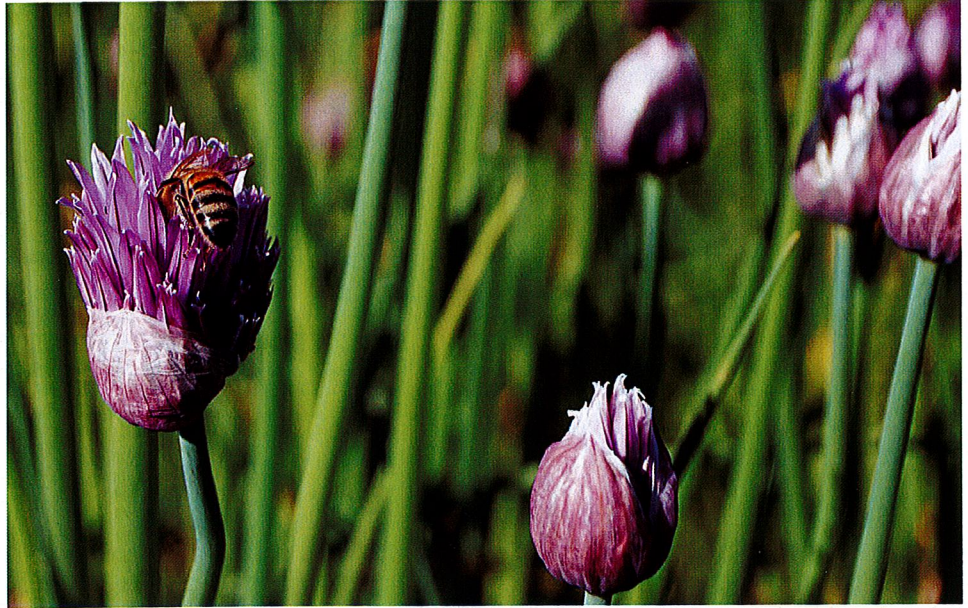


TEMPERATURENS INVERKAN PÅ VINTERFÖRLUSTER HOS SVENSKA HONUNGSBIN



Gabriela Carvalho Nejstgaard

**Degree of Bachelor of Science
with a major in Earth Sciences
15 hec**

**Department of Earth Sciences
University of Gothenburg
2019 B-1056**

Faculty of Science



UNIVERSITY OF GOTHENBURG

TEMPERATURENS INVERKAN PÅ VINTERFÖRLUSTER HOS SVENSKA HONUNGSBIN

Gabriela Carvalho Nejstgaard

ISSN 1400-3821

B1056
Bachelor of Science thesis
Göteborg 2019

Mailing address
Geovetarcentrum
S 405 30 Göteborg

Address
Geovetarcentrum
Guldhedsgatan 5A

Telephone
031-786 19 56

Geovetarcentrum
Göteborg University
S-405 30 Göteborg
SWEDEN

Sammanfattning

Insekter, som honungsbiet, besitter en fundamental roll i pollinering av både vilda växter och jordbruket och således spelar de en stor roll i människans matförsörjning. Minskande antal honungsbin samt andra pollinatörer har observerats i olika delar av världen och det är av yttersta vikt att förstå vad som bidrar till denna minskning. I denna studie har data över vinterförluster i svenska bisamhällen använts för att undersöka dess relation med temperatur. Datan täcker en genomsnittlig vinterförlust för hela Sverige från 1920–2018 samt på mer detaljerad nivå 1997–2018. Korrelationsanalyser mellan årlig vinterförlust och månadsmedeltemperatur har utförts och en funktion har skapats för att modellera vinterförlust baserat på temperatur. I Götaland och Svealand har kallare temperaturer i oktober, januari och februari ett signifikant samband med högre vinterförluster och för Norrland gäller samma samband endast för februari. Modellen överskattar vinterförlusterna innan 1997 vilket troligtvis är till följd av en invasiv kvalsterart, *Varroa destructor*, som kom till Sverige under 90-talet. Baserad på angripna samhällen blir modellen känsligare för temperatur än vad den hade varit om den var baserad på icke angripna bisamhällen. I takt med klimatets förändringar har även relationen mellan vinterförlust och månadsmedeltemperatur förändrats.

Nyckelord: vinterförlust, honungsbi, *Apis mellifera*, temperatur, klimat, modell

Abstract

Insects, such as the honey bee, play a fundamental part in pollination of both wild plants and in agriculture and thereby a large part in the food supply for mankind. Declining numbers have been observed for both honey bees and other pollinators in different parts of the world and it is of utmost importance to understand what affects these declines. In this study, winter loss data from Swedish bee colonies has been used to investigate the relationship between loss and temperature. The data covers an average winter loss for all of Sweden from 1920–2018 and on a more detailed level from 1997–2018. Correlation analyses between annual winter loss and monthly mean temperatures have been executed and a function has been created to model winter loss based on temperature. In Götaland and Svealand, colder temperatures in October, January and February have a significant connection to higher winter loss and in Norrland the same connection applies only for February. The model overestimates the winter loss before 1997 which probably is due to the invasive mite, *Varroa destructor*, that came to Sweden during the 90s. Based on infected colonies the model becomes more sensitive to temperatures than it had been based on non-infested bee colonies. As climate changes so has the relationship between winter loss and the monthly mean temperature.

Keywords: winter loss, honeybee, *Apis mellifera*, temperature, climate, model

Innehållsförteckning

1	Introduktion.....	1
1.1	Syfte	2
1.2	Bakgrund.....	2
2	Metod och material	4
2.1	Data vinterförluster	4
2.2	Temperaturdata	4
2.3	Dataanalys.....	5
3	Resultat.....	6
3.1	Vinterförlust	6
3.2	Korrelation vinterförlust och månadsmedeltemperatur	7
3.2.1	Korrelation 25 distrikt.....	7
3.2.2	Korrelation 3 landsdelar.....	9
3.3	Regressionsanalys	11
3.4	Modellerad förlust.....	11
3.5	Rullande korrelation.....	14
3.6	Vinterförlust och vintertemperatur.....	14
4	Diskussion	15
4.1	Jämförelse med andra studier.....	15
4.2	Tolkning av modell- samt korrelationsresultat	16
4.3	Studiens begränsningar och möjliga förbättringar	17
5	Slutsats	18
6	Tack.....	19
I	Referenser	20
II	Bilaga 1	22
III	Bilaga 2	23

1 | Introduktion

En tredjedel av världens växtproduktion är beroende av pollinatörer för att bära frukt och en majoritet av den produktion som inte är beroende av pollinatörer får både större skördemängder samt högre kvalitet på skörden om pollinatörer hjälper till (Borgström, Ahrné, & Johansson, 2018). Basmatvaror som spannmål och rotfrukter är till största del vindpollinerade eller självpollinerande men de grödor som innehåller en majoritet av de vitaminer, fetter och mineraler som människan behöver är beroende, eller gynnas av, pollinerande djur och insekter. Utan pollinatörer skulle världen lida en enorm brist på mat och även näringsbrist med relaterade sjukdomar skulle bli allt vanligare (Eilers, Kremen, Smith Greenleaf, Garber, & Klein, 2011; Smith, Singh, Mozaffarian, & Myers, 2015). I Sverige består majoriteten av jordbruket av spannmål som inte är beroende av pollinatörer då det är vindpollinerat men behovet av pollinatörer finns fortfarande. Ett fältförsök i Skåne visade att raps, en gröda som är självpollinerande, fick 10% högre skördar när honungsbin fanns på plats och kunde hjälpa till med pollineringen (Borgström et al., 2018).

Studier visar på tydligt minskande trender hos både vilda och odlade pollinatörer i flera delar av världen (Potts et al., 2010); (Goulson, Nicholls, Botias, & Rotheray, 2015). Honungsbiet, *Apis mellifera*, är den vanligaste odlade pollinatören i Sverige, och även globalt (Borgström et al., 2018; Potts et al., 2010). I USA har antalet odlade samhällen av honungsbin minskat med 59% mellan 1947 och 2008 (van Engelsdorp, Hayes, Underwood, & Pettis, 2008) och i hela Europa minskade antalet samhällen signifikant med 16% från 1985 till 2005. Förlusten i centrala Europa var under samma tidsperiod ännu högre, 25% (Potts et al., 2015). Trots minskande antal bisamhällen i både USA och Europa har det totala antalet samhällen ökat i världen med ungefär 45% sedan 1961. Denna ökning av bisamhällen är dock för långsam för att kunna hålla takt med den över 300% globala ökningen av pollinatörsberoende grödor inom jordbruket (Aizen & Harder, 2009). Orsakerna till minskningen av honungsbisamhällen och även andra vilda pollinatörer i USA och Europa är flera samverkande faktorer: sjukdomar och parasiter, besprutning av jordbruket, ändrad livsmiljö och förlust av habitat samt effekter av klimatförändringar (Goulson et al., 2015; Potts et al., 2010).

Ett mätbart sätt att uppskatta hälsan hos honungsbin är genom att räkna vinterförluster. Definitionen av vinterförluster är det antal samhällen som har dött under perioden för övervintring. Det betyder att de förlorade samhällen som räknas som vinterförluster år X är skillnaden mellan de samhällen som invintrade på hösten år X-1 och de samhällen som överlevt till våren år X (Pedersen et al., 2009; van der Zee et al., 2015b). Att en del av bisamhällena förloras under vintern är normalt och hur stor andel som anses vara normalt skiljer sig mellan olika länder och kan ändras genom tiden. I en rapport av Pedersen et al. (2009) rapporterades att normala förluster i Sverige anses ligga mellan 5–10% men i USA är förluster mellan 10–20% betraktade som normala. När antalet vinterförluster av bisamhällen har ökat genom åren har även anseendet om vad som betraktas som normala förluster skiftat åt det högre (van Engelsdorp et al., 2008). Vad som orsakar minskningen av bisamhällen och ökar vinterförluster är som tidigare nämnts en kombination av flera faktorer men som flera studier påvisar är *Varroa destructor*, en invasiv kvalsterart från Asien, en särskilt viktig komponent (Beyer et al., 2018; Pedersen et al., 2009; Potts et al., 2010; Potts et al., 2015; van der Zee et al., 2015a). Trots att vinterförlusterna har ökat efter *V. destructors* intåg (van Engelsdorp et al.,

2008) betonar Goulson et al. (2015) att det är viktigt att inte enbart tillskriva en enda faktor enskilt eller störst ansvar för förlusterna utan det är tydligt att det är flera interagerande faktorer som orsakar förluster. Bland biodlare i USA listas vädret som en av de fem viktigaste faktorerna, *V. destructor* inkluderad, som påverkar antalet vinterförluster (van Engelsdorp et al., 2008). Det är därför viktigt att förstå vilken påverkan vädret, och klimatet, har haft på honungsbin historiskt sett och även har idag samt hur de kommer påverkas i framtiden när klimatet är i fortsatt förändring. Det är även viktigt att förstå vilken påverkan vädret och klimatet har i kombination med de andra faktorer som bidrar till att minska antalet honungsbisamhällen. Honungsbin, bland andra pollinatörer, är essentiella för att säkra livsmedelsproduktionen men även för att försäkra fortsatt existens av andra vilda växtarter (Borgström et al., 2018).

