så kallad flaskhals under den senaste interglaciala perioden, som tog slut 117 000 f.Kr. Då var det ungefär fem grader varmare än vad det är nu.

Fjällämmelcykler

I Fennoskandia har fjällämmeln, *Lemmus lemmus,* populationstoppar ungefär vart fjärde år (Angerbjörn *et al.* 2001). Orsakerna till att smågnagarpopulationer fluktuerar har länge varit omdiskuterade (Hanski *et al.* 2000). En vanlig teori är att det beror på trycket från rovdjur (Stenseth 1995, Klemola *et al*. 2003). Det är tydligt att fjällräven är starkt beroende av dessa populationstoppar. Under ett toppår kan en hona föda upp till 20 valpar. När det är dålig tillgång på lämmel föds få eller inga valpar och upp till 90 % av valparna överlever inte. Det gör fjällräven väldigt sårbar för uteblivna lämmelår, särskilt eftersom den inte blir mer än fem år gammal och därför inte har många år på sig för reproduktion (Loison *et al.* 2001, Angerbjörn *et al.* 2008). Dessa populationstoppar hos lämmeln har mer eller mindre uteblivit sedan 1982 (Angerbjörn *et al.* 2001). Det kan dock inte förklaras av rovdjurstrycket, eftersom antalet rovdjur i fjällen har varit lågt under denna tid.

Klimatförändringar har föreslagits vara orsaken bakom dessa förändringar i smågnagarnas cykler (Framstad *et al.* 1997, Hörnfeldt 2004, Ims & Fuglei 2005). Enligt Kausrud *et al.* (2008) är vinterväder och snöförhållanden de avgörande orsakerna bakom de observerade förändringarna i populationer av smågnagare, främst lämlar, i den norska fjällkedjan mellan 1970 och 1997. Under mildvädersperioder blir den lilla mängd snö som finns hård och tätpackad (Kausrud *et al.* 2008). Den luftficka under snön där fjällämmeln normalt lever, det så kallade subrivala rummet, kan då försvagas eller till och med försvinna helt. Det subrivala rummet behövs för isolering, tillgång till föda och skydd från rovdjur (MacLean *et al.*1974, Stenseth & Ims 1993, Lindström & Hörnfeldt 1994). Det tycks ha varit liknande perioder utan populationstoppar tidigare i historien. Angerbjörn *et al.* (2001) har sammanställt data över fjällämlarnas cykler i Fennoskandia sedan 1862 och dessa data visar på flera längre perioder där topparna uteblivit, bland annat 1941-1958 i Västerbotten. Kausrud *et al.* (2008) utformade modeller för att se hur vintervädret har påverkat smågnagarcyklerna sedan 1970. De fann ett starkt samband mellan antalet smågnagare och luftfuktighet samt snöns hårdhet. Sambandet var svagare för snötäckets långvarighet under året. Då klimatet blir varmare ökar troligen luftfuktigheten och snön hårdnar, vilket påverkar lämlarna negativt (Kausrud *et al.* 2008). Ett varmare klimat kommer därmed göra att fjällrävens huvudsakliga föda minskar.

Fjällräven har drabbats hårt av de dåliga lämmelåren under senare tid. Sedan 1982 har fjällrävspopulationen minskat drastiskt (figur 2). Även andra rovdjur i fjällen har sjunkit i antal av samma orsak, såsom fjällvråk, *Buteo lagopus*, och fjälluggla, *Bubo scandiacus* (Artdatabanken).

Förändrad vegetation och krympande utbredningsområde

Ett varmare klimat kan innebära att vegetationen i fjällen förändras. Hedenås *et al.* (2011) har uppmätt en ökning på 19 % i den redan existerande fjällbjörkskogens biomassa sedan 1997 i subarktiska Sverige. De fann även att två vegetationstyper hade ökat signifikant, ”björkskogshed med mossa” och ”äng med låga örter”, medan snöbäddsvegetationen hade minskat. Även annan forskning visar en generell ökning av biomassan för träd och buskar i subarktiska och arktiska miljöer (Kullman 2001, Sturm *et al.* 2001, Tape *et al*. 2006, Danby & Hik 2007, Hallinger *et al*. 2010). Moen *et al.* (2004) har förutspått att trädgränsen kommer att flytta sig mellan 233 och 667 meter uppåt inom 100 år, beroende på vilket klimatscenario och vilken del av bergkedjan som används i modellen. En sådan förändring skulle i teorin innebära att arean av de trädlösa hedarna

minskar med 75-85 %, vilket skulle påverka hela fjällekosystemet (Moen *et al.* 2004). Fjällräven, som lever i den trädlösa delen av landet, skulle naturligtvis inte gynnas av det scenariot.

Ett varmare klimat och en ökad växtlighet kan leda till en ökad primärproduktion i fjälltundran (Angerbjörn *et al.* 2007). Så även om lämmeln minskar i antal, kan den ökade primärproduktionen leda till att andra bytesdjur ökar eller invaderar fjällen från söder. Detta skulle kunna gynna fjällräven, men det skulle även öka konkurrensen från rödräven. Förändringar i klimatet i arktiska miljöer skulle även kunna förändra parasitsammansättningen och gynna parasiter som tidigare inte kunnat leva i dessa miljöer (Kutz *et al.* 2009).

