



Förhållanden för pollination i rödklöver; konstant eller tidsbunden variation?

Undersökning av tidpunktens inflytande över variation i pollinering och frösättning hos *Trifolium pratense* L.

Helena Carlsson

Examensarbete/Självständigt arbete •

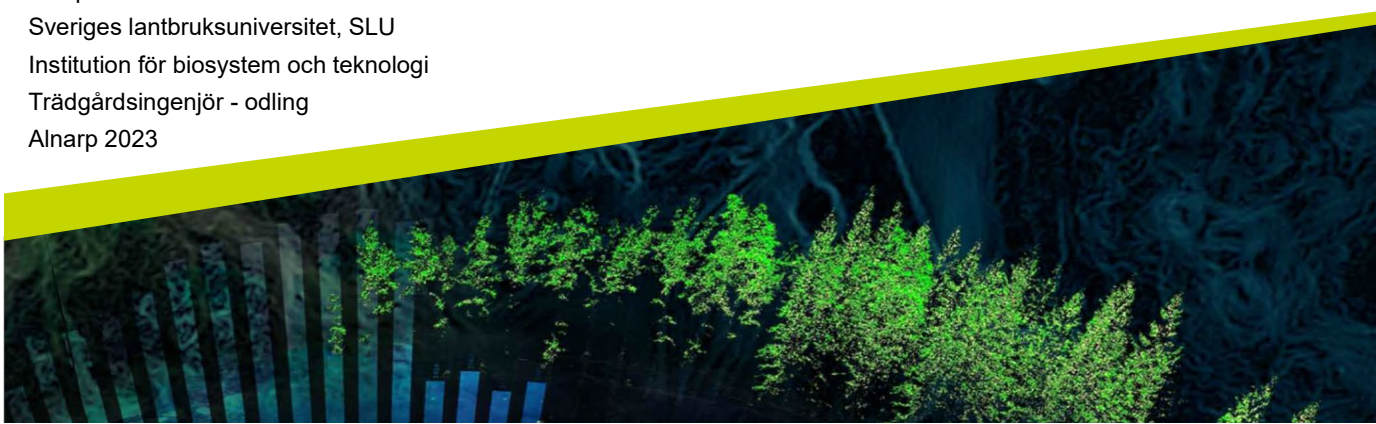
15 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Institution för biosystem och teknologi

Trädgårdsingenjör - odling

Alnarp 2023



Förhållanden för pollination i rödklöver; konstant eller tidsbunden variation? Undersökning av tidpunktens inflytande över variation i pollinering och frösättning hos *Trifolium pratense* L.

*Conditions regarding seed production in red clover; constant or seasonable fluctuation? Investigating the influence of seasonal timing on variance in pollination and seed set factors in *Trifolium pratense* L.*

Helena Carlsson

Handledare: **Mattias Larsson, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Växtskyddsbiologi**

Bitr. handledare: Åsa Lankinen, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Växtskyddsbiologi

Examinator: Cecilia Hammenhag, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Växtförädling

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i Biologi, G2E

Kurskod: EX0855

Program/utbildning: Trädgårdsingenjör : Odling

Kursansvarig inst.: Institutionen för biosystem och teknologi

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2023

Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Nyckelord: Rödklöver, *Trifolium pratense*, pollination, frösättning, *Bombus*

Sveriges lantbruksuniversitet
LTV-fakulteten
Institutionen för Biosystem och teknologi

Sammanfattning

Frösättning i klöver (*Trifolium pratense* L.) är i majoritet av moderna kommersiellt odlade sorter högt varierande och ger en opålitlig och osäker produktion. Många forskningsprojekt har genomförts för att undersöka vilka faktorer som spelar in till detta och hur dessa samverkar med varandra, men detta har visat sig vara svårtolkat och mycket komplicerat.

Studien utgick från insamlade data från rödklöverfält hos 26 gårdar i Skåne mellan 2018 – 2020. Absolut antal observerade pollinatörer samt andel humlor undersöktes i relation till antal blommande blommor i fält. Vidare ställdes detta i relation till uppmätt frösättning och slutlig skördemängd av frön. Resultatet visar stark positiv korrelation mellan antal blommor och pollinatörer i fält, men samtidigt att fler blommor och pollinatörer i fält leder till sämre frösättning. Antal pollinatörer i relation till antal blommor visar också negativt samband vilket föreslår att fler pollinatörer då det finns färre blommor leder till mindre effektiv pollination.

Studien tittade även på hur dessa samband varierar över säsongen. Det visade sig att samband som generellt är negativa (hela säsongen inräknat) i själva verket är starkt positiva i början av säsongen men blir negativa under senare del av säsongen. Detta mönster sågs för samband mellan pollinatörsabundans & frösättningsgrad samt relativ pollinatörsabundans & frösättningsgrad. Detta tyder på att det finns en variation i sättet faktorer för frösättning interagerar och samvarierar över säsongen. Vidare forskning inom detta ämne bör göras för att vi ska kunna förstå de avgörande mekanismerna för lyckad pollination och frösättning; en kunskap som i sin tur kan underlätta för odlare att planera odlingsåtgärder inom rödklöverodling över säsongen på mest resurseffektiva och framgångsrika sätt möjligast.

Nyckelord: *Trifolium pratense* L, rödklöver, klöverodling, frösättning, pollination, pollinatörer, säsongsvariation, humlor, *Bombus*

Abstract

Seed yield in red clover (*Trifolium pratense* L.) is in today's modern commercially grown cultivars highly variable and inconsistent, which affect the seed production nationally in Sweden negatively. Previous research that have investigated the interacting factors have found that ecological relationships are complex and often difficult to interpret.

The study looked at data from red clover fields at 26 locations in Skåne county (the southernmost province of Sweden) over three years 2018 – 2020. It investigated relationships and co-variance in interactions between seed set factors pollinator density, bumble bee density, pollinator & bumble bee densities in relation to number of open flowers and percentage of flowers that set seed in conjunction with seed yield achieved. The results show that number of flowers strongly correlate

with number of pollinators in the fields, but at the same time that higher numbers of flowers and pollinators negatively correlates with grade of seed set. The number of pollinators relative to number of flowers also show a negative correlation which suggests that a higher number of pollinators in conjunction with a lower number of flowers directly corresponds to less effective pollination.

The study also looked into how these correlations vary with time during the growing season, which showed that the correlations that were negative when looking over the season in a whole in reality were positive during the first part of the season and then turned negative by the latter half of the season; this applies to correlation between pollinator & relative pollinator density and seed set. This suggests that the proven factors regarding seed yield in clover do vary and co-vary over time, which should be investigated further in future studies.

Keywords: Trifolium pratense L, red clover, seed yield, pollination grade, pollinators, seasonal fluctuations, bumble bees, *Bombus*

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	7
Figurförteckning	8
Förkortningar	11
1. Inledning	12
1.1 Problembeskrivning	12
1.2 Syfte och mål.....	13
1.3 Frågeställningar	13
1.4 Avgränsningar	14
2. Bakgrund	15
2.1 Om <i>Trifolium pratense</i> L.	15
2.2 Om pollinatörer	16
2.2.1 Blombesökande insekter	16
2.2.2 Pollinatörers preferenser	16
2.2.3 Arter i Sverige: <i>Bombus</i> & <i>Apis</i> (Humlor & tambin).....	17
2.2.4 Tunglängd som egenskap	18
2.2.5 "Snyltare" – nektartjuvar	19
2.3 Hotbild	19
2.3.1 Vivlar	19
2.3.2 Övriga skadegörare	20
3. Material och Metod	22
3.1 Försöksupplägg	22
3.1.1 Bakgrund	22
3.1.2 Utförande i fält (<i>redan genomfört utanför denna studie</i>).....	27
3.1.3 Utförande inom studie	28
3.1.4 Statistiska tester utförande	30
4. Resultat	32
4.1 Förekomst av blomhuvuden och pollinatörer under säsongen	32
4.1.1 Blomsterabundans	32
4.1.2 Pollinatörsabundans och fördelning	34
4.2 Relativa abundanser & frösättningsgrad under säsongen	36
4.2.1 Relativ pollinatörsabundans	36

4.2.2	Frösättningsgrad – "relativ pollinationseffektivitet"	37
4.3	Slutskörd.....	39
4.4	Enkla samband, två faktorer	40
4.4.1	Blomsterabundans och pollinatörsabundans.....	40
4.4.2	Blomsterabundans och humleabundans	41
4.4.3	Blomsterabundans och frösättningsgrad	43
4.4.4	Pollinatörsabundans och frösättningsgrad	44
4.4.5	Relativ pollinatörsabundans & frösättningsgrad	46
4.4.6	Humleabundans och frösättningsgrad	48
4.5	Skördeprognos (medelfrösättning x antal blommande blomhuvud).....	48
4.5.1	Pollinatörsabundans & relativ pollinatörsabundans mot slutskörd.....	49
4.5.2	Samband mellan skördeprognos och slutlig skörd	50
5.	Diskussion	52
5.1	Om ögonblicksbild av abundanser	52
5.2	Om samband.....	53
6.	Slutsats	59
	Referenser	61
	Tack 64	
	Bilaga 1	65
	Bilaga 2	66
	Bilaga 3	67

Tabellförteckning

Tabell 1. Beskrivning av förekommande humlearter med släkt- & artnamn, klassificering för tunglängd; KT = Kort tunga, LT = Lång tunga, MLT = Mycket lång tunga, samt hotstatus; RE = Utdöd, NT = Nära hotad, VU = Sårbar, LC = Livskraftig.	17
Tabell 2. Klöversorter, presentation och status. LM = Lantmännen, ek. för., Sverige.....	23
Tabell 3. Presentation över klöversorter hos de olika lokalerna & åren.	23
Tabell 4. Tidsuppdelning av odlingssäsong i tidsperioder "tidig", "medelsen" och "sen" ...	25
Tabell 5. Besöksschema lokaler säsongen 2018. Första besök 05 juli, sista besök 16 juli. *Prov från besök uteblev eller påsar saknas	65
Tabell 6. Besöksschema lokaler säsongen 2019. Första besök 25 juni, sista besök 25 juli. *Fler än 3 besök gjordes 2019 på flera gårdar, påsar från besök 4 – 9 ses därför som extra material.....	66
Tabell 7. Besöksschema lokaler säsongen 2020. Första besök 03 juli, sista besök 07 augusti. *Prov från besök uteblev eller påsar saknas.....	67

Figurförteckning

- Figur 1. Storleksvisualisering för larv av klöverspetsvivel bredvid ett klöverfrö av genomsnittlig storlek. Larven äter ofta upp hela fröämnet och stannar sedan kvar skyddad inuti fröskalet. 20
- Figur 2. Exempelbild på större skada av larv (okänd arttillhörighet). Denna blomma var pollinerad men fröet och mycket av blomman blev uppätet. 21
- Figur 3. Karta över fältens placering i Skåne, med beteckning för gårdsnummer och färgkodad efter år då rödklöverfälten flyttades årligen enligt odlarens växtföljd. Röd = 2018, blå = 2019 och grön = 2020. 24
- Figur 4. Schematisk skiss över transektutformning med uppdelning för blomhuvudsutmärkning 27
- Figur 5. a & b. Exempelbilder på enskilda blommor med skador från s.k. nektartjuvar. Vid blommans bas syns det lilla hål nektartjuven bitit. Blommor med denna skada är i regel alltid opollinerade och sätter därför ej frö. 29
- Figur 6. Årsindelad säsongsvariation i medelvärde för antal blommande blomhuvud per besök, uppdelat årsvis. År 2018 gjordes inga besök efter 16 juli, varför året saknar besök under sen tidsperiod (blå punkter) 32
- Figur 7. Årsindelad säsongsvariation i medelvärde för antal observerade pollinatörer i aktiv pollination (flygande individer ej räknade), per besök. År 2018 gjordes inga besök efter 16 juli, varför året saknar besök under sen tidsperiod 34
- Figur 8. Årsindelad säsongsvariation i totalt antal observerade pollinatörer i aktiv pollination (pollinatör), antal utav dessa som tillhör släktet *Bombus*, (humla) samt utav dessa antal korttungade humlor (KT) och antal långtungade humlor (LT)..... 35
- Figur 9. Säsongsvariation i medelvärde för antal observerade pollinatörer (i aktiv pollination) per blommande blomhuvud & besök. Relativ pollinatörsabundans i logaritmisk skala. Sammanslagna data från år 2018 – 2020 36
- Figur 10. Boxplot visande årsindelad variation i medelfrösättningsgrad mellan tidsperioder tidig, medelsen & sen. Medelvärde utmärkt med rött kryss. År 2018 gjordes inga besök efter 16 juli, varför ingen box för sen tidsperiod visas 37