1.1 | Syfte

Syftet med denna studie är att undersöka sambandet mellan vinterförluster i svenska bisamhällen och väder, med specifikt fokus på lufttemperatur. Studien undersöker under vilka månader som ett samband kan påvisas mellan lufttemperatur och årliga vinterförluster samt vilken riktning de möjliga sambanden har. Utöver att undersöka sambandet ska även en funktion skapas för att modellera vinterförluster efter lufttemperatur och modellens förmåga att förutse förluster ska utvärderas.

1.2 | Bakgrund

Honungsbinas beteende är i stor grad relaterat till temperaturen och när de tar sin första flygtur på våren, någon gång mellan februari och april i Sverige beroende på plats, ligger temperaturen på ungefär 10°C i skuggan. Då flyger de ut och samlar både vatten och pollen så ofta vädret tillåter (Kankare, 2016). När det är varmare än 12–14°C i luften och det inte regnar är bina aktiva men skulle vädret vara ogynnsamt begränsas deras aktivitet och möjlighet att samla föda (Vicens & Bosch, 2000). När enskilda bin utsätts för en temperatur lägre än 10°C hamnar de i koma som de kan överleva om de värms upp till rumstemperatur innan för många timmar har passerat (Findsen, Pedersen, Petersen, Nielsen, & Overgaard, 2014), utsätts de däremot för temperaturer under -2–-6°C dör de inom en timma. I grupp kan dock honungsbin klara sig länge trots väldigt låga temperaturer (Southwick & Heldmaier, 1987). Honungsbin går inte i dvala under vintern utan de formar kluster inuti bikuporna som kallas vinterklot. Ytan av dessa vinterklot håller en temperatur på 8–10°C och inuti klustret upprätthåller de en temperatur mellan 25–35°C så att de kan överleva under långa perioder när temperaturerna faller under 0°C. I mitten där ynglen och bidrottningen befinner sig är det som varmast och vid ytan av klotet befinner sig de äldre individerna som både föredrar lägre temperaturer och som har högre värmereglerande förmåga än de yngre individerna. Ju kallare temperaturer utanför bikupan desto tätare vinterklot skapar bina (Kankare, 2016; Southwick & Heldmaier, 1987) och desto mer föda går det åt för att bina ska kunna hålla optimal temperatur i kupan (van Engelsdorp et al., 2008). Större och starkare samhällen, där bina är vid god hälsa, har en bättre förmåga att hålla uppe temperaturen under vintern och skulle samhället vara för litet eller för svagt behöver åtgärder antas för att de ska överleva vintern. Till exempel kan mindre samhällen slås samman

eller så kan bikuporna flyttas in någonstans där temperaturerna inte blir lika låga (Kankare, 2016; Southwick & Heldmaier, 1987).

Resultatet från flera studier som undersöker relationen mellan vinterförluster och vädret visar skilda resultat för de månader som antingen korrelerar negativt eller positivt med vinterförlust och lyfter upp att påverkan av temperaturen både kan vara direkt och indirekt. I Switanek, Crailsheim, Truhetz, och Brodschneider (2017), som även har nederbörd som en prediktor i deras analys och modellering av vinterförluster, konstateras det att enligt deras studie så resulterar varmare och torrare månader i de flesta fall i högre vinterförluster i Österrike. För november och februari är det motsatta och lägre temperaturer resulterar i högre antal förluster. Generellt sett ser de också att samhällen som är placerade i kallare och blötare regioner, eller högre belägna, har färre förluster än regioner som är varmare och torrare. Beyer et al. (2018) har i sin studie, utförd i Luxemburg, liknande resultat som Switanek et al. (2017) då de ser att temperaturerna i januari, mars, maj och december har en positiv korrelation till vinterförluster. Men studierna skiljer sig även åt då Beyer et al. (2018) istället ser en positiv korrelation för februari och i juli föregående år ser de en starkt negativ korrelation när den i Switanek et al. (2017) var nästintill noll. Att juli har en negativ korrelation med vinterförlusterna visar även van der Zee, Gray, Pisa, och de Rijk (2015c) i sin studie utförd i Nederländerna. Detta eftersom kallare och blötare väder innebär sämre förutsättningar för att flyga ut och söka föda och det kan således resultera i mindre reserver av honung och pollen och därav öka risken för svält. En varmare och torrare höst som förlänger växtsäsongen kan kompensera för sommarens brist på föda och bina skulle kunna bygga upp ett tillräckligt starkt samhälle för att klara vintern (van der Zee et al., 2015c). I en studie utförd i Pennsylvania, USA konstaterar van Engelsdorp et al. (2008) att de regioner som generellt har ett kallare klimat också uppvisar högre förluster vilket, förutom den direkta påverkan av temperaturen på bina, kan bero på den större åtgången av föda under kallare förhållanden på vintern. Även Medrzycki et al. (2015) visar på en negativ korrelation mellan temperatur och vinterförlust då de i ett experiment såg att yngel som föds upp under suboptimala temperaturer hade ett signifikant kortare livsspann.

Som konstaterats i ovanstående studier kan temperaturen ha både direkt och indirekt påverkan på binas hälsa och beteende, och även samverka med fler faktorer än vädret har stor inverkan. Förutom att dåligt väder hindrar bina från att flyga ut och söka föda (van der Zee et al., 2015c) kan det, även på dagar med bra flygväder för bina, vara brist på föda, låg diversitet eller låg kvalitet på födan. Enformiga dieter, som det ofta kan vara idag när jordbruket består av stora fält av enskilda grödor, kan ha negativ påverkan på binas förmåga att stå emot sjukdomar och parasiter samt påverka deras livslängd. Jordbruket, som ändå är en stor födoresurs för bina, är oftast besprutad och pesticiderna kan vara högst skadliga och till och med dödliga för bina. Extremväder som torra, stormar och översvämningar kan även direkt påverka bina men också genom att påverka grödor och vilda växters överlevnad således begränsa binas tillgång till föda. (Goulson et al., 2015). Vad gäller parasiter och sjukdomar är varroakvalstret en av de mest uppmärksammade skadedjuren idag och kom till Europa någon gång under 70-talet (Potts et al., 2015). I Sverige upptäcktes den för första gången på Gotland 1987 men den lär ha funnits några år innan fast inte i så stor utsträckning och första gången den upptäcktes på fastlandet var 1991 (Jordbruksverket, 2018).

2 | Metod och material

Databehandling och analys för studien utfördes i Microsoft Office Excel och MATLAB.

2.1 | Data vinterförluster

Intresseorganisationen Sveriges Biodlares Riksförbund (SBR) har sedan 1920 fört statistik över antal vinterförluster i svenska bisamhällen. Som tidigare nämnt innebär det de antal bisamhällen som inte överlever under vintern. Datan från enskilda biodlare är aggregerad på 25 distrikt så att ingen personlig information finns tillgänglig. De 25 distrikten är uppdelade enligt Sveriges 21 län där Västra Götalands län respektive Kalmar län vidare är uppdelade i Göteborg och Bohus, Sjuhärad, Skaraborg, Älvsborg Norra respektive Kalmar Norra och Kalmar Södra. Statistik över biodlingen finns sedan 1920 årsvis redovisad i SBR:s tidskrift, Bitidningen, och finns sedan 1997 även i digitalt format. På grund av arbetets tidsbegränsning sammanställdes endast den digitalt tillgängliga datan från 1997 till 2018 enligt de 25 distrikten. För den perioden fanns bland annat data över antalet samhällen som invintrades, antalet samhällen som förlorats under vintern och således även den procentuella förlusten där den senare användes i kommande analyser. Vinterförluster för hela Sverige finns sammanställt från 1920 till 2018 och den datan fanns endast tillgänglig som procentuella förluster. Datan tillhandahölls av bihälsokonsulenten Preben Kristiansen, Jordbruksverket.

Vilken tidpunkt som invintringen och binas första flygning på våren sker i landet är olika eftersom klimatet skiljer sig från de sydligaste till de nordligaste biodlingarna. Förlusterna kan således räknas tidigare i de sydligare odlingarna och i de nordligare kan förluster räknas fram till och med april. Undersökningen skickas in i november varje år och vad som räknas som vinterförluster är baserat på biodlarnas egen bedömning enligt P. Kristiansen (personlig kommunikation, 8 april 2019). Förutom att undersöka förlusterna på distriktsnivå har distrikten även lagts samman till landsdelar.

1. Götaland innehåller: Blekinge, Gotland, Göteborg & Bohus, Halland, Jönköping, Kalmar Norra, Kalmar Södra, Kronoberg, Skåne, Skaraborg, Älvsborg Norra, Sjuhärad och Östergötland.
2. Svealand innehåller: Dalarna, Stockholm, Södermanland, Uppsala, Värmland, Västmanland och Örebro.
3. Norrland innehåller: Gävleborg, Jämtland, Norrbotten, Västerbotten och Västernorrland.

2.2 | Temperaturdata

Månatliga medelvärden för lufttemperatur laddades ner från SMHI:s öppna databas (SMHI, 2019c) från totalt 52 stationer för att skapa en temperaturserie från 1919 till och med 2018 i alla enskilda distrikt. Temperaturen i ett fåtal distrikt representeras av en station som täcker hela tidsperioden och i resterande distrikt kombinerades upp till tre stationer för att täcka hela tidsperioden. Information om stationerna finns i Bilaga 1. Temperaturserier för vardera landsdel; Götaland, Svealand och Norrland; samt för hela Sverige skapades även genom att räkna ut ett medelvärde från distriktens temperaturserier.

Eftersom förlusterna kan räknas fram till och med april har månaderna som kan påverka vinterförlusterna räknats från och med maj föregående år till och med april det år förlusterna räknas. Detta innebär att de månader som i analysen påverkar vinterförluster år X är maj till december år X-1 samt januari till april år X. Grupperingar av månadstemperaturerna som är längre än 12 månader har också gjorts i vissa analyser.

2.3 | Dataanalys

För att undersöka sambandet mellan vinterförlust och månadsmedeltemperatur genomfördes Pearsons korrelationsanalys. De 12 månader (maj–april) som föregår räkningen av vinterförluster förlängdes med ytterligare 4 månader (januari–april föregående år) för att undersöka en möjligt större omfattning av temperaturpåverkan. Således korrelerades vinterförlusten i alla enskilda 25 distrikt mot månadsmedeltemperaturen för de 16 föregående månaderna (januari–april). Korrelationsanalysen genomfördes även för förlusten i de tre landsdelarna mot de 16 föregående månaderna. Statistisk signifikans mättes på en 5%-nivå.

För att skapa en funktion som kan modellera vinterförlusten i bisamhällena användes en stegvis regressionsanalys. Månadsmedeltemperaturen för de 12 föregående månaderna behandlades som oberoende prediktorer för vinterförlusten och regressionsanalysen utfördes för de tre landsdelarna. Urvalet av prediktorer som skulle ingå i modellerna baserades även på korrelationskoefficienten och signifikansen från föregående korrelationsanalys. När parametrarna identifierats modellerades sedan förlusten för Götaland, Svealand och Norrland från och med år 1920 till och med 2018. Ett medelvärde för de modellerade resultaten (uttryckta i procent förluster) från de tre landsdelarna beräknades sedan för att få fram modellerad förlust i hela Sverige. Eftersom det faktiska antalet bisamhällen som invintras och förloras inte syns i modellen och skiljer sig åt mellan de olika landsdelarna (se Figur 1) skapades ett viktat medelvärde istället för ett aritmetiskt medelvärde för att ta hänsyn till dessa skillnader. Utöver regressionsanalyserna för de tre landsdelarna gjordes även två analyser för hela Sverige. Återigen var månadsmedeltemperaturen, nu genomsnittlig för hela Sverige, prediktorn för observerad vinterförlust i hela landet. Regressionsanalysen genomfördes för perioden 1920–1996 samt för 1997–2018.