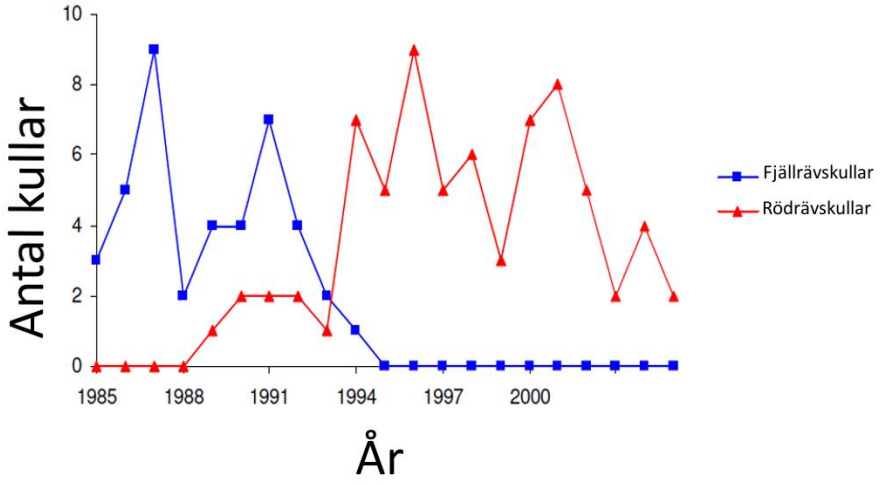
Det är svårt att förutspå konsekvenserna av klimatförändringar. Artutbredningsmodeller (SDM) används ofta för att se hur en arts utbredningsområde kommer att påverkas av ett förändrat klimat. Dessa modeller saknar dock effekterna av andra faktorer, såsom ökad konkurrens från andra arter, predation och fragmentering (Callaghan *et al.* 2004) Därför kan mer avancerade modeller behöva tas fram.

Hof konstruerade tillsammans med två kollegor (2012) en artutbredningsmodell för att se hur fjällrävens utbredningsområde kommer påverkas av ett varmare klimat. Den förutspådda klimatförändringen baserades på scenario A2 i en modell kallad CGCM2 som är utvecklad av *Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis*. Enligt detta scenario kommer den globala temperaturen att öka med ungefär fyra grader till 2080. Modellen förutspådde att fjällrävens utbredningsområde i Fennoskandia kommer att minska med 56 % till 2080 då biotiska faktorer inkluderades, så som ökat tryck från rovdjur och minskat antal bytesdjur. Fjällämmelns utbredningsområde kommer att minska med 54 % enligt samma modell (Hof *et al.* 2012). Dessa typer av modeller ger givetvis bara en uppskattning av hur framtiden kan se ut. En SDM kan omöjligt innehålla alla faktorer som kan påverka den framtida utbredningen av en art utan att bli oerhört komplex.

Konkurrens från rödräven

En av de främsta orsakerna bakom fjällrävens bristande återhämtning anses vara konkurrensen från rödräv, *Vulpes vulpes* (Hersteinsson & MacDonald 1992, Tannerfeldt *et al.* 2002, Selås & Vik 2007). I takt med att klimatet har blivit varmare, har rödräven ökat sin utbredning norrut och börjat konkurrera om fjällrävens levnadsmiljöer (Tannerfeldt *et al.* 2002). Rödräven och fjällräven är ekologiskt liknande arter som använder samma lyor och föda (Hersteinsson & Macdonald 1982, Frafjord 2000, Elmhagen *et al.* 2002.). Rödräven väger dubbelt så mycket som fjällräven och kan bli upp till 70 % längre (Hersteinsson & Macdonald 1982, Lariviére & Pasitschniak-Arts 1996). Den är därmed fysiskt mer dominant och kan döda fjällräven i konkurrenssituationer. I Fennoskandia har studier visat att rödräven tränger undan fjällräven. Ett exempel på det är att rödrävar ovanför trädlinjen tenderar att välja fjällrävars lyor framför att gräva en egna (Dalerum *et al.* 2002, Tannerfeldt *et al.* 2002). Tannerfeldt och hans kollegor analyserade fjällrävars och rödrävars användande av lyor under nio år i Sverige. De upptäckte bland annat att reproducerande fjällrävar oftare väljer att använda en lya om inga rödrävar håller till i närheten. En annan upptäckt var att då rödrävar och fjällrävar förökar sig i närheten av varandra blir två av tre fjällrävsungar dödade av rödrävar. Konkurrens från rödräven ger störst konsekvenser för fjällräven under år med lite föda (Tannerfeldt *et al.* 2002).

Enligt SEFALOs *(Save the Endangered Fennoscandian Alopex)* data har rödräven haft en tydlig effekt på fjällrävens populationsdynamik (Angerbjörn *et al*. 2007). Då rödrävar först dök upp vid fjällrävens lyor i Finland stannade de endast under vintern. Men efter ett par år började de stanna året runt och reproducera sig i lyorna. Sedan 1990 har rödrävarna blivit allt fler i området, medan fjällrävarna har minskat i antal (figur 3). Huruvida rödräven har varit orsaken till minskningen, eller om den beror på andra omständigheter, har inte undersökts (Angerbjörn *et al*. 2007).