Figur 11. Årsindelad boxplot visande medelfrösättningsgrad för samtliga 26 st besökta lokaler, sorterad i fallande ordning. Medelvärden utmärkta med rött kryss.....	38
Figur 12. Boxplot över medelvärden för slutlig skördemängd (träskad vikt i gram) för år 2018 – 2020	39
Figur 13. Årsindelad plot visande skördemängd (träskad vikt i gram / m ²) för samtliga 26 st besökta lokaler, sorterad i fallande ordning	40
Figur 14. Positivt signifikant samband mellan blomster- & pollinatörsabundans. Pearsons $r = 0.24$, $df = 324$, $p = 7.648e-06^{***}$	40
Figur 15. Variation i samband mellan blomster- & pollinatörsabundans mellan tidig, medelsen och sen period. Sen period visar signifikant positivt samband; Pearsons $r = 0.31$, $df = 48$, $p = 0.029^*$. Tidig period visar positiv trend; $p = 0.065$, medelsen period visar inget samband	41
Figur 16. Variation i samband mellan blomster- & humleabundans (antal individer av <i>Bombus</i> -arter) mellan tidig, medelsen och sen period. Tidig period visar signifikant positivt samband; Pearsons $r = 0.26$, $df = 111$, $p = 0.0057^{**}$ och medelsen period visar signifikant negativt samband; Pearsons $r = -0.47$, $df = 161$, $p = 2.517e-10^{***}$	42
Figur 17. Variation i samband mellan blomster- & LT-humleabundans (antal individer av långtungade <i>Bombus</i> -arter) mellan tidsperioder. Tidig period visar signifikant negativt samband; Pearsons $r = -0.43$, $df = 44$, $p = 0.0032^{**}$, medelsen period också signifikant samband; Pearsons $r = -0.49$, $df = 87$, $p = 1.143e-06^{***}$. Under sen period finns inget signifikant samband. I jämförelse mellan tidsperioder finns signifikant skillnad (**) mellan samband under medelsen period och övriga två.	42
Figur 18. Negativt signifikant samband mellan blomsterabundans & frösättningsgrad. Pearsons $r = -0.14$, $df = 296$, $p = 0.01299^*$	43
Figur 19. Negativt signifikant samband mellan pollinatörsabundans & frösättningsgrad. Pearsons $r = -0.39$, $df = 296$, $p = 2.147e12^{***}$	44
Figur 20. Variation i samband mellan pollinatörsabundans & frösättningsgrad mellan tidig, medelsen och sen period	44
Figur 21. Negativt signifikant samband mellan relativ pollinatörsabundans (antal pollinatörer per blommande blomhuvud) & frösättningsgrad. Relativ pollinatörsabundans i logaritmisk skala. Pearsons $r = -0.15$, $df = 296$, $p = 0.009607^{**}$	46
Figur 22. Variation i samband mellan relativ pollinatörsabundans (antal pollinatörer per blommande blomhuvud) & frösättningsgrad mellan tidig, medelsen och sen period.	47

Figur 23. Negativt signifikant samband mellan humleabundans (antal pollinatörer av Bombus-arter) & frösättningsgrad. Pearsons $r = -0.37$, $df = 296$, $p = 2.886e-11^{***}$	48
Figur 24. Säsongsvariation i medelvärden för skördeprognos (medelfrösättningsgrad \times antal blommande blomhuvud). Sammanslagna data från år 2018 – 2020.....	48
Figur 25. a & b. Ej signifikant samband mellan pollinatörsabundans och skördevikt / m^2 (a), signifikant samband mellan relativ pollinatörsabundans (antal individer per blommande blomhuvud) och skördevikt / m^2 (b).....	49
Figur 26. Positivt signifikant samband mellan skördeprognos (medelfrösättningsgrad \times antal blommande blomhuvud) & slutligt skördemängd (tröskad vikt i gram)....	50
Figur 27. a & b. Variation i samband mellan skördeprognos (medelfrösättningsgrad \times antal blommande blomhuvud) för tidig (a) respektive medelsen (b) tidsperiod & slutlig skördemängd (tröskad vikt i gram).....	51
Figur 28. Säsongsvariation för medelfrösättningsgrad, färg enligt tidsperiod. Sammanslagen data 2018 - 2020.	57

Förkortningar

SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
GG	Grogrund (företag)
<i>B.</i>	<i>Bombus</i> (familjenamn humlor)
LT	Långtungad
MLT	Mycket långtungad
KT	Korttungad
LT	Långtungad

1. Inledning

1.1 Problembeskrivning

Rödklöver, *Trifolium pratense* L. utgör en viktig gröda i svensk odling, främst för vall med användning som djurfoder, grüngödsling och för dess kvävefixerande egenskap (SFO 2022). *T. pratense* odlas för dessa ändamål i stor utsträckning både i konventionellt och ekologiskt jordbruk, med ett ökat intresse inom ekologiskt jordbruk då det föreslagits att grödan också kan ha positiva inflytanden på lokala pollinatörsamhällens välfärd (Rundlöf et al. 2014).

En välfungerande nationell fröproduktion av rödklöver är viktig för att förse Sverige med adekvat mängd och kvalitet av utsäde och då grödans odlade areal under de senaste 70 åren minskat med 90% (Bommarco et al. 2012) är vikten av detta än mer kritisk inför framtiden.

En god fröproduktion kan delas upp enligt utvecklingsstadium till god grobarhet, god pollination och god fröskörd. I dessa olika stadium påverkar ett flertal faktorer och bidrar till ett bättre eller sämre slutresultat. Slutlig skörd varierar starkt över odlingslokal, val av odlade sorter och år; vilket försvårar för odlare och konsulter förmåga att ge pålitliga förutsägelser om skörd (Jing 2021).

Av tidigare forskning har följande faktorer påvisats som betydelsefulla för det totala begreppet god frösättning; rörande biologi och morfologi för *T. pratense* är etablerat att di- respektive tetraploiditet utgör avgörande faktor för frösättning, och styrkor respektive svagheter finns hos båda slag, då tetraploida sorter i regel visat högst grobarhet samt bildar större blomhuvud och frön men samtidigt ger lägre skördevikt än diploida sorter (Boller et al. 2010). Generellt anses tetraploida sorter också ge mer grönmassa än diploida, vilket kan ha bidragit till deras popularitet trots att de ger 20-50% lägre fröskörd än jämförda diploida sorter (Boller et al. 2010).

Vidare, rörande pollinering och pollinationsgrad påverkas *T. pratense* av vilka arter av pollinatörer som finns. Främst har skillnader i pollineringsmekanismer och pollinerings effektivitet undersökt för vilda pollinatörer av släktet *Bombus* (humlor), samt för tambin; *Apis mellifera*, då dessa två grupper anses vara mest avgörande för pollination i rödklöver (Goulson & Darvill 2004).

Inom gruppen bin och humlor har också skillnad i pollinerings effektivitet undersökts med hänsyn till insekternas morfologi, uppdelat i korttungade och långtungade arter (Bommarco et al. 2011), där långtungade arter anses vara bäst lämpade pollinatörer för *T. pratense*. Starkt sammankopplat med pollinatörers tunglängd anses vikten av blommans morfologi specificerat till djup av kronpip vara, då mycket korttungade arter har uppenbart svårt att nå nektar och pollen i klövernens rörformiga småblommor, men något starkare samband mellan lyckad eller framgångsrik pollination för mycket långtungade arter har inte kunnat fastställas enhälligt (Vleguets et al. 2019a).

Efter pollinering kan andra utomstående faktorer leda till att fröämnet inte utvecklas eller fröskörden uteblir. I svensk odling har främst skador av vivlar uppmärksammas som avgörande faktor för slutlig fröskörd, vilkens effekt också där kan variera till att i värsta fall större delen av skörden blir uppäten innan fröna är färdigutvecklade (Rundlöf 2019).

Sammanfattningsvis om forskning inom frösättning i *T. pratense* vet vi att alla nämnda faktorer sannolikt kan bidra till den variation i fröskörd som ses men i vilken utsträckning och hur olika faktorer samverkar är fortfarande oklart. För att kunna förstå och förbättra frösättningen behövs därför fler studier som utforskar mer om hur, när och varför tidigare nämnda faktorer påverkar.

1.2 Syfte och mål

Huvudsyfte bakom studien är att förbättra frösättningen hos rödklöver samt att minska dess variation i skördeutfall för att kunna ge konsekvent mängd fröskörd för odlare som i sin tur ger en pålitlig utsädesresurs och avkastning nationellt. Studien vill stödja detta syfte genom att titta närmre på tidsbundna relationer mellan frösättningsfaktorer i naturlig kontext.

Syftet med denna studie är att få en övergripande bild över variationer över säsongen för att undersöka hur tidpunkt för blomning, pollination och fröbildning på säsongen och i relation till varandra kan vara förklarande faktorer rörande frösättningen. Detta bör utforskas för att synliggöra eventuella åtgärder vad gäller tidsplanering som förhoppningsvis kan motverka negativa effekter av tidigare nämnda faktorer för fröskörd.

Målet med studien är att knyta samman kända faktorer för pollination tidsmässigt över säsongen och undersöka de tidsbaserade sambanden mellan dessa.

1.3 Frågeställningar

Hur varierar blomningen, pollinatörsabundans, relativ pollinatörsabundans (i förhållande till antal blommande blomhuvud) och den samtidigt uppmätta frösättningen över säsongen för de tre undersökta åren? Skiljer sig eventuell samvariation mellan tidig, medelsen och sen tidsperiod?

Hur varierar inverkan av förväntad skörd i tidig, medelsen och sen tidsperiod på slutlig skörd? Kan vi se att förväntad skörd under någon tidsperiod är bättre korrelerat med slutlig skörd än de övriga tidsperioderna?

1.4 Avgränsningar

Fysisk avgränsning avseende analys av insamlat material

Studien genomförs som en delstudie inom det större grogrundprojektet ”Växtförädling för ökad fröavkastning hos rödklöver” koordinerat av Åsa Lankinen på SLU, som också agerar biträdande handledare för denna studie. Hädanefter används förkortning GG-projekt för att hänvisa till detta projekt. Inom projektet fanns material i form av frysta rödklöverhuvuden insamlade från 2018 – 2021 varav material från 2019 & 2018 redan hanterats och frön räknats. Praktiskt moment ingående i denna studie bestod av att hantera kvarvarande material i den utsträckning som var möjligt, vilket med hänsyn till disponibel tid bestämdes till materialet från 2020. Dataanalys utfördes på material från alla tre åren

Val av undersökta faktorer för pollination & frösättning

Då förutsägelse av frösättning i *T. pratense* visat sig vara komplicerade och styras av många olika faktorer gjordes avvägning och prioritering av vilka faktorer att ta hänsyn till i studien. Kärnfrågan är att undersöka faktorer som påverkar i första stadiet; pollination och fröbildning, vilket kan uttryckas som all påverkan fram till och med fröbildning.

Efter fröbildningen finns ytterligare faktorer som påverkar den slutliga fröskörden, främst skadebildningen efter klöverspetsvivlar (*Apion apricans*, *Apion trifolii* m.fl.). Vivlarna utgör definitivt en viktig faktor vad gäller slutresultat av fröproduktion, och bör utforskas vidare, men utelämnas i stort i denna studie.

Därför räknas i denna studie pollinerade blommor som frösatta oavsett om fröet är oskatt och fullbildat vid skörd eller äts upp av larver under dess utvecklingstid.