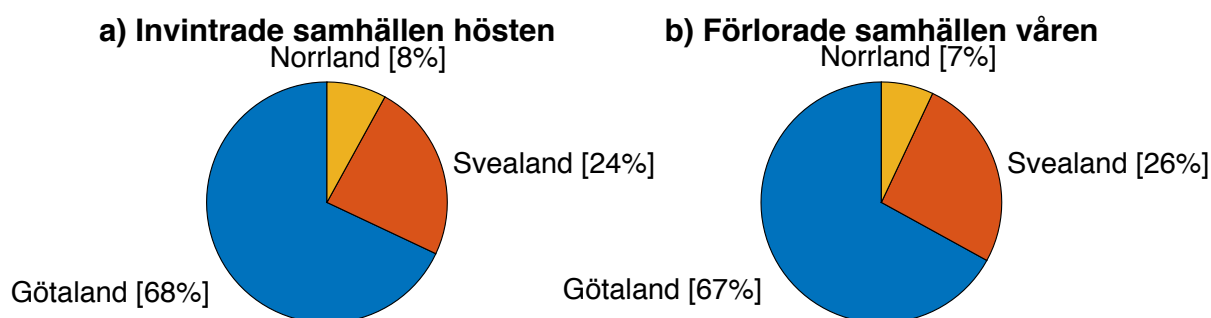
Sambandet mellan den modellerade samt den observerade förlusten i Sverige för hela perioden undersöktes genom en korrelationsanalys och samma analys genomfördes även separat för perioderna 1920–1996 respektive 1997–2018. Osäkerheten för korrelationskoefficienten skattades med ett konfidensintervall för konfidensgraden 95%. Uppdelningen av de två perioderna gjordes för att undersöka skillnad i resultatet mellan den tidsperiod modellen är baserad på samt den föregående perioden. För att tydliggöra en möjlig förändring över tiden i korrelationen mellan månadsmedeltemperatur och vinterförluster skapades även en rullande korrelation över 30 år mellan observerad förlust och medeltemperaturen över hela Sverige.

Sist skapades även ett diagram som visade de procentuella vinterförlusterna och avvikande vintertemperatur i hela landet. Den senare var ett medelvärde för 35 spridda stationer i Sverige och jämförd med normalperioden 1961–1990 (SMHI, 2019a). Detta för att illustrera möjligt samband mellan vintertemperatur och vinterförluster av svenska bisamhällen.

3 | Resultat

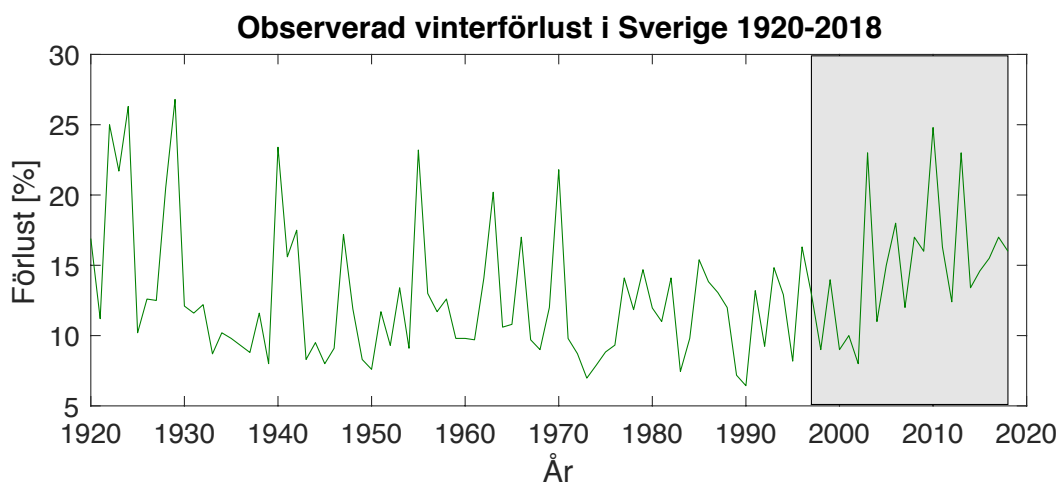
3.1 | Vinterförlust

Fördelningen av bisamhällen skiljer sig åt mellan Sveriges tre landsdelar. Figur 1 visar att det finns flest antal samhällen i Götaland följt av Svealand och sist Norrland. Likadan storleksordning från söder till norr gäller för förlusterna. Under perioden 1997–2018 invintras i genomsnitt 40 228 bisamhällen per år och den genomsnittliga förlusten är 5 843 samhällen för hela Sverige under samma period.



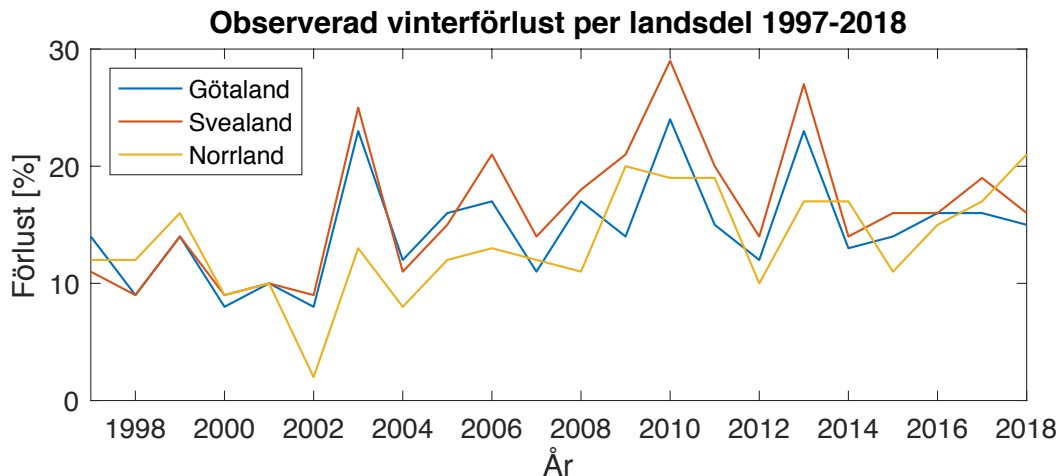
Figur 1: Andelen invintrade (a) respektive förlorade (b) bisamhällen i de tre landsdelarna Götaland, Svealand och Norrland. Procentsatserna är en genomsnittlig fördelning av alla Sveriges registrerade bisamhällen från 1997 till 2018.

De observerade vinterförluster som visas i Figur 2 fluktuerar mellan åren från lägsta värdet, 6%, år 1990 till det högsta värdet, 27%, år 1929. Medelvärdet på förluster över de 99 åren är 13%. Förlusterna fluktuerar högt till lågt genom hela tidsserien men från 1971 och fram till och med 2002 är förlusterna relativt låga, de högsta förlusterna går knappt över medelvärdet för hela perioden.



Figur 2: Observerad vinterförlust för hela Sverige under perioden 1920–2018. Gråmarkerat område är perioden 1997–2018 då data även fanns på distriktsnivå. Syns mer detaljerat i Figur 3. Notera att y-axeln ej börjar på 0.

Under de 22 åren från 1997–2018 är vinterförlusterna fördelade enligt Figur 3 nedan. De procentuella förlusterna är högst i Svealand och lägst i Norrland. Medelförlusten för hela Sverige under tidsperioden är 15%, 2 procentenheter högre än för hela landet 1920–2018. År 2003, 2010 samt 2013 var det höga förluster i Götaland och Svealand. Relativt höga förluster uppmättes i Norrland mellan 2009 och 2011. År 2002 var förlusterna avsevärt lägre i Norrland, endast 1%. Detta då de invintrade samhällena på hösten var nästan tiodubbelt så många som det föregående samt nästkommande året medan antalet förluster inte ökade allt för mycket. Det är således troligt att den nedtecknade förlusten för 2002 inte stämmer.



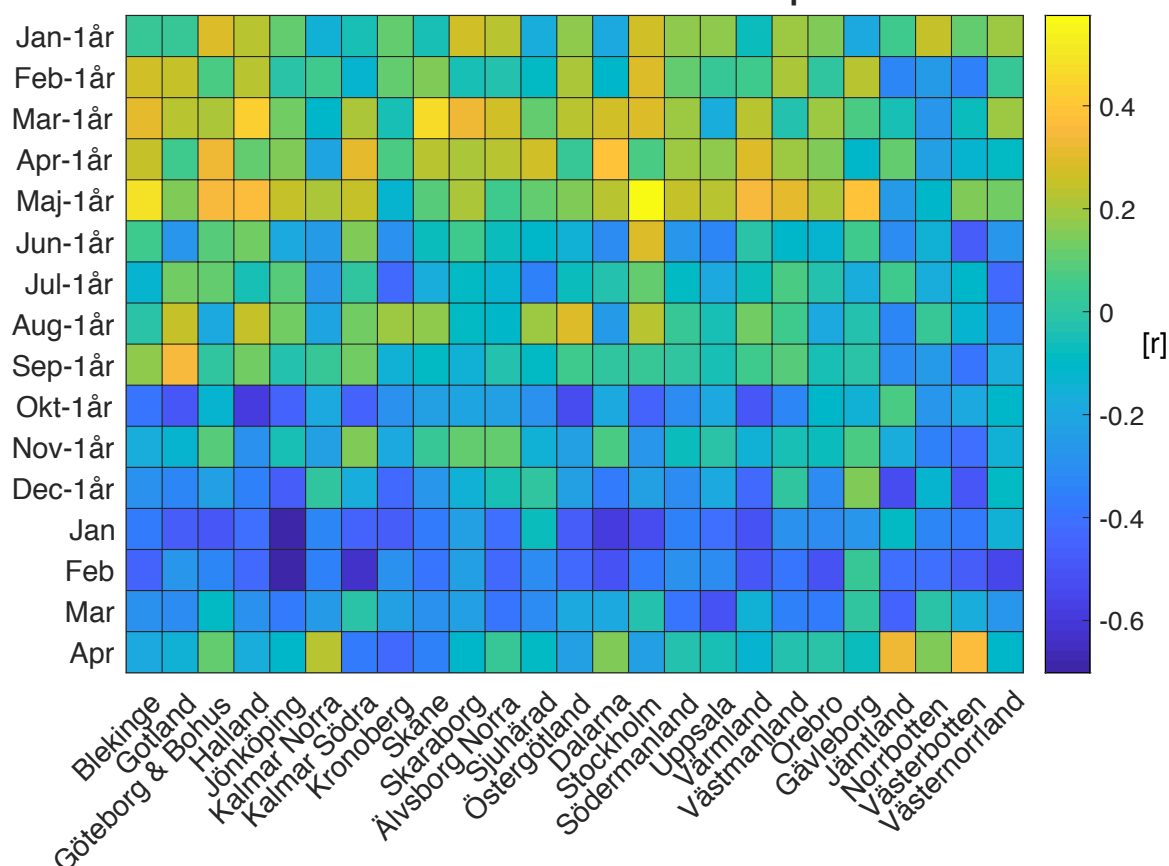
Figur 3: Observerad vinterförlust i landsdelarna Götaland, Svealand respektive Norrland under perioden 1997–2018.