Figur 3. Antal kullar av fjällräv respektive rödräv i Finland mellan år 1985-2005. Modifierad från SEFALOs rapport från 2007.

I Ryssland har zoologerna förhållit sig mer skeptiska till teorin om att rödräven tränger undan fjällräven, eftersom det har varit ovanligt med observationer från interaktioner mellan arterna (Rodnikova *et al.* 2011). Men Rodnikova och hennes kolleger (2011) har gjort en observation som ger underlag för att samma sak sker i Ryssland som i Fennoskandia. Observationen skedde i den arktiska tundran på Jamalhalvön. Under senare år har lokalbefolkningen observerat rödrävar i området, varav vissa har blivit skjutna av jägare att döma av de pälsar som sålts från området. 2007 såg en expeditionsgrupp hur en rödräv tog över en lya där en fjällräv hade minst åtta ungar. Fjällrävshonan befann sig inte i lyan då det hände, men hon dök upp senare medan rödräven fortfarande var kvar. Hon vågade sig inte in i lyan, utan stannade på ett avstånd av 50 meter och började skälla. Ingen av ungarna, varken död eller levande, kunde hittas då lyan återbesöktes några dagar senare. Detta är den enda, eller möjligen en av väldigt få, observationer där rödräv och fjällräv möts i Ryssland och det är därför svårt att dra några större slutsatser, men det är troligt att interaktionerna mellan de två arterna där liknar de som har observerats i Fennoskandia.

Även i Nordamerika finns de båda arterna, men där tycks de samexistera i vissa områden. År 2012 utredde Gallant tillsammans med sina kollegier hur stort antalet fjällrävar respektive rödrävar har varit under de senaste fyra decennierna i norra Yukon, Nordamerika. Studien visade att få förändringar i populationsstorlekarna hade skett, trots en signifikant ökning av temperaturen och en ökning av primärproduktionen i detta område (Gallant *et al.* 2012). Enligt

Hardins uteslutningsprincip (1960) vid konkurrenssituationer (*the competitive exclusion principle)* kan arter som lever i samma habitat och har liknande levnadsvillkor inte samexistera. Men då det gäller rödräv och fjällräv tycks samexistens vara möjlig i miljöer som är stränga eller har låg produktivitet, eftersom det ger fjällräven en fördel (Gallant *et al.* 2012). Fjällräven är nämligen bättre anpassad till karga miljöer och låga temperaturer (Prestrud 1991) medan rödräven behöver mer föda för att upprätthålla kroppstemperaturen och större territorium för att kunna tillgodose födobehovet (Gallant *et al.* 2012).

Oavsett om det som Gallant *et al.* påstår om att samexistens mellan arterna är möjlig stämmer eller ej, gäller det inte i hela Nordamerika. En observation i Alaska tyder på att rödräven och fjällräven inte samexisterar där. En rödräv jagade ikapp och dödade en fjällräv i Prudhoe Bay, vilket fångades på film av en oljearbetare (Pamperin *et al.* 2006). Fjällräven kämpade emot genom att sparka och bita, men var inte tillräckligt stark. I slutet av filmen ses rödräven börja tugga på den döda kroppen. Kvällen efter observerades en rödräv gå omkring med ett par fjällrävsben utstickandes ur munnen. Oljearbetarna berättade att de har gjort liknande observationer tidigare, då de har sett rödrävar jaga fjällrävar (Pamperin *et al.* 2006). Anledningen till att Gallant *et al.* inte uppmätte några skillnader i populationsstorlekarna mellan åren kan också bero på att fjällrävarna i Nordamerika har en livskraftig population och ett stort utbredningsområde, vilket inte gör dem lika känsliga för konkurrens som fjällrävarna i Fennoskandia.

Rödräven utgör inte bara ett hot som konkurrent, utan kan även smitta fjällräven med rävskabb och parasiter. Enligt Anders Angerbjörn (muntligen) finns det just nu en misstänkt fjällräv i Sverige som eventuellt har skabb, vilket den i så fall har fått från rödräv. Parasitologiska studier under 2008 och 2010 visade spår av totalt 14 olika endoparasiter i avföringen hos den svenska fjällräven (Meijer *et al.* 2011). Meijer och hans kollegor som utförde undersökningen anser att antalet parasiter är högt i förhållande till den lilla populationen, vilket kan bero på att fjällrävarna smittas vid kontakt med rödräven under till exempel slagsmål. Flera av parasiterna som hittades är vanliga hos rödrävar. En annan parasit som förekommer hos rödräv är dvärgbandmasken, *Echinococcus,* men den har än så länge inte upptäckts hos fjällräven i Sverige (Anders Angerbjörn, muntligen). Däremot finns fjällrävar smittade med dvärgbandmask på andra platser, bland annat på Svalbard (Knapp *et al.* 2012).