2. Bakgrund

2.1 Om *Trifolium pratense* L.

Rödklövern har odlats i Sverige sedan 1700-talet och är idag den mest odlade baljväxten nationellt (Naturvårdsverket 2018). Grödan odlas främst i vall för sin grönmassa som används som djurfoder i ensilage. *T. pratense* är naturligt diploid (2n) men tetraploida (4n) sorter har framtagits och dominerar odlingen idag eftersom de generellt växer kraftigare och bildar mer grönmassa än de diploida sorterna (Boller et al. 2010). En ökad grönmassa är önskat inom vallodling, men mindre viktig inom fröproduktion. Då utsäde behövs för de sorter som odlas inom vall liksom för enbart fröproduktion är det viktigt att säkra frösättning i de tetraploida sorterna. Samtliga sorter som hanteras i denna studie är tetraploida, men ett fåtal diploida sorter undersöks också inom ramen för GG-projektet. Ingående sorter i denna studie presenteras under rubriken Material och metod.

Den naturliga (diploida) *T. pratense* är korspollinerande och kräver därför insekter för att kunna bilda frön. Av framtagna tetraploida sorter är många självsterila men man tror att till följd av den intensiva selektionen för sorter med hög frösättning finns idag vissa genotyper med hög grad av självpollinering (Vleugels et al. 2019b). Trots detta är i regel all rödklöver som odlas i Sverige idag beroende av korspollination (Naturvårdsverket 2018).

Frösättningen; som i detta sammanhang beskrivs som grödans förmåga att sätta frö baserat på hur stor andel småblommor samt fröämnen som blir framgångsrikt pollinerade och bildar frö. Generellt har *T. pratense* flera problem som lett till ojämn och relativt låg frösättning. Ett medeltal enligt Lantmännen och Scandinavian seed är 300 kg/ha, men det finns hög variation mellan sorter och år (SFO 2022). En skörd tas vanligen i södra Sverige då det här oftast odlas medelsena och sena sorter. För sådd krävs mellan två och fyra kg / ha. Tillväxtreglering är en nyttig insats frö förbättrad pollinering, lättare arbetsbörda vid skörd och högre fröskörd, och bör göras då plantorna är mellan 30 – 60 cm höga (SFO 2022).

För *T. pratense* anses generellt den bästa pollineringsperioden vara mellan 5 – 19 juli men olika studiers antydda nyckeldatum överlappar stort över säsongen, också för att olika sorter har olika blomningstid. Exempelvis för ett försök genomfört år 2017 föll tidig period mellan 5 – 19 juli och kännetecknades av

högtryck, många soltimmar, hög medeltemperatur och lägre luftfuktighet. Efterkommande sen period i samma studie inträffade 17 – 31 juli och innebar mer lågtryck och regn, högre luftfuktighet och något lägre medeltemperatur (Brodde & Åkesson 2018). En ytterligare studie från 2020 som undersökte effekt på pollinatörsabundans efter blomning följande etablering av massblommande rödklöver utgick från två perioder där den tidigare beskrivs som period ”under blomning” från 21 juni – 22 juli, och med en viss grad av överlappning av datum låg efterblomsperioden mellan 16 juli – 28 augusti (Riggi et al. 2020).

2.2 Om pollinatörer

2.2.1 Blombesökande insekter

Av ca 13 400 svenska insektsarter som undersökts för pollinationsförmåga utför ca 4 400 arter någon form av pollinering då de besöker blommor, och av dessa tros ca 1 700 arter vara helt beroende av nektar eller pollen. Dessa blombesökande arter tillhör ett flertal insektordningar, men de vanligast förekommande arter vi kännetecknar som pollinatörer är fjärilar; varav 65% av undersökta är blombesökande, steklar; som innefattar både humlor och bin utav vilka 50% av undersökta arter är blombesökande; och tvåvingar utav vilka 35% av undersökta arter är blombesökande (Johansson 2022).

2.2.2 Pollinatörers preferenser

Av pollinerande insekter är inte alla lämpliga eller möjliga pollinerare för rödklöver, vars blommors djupa kronpip kan vara svår för insekter som ej är specialiserade att ta sig in i för att nå nektarn och därmed också sprida pollen (Free 1965). Dessutom är inte rödklöver lika attraktiv som födo gröda för alla insekter, honungsbin kan exempelvis välja bort rödklöver om mer intressanta grödor med mer lättåtkomlig nektar finns i närheten (Aston & Bucknall 2011).

Till skillnad från honungsbin så kan humlor föredra rödklöver över andra blommor; detta hävdas i ett försök i Storbritannien där upp till 60% av pollenbesök hos rödklöver utförts av humlor och 40% av honungsbin (Goulson & Darvill 2004).

Flera tidigare studier föreslagit att vilda humlor (släktet *Bombus*) är avgörande pollinatörer för *T. pratense* (Bommarco et al. 2012; Rundlöf et al. 2014; Riggi et al. 2021). Generellt ses de flesta arter av humlor som generalister, men specialiserade arter finns. Exempel på specialiserad humleart är *Bombus hortorum*, trädgårdshumlan, som har en mycket lång tunga för att nå in helt i rödklöverblomman. *B. hortorum*s specialisering på rödklöver beror troligtvis på att arten har en kort livscykel och därför behöver högkvalitativt pollen åt sina larver

för att de ska hinna föda upp nästa generation (Goulson et al. 2005). Trots att en humleart klassas som generalist är enskilda humleindivider klart specialiserade efter utvecklad preferens baserat på de blommor som finns tillgängliga då den humlan flyger (Goulson 2003).

Jämförelser mellan honungsbin och humlor i stort tyder på att humlor är mer effektiva pollinerare än honungsbin eftersom humlorna i regel gör fler blombesök, är aktiva fler timmar på dygnet och har högre tolerans mot ogynnsamma väderskiftningar (Westgate & Coe 1915; Starling et al. 1950; Peterson et al. 1960). Dessutom tror man att speciellt humlor med långa tungor ska bidra mest till pollination över humlor och honungsbin med korta tungor, då klöverblommans djupa kronpip är svåråtkomlig för pollinatörer med kortare tungor (Hawkins 1956 & 1961). Dock har denna hypotes inte kunnat besvaras hittills i forskning då studiers resultat motsäger sig varandra och den stora minskningen av långtungade humlor i populationen gör det svårt att mäta reell effekt.

2.2.3 Arter i Sverige: *Bombus* & *Apis* (Humlor & tambin)

I Sverige finns 299 arter vilda bin, varav en tredjedel av arterna är nationellt rödlistade (kategoriserats som nationellt utdöd, nära hotad eller sårbar). Sju av dessa rödlistade arter återfinns också på den internationella rödlistan av IUCN. Vidare utav dessa finns i Sverige 41 arter humlor, där nio är nationellt rödlistade och tre av dessa räknas som nationellt utdöda (Naturvårdsverket 2018; Johansson 2022).

Humlor och vilda bin har uppmärksammats minska drastiskt i population under senaste åren, inte bara nationellt (Bommarco 2012), utan också internationellt (FAO 2019). Forskningen och myndigheter anser att bevarande åtgärder för att stärka den naturliga pollinatörsfaunan är; och fortsätter att bli, mer och mer behövda (Riggi et al. 2021; Naturvårdsverket 2018). Exempel på bevarande åtgärder som gynnar bin och humlor är blomsterremсор i odlingen eller obrukade landområden i närhet av odlingsfält, då de kan stärka pollinatörers tillgång till föda och habitat (Riggi et al. 2021). Bevarande av Sveriges naturligt förekommande pollinatörer och en hög artdiversitet är förstås nyttigt för den breda odlingen och inte bara inom rödklöverodling.

Då honungsbin och vilda bin utgör en ytterst liten del av pollination i rödklöver presenteras inte alla arter, men värt att notera är att bin av värde för denna studie främst utgörs av tama honungsbin, *Apis mellifera*.

Lista över förekommande *Bombus*-arter med hotstatus och tunglängdsindex följer i tabell 1.

Tabell 1. Beskrivning av förekommande humlearter med släkt- & artnamn, klassificering för tunglängd; KT = Kort tunga, LT = Lång tunga, MLT = Mycket lång tunga, samt hotstatus; RE = Utdöd, NT = Nära hotad, VU = Sårbar, LC = Livskraftig.

Vetenskapligt namn	Trivialnamn	Tunglängd	Hotstatus
--------------------	-------------	-----------	-----------

<i>Bombus veteranus</i>	sandhumla	-	VU
<i>Bombus cullumanus</i>	stäpphumla	-	RE
<i>Bombus ruderatus</i>	fälthumla	-	RE
<i>Bombus pomorum</i>	frukthumla	-	RE
<i>Bombus lapidarius</i>	stenhumla	KT	LC
<i>Bombus pratorum</i>	ängshumla	KT	LC
<i>Bombus hypnorum</i>	hushumla	KT	LC
<i>Bombus hortorum</i>	trädgårdshumla	KT	LC
<i>Bombus lucorum</i>	ljus jordhumla	KT	LC
<i>Bombus terrestris</i>	mörk jordhumla	KT	LC
<i>Bombus sporadicus</i>	rallarjordhumla	KT	LC
<i>Bombus jonellus</i>	ljunghumla	KT	LC
<i>Bombus cryptarum</i>	skogsjordhumla	KT	LC
<i>Bombus magnus</i>	kragjordhumla	KT	LC
<i>Bombus cingulatus</i>	taigahumla	KT	LC
<i>Bombus (Psithyrus) vestalis</i>	sydsnylthumla	KT	LC
<i>Bombus (Psithyrus) bohemicus</i>	jordsnylthumla	KT	LC
<i>Bombus (Psithyrus) campestris</i>	åkersnylthumla	KT	LC
<i>Bombus (Psithyrus) barbutellus</i>	trädgårdssnylthumla	KT	LC
<i>Bombus (Psithyrus) sylvetsris</i>	ängssnylthumla	KT	LC
<i>Bombus (Psithyrus) norvegicus</i>	hussnylthumla	KT	LC
<i>Bombus (Psithyrus) quadricolor</i>	broksnylthumla	KT	LC
<i>Bombus (Psithyrus) rupestris</i>	stensnylthumla	KT	LC
<i>Bombus pascuorum</i>	åkerhumla	LT	LC
<i>Bombus sylvarum</i>	haghumla	LT	LC
<i>Bombus ruderarius</i>	gräshumla	LT	LC
<i>Bombus muscorum</i>	mosshumla	LT	NT
<i>Bombus humilis</i>	backhumla	LT	LC
<i>Bombus subterraneus</i>	vallhumla	MLT	LC
<i>Bombus distinguendus</i>	klöverhumla	MLT	NT

2.2.4 Tunglängd som egenskap

Humlearter med lång och mycket lång tunga är de som rent praktiskt når bäst in i klöverblommorna, vilket innebär att det krävs mindre arbete för dem att få nektar; de arbetar snabbare än korttungade humlor och kan därmed besöka fler blommor i jämförelse med korttungade (Brodde & Åkesson 2018).

Längden på klöverblommans kronrör är mellan 6,4 mm & 12,7 mm med ett uppskattat medelvärde på 9,5 mm och medeltunglängd för ett honungsbi är 6,3 mm

i helt utsträckt läge och då biet tryckt sitt huvud så långt som möjligt in i blomman. Honungsbin riskerar därför att inte nå ner till nektarn om nivån av nektar i röret inte överstiger de resterande 1,6 mm (Free 1965).

Korttungade humlearter har i regel en högre motståndskraft än långtungade arter mot förändrade miljöfaktorer, då de långtungade arterna oftast är mer specialiserade och de korttungade är mer sannolikt breda generalister (Goulson & Darvill 2004).

Detta gör att de korttungade humlorna kan anpassa sig snabbt om deras habitat av exempelvis orörd ängsmark med hög blomdiversitet plötsligt förvandlas till jordbruksmark för en typ av gröda. I samma fall för en långtungad art kan miljöombytet leda till en kraftig populationsminskning eller i värsta fall att samhället helt slås ut (Bommarco et al. 2010).

2.2.5 "Snyltare" – nektartjuvar

En del arter av humlor och bin (majoriteten korttungade) agerar tjuvar då de, troligtvis för att de ej når ner till nektarn med sin sugtunga istället biter hål i rödklöverblommans bas och på så vis kommer åt nektarn samtidigt som de undviker ståndare och pollenknappar.