3.2 | Korrelation vinterförlust och månadsmedeltemperatur

3.2.1 | Korrelation 25 distrikt

I Figur 4 samt Figur 5 nedan syns resultatet från Pearsons korrelation för vinterförlust i alla 25 distrikt och månadsmedeltemperaturen från de föregående 16 månaderna. Figur 4 visar generellt en negativ korrelation för oktober–mars precis före den period då förlusterna räknas och positiv korrelation för januari–september från föregående år. Högst negativ korrelation fås för januari och februari i Jönköping, Götaland ($r=0.70$ respektive $r=0.69$, $p<0.05$) och starkast positiv korrelation fås för maj i Stockholm, Svealand ($r=0.58$, $p<0.05$).

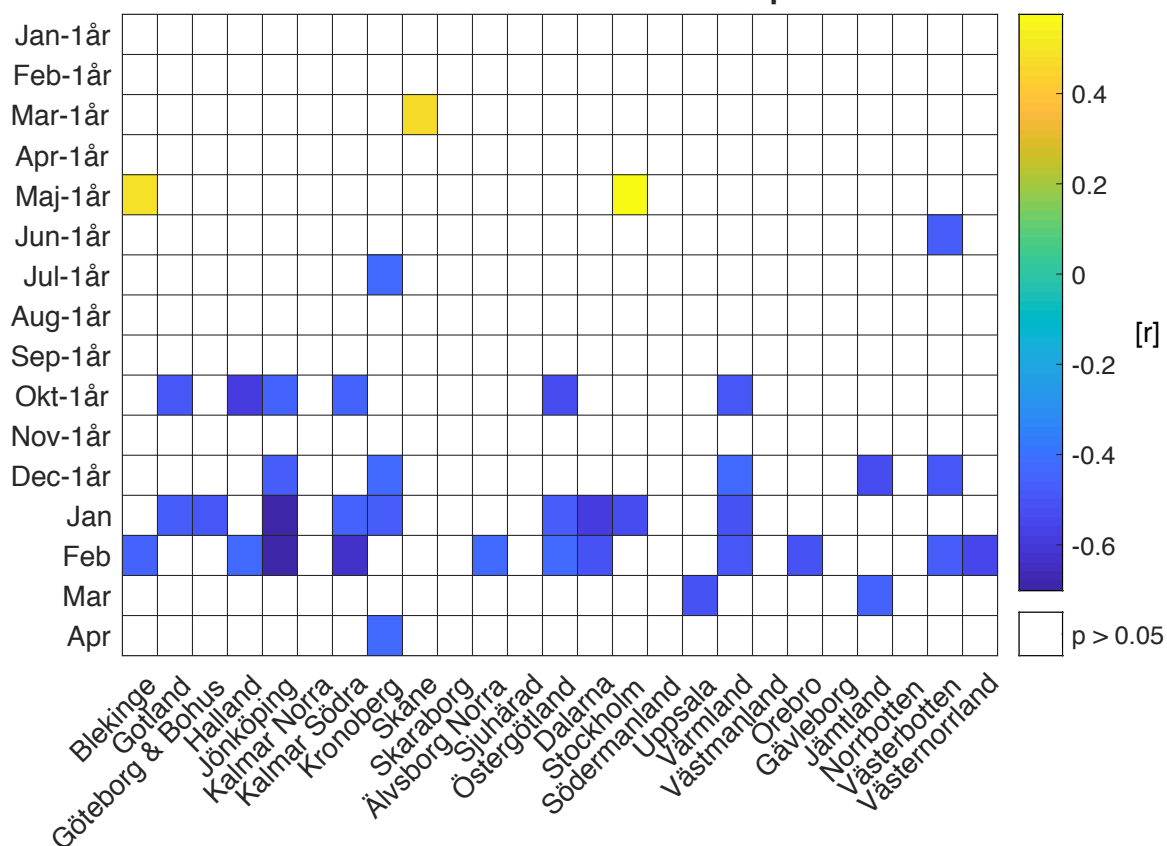
Korrelation vinterförlust och månadsmedeltemperatur 1997-2018



Figur 4: Korrelation mellan vinterförlust och månadsmedeltemperatur för alla 25 distrikt och de 16 föregående månaderna.

De korrelationskoefficienter som är signifikanta på en 5% nivå visas i Figur 5 där flest signifikanta korrelationer för distriktsförlusterna syns i oktober–februari, exklusive november som inte har signifikanta korrelationer för någon av distrikten. Dessa korrelationer är alla negativa. De enstaka positiva korrelationer som är signifikanta är i maj samt mars det föregående året.

Korrelation vinterförlust och månadsmedeltemperatur 1997-2018



Figur 5: Korrelation mellan vinterförlust och månadsmedeltemperatur för alla 25 distrikt och de 16 föregående månaderna. Färgade rutor visar signifikant ($p < 0.05$) korrelation.

3.2.2 | Korrelation 3 landsdelar

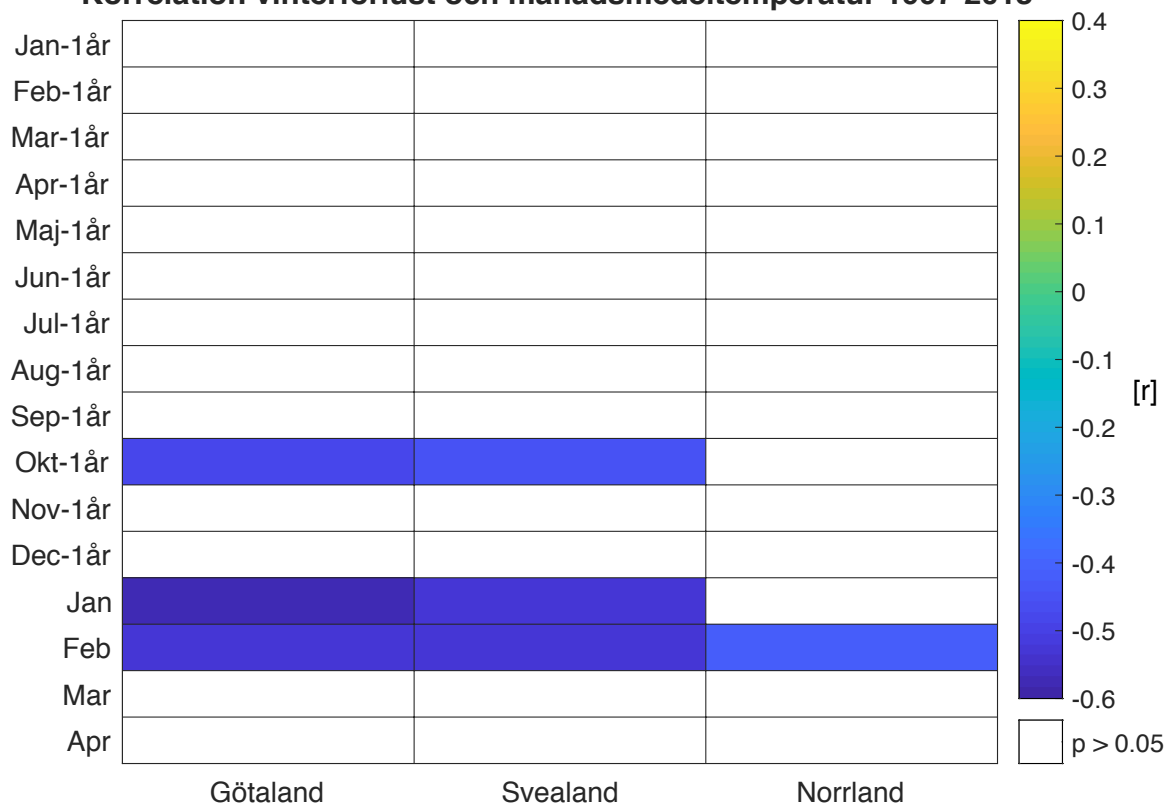
Likt Figur 4 visar Figur 6 en negativ korrelation mellan förluster i de tre landsdelarna och månadsmedeltemperatur för oktober samt december–mars. Positiva korrelationer syns för januari–maj föregående år. I Figur 7 visas de korrelationer som är signifikanta och där är oktober, januari och februari signifikanta i Götaland och Svealand och endast februari i Norrland. Det skiljer sig från Figur 5 där vissa distrikt även visade signifikant korrelation för föregående mars, maj, juni, juli och december samt för mars och april för året då förlusten räknades.

Korrelation vinterförlust och månadsmedeltemperatur 1997-2018



Figur 6: Korrelation mellan vinterförlust och månadsmedeltemperatur för alla 3 landsdelar och de 16 föregående månaderna.

Korrelation vinterförlust och månadsmedeltemperatur 1997-2018



Figur 7: Korrelation mellan vinterförlust och månadsmedeltemperatur för alla 3 landsdelar och de 16 föregående månaderna. Färgade rutor visar signifikant ($p < 0.05$) korrelation.

3.3 | Regressionsanalys

De modeller som skapades med hjälp av en stegvis regressionsanalys samt av resultatet från korrelationsanalysen i Figur 7 syns i Ekvation 1, Ekvation 2 samt Ekvation 3 nedan. VF_X är den modellerade vinterförlusten för respektive landsdel. För Götaland (se Ekvation 1) ingår koefficienterna för maj ($p=0.0367$), oktober ($p=0.1548$) samt januari ($p=0.0189$) i modellen. $r^2=0.51$ för modellen ($p=0.0040$). Till följd av tidsseriens kortare utsträckning är det svårt att uppnå signifikans för enskilda månader och därför inkluderas även oktober som överstiger $p<0.05$.

$$VF_G = 1.44 \times T_{MAJ-1\text{ÅR}} - 0.70 \times T_{OKT-1\text{ÅR}} - 1.00 \times T_{JAN} + 3.31$$

Ekvation 1: Götaland

Modellen för Svealand (se Ekvation 2) inkluderar, likt Götaland, koefficienterna för maj ($p=0.0317$), oktober ($p=0.1562$) samt januari ($p=0.0560$). $r^2=0.49$ för modellen ($p=0.0063$).

$$VF_S = 1.95 \times T_{MAJ-1\text{ÅR}} - 0.92 \times T_{OKT-1\text{ÅR}} - 0.89 \times T_{JAN} - 1.05$$

Ekvation 2: Svealand

För Norrland ser modellen ut enligt Ekvation 3 nedan och inkluderar endast koefficienten för februari ($p=0.0493$) och $r^2=0.18$ ($p=0.0493$).