Bevarandeinsatser och framtidsutsikter

Lagstiftning

Fjällräven är skyddad enligt EU:s art- och habitatdirektiv (artskyddsförordning bilaga 1). Den är en prioriterad art och har ett sådant unionsintresse att särskilda bevarandeområden behöver utses. Fjällräven är även märkt med N, vilket betyder att den kräver ett noggrant skydd. Flera åtgärder har vidtagits för att skydda arten i enlighet med EU. Enligt Naturvårdsverkets senaste åtgärdsprogram (2008-2012) ska minst 15 rödrävar skjutas årligen i varje prioriterat område och vinterutfordring ges. För att minska störning ska dispens enligt artskyddsförordningen sökas för fotografering av fjällräv. Av samma anledning har småviltjakt kring lyor med valpar avlysts.

Bevarandeprojekt
Under senare år har forskning såväl som bevarandeprojekt utförts för att rädda fjällräven. År 1985 startade det *Svenska Fjällrävsprojektet* som leds av professor Anders Angerbjörn på Stockholms Universitet. I projektet bedrivs forskning om fjällräven, dess överlevnad, demografi och genetik samt dess interaktioner med andra arter. Fjällrävsprojektet ingår i EU- projektet Felles fjellrev och har tidigare även bedrivit projektet SEFALO (zoologi.su.se/research/alopex/).

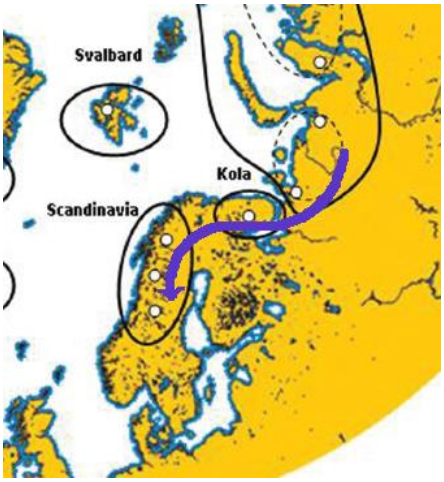
SEFALO var ett EU-Life-finansierat bevarandeprojekt för fjällräv som Sverige startade 1998 tillsammans med Finland. År 2003 startades ett nytt projekt, SEFALO+, där även Norge var med. SEFALO+ förmedlade fakta om fjällräven och agerade för bevarandet av arten. Totalt deltog 17 myndigheter, forskningsinstitutioner, organisationer och företag i projektet. SEFALO+:s mål var bland annat att stoppa minskningen av fjällrävsstammen, öka artens möjligheter till återhämtning, identifiera områden som behöver skyddas och öka allmänhetens förståelse för de hot som finns mot fjällräven. Sedan projektet startade har antalet kullar fördubblats. Detta beror till stor del på den vinterutfordring och bekämpning av rödräv som skett under projektet. Stödutfordring har haft visad positiv effekt på antalet kullar och antalet valpar som överlever (Angerbjörn *et al.* 2007). En viss del av ökningen har även berott på att antalet lämlar har ökat (Angerbjörn *et al.* 2008). Senast 2011 var det ett lämmelår (DN), vilket efterföljdes av att 58 fjällrävskullar föddes i Sverige (Lejfelt- Sahlén 2011). SEFALO+ avslutades i juni 2008. Idag är det Naturvårdsverket och länsstyrelsernas ansvar att bedriva åtgärder (zoologi.su.se/research/alopex/).

Felles fjellrev är ett norskt-svenskt bevarandeprojekt för fjällräven som tar vid där SEFALO+ avslutades. De utför stödåtgärder, informationsinsatser och viss forskning. Projektet är finansierat fram till slutet av 2013 (fellesfjellrev.se).

Hur isolerad är fjällrävspopulationen i Fennoskandia?
Att fjällrävspopulationen är så liten innebär ett hot i sig (Angerbjörn *et al.* 2008). Sannolikheten för att hitta en icke-besläktad partner minskar om en population är liten och fragmenterad, vilket gör det svårt att återgå till en livskraftig populationsstorlek. Detta kan beskrivas som en Allee-effekt, efter Warder Clyde Allee (1931). Genetiska analyser visar att den fennoskandiska fjällrävspopulationen har mindre genetisk variation i söder än i norr, vilket beror på fragmentering. Innan fjällrävsstammen jagades till minimumnivåer och fragmenterades kunde fjällrävar vandra mellan de olika bestånden och på så vis jämna ut lokala effekter av goda och dåliga lämmelår, samtidigt som inavel förhindrades. Det är troligt att fjällräven inte har lyckats återhämta sig eftersom sammanlänkningen mellan bestånden har kollapsat (Linnell *et al.* 1999, Loison *et al.* 2001).

Fjällräven kan vandra långa sträckor och har en hög grad av migration, vilket styrks av flera studier (till exempel Eberhardt & Hansson 1978). Utbredningsmöjligheten är kopplad till huruvida det finns havsis som gör det möjligt att migrera mellan populationer (Norén *et al.* 2011). Norén visade tillsammans med sina kollegier att inte bara fjällrävspopulationer på öar omgivna av öppet vatten är isolerade, utan även populationen i Skandinavien, trots att individer skulle kunna vandra in från Ryssland (figur 4). Författarna tror att isoleringen beror på att den skandinaviska populationen har genomgått en flaskhals som den ännu inte har återhämtat sig från. Att populationen är så liten begränsar förmodligen utbytet med populationen i Sibirien.