De två arter som noterats ofta agera nektartjuvar (Diekötter et al. 2010) är stenhumlan *Bombus lapidarius*, och den mörka jordhumlan *Bombus terrestris*. Eftersom dessa tjuvar tar blommans nektar utan att pollinera räknas de som negativa för blomman och kallas *primära tjuvar*; efter de lämnat blomman med ett hål finns ingång för andra bin och humlor att ta nektar utan att pollinera, vilka då kallas *sekundära tjuvar* (Free 1965).

Båda observerade tjuvande arter av humlor har ökat i relativ population under en lång tids observationer, medelproportionen av *B. terrestris* i ett klöverfält under årtiondet 1940 var 34% och har sedan dess stigit till 74% då studien publicerades (Bommarco 2012). *B. lapidarius* har i samma studie också visat sig ha ökat i proportion under denna tidsperiod, från 8% 1940 till 15% i nutid.

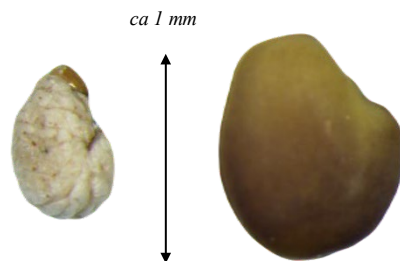
2.3 Hotbild

2.3.1 Vivlar

Den allmänna klöverspetsviveln *Apion apricans* Herbst och den rödbenta klöverspetsviveln *Apion trifolii* är båda vanligt förekommande och betydande skadegörare i utsädesproduktion av klöver, förutom rödklöver också i alsike- och vitklöver (SLU 2014). *A. apricans* finns i hela landet, men gör mest skada i rödklöverodlingar i södra Sverige, där äggläggningen sker hela sommaren men mest intensivt under senare delen av juni (SLU 2014). Vivellarverna är de som gör

stor skada inom utsädesproduktion då de äter upp fröna och kan gnaga sig från blomma till blomma i jakt på fröämne som föda (Figur 1).

Inom konventionell svensk rödklöverodling har funnits bekämpningsmedlen Mavrik och Mospilan SG mot klöverspetsvivel, båda godkända enligt UPMA (Kemikalieinspektionen 2006 & 2022), men som i linje med många växtskyddsmedel har för avsikt att fasas ut snarast.



Figur 1. Storleksvisualiering för larv av klöverspetsvivel bredvid ett klöverfrö av genomsnittlig storlek. Larven äter ofta upp hela fröämnet och stannar sedan kvar skyddad inuti fröskalet.

2.3.2 Övriga skadegörare

I Danmark har klöverbladviveln *Hypera nigrirostris* Fab. kunnat ses som allvarlig skadegörare, men har inte utgjort större problem i svensk odling (SLU 2014). Ärtviveln *Sitona spp.* angriper främst småplantor och äter på blad, vilket självklart kan drabba odlingen men inte påverkar frösättningen specifikt.

Inom GG-projektet har inte kartläggning av alla existerande skadeinsekter prioriterats, då andelen övriga insekter med anmärkningsvärd skadepotential är näst intill obefintlig och de kända klöverspetsvivelarna utgör det stora hotet.



Figur 2. Exempelbild på större skada av larv (okänd arttillhörighet). Denna blomma var pollinerad men fröet och mycket av blomman blev uppätet.

3. Material och Metod

3.1 Försöksupplägg

3.1.1 Bakgrund

Utgångspunkt för försöket

Denna del av GG-projektet utfördes hos olika gårdar av enskilda odlare runt om i Skåne, för att undersöka variation i frösättning under reella förhållanden.

Ursprungsplanen inom GG-projektet var att utföra blomsterinventeringar, pollinatörsinventeringar och insamling av blomhuvud för fröinspektion med en till två veckors mellanrum vilket skulle täcka säsongen på tre besök. För de tre åren var dock förhållandena varierande; till exempel 2018 var ett mycket varmt år där odlingsperioden tog slut tidigare än förväntat och alla klöverblommor var överblommade i mitten av juli månad, vilket gjorde att man inte kunde utföra besöken enligt planering. År 2019 kunde många fler besök än de tre ordinarie göras på flera av lokalerna vilket gav tätare besöksintervall och högst antal observationer av de tre åren.

Genomförande av försöket

Försöket använde sig av fält hos enskilda odlare runt om i Skåne där rödklöver odlades för fröproduktion. Inom denna studie ingick sammanlagt 26 st gårdar, varav endast två st besöktes konsekvent under alla tre år medan övriga besöktes ett eller två år, på nya fält varje år. Värt att notera är att ett fåtal lokalers material från 2020 saknades i frysarna och kunde därför ej hanteras, vilket innebär att antal lokaler med framtagna data varierar mellan medelfrösättning och slutskörd, detta är inte en miss i beräkningarna utan en praktisk bristfällighet. För datahantering fick varje gård en siffra sig tilldelad som ID, vilka refereras till härnäst. Begreppet lokal används framöver och hänvisar till en gård och dess aktuella odlingsfält, lokal 17 är alltså samma odlare under alla tre år men fältet som används skiftar årligen enligt odlarens växtföljd.

Inom försöket ingick endast konventionella odlingar, där gödning och besprutning skedde enligt odlarens egen planering. Därför har alla lokaler ej fått exakt samma behandling vad gäller bekämpning och gödsling.

Inga av odlarna hade egna humlesamhällen utsatta i direkt koppling till rödklöverfälten, men majoriteten rapporterade att de antingen själva eller närliggande grannar hade bisamhällen utsatta; i antal mellan 8 st till närmare 40 st.

Sortval T. pratense

Inom försöket och denna studies ramar odlades tre olika klöversorter, varav två sorter dominerade. Sorterna och dess förekomst presenteras i tabeller nedan.

Tabell 2. Klöversorter, presentation och status. LM = Lantmännen, ek. för., Sverige

Sortnamn & ägare	Tidig eller sen	Nationell odlingsstatus	Antal användanden (lokal/säsong) inom studien
Betty LM	Medelsen	Godkänd på sortlistan 1992, utgick 2022	18
Vicky LM	Medelsen	Godkänd på sortlistan 2009, godkänd till 2029	16
Peggy LM	Något sen	Godkänd på sortlistan 2016, godkänd till 2026	5

Sorten Vicky har använts som mätarsort i Svealand och Götaland under sammanställning av sortval 2020/2021, och har visat sig mycket säker och uthållig speciellt i Svealand och vall två (Halling et al. 2021). Betty som odlats vid flest tillfällen inom denna studie är provad och har visat god potential i norra Sverige, men utgått efter publicering av SLU's sortvalsbeskrivning 2020/2021 (Halling et al. 2021).

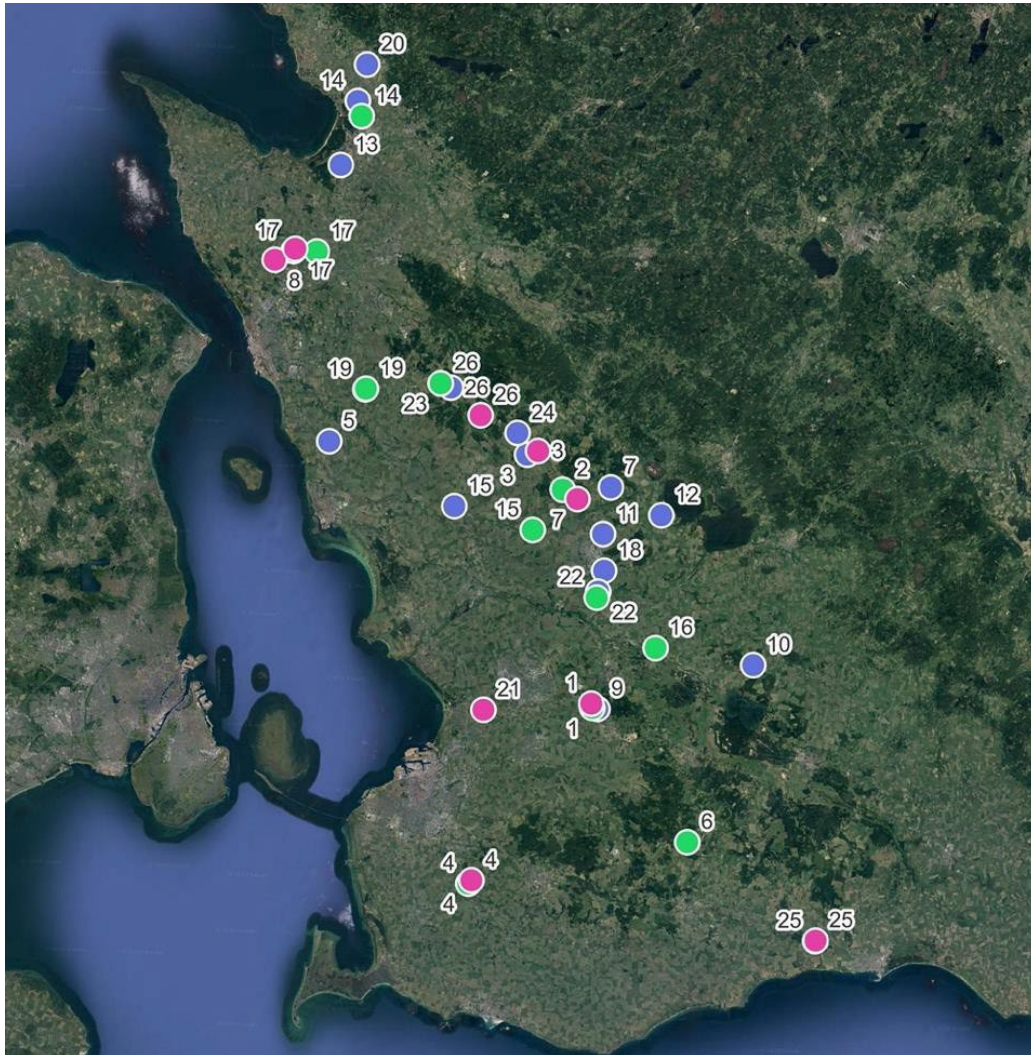
För de tre försöksår eller säsonger ingående i denna studie visas vilken sort som odlats på vilken lokal (märkt med siffra 1 - 26) i tabell 3 nedan. Betty odlades på något färre antal lokaler under sista året 2020, medan Vicky varje år odlades på fler lokaler än föregående, och Peggy som ej använts i stor utsträckning har nog inte skiftat avsevärt i fördelning mellan åren då de båda lokaler (7 & 10) med Peggy bara ingick år 2019, det är troligt att odlarna på lokal 7 & 10 haft Peggy under 2018 och 2020 också men att de inte medverkat i försöket.

Tabell 3. Presentation över klöversorter hos de olika lokalerna & åren.

Sort	Lokaler 2018	Lokaler 2019	Lokaler 2020
Betty	3, 7, 8, 17, 25, 26	3, 11, 12, 15, 17, 18, 25, 26	15, 17, 26
Vicky	1, 21	13, 14, 19, 20, 22	1, 6, 14, 16, 19, 22, 23
Peggy	4	4, 7, 10	4

Lokaler

Alla lokaler, utgjorda av fält hos respektive gårdar, ingående i studien finns i Skåne län och finns utmärkta på karta nedan (figur 3).



Figur 3. Karta över fältens placering i Skåne, med beteckning för gårdsnummer och färgkodad efter år då rödklöverfälten flyttades årligen enligt odlarens växtföljd. Röd = 2018, blå = 2019 och grön = 2020.

Gårdarnas medverkan i GG-projektet bestämdes av andel jordbruksmark i omliggande landskap och odlarens möjlighet samt vilja att delta. Jordbruksmark i omliggande landskap användes i valprocessen på grund av dess inflytande över pollinatörsabundans och fördelning (Bommarco et al. 2012).

Besöksplanering

Upplägg för besökstillfällen över säsongen baserades på tidigare studier inom pollinering och frösättning i rödklöver, där säsongen ofta delats upp till en tidig och

en sen period med brytpunkt vid full blomning, det vill säga "tidig" period är tiden innan och fram till och med full blom, och "sen" period är tiden efter full blom.