$$VF_N = -0.56 \times T_{FEB} - 9.12$$

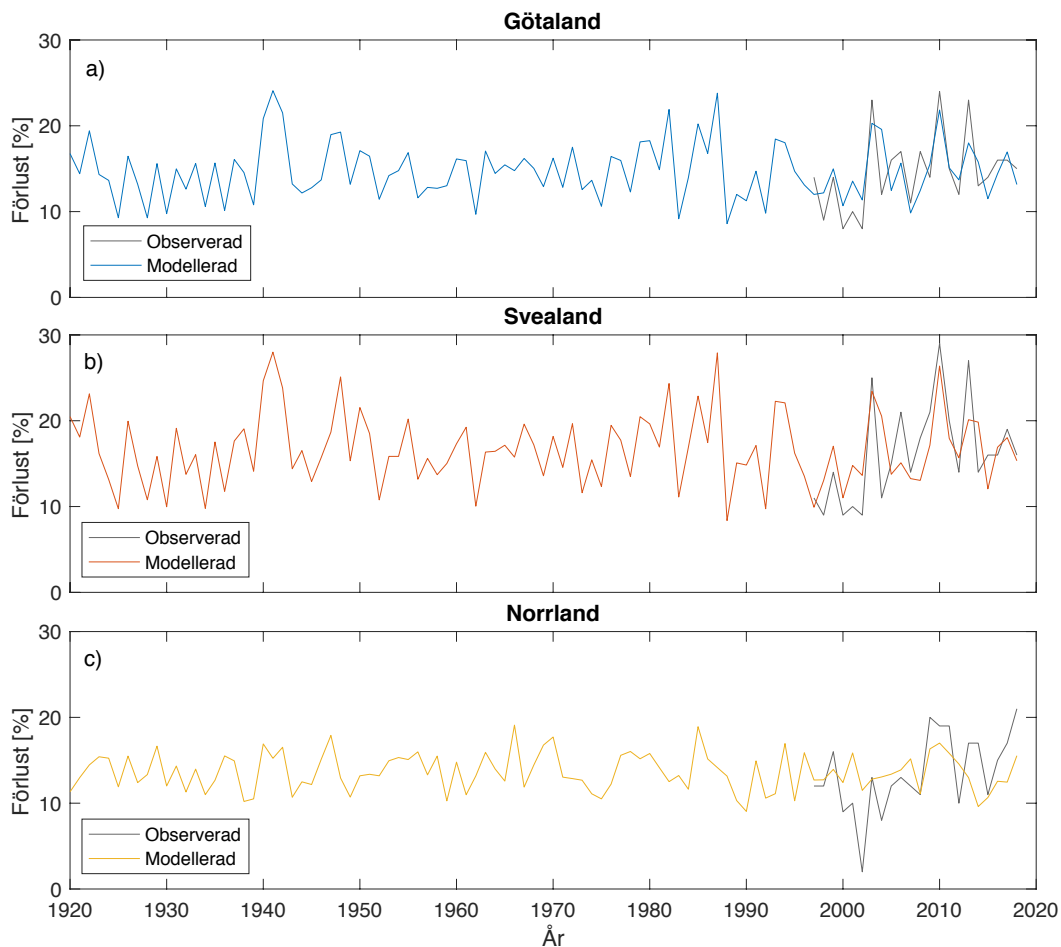
Ekvation 3: Norrland

När observerad förlust och månadsmedeltemperatur för hela Sverige analyserades för perioderna 1920–1996 samt 1997–2018 hade, under den tidigare perioden, fem månader en signifikant korrelation till förlusten medan endast en månad var signifikant för perioden 1997–2018. De fem månader som visade signifikant korrelation för 1920–1996 var: juni, november, december, februari och april. För år 1997–2018 var den signifikanta månaden januari.

3.4 | Modellerad förlust

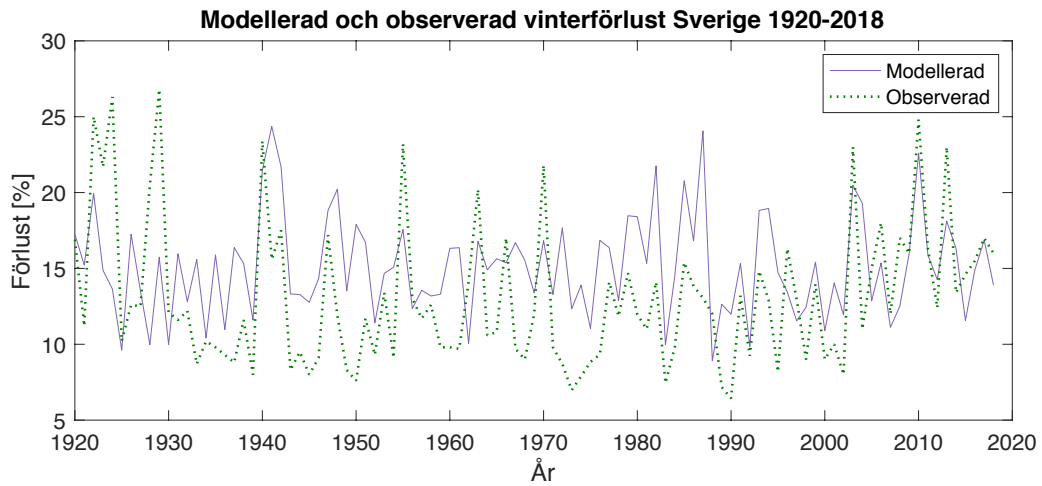
I Figur 8 syns modellerad förlust för de tre olika landsdelarna. Götaland och Svealand följer ett liknande mönster och Norrland avviker mer från de två föregående med lägre fluktuationer. Korrelationskoefficienterna mellan de modellerade och observerade förlusterna för perioden 1997–2018 är för Götaland $r=0.72$ ($p<0.05$), Svealand $r=0.70$ ($p<0.05$) och för Norrland är $r=0.42$ ($p<0.05$).

Modellerad och observerad vinterförlust per landsdel 1920-2018

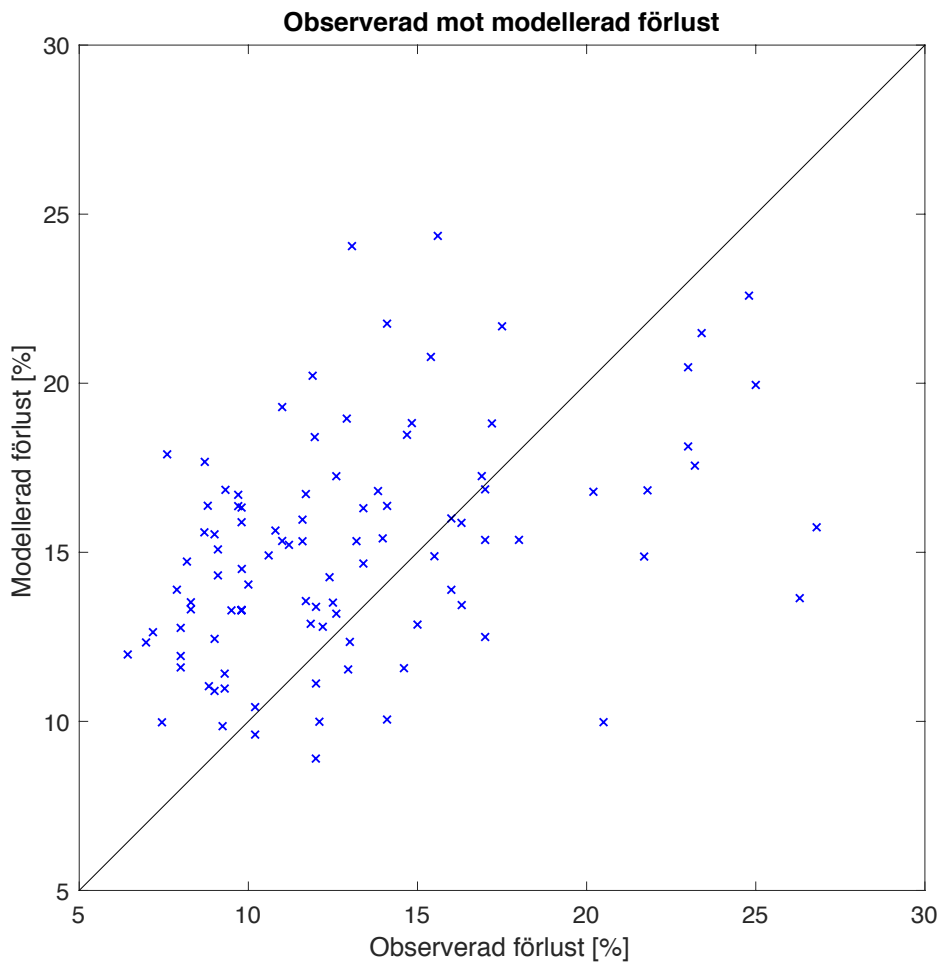


Figur 8: Observerad och modellerad förlust per landsdel där modellerad förlust är baserad på Ekvation 1, Ekvation 2 samt Ekvation 3. Den blå, orangea respektive gula linjen visar modellerade värden, 1920–2018, baserat på de observerade värdena, 1997–2018, som visas i grått.

De modellerade vinterförlusterna för hela Sverige finns i Figur 9 nedan vilken är ett resultat av det viktade medelvärdet av de tre landsdelarna från Figur 8. Den genomsnittliga förlusten för den modellerade perioden är 15% och för den observerade 13%. Korrelationen mellan den observerade och modellerade förlusten för hela perioden, 1920–2018, visar $r=0.41$ ($p<0.05$) men korrelationen är högre 1997–2018 än 1920–1996 då $r=0.71$ ($p<0.05$) respektive $r=0.36$ ($p<0.05$). I Figur 10 som visar den observerade mot den modellerade förlusten syns ett kluster av punkter ovan linjen som indikerar ett linjärt 1:1 samband vilket visar högre värden för den modellerade än för den observerade förlusten under samma år. Detta indikerar att modellen överskattar förlusterna under år då förlusten är lägre vilket också kan ses i Figur 9 för åren 1920–1996.



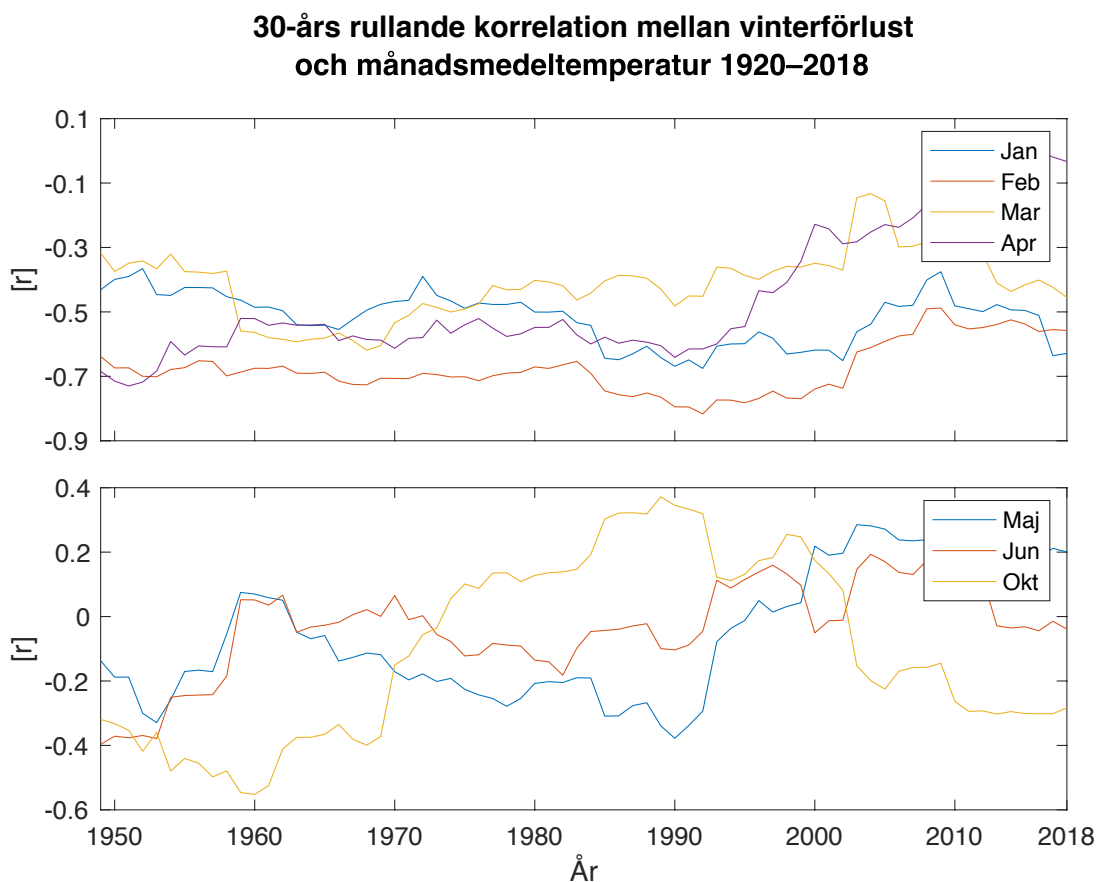
Figur 9: Modellerad (heldragen lila) samt observerad (prickad grön) förlust för Sverige under perioden 1920–2018. Modellerad förlust är ett viktat medelvärde av resultaten från Figur 8. Notera att y-axeln ej börjar på 0.