Dock visar andra studier, genomförda av Dalén *et al.* (2002), att ett visst genetiskt utbyte har skett mellan den fennoskandiska och den sibiriska populationen, även efter den fennoskandiska populationens kraftiga försvagning. Studien visar att den genetiska skillnaden mellan populationerna är liten (Dalén *et al.* 2002). Utplacering och förflyttning av fjällräv är i de flesta fall inte tillåtet idag, men det skulle kunna bli aktuellt i framtiden. Om dispens ges enligt artskyddsförordningen får fjällrävar flyttas mellan isolerade populationer i Sverige och fjällrävar från den ryska populationen placeras ut (Naturvårdsverket 2008).



Figur 4. Då havet vid Kolahalvön fryser till is finns möjligheten för fjällrävar att vandra mellan Ryssland och Skandinavien. Detta sker dock inte, åtminstone inte i större omfattning. Varför det inte sker är oklart, men det kan bero på att den skandinaviska populationen är för liten.
Bilden är manipulerad från Norén *et al.* (2011).

Diskussion

Om fjällräven ska överleva ett varmare klimat i Sverige i framtiden står den inför stora utmaningar. Förra interglaciala perioden gick hårt åt mot fjällräven. Då var det 5 ºC varmare än det är nu (Dalén *et al* 2005). Det dröjer inte länge innan medeltemperaturen på jorden uppnår de nivåerna igen, enligt de förutsägelser som bland annat IPPC har gjort. Skillnaden är att uppvärmningen sker mycket snabbare nu, vilket kommer att göra det ännu svårare för jordens arter att hinna anpassa sig. Ett varmare klimat kan orsaka flera förändringar på fjällvärldens vegetation och artsammansättning (Kullman 2001, Sturm *et al.* 2001, Tape *et al*. 2006, Danby & Hik 2007, Hallinger *et al.* 2010, Hedenås *et al*. 2011). Då trädgränsen flyttar uppåt och fjällmarkerna bli allt mer igenväxta, kommer fjällräven att få det svårare att klara sig eftersom den är anpassad till ett öppet tundralandskap. Den skulle tvingas vandra allt längre norrut och till högre altituder. Den svenska fjällrävspopulationen lever redan på den nordligaste punkten av landet och kan därför inte undkomma förändringarna. Även fjällämmeln skulle påverkas negativt av dessa förändringar (Kausrud *et al.* 2008, Hof *et al.* 2012), vilket i sin tur även drabbar fjällräven eftersom lämmeln är fjällrävens huvudsakliga föda. Dessutom är en varmare fjällvärld mer gästvänlig för rödräven och de parasiter den för med sig. Eftersom rödräven är fysiskt mer dominant, väljer fjällräven oftare att undvika rödräven i stället för konfrontation (Hersteinsson & Macdonald 1982, Lariviére & Pasitschniak-Arts 1996, Pamperin *et al.* 2006, Rodnika *et al.* 2011). Resultatet blir att fjällrävens utbredningsområde krymper. Även andra arter som lever i

fjällen och som livnär sig på smågnagare kommer att drabbas. Det finns en risk att artsammansättningen i de svenska fjällen kommer att se helt annorlunda ut inom en inte avlägsen framtid.

Fjällrävarna som lever på de arktiska öarna är inte lika utsatta av klimatförändringar. Tack vare den höga latituden dröjer det länge innan dessa regioner nås av rödräven. Då isarna krymper minskar möjligheterna för vandring från kontinenterna, vilket förhindrar rödrävens framfart. Dock skulle detta även hindra fjällräven själv att vandra. Det är visat att havsisarna är avgörande för fjällrävens distribution och fungerar som en länk mellan olika populationer (Norén *et al.* 2011). Om havsisarna försvagas eller försvinner kommer fler fjällrävsbestånd att bli isolerade, vilket innebär en utsatthet både på grund av risken för inavel och för att det inte går att fly från oväntade händelser.

Fjällräven har i princip försvunnit från Finland (WWF) och riskerar att gå samma öde till mötes i Norge och Sverige. Hoppet är dock inte förlorat. De senare årens bevarandeinsatser i kombination med ett bra lämmelår 2011 (DN) tycks ha gett en liten ökning i populationen. Fjällrävens utbredning är i dagsläget mycket mindre än vad den potentiellt sett skulle kunna vara. Med utökade bevarandeinsatser kan fjällräven ha en chans att öka i antal och om vissa individer flyttas mellan bestånden kan det genetiska utbytet öka. Om fjällräven minskar ännu mer i antal eller uppvisar tecken på inavel, kan import från den ryska fjällrävsstammen vara en lösning (Dalén *et al.* 2002). I och med att det fortfarande är oklart hur genetiskt annorlunda fjällräven i Skandinavien är jämfört med andra populationer, är det dock säkrast att endast införa andra individer som nödlösning. Detta är ett dilemma inom bevarandebiologin. Införandet av individer från andra populationer av en art kan mycket väl rädda en utsatt population, men det kan också orsaka förluster av lokala anpassningar.