I denna studie har bestämts att säsongen uppdelas i tre delar istället för två för att ge mer precision; ingående tidsperioder kallas här tidig, medelsen och sen. Vi har utgått från ordinarie besökstillfällen nr 1 – 3 under år med tre besök per lokal, men då besöksdatumerna överlappar varandra med nära 100% uppdelas perioderna från datum istället för numrerat besökstillfälle för att tydligare koppla till tid på säsongen. Tidsuppdelning enligt dessa perioder och antal observationer inom studien för respektive tidsperiod presenteras nedan i tabell 4.

Tabell 4. Tidsuppdelning av odlingssäsong i tidsperioder "tidig", "medelsen" och "sen".

Tidsperiod	Startdatum	Slutdatum	Antal observationer (2018 - 2020)
Tidig	24 juni	8 juli	115
Medelsen	9 juli	23 juli	163
Sen	24 juli	8 augusti	52

För komplett besöksschema för alla lokaler och alla år hänvisas till bilagor; Bilaga 1: besöksschema 2018, bilaga 2: besöksschema 2019 & bilaga 3: besöksschema 2020.

Transekter

Transekter användes för mätområden på fälten. En transekt innebär en sträcka vid vilken observationer av olika typer görs och är en vanlig metod inom empiriska studier. Transekter som mätts ut var samma under hela säsongen. Det utmättes 2 st 50 × 1 m områden efter varandra och markerades med flaggor. Placering av transekterna skedde enligt bestämda förutsättningar; transekterna skulle inte skuggas, vara ojämna i marknivå eller klöverbestånd, ha en hög andel ogräs eller ligga för nära fältets hörn. Transekterna skulle ligga i anslutning till varandra, och utgöra en totalt 100 m (2 × 50) lång sträcka som kunde ses som representativ för fältet.

3.1.2 Upplägg för mätningar av abundanser

Begreppet abundans beskriver en täthet av individer / objekt inom ett specifikt område, och betyder i praktiken antal av något på bestämd yta. Hädanefter används begreppet för beräkning av antal blommor, pollinatörer & humlor i transekterna; de bestämda mätområdena.

Blomsterinventering

För att kartlägga blomningstider och frekvens sattes en 0,5 × 0,5 m inventeringsruta ut på tre olika platser längs var transekt, på vald representativ yta. Kriterier för blomningsinventering bestämdes till tre kategorier enligt blomhuvuds mognadsgrad. Blomhuvud räknades som *blommande* med fler än 5 småblommor öppnade, färre än 5 öppnade småblommor och majoritet öppnade räknades som knoppar, och blomhuvud med färre än 5 öppna småblommor men resterande överblommade kallas *överblommade*.

I inventeringsrutan räknades alla växande rödklöverblomhuvud och kategoriserades enligt nämnt i protokoll, även blomhuvud vars stam och rötter befinner sig utanför rutan räknades förutsatt att blomhuvudet befann sig i rutan.

Pollinatörsinventering

I denna studie har pollinatörsnotering förenklats genom uppdelning i kategorier. Honungsbin utgör största del av de pollinatörer som inte är humlor, men anses i sig inte vara avgörande för pollination i *T. pratense* och har därför här inte undersökts specifikt. Indelning för de undersökta pollinatörsabundanser bestämdes till kategorier ”Pollinatörer – innefattar alla observationer av alla arter”, ”Humlor – innefattar alla observationer av *Bombus*-arter”, ”KT-Humlor – innefattar alla observationer av korttungade *Bombus*-arter” och ”LT-Humlor – innefattar alla observationer av långtungade eller mycket långtungade *Bombus*-arter”.

Utifrån dessa kategorier kan differensen mellan totalt antal pollinatörer och totalt antal humlor med försiktighet ses som antal honungsbin, då endast en mycket liten del utgör pollinatörer av arter utanför dessa nämnda (fjärilar, blomflugor, m.fl.).

Fröbestämning & skadenotering

För att mäta pollinationsgrad och frötveckling plockades insamlade blomhuvud isär och varje enskild blomma räknades. Vidare räknades andel småblommor som blivit pollinerade med färdigbildat oskadat frö, blommor som blivit pollinerade men fröet skadat (helt eller delvis uppätet av vivlar), samt blommor som ej blivit pollinerade och om de opollinerade var skadade eller hela.

Protokollmall följdes för att se till att notering utförts på samma sätt vid alla hanteringstillfällen då de utförts av flera olika personer. Det bestämdes att tre st av fem st insamlade blommor från varje påse räknades och de utvaldes slumpmässigt ur påsarna.

3.1.3 Utförande i fält (*redan genomfört utanför denna studie*)

Pollinatörsinventering

För undersökning av pollinatörsabundans på art- och individnivå gjordes observationer genom att en person gick en långsam promenad längs transekten (50 m x 1 m) med kontinuerlig notering om uppmärksammande individer i protokoll. Huvudsaken var att räkna och artbestämma tydligt aktiva pollinerare som befinner sig i eller på blomhuvud. Flygande individer räknades men noterades med "f" då dessa ej kunde ses som tydligt bidragande till pollinering, för att enkelt kunna uteslutas i senare analys. Individer kategoriserades efter arttillhörighet eller förutbestämd artgrupp för vissa snarlika arter.

Pollinatörer i en transekt observerades från start till slut på 5 minuters tid. Med hänsyn till tidsåtgång för hantering av insamlade insekter pausades klockan, så att varje transekt totalt fått lika lång aktiv gående observationstid. Alla pollinatörsinventeringar utfördes mellan kl 9 & 18 under dagar med goda väderförhållanden för pollinatörsaktivitet, vilket bestämts till temperaturen över 17°C och minst 30 % sol. Varken starka vindar eller regn fick förekomma från en timme innan inventeringen till och med inventeringens slut.

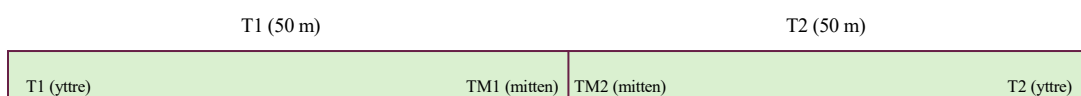
Blomsterinventering

Observationsruta 0,25 m² (0,5 x 0,5 m) placerades på tre representativa platser längs varje transekt. Inom rutans yta noterades antal blomhuvuden och kategoriserades enligt;

1. Knoppstadie (färre än 5 öppna blommor på huvudet, resten knoppar)
2. Blommande stadie (fler än 5 öppna blommor på huvudet)
3. Överblommat stadie (färre än 5 öppna blommor på huvudet, resten överblommade)

Utmärkning av blomhuvud för fröinventering

Fem fullt öppnade blomhuvuden (blomhuvud räknades som fullt öppnat när mer än 80% av småblommor öppnats) märktes ut i varje ände av varje transekt med färgkodat snöre runt stammen. I transekt 1: T1 (yttre ände) och TM1 (mitten), transekt 2: T2 (yttre ände) och TM2 (mitten). Sammanlagt märks 5 x 2 blomhuvud / transekt ut; alltså 5 x 2 x 2 blomhuvud per besök och fält. Utmärkta huvuden från besök 1 hade en färg på snöre, utmärkta huvuden från besök 2 hade en annan färg på snöre; osv, för att tydligt veta vilka blomhuvud som hörde till vilket besök och därmed vilket datum de skulle samlas in vid senare besök.



Figur 4. Schematisk skiss över transektutformning med uppdelning för blomhuvudsutmärkning.

Insamling av blomhuvud för fröinventering

Utmärkta blommor stod på fält i tre veckor från utmarkering till insamling. Efter tre veckor vid insamling klipptes de av och samlades ihop, lades efter plats (i) transekt i papperspåsar som märktes med utmärkningsdatum, insamlingsdatum, fält och plats (i) transekt. Efter insamling lades alla påsar i frys i Alnarp i väntan på fröräkning.

Fröinventering och skadenotering

Insamlade blomhuvud från 2018 & 2019 hade redan inventerats och data från dessa år sammanställdes inom denna studie med fröinventering från 2020 som utfördes som praktiskt moment inom denna studie och beskrivs nedan.

3.1.4 Utförande inom studie; datahantering

Pollinatörsdata

Protokoll sammanställdes i microsoft excel varpå alla observerade individer från en och samma transekt och besökstillfälle summerades efter arttillhörighet. Därefter summerades antal i följande kategorier;

1. Antal pollinatörer
2. Antal humlor
3. Antal KT (korttungade) humlor
4. Antal LT (långtungade) humlor

Svårtydda arter som noterats i gemensam artgrupp tidigare kategoriserades sedan efter tunglängd, exempel individ med osäker artbestämning inom åker/backhumla kategoriserades till LT då åkerhumla och backhumla båda är LT, på så sätt kunde även de osäkra observationerna bli användbara för undersökningen.

Blomsterdata

Protokoll överfördes till microsoft excel varpå antal knopp, blommande och överblommande summerades efter besökstillfälle och transekt. Till denna studie används bara summa av blommande blomhuvud på de tre mätplatserna i en transekt och medelvärde av dessa summor räknades ut för att ge ett värde per besökstillfälle och lokal.

Fröinventering och skadenotering på material från 2020 (praktiskt moment)

Ur en påse från ett fält, besök och plats i transekt, innehållande fem huvud valdes tre slumpmässigt ut för räkning. Fröräkning gjordes för hand med hjälp av pincett och lupp vid behov. Alla enskilda blommor plockades av från huvudet och inspekterades efter skador samt undersöktes för pollination och bildat frö eller fröämne.

Kategorier som användes här var följande:

1. Oskadad blomma, ej pollinerad utan frö
2. Oskadad blomma, pollinerad med frö
3. Skadad blomma, pollinerad med frö eller frörester
4. Skadad blomma, ej pollinerad utan frö

Typiska skador är skador från nektartjuvar vilka sågs som små bithål nära blombasen och oftast betydde att blomman var opollinerad (se figur 5 a & b). Blommor med dessa skador tillhörde därför oftast kategori 4) skadad blomma, ej pollinerad utan frö.

Större skador från larver kunde ses som större hål och gångar gnagda mellan huvudets stam och genom blommor; eller in i fröämnet. Ofta återfanns larver gömda i frökapseln där de stannat efter de ätit upp fröämnet (se figur 1 & 2). Blommor med dessa skador kunde oftast placeras i kategori 3) skadad blomma, pollinerad med frö eller frörester.

Protokoll överfördes till microsoft excel där ytterligare kategorier lades till;

5. Totalt antal blommor på blomhuvudet, summerat.
6. Frösättningsgrad för blomhuvudet, uträknades som antal pollinerade enskilda blommor (oavsett om blomman är hel eller skadad) dividerat med totalt antal blommor på blomhuvudet.



Figur 5. a & b. Exempelbilder på enskilda blommor med skador från s.k. nektartjuvar. Vid blomans bas syns det lilla hål nektartjuven bitit. Blommor med denna skada är i regel alltid opollinerade och sätter därför ej frö.

3.1.5 Statistiskt tillvägagångssätt

Alla observationer slogs ihop och sorterades till rätt lokal, år, besöksdatum och transekt. Transekt i denna studie används ej utan medelvärde av hela fältets båda transekter utgör grund till observation på besöksnivå. För mer avancerade statistiska beräkningar inom ramen för projektet används transekter som replikationer eller faktor för slumpfel, men denna studie använder medelvärden för hela fält istället då vi endast gör enklare statistiska beräkningar.

För en beskrivande bild av de observerade värden för olika variabler ställdes grafer upp med visualiseringar i form av spridningsdiagram med och utan trendlinjer baserade på medelvärden. I detta skede kontrollerades all data också och fel kunde åtgärdas, en stor felkälla upptäcktes i och med att år 2018 togs skörd från 4 skörderutor i var transekt medan övriga år användes 3 st rutor. Skörd från de 4 respektive 3 st rutorna summerades till total vikt för stickprov i en transekt, och från summerad vikt i transekt 1 & 2 räknades medelvärde för frövikten ut för lokalen. År 2018 var därför den slutgiltiga frövikten presenterad i enheten gram tröskat frö / m² (från 4 × 0,25 m²), men för 2019 & 2020 i enheten gram tröskat frö / 0,75 m² (från 3 × 0,25 m²).