Figur 10: Spridningsdiagram som visar observerad vinterförlust mot modellerad vinterförlust för 1920–2018.

3.5 | Rullande korrelation

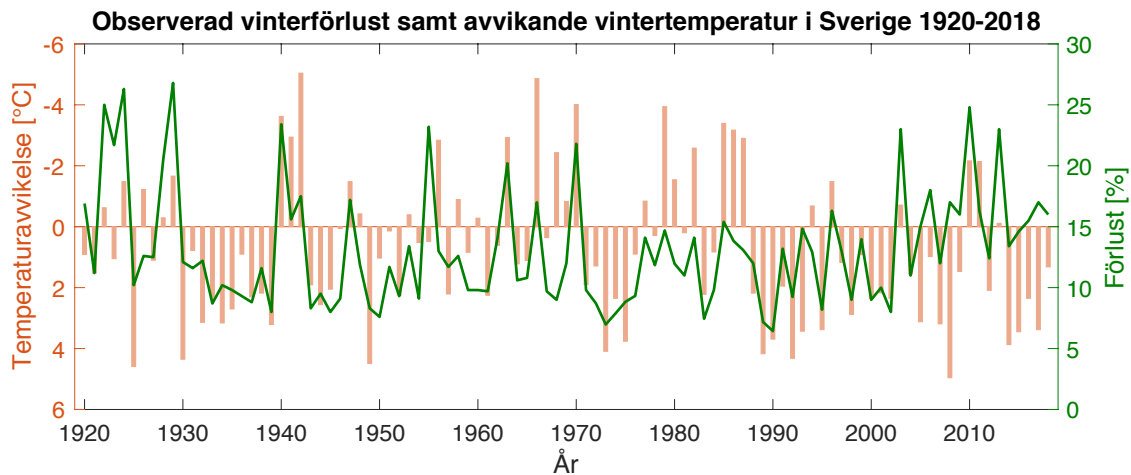
I Figur 11 syns hur korrelationen mellan temperaturen, i januari–juni samt oktober, och förlusterna har ändrats sedan 1920 till 2018 enligt en 30-års rullande korrelation. Korrelationen för januari och speciellt februari i Figur 11a har varit relativt stabila för hela perioden och februari visar hela tiden en starkt negativ korrelation som blir lite svagare de senaste 20 åren. April visar en negativ korrelation som ligger mellan -0.7 och -0.5 under en längre period för att sedan drastiskt bli svagare vid 90-talet och nu ligga runt 0. I Figur 11b pendlar alla tre månader mellan positiv och negativ korrelation men de visar mestadels svaga korrelationer. Oktober har visat lite starkare negativ korrelation ~1950–1970 och positiv korrelation ~1980–2000 för att nu visa på en svag negativ korrelation.



Figur 11: Rullande korrelation mellan månadsmedeltemperatur och vinterförlust för (a) januari, februari, mars och april samt för (b) maj, juni och oktober för hela Sverige. Den första punkten visar den genomsnittliga korrelationen från 1920–1949, den andra punkten 1921–1950 och så vidare.

3.6 | Vinterförlust och vintertemperatur

I Figur 12 syns det hur fluktuationerna i vinterförlusten oftast sammanfaller med avvikelserna i vintertemperatur för normalperioden 1961–1990 då medelvintertemperaturen var -4.7°C . Vintertemperaturer lägre än det normala sammanfaller med högre förluster och det motsatta under de år då vintern var varmare än normalt.



Figur 12: Temperaturavvikelser för vinter (december–februari) från medelvärdet för normalperioden 1961–1990 (ljusröda staplar) samt observerad vinterförlust (grön linje) 1920–2018. Notera att den primära y-axeln är inverterad.

4 | Diskussion

4.1 | Jämförelse med andra studier

Som korrelationsanalyserna visar i Figur 4–Figur 7 är det starka negativa korrelationer mellan vinterförluster och temperaturerna i januari och februari, och i Figur 12 syns det i flera fall tydligt hur kallare vintrar resulterar i högre förluster. Trots mildare vintertemperaturer sedan 90-talet (SMHI, 2019a) har förlusterna varit höga, de genomsnittliga förlusterna under perioden 1997–2018 är till och med lite högre än medelvärdet för hela perioden 1920–2018. Anledningen till den högre andelen förluster på senare tid är troligen till följd av varroakvalstrets intåg i Sverige. De tre topparna av förluster som syns 2003, 2010 och 2013 sammanfaller också med år där vintern var kallare än vanligt. År 2010 då vintern var mycket kallare än vanligt är även det år med högst förluster av de tre men även 2003 och speciellt 2013 då vintern bara var lite kallare än normalt var förlusterna höga. Undersökningar över förlusterna 2003 (Pedersen et al., 2009) visar att de samhällen som hade högst förluster både var infekterade av varroakvalstret och hade för lite mat (mindre än 15 kg socker) när andra samhällen som också var infekterade med varroakvalstret men som hade mer än 15 kg socker hade lägre förluster. Detta visar på att svagare bin som är utsatta för stress på grund av parasiter som varroakvalstret är känsligare för negativ påverkan (Goulson et al., 2015) och när det blir extra kallt tar maten slut fortare och de riskerar att dö. I Switanek et al. (2017) har även de, i likhet till denna studie, sett en negativ korrelation mellan temperaturen i februari samt vinterförluster i Österrike men däremot en positiv korrelation för januari (samt resterande månader förutom november). Angående den negativa korrelationen i februari ser Switanek et al. (2017) en möjlig koppling till köldknäppar som kan påverka de känsliga ynglen men de poängterar även att det inte går att veta när under invintringen förlusten har skett och därför är det riskfyllt att säga att temperaturerna i februari har påverkat förlusten. Beyer et al. (2018) har i sin studie inte sett någon signifikant relation mellan temperaturen i februari och vinterförluster men har likt Switanek et al. (2017) också sett

att varmare väder också orsakar högre förluster för alla signifikanta månader (januari, mars, maj, november–december) förutom juli där en stark negativ korrelation råder.

I studien av van Engelsdorp et al. (2008) ser de, i motsats till Switanek et al. (2017) och Beyer et al. (2018), generellt att de regioner inom Pennsylvania, USA som har lägre medeltemperatur också har högre förluster. Det nämns också i sammanfattningen av artikeln att just vintertemperaturen kan vara viktig för antalet förluster men vidare i artikeln specificerar de dock inte vilka månader det handlar om fastän korrelationen enligt beskrivningen är baserad på månadstemperatur (van Engelsdorp et al., 2008). Trots det kan deras resultat kopplas till denna studie där flertalet månader, varav tre signifikant och två av dem vintermånader, också visar på att kallare temperaturer ger högre förluster.

Att julitemperaturen i Beyer et al. (2018) visar en tydligt signifikant negativ korrelation med vinterförlusten återfinns även i van der Zee et al. (2015c) som trycker på att sommaren är en kritisk period för att hitta föda och bygga upp ett starkt samhälle. Om sommaren är kall och även regnig hindras binas födosökande aktivitet och samhället blir svagare. Några generellt signifikanta negativa korrelationer mellan sommaren och vinterförluster har inte funnits i denna studie men däremot visar enstaka distrikt, Kronoberg och Västerbotten, en signifikant koppling mellan kallare väder och högre förluster i juli respektive juni (se Figur 5). Det tåls även att poängteras att vid regressionsanalysen mellan observerad förlust samt månadsmedeltemperaturen för hela Sverige under perioden 1920–1996 hade juni en signifikant negativ korrelation till vinterförlust som inte syns för den senare perioden. I Figur 11 syns det även att juni runt 50-talet hade en negativ korrelation runt $r=-0.4$ men att den sedan har försvagats och rört sig runt noll.

För att återkoppla till oron Switanek et al. (2017) uttrycker över att förlusten kan ha skett tidigare under invintringen och därför har vädret i januari–februari ingen effekt på förlusterna skriver Beyer et al. (2018) mer om det. De poängterar hur en annan studie, också utförd i Luxemburg, beskriver att majoriteten av förlusterna sker innan slutet av december och därför har de valt att räkna de månader som påverkar förlusterna enligt ett vanligt kalenderår (januari–december) när andra studier i samma område oftast räknar månaderna från mars–februari baserat på när vinterförlusterna räknas. Argumentet att när under invintringen bina dör inte kan vara säkert och att slutsatser om koppling mellan vintertemperaturer och förluster därför är osäkert tåls att ta i aktning. Men samtidigt visar de signifikanta korrelationerna i januari–februari och mönstret i Figur 12 att kallare vintrar påverkar förlusterna, specifikt i de fall då samhällena inte har tillräckligt mycket foder och därför svälter (Pedersen et al., 2009; van Engelsdorp et al., 2008).

4.2 | Tolkning av modell- samt korrelationsresultat

De modellerade förlusterna för hela tidsperioden 1920–2018 har inte särskilt hög korrelation till de observerade värdena men en skillnad på modellens resultat kan ses mellan den period modellen baserades på, 1997–2018, och den tidigare perioden, 1920–1996. Korrelationen är betydligt starkare för den senare perioden än för den tidigare och baserat på Figur 10 kan det tolkas att modellen överskattar förlusterna. Varför en överskattning sker kan bero på att modellen utgår från en period då varroakvalstret är utspritt över Sverige och har en känslighet baserad på varrooangripna samhällen. Starkare samhällen som inte är angripna av

varroakvalstret skulle egentligen kunna överleva kallare vintrar (så länge de har tillräckligt mycket föda) och därför är den observerade förlusten lägre än den modellerade. Att modellen passar bättre från slutet av 90-talet stämmer bra överens med när kvalstret kom till Sverige då första upptäckten på fastlandet gjordes först år 1991. Valet att göra en modell baserad på de år som med säkerhet i stor del skulle vara påverkade av varroakvalstret hade sin anledning i att den var den period då data över förlusterna på mer detaljerad nivå fanns. Eftersom klimatet skiljer sig åt i Sverige och det, på grund av detta, kan skilja två månader på binas första flygtur på våren från norr till söder (Bikalendern, 2019) ansågs en modell baserad på ett genomsnittligt klimat i Sveriges tre landsdelar vara mer pålitlig än en modell baserad på genomsnittliga temperaturer över hela Sverige. Att utföra modellen på en än mer detaljerad nivå, för de 25 distrikten, skulle kunna ge ett tydligare resultat men innebär samtidigt mycket mer arbete.