Lyckas den fennoskandiska fjällräven uppnå en livskraftig populationsstorlek ökar dess chanser att klara de förändringar som den globala uppvärmningen kan innebära. Om populationen blir större kommer effekterna av fragmentering försvinna och eventuellt kan utbytet med den sibiriska populationen bli möjlig. Det förutsätter dock att havsvattnet vid Kolahalvön även i fortsättningen kommer frysa till is, så att det är möjligt att vandra mellan landmassorna (figur 4). I dagsläget finns förutsättningarna för migration över Kolahalvön under vintern, men trots det sker det inte. Varför vandrar inte fler fjällrävar från Ryssland över till Skandinavien? Finns det någon möjlighet att underlätta en sådan migration, som bevarandeåtgärd? Fler studier behövs för att svara på dessa frågor.

Trots att fjällräven är livskraftig på global nivå, vore det en förlust för den svenska faunan och för mänsklig rekreation om den om den försvann från Fennoskandia. Det är därför viktigt att Sverige, Norge och Finland tar sitt ansvar för att bevara arten. Den fennoskandiska populationen är isolerad och kan därför bära på unika genetiska anpassningar. Fjällräven hör till en unik miljö för Sverige och som topprovdjur är den en indikator på hur välmående ekosystemet i fjällen är.

Klimatet på jorden har alltid förändrats och ekosystemen likaså. Då vissa arter har dött ut, har andra tillkommit. Men de senaste århundradena har människan expanderat i antal och blivit allt effektivare i utnyttjandet av naturresurser. I samma takt har utdöendehastigheten ökat kraftigt på

grund av jakt, utfiskning, utsläpp av miljögifter, skogsavverkning och annan exploatering. Förlusten av en enda art kan verka försumbar, men ibland kan det leda till dominoliknande effekter. Dessutom är förlusten av en art ofta ett tecken på att ett helt ekosystem är förändrat. Klimatförändringarna kan innebära konsekvenser inte bara för den svenska fjällräven, utan för hela den fjällmiljö vi har idag. Utan mänsklig hjälp kommer fjällräven troligen aldrig att återhämta sig, att döma från populationens bristande tillväxt de senaste decennierna och de förväntade effekterna av klimatförändringar.

Historien om fjällräven bör vara ett varningsexempel, både nu och i framtiden. Den långa fridlysningens bristande verkan visar hur skör en art kan vara. Om en art decimeras till gränsen till utrotning kan det bli svårt för den att återhämta sig, trots fridlysning och bevarandeinsatser. Hotade arter måste därför uppmärksammas och skyddas innan det är för sent.

Tack

Stort tack till min handledare Anders Ödeen som har väglett mig under arbetets gång och till mina medstudenter Johanna Bergman, David Brobäck och Hampus Petrén som har hjälpt mig att förbättra min uppsats.

Referenser

Allee WC. 1931. Animal Aggregations: A Study in General Sociology. University of Chicago Press, Chicago.

Angerbjörn A, Tannerfeldt M, Bjärvall A, Ericson M, From J, Norén E. 1995. Dynamics of the arctic fox population in Sweden. Annales Zoologici Fennici **32**: 55-67

Angerbjörn A, Tannerfeldt M, Lundberg H. 2001. Geographical and temporal patterns of lemming population dynamics in Fennoscandia. Ecography **24**: 298-308

Angerbjörn A, Norén K, Meijer T, Henttonen H, Mela M, Eide NE, Landa A, Hellström P. 2007. The conservation of Fennoscandian arctic foxes: the effects of supplemental feeding and red fox hunting. Report from the SEFALO+ project LIFE03 NAT/S/000073.

Angerbjörn A, Henttonen H, Eide NE, Landa A, Norén K, Meijer T. 2008. Saving the Endangered Fennoscandian *Alopex lagopus.* SEFALO+ final report.

Callaghan T, Björn L, Chernov Y, Chapin T, Christensen T, Huntley B, Ims R, Johansson M, Jolly D, Jonasson S. 2004. Biodiversity, distributions and adaptations of arctic species in the context of environmental change. Ambio **33**: 404–417.

Dalén L, Götherström A, Tannerfeldt M, Angerbjörn A. 2002. Is the endangered Fennoscandian arctic fox (Alopex lagopus) population genetically isolated? Biological Conservation **105**: 171–178

Dalén L, Fuglei E, Hesteinsson P, Kapel CMO, Roth JD, Samelius G, Tannerfeldt M, Angerbjörn A. 2005. Population history and genetic structure of a circumpolar species: the arctic fox. Biological Journey of the Linnean Society **84**: 79-89

Dalerum F, Tannerfeldt M, Elmhagen B, Becker D, Angerbjörn A. 2002. Distribution, morphology and use of arctic fox Alopex lagopus dens in Sweden. Wildlife biology **8**: 187-220.

Danby RK, Hik DS. 2007. Variability, contingency and rapid change in recent subarctic alpine tree line dynamics. Journal of Ecology **95**: 352–363

Eberhardt L, Hansson WC. 1978. Long distance movements of arctic foxes tagged in northern Alaska. Canadian Field Naturalist **92**: 386–389

Elmhagen B, Tannerfeldt M, Angerbjörn A. 2002. Food-niche overlap between arctic and red foxes. Canadian Journal of Zoology **80**:1274–1285

Frafjord K. 2000. Do arctic and red foxes compete for food? Zeitschrift für Säugetierkunde **65**:350–359

Framstad E, Stenseth NC, Bjørnstad ON, Falck W. 1997. Limit cycles in Norwegian lemmings: tensions between phase-dependence and densitydependence. Proceedings of the Royal Society (B) **264**: 31–38

Gallant D, Slough BG, Reid DG, Berteaux D. 2012. Arctic fox versus red fox in the warming Arctic: four decades of den surveys in north Yukon. Polar biology **35**:1421–1431

Haglund B, Nilsson E. 1977. Fjällräven -en hotad djurart. Slutrapport från Världsnaturfondens projekt 1/1971, WWF Sweden.