För att få jämförbart i enklast möjliga enhet gram / m² omvandlades data från 2019 & 2020 genom division med 0,75 så att alla värden presenteras i enheten gram / m².

Enkla korrelationer efter Pearsons metod utfördes digitalt och värden för korrelationskoefficient, antal frihetsgrader och p-värde hämtades. Metoden lämpades eftersom observationsvärden och residualer kunde antas vara normalfördelade samt alla variabler kvantitativa.

Statistiska frågeställningar

Inför statistiska tester formulerades studiens frågeställningar till statistiska hypoteser. En statistisk hypotes skiljer sig från en klassisk hypotes där man är intresserad av att etablera att någonting; i studien till exempel ett samband *finns och är sant*, och den statistiska hypotesen istället vänder på uttrycket och frågar ”vad är sannolikheten att sambandet *inte finns* med dessa givna parametrar?”. Med en förutbestämd signifikansnivå, vanligtvis 5 %, kan man på så sätt få ett svar formulerat ” med 95% säkerhet kan vi förkasta nollhypotesen”. Att förkasta nollhypotesen innebär att det helt enkelt inte är rimligt att i detta exempel sambandet som visat sig *inte finns*. Ett statistiskt signifikant svar kan antingen stödja eller förkasta nollhypotesen.

3.1.6 Statistiska tester utförande

Statistiska tester utfördes i Rstudio version 2022.12.0+353.

Tester som genomfördes var enkla korrelationer med funktion `cor.test`, med två faktorer. Detta beskrev enkla samband över hela säsongen.

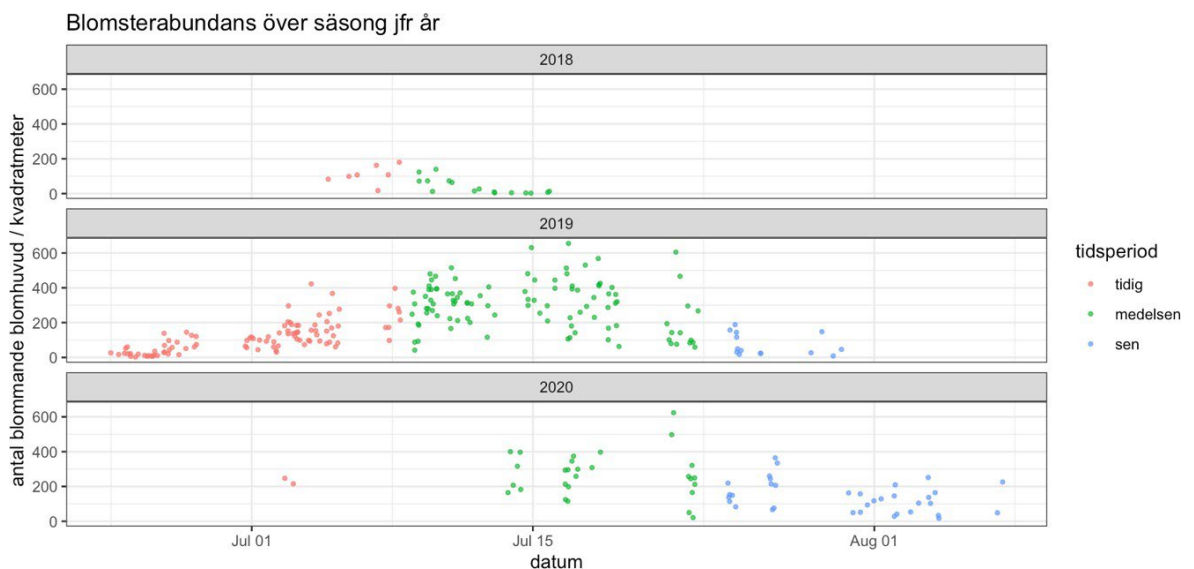
Vidare gjordes korrelation med tre faktorer där den tredje faktorn är tidsperioden och testet jämför sambanden i tidsperioder mot varandra; denna korrelation utfördes med en linjär modell i funktionen `emtrend`.

4. Resultat

Första delen av resultat som redovisas beskriver hur situationen ser ut vad gäller abundanser och frösättning, relativa abundanser samt den tidsbundna variationen för dessa variabler.

4.1 Förekomst av blomhuvuden och pollinatörer under säsongen

4.1.1 Blomsterabundans



Figur 6. Årsindelad säsongsväriation i medelvärde för antal blommande blomhuvud per besök, uppdelat årsvis. År 2018 gjordes inga besök efter 16 juli, varför året saknar besök under sen tidsperiod (blå punkter).

Blomsterabundans uppskattades som tidigare beskrivet genom att räkna antal blommande blomhuvud inom ramen av en $0,5 \times 0,5$ m inventeringsruta på tre olika representativa platser i transekten. Under ett besökstillfälle hos en lokal räknades antal blomhuvud på en total mätyta av $3 \times 0,25 \text{ m}^2 = 0,75 \text{ m}^2$ i transekt 1 & $3 \times 0,25 \text{ m}^2 = 0,75 \text{ m}^2$ i transekt 2. Värderna har omvandlats genom division med 0,75 för att kunna presenteras i enheten antal blommande blomhuvud / m^2 .

Figur 6 visar alla observationer för blomsterabundans uppdelat årsvis samt färgkodade efter tillhörd tidsperiod ”tidig”, ”medelsen” och ”sen”.

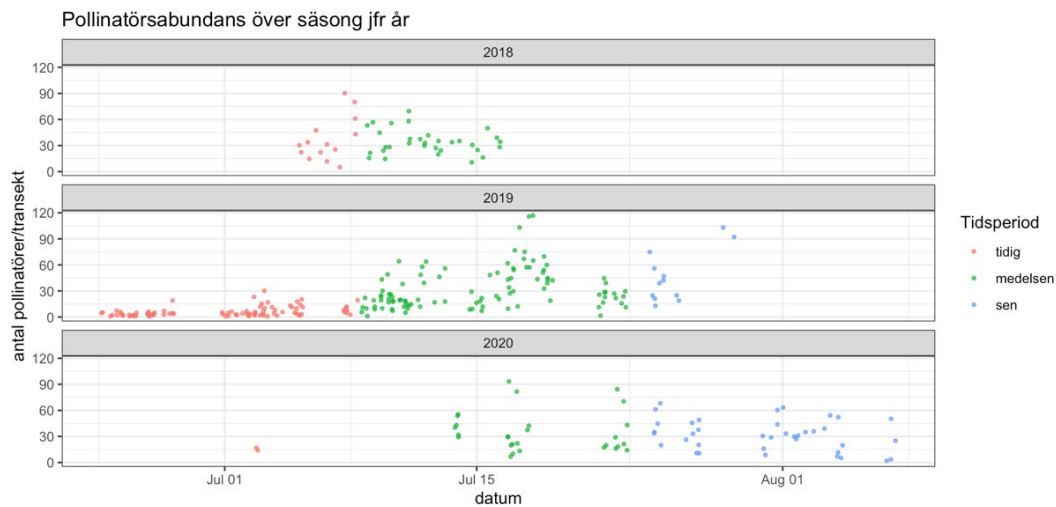
År 2018 gjordes totalt 23 observationer med högst uppmätta värde från 8 juli på 180 st blommande blomhuvud / m². Medelvärde för antal blommande blomhuvud / m² var 108 st under tidig tidsperiod (från 16 observationer) och 40,3 st under medelsen period (från 7 observationer). Under 2018 observerades 53,9% av årets blommande blomhuvud under tidig period & 46,1% under medelsen period.

Observera att inga observationer gjordes 2018 under sen tidsperiod eftersom sommaren var mycket varm och torr vilket resulterade i tidigare överblomning än väntat, detta rör alla besök och alla variabler och uppmärksammas därför inte vidare i resultatdelen.

År 2019 gjordes totalt 212 observationer med högst uppmätta värde från 17 juli på 654,7 st blommande blomhuvud / m². Medelvärde för antal blommande blomhuvud / m² var 115,3 st under tidig tidsperiod (från 96 observationer), 302,2 st under medelsen period (från 102 observationer) och 72,9 st under sen period (från 14 observationer). Under 2019 observerades 25,8% av årets blommande blomhuvud under tidig period, 71,8% under medelsen period & 2,4% under sen period.

År 2020 gjordes totalt 65 observationer med högst uppmätta värde från 22 juli på 624 st blommande blomhuvud / m². Medelvärde för antal blommande blomhuvud / m² var 230,7 st under tidig period (från 2 observationer), 269 st under medelsen period (från 28 observationer) och 141,3 st under sen period (från 35 observationer). Under 2020 observerades 3,6% av årets blommande blomhuvud under tidig period, 58,2% under medelsen period & 38,2% under sen period.

4.1.2 Pollinatörsabundans och fördelning



Figur 7. Årsindelad säsongsvariation i medelvärde för antal observerade pollinatörer i aktiv pollination (flygande individer ej räknade), per besök. År 2018 gjordes inga besök efter 16 juli, varför året saknar besök under sen tidsperiod.

Pollinatörsabundans uppskattades som tidigare beskrivet genom att räkna totalt antal insekter i aktiv pollination; befinnande sig antingen i eller på blomman, under 5 minuter och längs med hela transekten. Uppmätt värde kan därför uttryckas som antal pollinatörer / tidsenhet 5 minuter, eller antal pollinatörer / stickprov i transekt, eftersom utförande person omöjligt kan uppskatta det totala antal insekter i aktiv pollination i ett givet ögonblick. För enkelhetens skull uttrycks härnäst både antal blommor & pollinatörer i enheten antal/transekt, men läsaren ombeds uppmärksamma att värden är medelvärden av stickprov som utförs på olika sätt baserat på vad som är praktiskt utförbart.

Figur 7 visar alla observationer för pollinatörsabundans uppdelat årsvis samt färgkodade efter tillhörd tidsperiod ”tidig”, ”medelsen” och ”sen”.

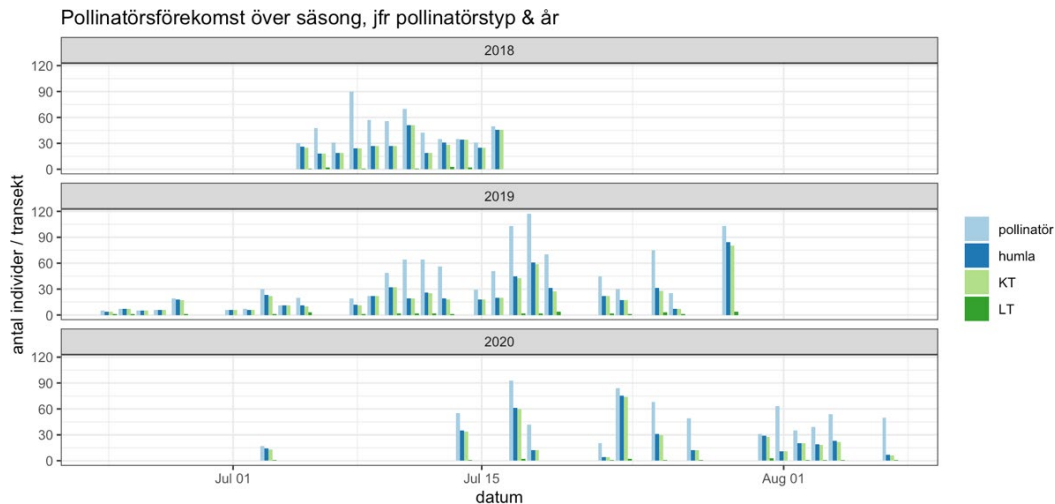
År 2018 gjordes totalt 46 observationer med högst uppmätt värde från 8 juli på 90 st pollinatörer / transekt. Medelvärde för antal pollinatörer / transekt var 37 st under tidig period (från 14 observationer) och 34,1 st under medelsen period (från 32 observationer).

År 2019 gjordes totalt 202 observationer med högst uppmätt värde från 18 juli på 426 st pollinatörer / transekt. Medelvärde för antal pollinatörer / transekt var 6 st under tidig period (från 87 observationer), 32 st under medelsen period (från 103 observationer) och 46,4 st under sen period (från 12 observationer).