En annan faktor som kan bidra till att modellen stämmer bättre överens under den senare perioden än tidigare är då klimatet har förändrats. Den genomsnittliga årstemperaturen i Sverige har varje år sedan 1988 varit högre, eller till och med mycket högre, än normalperioden 1961–1990, undantaget 1996 och 2010 som faktiskt var kallare än normalen (SMHI, 2019a). Dessa två kallare år var även vinterförlusterna över genomsnittet på 13%. Detta innebär att den relation vinterförlusterna har till vädret i de olika månaderna idag inte behöver vara densamma som hur det var längre tillbaka i tiden eftersom klimatet har förändrats. Ett sätt att se det är hur korrelationen mellan månadsmedeltemperaturen och förlusterna har förändrats genom åren vilket kan observeras i Figur 11. Den rullande korrelationen visar att innan 1990 var kallare apriltemperaturer signifikant korrelerade till högre förluster i bisamhällena ($p=0.0018$ 1920–1996) men sedan 1990 har den korrelationen blivit allt svagare och nu ligger den runt noll, alltså inget samband. Vårmaånaderna, likt årstemperaturen, har också blivit varmare och har sedan 1990 varit varmare än normalperioden, undantaget ett fåtal år (SMHI, 2019a). Detta kan vara en orsak till att april inte längre har ett starkt signifikant samband med förlusten. En varmare april samt att vegetationsperioden startar tidigare (SMHI, 2019b) kan innebära att bina kommer igång tidigare på året och temperaturen i april påverkar då inte längre vinterförlusterna eftersom bina redan är aktiva och förluster vid denna tidpunkt inte skulle räknas som vinterförluster. De varmare temperaturerna i april skulle även kunna betyda att på de ställen som bina fortfarande är i sin vintervila är riskerna för en köldknäpp lägre.

De allmänt låga förlusterna runt 1970–2000 är också av intresse då det varken tidigare eller senare i datan funnits längre perioder med så låga förluster. En spekulation gällande det kan vara kopplad till användningen av bekämpningsmedel inom jordbruket i Sverige som enligt SLU (2016) ökade fram till 1970. Vid 1970 förbjöds insektsgiftet DDT inom svenskt jordbruk och det dröjde till 1975 innan det helt slutade användas. Minskade mängder bekämpningsmedel i Sverige efter 70-talet skulle möjligen kunna ha en koppling till de lägre förlusterna under en period runt 1970–2000.

4.3 | Studiens begränsningar och möjliga förbättringar

Som konstaterats i flertalet studier är det många faktorer i samspel som påverkar vinterförluster i bisamhällena och den här modellen har endast tagit hänsyn till en parameter, lufttemperaturen. I en utvecklad modell skulle även nederbörd kunna inkluderas som en extra parameter att ta hänsyn till. Klimatet inom de olika distrikten kan även variera och mikroklimatet runt området

vid bikuporna har stor påverkan på binas beteende. Mer exakt anpassad klimatdata kan dock inte användas då information om biodlingarnas geografiska placering inom distrikten ej finns definierad. Som tidigare nämnts varierar även bisamhällets framträdande på våren beroende på ort och därav kan avgränsningen maj-april möjligtvis inte stämma lika bra överens för alla distrikt. En mer specifik avgränsning är dock tidskrävande och även svår att avgöra då tidpunkten för räkning av vinterförluster ej är specificerad per distrikt. Därför anses den avgränsning som gjorts vara godtycklig.

På grund av den tidsrestriktion arbetet omfattats av begränsades sammanställningen av förlustdatan till den data som fanns tillgänglig digitalt men om tidsbegränsningen varit mer generös hade även förlustdatan som fanns i pappersform kunnat sammanställas för att få en längre period att basera modellen på då de nu 22 åren är en relativt kort period. Valet att ha med oktober i modellerna för Götaland samt Svealand, trots ett p-värde över 0.05, gjordes då det är svårt att finna signifikans när tidsserien är så kort. Baserat på korrelationen i Figur 7 fanns en signifikant korrelation mellan temperaturen i oktober och vinterförlusterna och därför inkluderades således även oktober i modellen. För Norrland är endast februari inkluderat i modellen vilket även överensstämmer med korrelationen i Figur 7.

Andra felkällor gällande datan är år 2002 då den procentuella vinterförlusten är ovanligt låg i Gävleborg, Norrland eftersom antalet invintrade bisamhällen det året är nästan tiodubbla det vanliga medan antalet förluster är på normal nivå. Detta misstänks vara ett misstag men då en ändring av datan inte nämnvärt verkade skilja resultatet i korrelationsanalysen från tidigare analyser med det sannolikt felaktiga värdet har värdet inte ersatts eller tagits bort.

5 | Slutsats

I denna studie har relationen mellan väder och vinterförluster i svenska bisamhällen undersökts och syftet var att undersöka lufttemperaturens påverkan specifikt. För Götaland och Svealand finns ett signifikant samband mellan kallare temperaturer i oktober samt januari–februari och ökade vinterförluster. För Norrland fanns endast ett signifikant samband för ökade vinterförluster i februari vid kallare temperaturer. Positiva korrelationer fanns för våren föregående år men det sambandet var ej signifikant. En modell skapades med månatlig lufttemperatur som prediktor för årlig förlust. Modellen överskattade vinterförlusterna för den tid som föregick den period modellen baserades på. Anledningen för överskattning tros vara till följd av kvalstret *Varroa destructor* som kom till Sverige under 90-talet då bisamhällen angripna av varroakvalstret är känsligare för köld än friska samhällen. Därför blir också modellen, baserad på en tid då varroakvalstret finns utbredd i stora delar av Sverige, känsligare och skattar högre förluster under tidigare tidsperiod då samhällena egentligen kunde motstå kölden. För att utveckla en bättre modell kunde även nederbörd ha inkluderats då det också påverkar bina och deras beteende.

Flera andra faktorer diskuteras när det gäller binas hälsa och besprutning av jordbruk är en anledning som kan förkorta ett bis liv. Under en längre period ungefär 1970–2000 var förlusterna låga och en möjlig anledning till det spekuleras vara på grund av minskningen av bekämpningsmedel, till exempel insektsgiftet DDT, från 70-talet.

Klimatet har, under den period som har undersökts i denna studie, förändrats och de senaste 20 åren har varit varmare än normalperioden 1961–1990. En förändring kan också ses

för de månader som visar ett samband mellan temperatur och vinterförlust till exempel då vissa månader som tidigare haft ett signifikant samband inte längre visar det. I takt med klimatets förändringar förskjuts alltså relationen mellan månadsmedeltemperatur och årlig vinterförlust.

6 | Tack

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare David Rayner för vägledning och stöd genom hela projektet och framförallt för ständig entusiasm inför mitt arbete. Tack till Preben Kristiansen för tillhandahållande av data så att projektet kunde genomföras. Tusen tack till mina kurskamrater Anna Hedeving och Erik Holmgren för er granskning och respons på mitt arbete samt extra tack till Erik för all hjälp med MATLAB.

I | Referenser

- Aizen, M. A., & Harder, L. D. (2009). The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination. *Current Biology*, 19(11), 915-918. doi: 10.1016/j.cub.2009.03.071
- Beyer, M., Junk, J., Eickermann, M., Clermont, A., Kraus, F., Georges, C., . . . Hoffmann, L. (2018). Winter honey bee colony losses, Varroa destructor control strategies, and the role of weather conditions: Results from a survey among beekeepers. *Research in Veterinary Science*, 118, 52-60. doi: 10.1016/j.rvsc.2018.01.012
- Bikalendern. (2019). Rensningsflykt (honungsbin) 2019. Hämtad 21 maj, 2019, från <http://www.bikalendern.se>
- Borgström, P., Ahrné, K., & Johansson, N. (2018). *Pollinatörer & pollinering i Sverige – värden, förutsättningar och påverkansfaktorer*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Eilers, E. J., Kremen, C., Smith Greenleaf, S., Garber, A. K., & Klein, A. M. (2011). Contribution of pollinator-mediated crops to nutrients in the human food supply. *PLoS One*, 6(6), e21363. doi: 10.1371/journal.pone.0021363
- Findsen, A., Pedersen, T. H., Petersen, A. G., Nielsen, O. B., & Overgaard, J. (2014). Why do insects enter and recover from chill coma? Low temperature and high extracellular potassium compromise muscle function in *Locusta migratoria*. *The Journal of Experimental Biology*, 217(Pt 8), 1297-1306. doi: 10.1242/jeb.098442
- Goulson, D., Nicholls, E., Botias, C., & Rotheray, E. L. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347(6229), 1255957. doi: 10.1126/science.1255957
- Jordbruksverket. (2018). Beskrivning av bisjukdomar. Hämtad 20 maj, 2019, från http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/djur/olikaslagsdjur/binochhumlor/beskrivninga_vbisjukdomar.4.1a4c164c11dcdaebe12800064.html
- Kankare, A. (2016). *Boken om biodling* (4 uppl.). Skänninge: Biodlarna, Sveriges biodlares riksförbund.
- Medrzycki, P., Sgolastra, F., Bortolotti, L., Bogo, G., Tosi, S., Padovani, E., . . . Sabatini, A. G. (2015). Influence of brood rearing temperature on honey bee development and susceptibility to poisoning by pesticides. *Journal of Apicultural Research*, 49(1), 52-59. doi: 10.3896/ibra.1.49.1.07
- Pedersen, T. R., Bommarco, R., Ebbersten, K., Falk, A., Fries, I., Kristiansen, P., . . . Rundlöf, M. (2009). *Massdöd av bin – samhällsekonomiska konsekvenser och möjliga åtgärder*. Jönköping: Jordbruksverket.
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution*, 25(6), 345-353. doi: 10.1016/j.tree.2010.01.007
- Potts, S. G., Roberts, S. P. M., Dean, R., Marris, G., Brown, M. A., Jones, R., . . . Settele, J. (2015). Declines of managed honey bees and beekeepers in Europe. *Journal of Apicultural Research*, 49(1), 15-22. doi: 10.3896/ibra.1.49.1.02
- SLU. (2016). Bekämpningsmedel i ett historiskt perspektiv. Hämtad 22 maj, 2019, från <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/kompetenscentrum-for-kemiska-bekampningsmedel/information-om-bekampningsmedel-i-miljon1/bekampningsmedel-i-ett-historiskt-perspektiv/>