Hallinger M, Manthey M, Wilmking M. 2010. Establishing a missing link: warm summers and winter snow cover promote shrub expansion into alpine tundra in Scandinavia. New Phytologist **186**: 890–899

Hanski I, Henttonen H, Korpimäki E, Oksanen L, Turchin P. 2001. Small-rodent dynamics and predation. Ecology **82**: 1505-1520

Hardin G. 1960. The competitive exclusion principle. Science **131**:1292–1297

Hedenås H, Olsson H, Jonasson C, Bergstedt J, Dahlberg U, Callaghan TV. 2011. Changes in Tree Growth, Biomass and Vegetation Over a 13 Year Period in the Swedish Sub-Arctic. Ambio **40**: 676-682

Hersteinsson P, Macdonald DW. 1982. Some comparisons between red and arctic foxes, V. vulpes and A. lagopus, as revealed by radio tracking. Symposia of the Zoological Society of London **49**:259–289

Hersteinsson P, Angerbjörn A, Frafjord K, Kaikusalo A. 1989. The arctic fox in Fennoscandia and Iceland: management problems. Biological Conservation **49**: 67-81.

Hersteinsson P, Macdonald DW. 1992. Interspecific competition and the geographical distribution of red and arctic foxes V. vulpes and A. lagopus. Oikos **64**:505–515

Hof AR, Jansson R, Nilsson C. 2012. How biotic interactions may alter future predictions of species distributions: future threats to the persistence of the arctic fox in Fennoscandia. Diversity and Distributions **18**: 554-562

Huntley B, Collingham Y, Willis S, Green R. 2008. Potential impacts of climatic change on European breeding birds. PLOS One **3:** e1439. doi:10.1371/journal.pone.0001439

Hörnfeldt B. 2004. Long-term decline in numbers of cyclic voles in boreal Sweden: analysis and presentation of hypotheses. Oikos **107**: 376–392

Ims RA, Fuglei E. 2005. Trophic interaction cycles in tundra ecosystems and the impact of climate change. Bioscience **55**: 311–322

Kausrud KL, Mysterud A, Steen H, Vik JO, Østbye E, Cazelles B, Framstad E, Eikeset AM, Mysterud I, Solhøy T, Stenseth NC. 2008. Linking climate change to lemming cycles. Nature **456**: 93-97.

Klemola T, Pettersen T, Stenseth NC. 2003. Trophic interactions in population cycles of voles and lemmings: A model-based synthesis. Advances in ecological research **33**: 75-160.

Knapp J, Staebler S, Bart JM, Stien A, Yoccoz NG, Drögemüller C, Gottsteing B, Deplazes P. 2012. Echinococcus multilocularis in Svalbard, Norway: Microsatellite genotyping to investigate the origin of a highly focal contamination. Infection, Genetics and Evolution **12**: 1270-1274

Kullman L. 2001. 20th Century Climate warming and tree-limit rise in the southern Scandes of Sweden. Ambio **30**: 72-80

Kullman L. 2008. Thermophilic tree species reinvade subalpine Sweden - early responses to anomalous late holocene climate warming. Arctic, Antarctic, and Alpine Research **40**:104-110

Kutz SJ, Jenkins EJ, Veitch AM, Ducroq J, Polley L, Elkin B, Lair S. 2009. The Arctic as a model for anticipating, preventing, and mitigating climate change impacts on host-paraite interactions. Veterinary parasitology **163**: 217–228.

Lariviére S, Pasitschniak-Arts M .1996. V. vulpes. Mammal Species No 537

Lejfelt- Sahlén A. 2011. Lämmelår igen – äntligen! Flora & Fauna **106**(3): 32–35

Lemke P, Ren J, Alley RB, Allison I, Carrasco J, Flato G, Fujii Y, Kaser G, Mote P, Thomas RH, Zhang T. 2007. Observations: Changes in Snow, Ice and Frozen Ground. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Lindström ER, Hörnfeldt B. 1994.Vole cycles, snow depth, and fox predation. Oikos **70**, 156–160 (1994).

Linnell JDC, Strand O , Loison A, Solberg EJ, Jordhøy P. 1999. Har fjellreven en framtid i Norge? Statusrapport og forslag til forvaltningsplan. NINA Oppdragsmelding **575**: 1-37.

Linnell JDC, Strand O. 2001. Do arctic foxes *Alopex lagopus* depend on kills made by large predators? Wildlife biology **7**: 69-75.

Loison A, Strand O, Linnell JDC. 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**: 347-359.

Lönnberg E. 1927. Fjällrävsstammen i Sverige 1926. Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens skrifter i naturskyddsärenden **7**: 1-23.