År 2020 gjordes totalt 68 observationer med högst uppmätt värde från 17 juli på 194 st pollinatörer / transekt. Medelvärde för antal pollinatörer / transekt var 15,5 st under tidig period (från 2 observationer), 35,4 st under medelsen period (från 28 observationer) och 31,9 st under sen period (från 38 observationer).

För alla tre år sammanslaget observerades 13,1% av alla pollinatörer under tidig period, 65,4% under medelsen period och 21,5% under sen period.

Pollinatörsfördelning



Figur 8. Årsindelad säsongsvariation i totalt antal observerade pollinatörer i aktiv pollination (pollinatör), antal utav dessa som tillhör släktet *Bombus*, (humla) samt utav dessa antal korttungade humlor (KT) och antal långtungade humlor (LT).

Eftersom pollinatörer räknades enligt arttillhörighet kunde en kategoriserad bild (Figur 8) av fördelningen ställas upp visande andelar tillhörande de olika kategorierna. Majoriteten av humlorna är och andelen långtungade humlor är mycket liten (Figur 8). Dessutom visar höjdskillnaden mellan ljusblå stapel (antal pollinatörer) och mörkblå stapel (antal humlor) hur stor andel av pollinatörer som utgörs av andra insekter än humlor. Absolut majoritet av dessa utgjordes av honungsbin.

För år 2018 utgjorde humlor sammanlagt 63,5% av totalt antal pollinatörer och proportion humlor för tidsperioderna var 46,5% under tidig period och 71,5% under medelsen period.

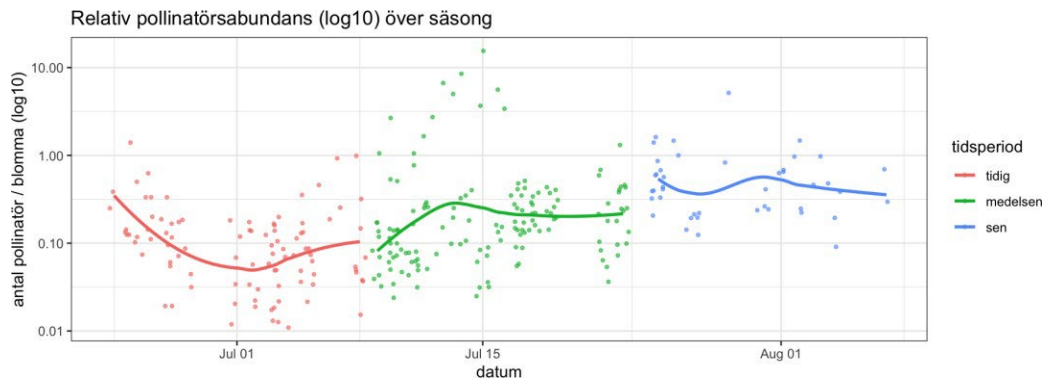
För år 2019 utgjorde humlor sammanlagt 50,5% av totalt antal pollinatörer och proportion humlor för tidsperioderna var 82,8% under tidig period, 45,5% under medelsen period & 49,9% under sen period.

För år 2020 utgjorde humlor sammanlagt 45,9% av totalt antal pollinatörer och proportion humlor för tidsperioderna var 83,9% under tidig period, 54,2% under medelsen period och 38,2% under sen period.

Proportion humlor för alla tre år sammanslaget var 64,5% under tidig period, 52,4% under medelsen period och 41,9% under sen period.

4.2 Relativa abundanser & frösättningsgrad under säsongen

4.2.1 Relativ pollinatörsabundans



Figur 9. Säsongsvariation i medelvärde för antal observerade pollinatörer (i aktiv pollination) per blommande blomhuvud & besök. Relativ pollinatörsabundans i logaritmisk skala. Sammanslagna data från år 2018 – 2020.

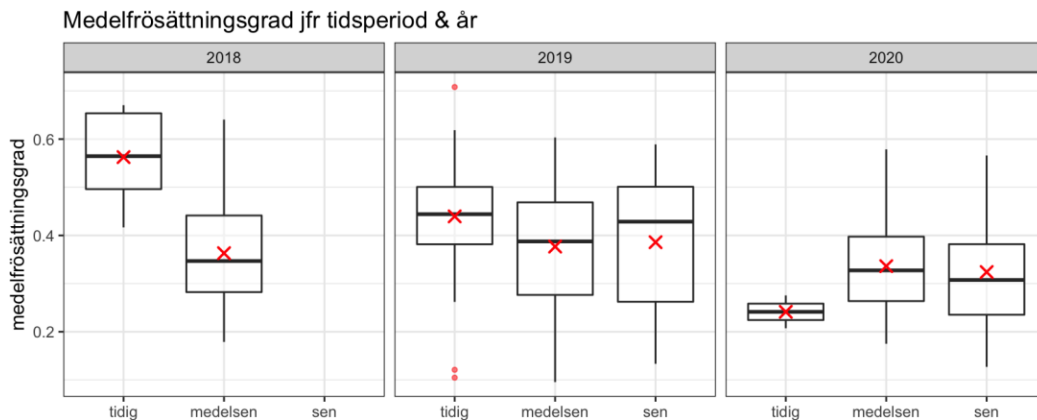
Den relativa pollinatörsabundansen förklarar antal observerade pollinatörer per observerat blommande blomhuvud för att kunna beskriva de två abundanserna i en och samma logiska enhet, trots att beräkningen av de båda skett på olika sätt.

Figur 9 visar variation med trendlinjer för den relativa pollinatörsabundansen över säsongen med log10-transformering på y-axeln. Trendlinjerna visar en initial minskning under tidig period, med relativt stabilt stigande för medelsen period och en utplanande avslutning i sen period.

Under tidig period var medelvärdet för relativ pollinatörsabundans 0,14 st pollinatör / blommande blomhuvud (standardavvikelse 0,2), under medelsen period 0,57 st pollinatör / blommande blomhuvud (standardavvikelse 1,7) och under sen period 0,62 st pollinatör / blommande blomhuvud (standardavvikelse 0,78).

Över hela säsongen är standardavvikelsen högre än medeltalet och generellt medelvärde för alla tidsperioder sammanslagna är 0,43 st pollinatör / blommande blomhuvud, med standardavvikelse 1,25.

4.2.2 Frösättningsgrad – ”relativ pollinationseffektivitet”



Figur 10. Boxplot visande årsindelad variation i medelfrösättningsgrad mellan tidsperioder tidig, medelsen & sen. Medelvärde utmärkt med rött kryss. År 2018 gjordes inga besök efter 16 juli, varför ingen box för sen tidsperiod visas.

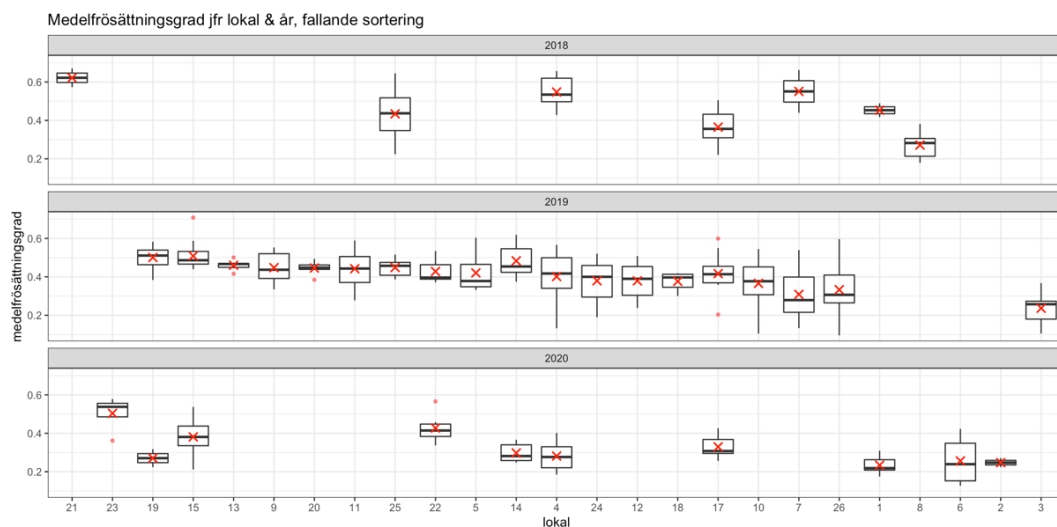
Frösättningsgraden visar hur stor andel av ett blomhuvuds småblommor som pollineras och sätter frö, och kan därför beskrivas som effektiviteten för pollinering relativt till blommorna. En frösättningsgrad på 0,5 innebär att 50% av blommorna på ett blomhuvad sätter frön. I studien är varje observation ett medelvärde för frösättningsgrad från ett besökstillfälle och lokal vilket uträknats från 12 st blomhuvad; 3 blomhuvad insamlade från vardera av två platser i fältets två transekter.

År 2018 uppmättes under tidig period en medelfrösättningsgrad på 56,2% (stdav 9,4%) och under medelsen period en medelfrösättningsgrad på 36,3% (stdav 12,4%).

År 2019 gavs under tidig period en medelfrösättningsgrad på 44,0% (stdav 9,6%), under medelsen period en medelfrösättningsgrad på 37,7% (stdav 12,7%) och under sen period en medelfrösättningsgrad på 38,6% (stdav 10,4%).

År 2020 gavs under tidig period en medelfrösättningsgrad på 24,1% (stdav 4,8%), under medelsen period en medelfrösättningsgrad på 33,6% (stdav 10,4%) och under sen period en medelfrösättningsgrad på 32,4% (stdav 11,9%).

Årsindelad gavs medelfrösättningsgrad på 41,3% för hela säsongen 2018 (stdav 14,9%), 40,7% för hela säsongen 2019 (stdav 11,8%) och 32,6% för hela säsongen 2020 (stdav 11,1%).

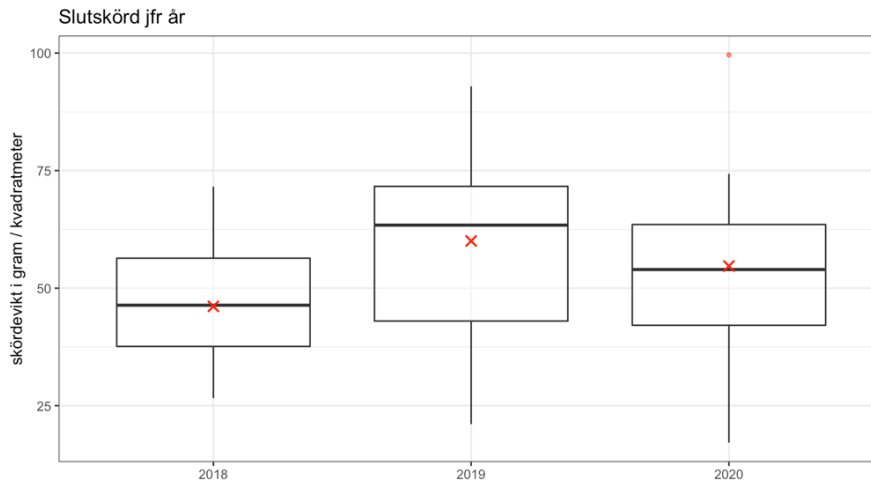


Figur 11. Årsindelad boxplot visande medelfrösättningsgrad för samtliga 26 st besökta lokaler, sorterad i fallande ordning. Medelvärden utmärkta med rött kryss.

Figur 11 visar medelfrösättningsgrad från varje lokal och år, och sorteras i fallande ordning (baserat på alla tre år sammanslagna). Då de flesta lokaler endast medverkat ett eller två år bör jämföranden mellan lokaler göras försiktigt. Den högsta medelfrösättningsgrad för alla år uppmättes år 2018 hos lokal nr 21 och var 62,2%. Högst medelfrösättningsgrad 2019 uppmättes hos lokal nr 15 och var 50,9%, och högsta medelfrösättningsgrad 2020 uppmättes hos lokal nr 23 och var 50,3%.

Från figur 10 & 11 kan ses att medelfrösättningen varierat kraftigt mellan åren samt mellan lokaler och att standardavvikelsen för frösättningen överskred 10% alla tre år.