- SMHI. (2019a). Klimatindikator - temperatur. Hämtad 21 maj, 2019, från <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/klimatindikator-temperatur-1.2430>
- SMHI. (2019b). Klimatindikator - vegetationsperiodens längd. Hämtad 21 maj, 2019, från <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/klimatindikator-vegetationsperiodens-langd-1.7887>
- SMHI. (2019c). Ladda ner meteorologiska observationer. Hämtad 28 mars, 2019, från <https://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer#param=airTemperatureMeanMonth,stations=all>
- Smith, M. R., Singh, G. M., Mozaffarian, D., & Myers, S. S. (2015). Effects of decreases of animal pollinators on human nutrition and global health: a modelling analysis. *The Lancet*, 386(10007), 1964-1972. doi: 10.1016/s0140-6736(15)61085-6
- Southwick, E. E., & Heldmaier, G. (1987). Temperature Control in Honey Bee Colonies. *BioScience*, 37(6), 395-399.
- Switanek, M., Crailsheim, K., Truhetz, H., & Brodschneider, R. (2017). Modelling seasonal effects of temperature and precipitation on honey bee winter mortality in a temperate climate. *Science of the Total Environment*, 579, 1581-1587. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.11.178
- van der Zee, R., Brodschneider, R., Brusbardis, V., Charrière, J.-D., Chlebo, R., Coffey, M. F., . . . Gray, A. (2015a). Results of international standardised beekeeper surveys of colony losses for winter 2012–2013: analysis of winter loss rates and mixed effects modelling of risk factors for winter loss. *Journal of Apicultural Research*, 53(1), 19-34. doi: 10.3896/ibra.1.53.1.02
- van der Zee, R., Gray, A., Holzmann, C., Pisa, L., Brodschneider, R., Chlebo, R., . . . Wilkins, S. (2015b). Standard survey methods for estimating colony losses and explanatory risk factors in *Apis mellifera*. *Journal of Apicultural Research*, 52(4), 1-36. doi: 10.3896/ibra.1.52.4.18
- van der Zee, R., Gray, A., Pisa, L., & de Rijk, T. (2015c). An Observational Study of Honey Bee Colony Winter Losses and Their Association with *Varroa destructor*, Neonicotinoids and Other Risk Factors. *PLoS One*, 10(7), e0131611. doi: 10.1371/journal.pone.0131611
- van Engelsdorp, D., Hayes, J., Jr., Underwood, R. M., & Pettis, J. (2008). A survey of honey bee colony losses in the U.S., fall 2007 to spring 2008. *PLoS One*, 3(12), e4071. doi: 10.1371/journal.pone.0004071
- Vicens, N., & Bosch, J. (2000). Weather-Dependent Pollinator Activity in an Apple Orchard, with Special Reference to *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae and Apidae). *Environmental Entomology*, 29(3), 413-420. doi: 10.1603/0046-225x-29.3.413

II | Bilaga 1

Stationsinformation (SMHI, 2019c).

Distrikt	Stationsnamn	Stationsnummer	Använd tidsperiod (fr.o.m)	Använd tidsperiod (t.o.m)	Höjd (meter över havet)	Latitud	Longitud
Blekinge	Ronneby-Bredåkra	65160	1949-02	2018-04	58	56.2619	15.2742
	Ronneby	65730	1919-01	1949-01	10	56.2000	15.2833
Gotland	Hemse	78140	1919-01	2018-04	25	57.2438	18.3835
Göteborg & Bohus	Göteborg A	71420	1961-02	2018-04	3	57.7156	11.9924
	Göteborg	72630	1919-01	1961-01	4	57.6997	11.9774
Halland	Varberg	72080	1919-01	2018-04	20	57.1084	12.2741
Jönköping	Jönköpings Flygplats	74460	1965-04	2018-04	226	57.7514	14.0733
	Jönköping	74470	1919-01	1965-03	98	57.7666	14.1833
Kalmar Norra	Gladhammar A	76420	1995-09	2018-04	35	57.7068	16.4526
	Västervik	76470	1919-01	1995-08	33	57.7213	16.4683
Kalmar Södra	Kalmar Flygplats	66420	1996-03	2018-04	6	56.6784	16.2922
	Kalmar	66410	1944-02	1996-02	15	56.7270	16.2944
	Ölvingstorp	66630	1922-02	1944-01	15	56.6166	16.1166
Kronoberg	Växjö A	64510	1995-09	2018-04	199	56.8463	14.8296
	Växjö	64520	1919-01	1995-08	166	56.8697	14.8004
Skåne	Hörby A	53530	1995-09	2018-04	113	55.8633	13.6662
	Lund	53430	1919-01	1995-08	25	55.6930	13.2290
Skaraborg	Hällum A	83190	1996-02	2018-04	70	58.3218	13.0379
	Skövde	83230	1919-01	1996-01	150	58.3949	13.8436
Älvsborg Norra	Kroppefjäll-Granan A	82360	1995-09	2018-04	174	58.6065	12.1973
	Vänernsberg	82230	1919-01	1995-08	50	58.3552	12.3616
Sjuhärad	Borås	72450	1919-01	2018-04	135	57.7611	12.9493
Östergötland	Malmslätt	85240	1944-02	2018-04	93	58.4004	15.5327
	Linköping	85250	1919-01	1944-01	64	58.4166	15.6333
Dalarna	Mora A	104580	1995-09	2018-04	195	60.9601	14.5041
	Falun-Lugnet	105370	1919-01	1995-08	140	60.6190	15.6603
Stockholm	Berga Mo	98040	1952-12	2018-04	4	59.0688	18.1184
	Farsta	98620	1919-01	1952-11	6	59.3165	18.3664
Södermanland	Floda A	96040	1996-01	2018-04	31	59.0558	16.3944
	Vingåker	95030	1966-09	1995-12	60	59.0782	15.8163
	Nyköpings Flygplats	86480	1949-02	1966-08	42.0	58.7833	16.9166
Uppsala	Uppsala Aut	97510	1985-07	2018-04	13	59.8586	17.6253
	Uppsala Flygplats	97530	1919-01	1985-06	21	59.8953	17.5935
Värmland	Sunne A	93520	1995-09	2018-04	109	59.8639	13.1166
	Arvika	92400	1946-02	1995-08	77	59.6658	12.591
	Adolfsfors	92480	1919-01	1946-01	125	59.8000	12.2333
Västmanland	Sala A	96560	1995-09	2018-04	57	59.9093	16.6843
	Västerås	96350	1949-02	1995-08	10	59.5977	16.6034
	Västerås	96370	1919-01	1949-01	10	59.6166	16.5500
Örebro	Örebro Flygplats	95130	1995-12	2018-04	53	59.2289	15.0455
	Örebro	95160	1964-06	1995-11	35	59.2782	15.1574
	Örebro	95620	1919-01	1964-05	36	59.2448	15.2854
Gävleborg	Edsbyn A	115220	1995-11	2018-04	184	61.3607	15.7144
	Gävle	107400	1919-01	1995-08	16	60.6537	17.1693
Jämtland	Frösön	134110	1944-02	2018-04	376	63.1974	14.4863
	Östersund	134100	1919-01	1944-01	345	63.1736	14.6786
Norrbotten	Lakaträsk A	171790	1996-01	2018-04	185	66.2789	21.1285
	Jokkmokk	169880	1919-01	1995-12	240	66.6135	19.8316
Västerbotten	Lycksele A	148330	1996-02	2018-04	210	64.5481	18.7130
	Umeå Flygplats	140480	1965-02	1996-01	14	63.7947	20.2918
	Umeå	140500	1919-01	1965-01	10	63.8302	20.2901
Västernorrland	Forse	137080	1919-01	2018-04	120	63.1466	17.0262

III | Bilaga 2

Data över vinterförluster uttryckt i procent för alla 25 distrikt samt ett medelvärde för de tre landsdelarna Götaland, Svealand och Norrland (Sveriges Biodlares Riksförbund).

År	Blekinge	Gotland	Göteborg & Bohus	Halland	Jönköping	Kalmar Norra	Kalmar Södra	Kronoberg	Skåne	Skaraborg	Älvsborg Norra	Sjuhärad	Östergötland	Götaland
1997	10	8	11	12	15	10	8	28	19	13	8	17	12	14
1998	10	13	6	10	9	6	7	12	15	8	8	8	8	9
1999	17	12	14	17	15	19	9	22	13	10	13	15	14	14
2000	12	12	10	12	8	3	6	15	7	7	6	7	10	8
2001	18	7	8	9	12	5	8	15	13	10	7	9	8	10
2002	8	12	8	9	10	6	9	7	8	7	5	8	8	8
2003	23	20	15	30	33	12	23	27	20	17	14	23	39	23
2004	15	10	9	14	15	9	14	10	9	8	9	17	17	12
2005	19	19	10	14	15	21	10	14	14	9	14	63	20	16
2006	16		17	14	25	16	11	16	14	16	24	13	22	17
2007	11	13	11	12	14	14	7	8	8	13	17	19	13	11
2008	16	10	17	16	12		10	6	14	30	24	29	14	17
2009	16	14	18	13	19		6	10	12	17	17	15	13	14
2010	24	22	24	19	34	23	24	23	22	24	27	34	19	24
2011	17	16	14	14	22	14	12	7	17	16	18	16	16	15
2012	10	9	11	11	12	8	26	6	14	13	13	15	9	12
2013	18	18	19	22	29	21	13	15	21	32	31	28	23	23
2014	12	11	18	11	15	23	7	10	11	17	12	12	13	13
2015	14	14	16	13	13	9	9	11	21	16	13	11	12	14
2016	10	18	13	15	15	15	11	9	17	16	22	15	24	16
2017	25	15	14	17	18	17	11	12	21	16	11	16	16	16
2018	10	11	11	14	16	19	14	12	20	14	14	14	14	15

År	Dalarna	Stockholm	Södermanland	Uppsala	Värmland	Västmanland	Örebro	Svealand	Gävleborg	Jämtland	Norrbottn	Västerbotten	Västernorrland	Norrland
1997	9	10	14	16	7	13	12	11	10	12	13	10	17	12
1998	7	9	11	9	6	10	11	9		8	14	10	13	12
1999	13	11	16	15	13	16	14	14	9	17	28	15	13	16
2000	9	7	9	8	9	8	12	9	9	11	11	7	7	9
2001	10	10	9	11	10	12	11	10	10	7	7	13	12	10
2002	12	10	7	7	8	9	5	9	1	9	7	13	12	2
2003	15	32	21	20	35	30	16	25	12	9	19	13	12	13
2004	7	13	8	12	10	25	7	11	5	10	6	10	10	8
2005	12	12	16	22	15	25	11	15	9	13	14	13	16	12
2006	14	18	23	38	15	38	18	21	12	23	17	10	11	13
2007	12	13	14	12	12	21	15	14	11	13	25	10	10	12
2008	13	18	25	19	15	20	19	18	11	15	16	10	11	11
2009	17	17	21	20	15	28	31	21	17	17	17	14	30	20
2010	31	25	31	33	28	29	29	29	18	17	16	17	26	19
2011	23	16	18	18	23	16	23	20	14	24	22	23	18	19
2012	18	11	9	9	18	14	14	14	10	11	11	9	12	10
2013	25	24	30	23	30	20	33	27	19	18	16	15	16	17
2014	10	16	14	21	14	17	9	14	30	9	9	8	10	17
2015	23	14	18	14	13	21	12	16	12		10	10	12	11
2016	16	17	13	15	19	15	14	16	18	9	12	12	17	15
2017	18	22	20	16	17	24	18	19	22	9	15	9	27	17
2018	20	18	12	16	14	18	15	16	22	20	23	11	31	21