MacLean SF, Fitzgerald BM, Pitelka FA. 1974. Population cycles in Arctic lemmings: winter reproduction and predation by weasels. Arctic and Alpine Research **6**: 1–12

McRae L, Zöckler C, Gill M, Loh J, Latham J, Harrison N, Martin J, Collen B. 2010. Arctic Species Trend Index 2010: Tracking Trends in Arctic Wildlife. CAFF CBMP Report No. 20, CAFF International Secretariat, Akureyri, Iceland.

Meijer T, Mattsson R, Angerbjörn A, Osterman-Lind E, Fernández- Aguilar X, Gavier- Widén D. 2011. Endoparasites in the endangered Fennoscandian population of arctic foxes (*Vulpes lagopus*). European Journal of Wildlife Research **57**: 923-927

Moen J, Aune K, Edenius L, Angerbjörn A. 2004. Potential Effects of Climate Change on Treeline Position in the Swedish Mountains. Ecology and Society **9** (1): 16

Naturvårdsverket 2008. Åtgärdsprogram för fjällräv 2008–2012. Rapport 5927

Nordic Council of Ministers. 2009. Signs of climate change in Nordic nature. TemaNord. 2009. 551.

Norén K, Dalén L, Kvaløy K, Angerbjörn A. 2005. Detection of farm fox and hybrid genotypes among wild arctic foxes in Scandinavia. Conservation Genetics **6**: 885-894

Norén K, Carmichael L, Dalén L, Hersteinsson P, Samelius G, Fuglei E, Kapel CMO, Menyushina I, Strobeck C, Angerbjörn A. 2011. Arctic fox Vulpes lagopus population structure: circumpolar patterns and processes. Oikos **120**: 873–885

Pamperin NJ, Follman EH, Petersen B. 2006. Interspecific Killing of an Arctic Fox by a Red Fox at Prudhoe Bay, Alaska. Arctic **59**: 361-364

Parmesan C, Ryrholm N, Stefanescu C, Hill JK, Thomas CD, Descimon H, Huntley B, Kaila L, Kullberg J, Tammaru T, Tennent WJ, Thomas JA, Warren M.1999. Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. Nature **399**: 579–583

Prestrud P. 1991. Adaptations by the Arctic fox (A. lagopus) to the polar winter. Arctic **44**:132–138

Rodnikova A, Ims RA, Sokolov A, Skogstad G, Sokolov V, Shtro V, Fuglei E. 2011. Red fox takeover of arctic fox breeding den: an observation from Yamal Peninsula, Russia. Polar Biology **34**:1609–1614

Selås V, Vik J. 2007 The arctic fox Alopex lagopus in Fennoscandia: a victim of human-induced changes in interspecific competition and predation? Biodiversity and Conservation **16**: 3575–3583.

Shirley MDF, Elmhagen B, Lurz PWW, Rushton SP, Angerbjörn A. 2009. Modelling the spatial population dynamics of arctic foxes: the effects of red foxes and microtine cycles Canadian Journal of Zoology **87**: 1170–1183

Stenseth NC, Ims RA. (eds) 1993. The Biology of Lemmings. Academic.

Stenseth NC. 1995. The long-term study of voles, mice and lemmings: homage to Robert Collett. Trends in Ecology & Evolution **10**: 512.

Sturm M, Racine C, Tape K .2001. Increasing shrub abundance in the Arctic. Nature **411**:546–547

Tannerfeldt M. 1997. Population fluctuations and life history consequences in the artic fox. PhD thesis.

Tannerfeldt M, Elmhagen B, Angerbjörn A. 2002. Exclusion by interference competition? The relationship between red and arctic foxes. Oecologia **132**: 213-220.

Tape K, Sturm M, Racine C. 2006. The evidence for shrub expansion in Northern Alaska and the Pan-Arctic. Global Change Biology **12**: 686–702.

Trenberth KE, Jones PD, Ambenje P, Bojariu R, Easterling D, Klein Tank A, Parker D, Rahimzadeh F, Renwick JA, Rusticucci M, Soden B, Zhai P. 2007. Observations: Surface and Atmospheric Climate Change. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M and Miller HL (eds.)]. Cambridge University Press.

Walther G, Post E, Convey P, Menzel A, Parmesan C, Beebee T, Fromentin J, Hoegh-Guldberg, Bairlein F. 2002. Ecological responses to recent climate change. Nature **416**: 389–395.

Internetsidor

Artdatabankens rödlista
http://www.artfakta.se [Hämtad 2013-04-12]

Dagens nyheter 2011-04-27, Lämmelår i fjällen. WWW-dokument:
http://www.dn.se/nyheter/sverige/lammelar-i-fjallen [Hämtad 2013-04-28]

Felles fjellrev
www.fellesfjellrev.se [Hämtad 2013-04-15]

Nationalencyklopedin
http://www.ne.se/fjällräv [Hämtad 2013-04-11]

Svenska fjällrävsprojektet, SEFALO
www.zoologi.su.se/research/alopex/ [Hämtad 2013-04-15]

Världsnaturfonden
http://www.wwf.se/vrt-arbete/arter/1125731-fjllrv [Hämtad 2013-04-15]

Lagtext

Artskyddsförordning (2007: 845) bilaga 1