4.3 Slutskörd

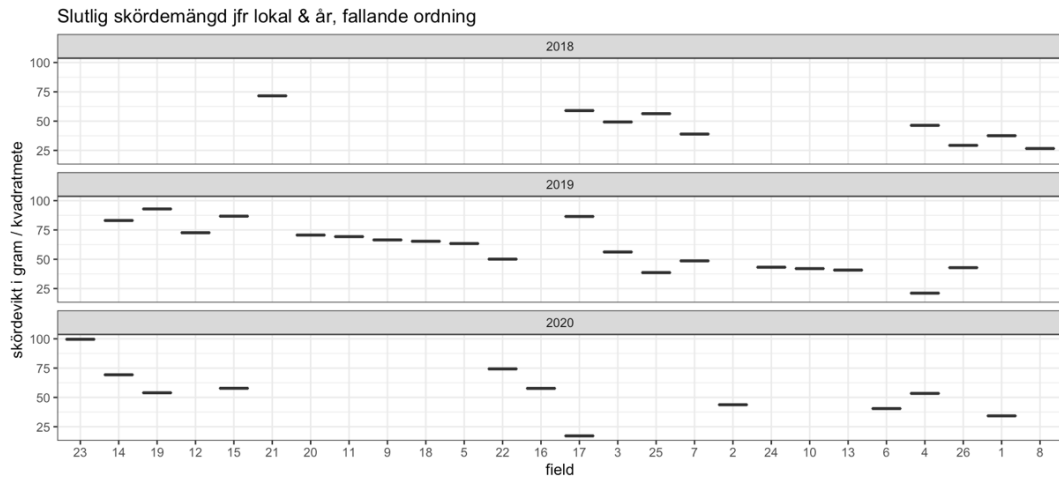


Figur 12. Boxplot över medelvärden för slutlig skördemängd (tröskad vikt i gram) för år 2018 – 2020.

Skörden genomfördes vid ett tillfälle per lokal och år med hjälp av samma 0,5 × 0,5 m inventeringsruta som använts vid mätning av blomningsfrekvens. Inventeringsrutan placerades även här på representativa ställen längs transekten, och allt material inom rutan klipptes ned och samlades ihop innan det skickades till tröskning och vägning.

Slutskörd presenteras med årliga medelvärden för tröskad frösvikt i gram / m². Högst årlig medelskörd gavs år 2019 med medelvärde 60,0 gr / m² (stdav 19,7), därefter år 2020 med 54,7 gr / m² (stdav 21,9) och lägst medelskörd på 46,1 gr / m² år 2018 (stdav 14,6) (Figur 12).

Den högst uppmätta medelskörden för en enskild lokal fanns hos lokal 23 under 2020, med skördevikt på 99,6 gr / m². I figur 13 presenteras samtliga lokalers medelskördevikt, uppdelat efter år och sorterat i fallande ordning (baserat på alla tre år sammanslagna).



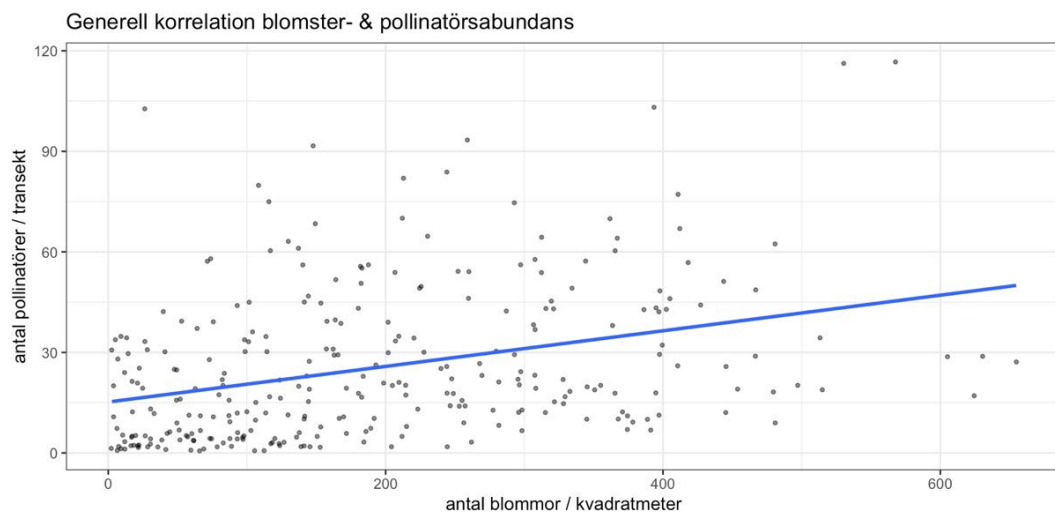
Figur 13. Årsindelad plot visande skördemängd (tröskad vikt i gram / m²) för samtliga 26 st besökta lokaler, sorterad i fallande ordning.

4.4 Enkla samband, två faktorer

Detta stycke beskriver resultat av samband undersökta mellan faktorer, både generellt täckande hela säsongen och uppdelat i de tre tidsperioder använda i studien.

4.4.1 Blomsterabundans och pollinatörsabundans

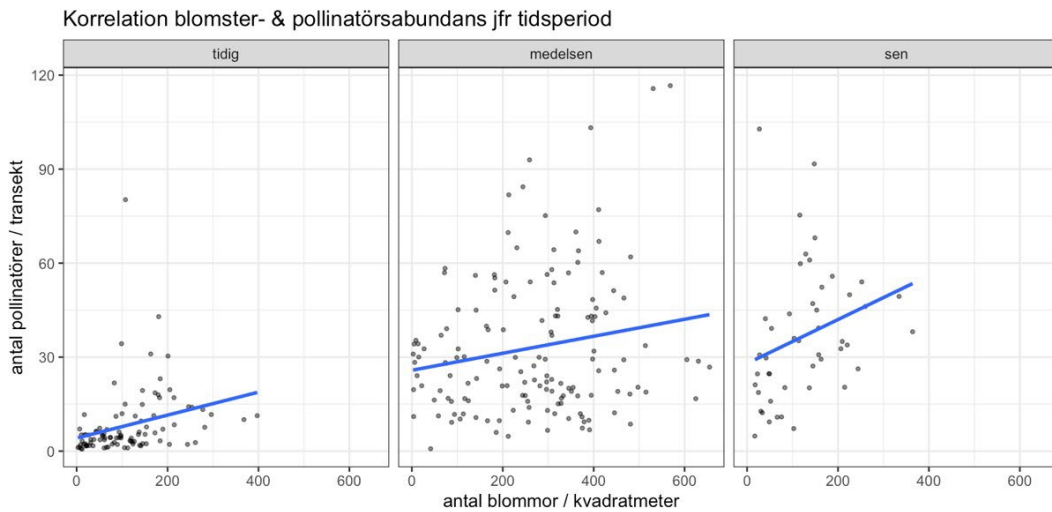
Generellt samband för hela odlings säsongen



Figur 14. Positivt signifikant samband mellan blomster- & pollinatörsabundans. Pearsons $r = 0.24$, $df = 324$, $p = 7.648e-06^{***}$

Studien visade på signifikant positivt samband mellan antal blommor och pollinatörer generellt över hela säsongen. Ju fler blommande blomhuvud leder till fler pollinatörer på fälten. I graf med alla observationer finns positiv trendlinje, dessutom kan ses att spridningen runt trendlinjen ökar ju högre antal blommor & pollinatörer (Figur 14).

Jämförande av samband mellan säsongens tidsperioder



Figur 15. Variation i samband mellan blomster- & pollinatörsabundans mellan tidig, medelsen och sen period. Sen period visar signifikant positivt samband; Pearsons $r = 0.31$, $df = 48$, $p = 0.029^*$. Tidig period visar positiv trend; $p = 0.065$, medelsen period visar inget samband.

Vid djupare analys av samband mellan blomster- och pollinatörsabundans framgår det i figur 15 att trendlinje för sambandet är positiv under samtliga perioder men att spridningen runt linjen varierar stort mellan tidig period och övriga.

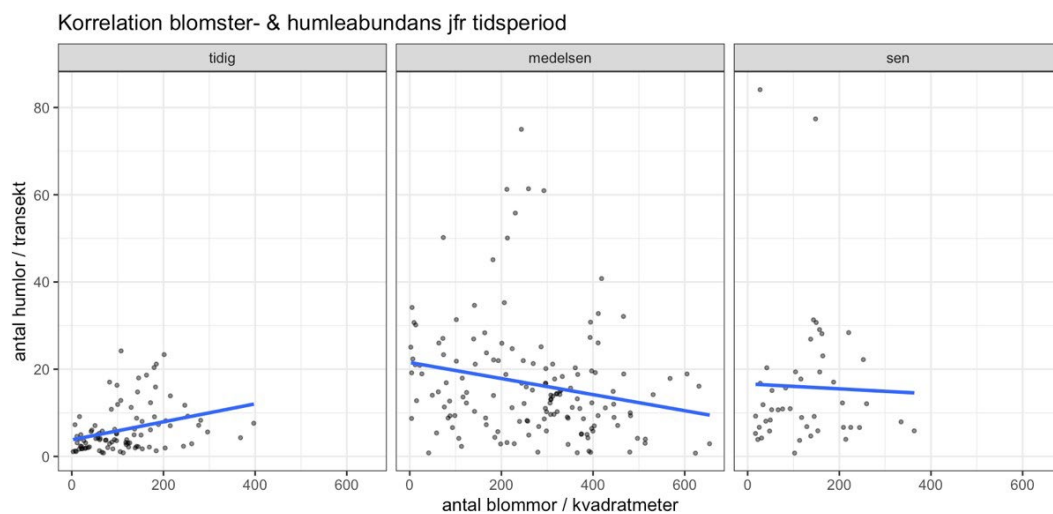
I denna uppdelade korrelation kunde bara sambandet bevisas med statistisk signifikans under sen tidsperiod, men under tidig period fanns en positiv trend till samband. Medelsen period visar inget samband mellan antal blommor och antal pollinatörer.

Här ställdes också tidsperioderna mot varandra vilket inte visade några skillnader mellan någon/några av tidsperioderna, likheterna kan också ses illustrerat i figur 15 då alla trendlinjer är positiva.

4.4.2 Blomsterabundans och humleabundans

Samband mellan abundans av humlor (inräknat alla tunglängder) och blomsterabundans testades och visade inget generellt samband för hela säsongen (Pearsons $r = -0.047$, $df = 324$, $p = 0.394$).

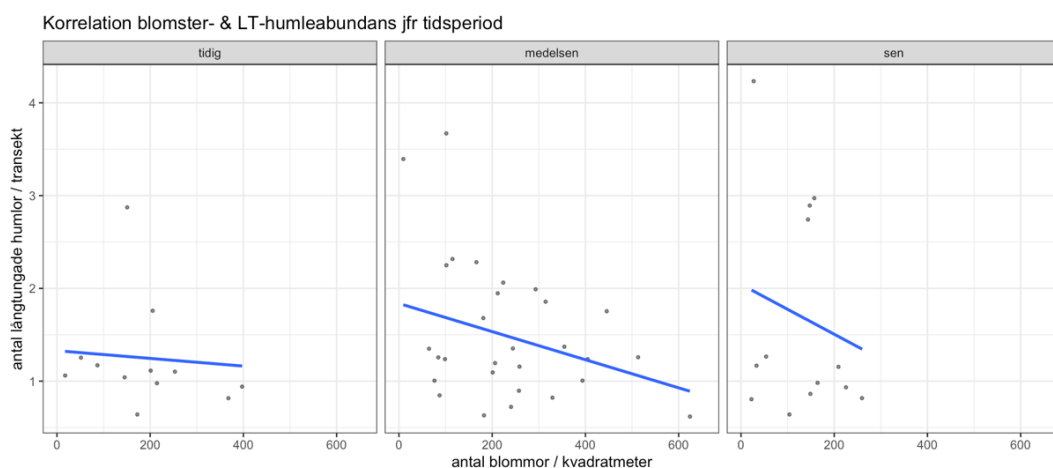
I uppdelad säsong kunde dock signifikant positivt samband visas under tidig period, samt signifikant negativt samband under medelsen period (Figur 16).



Figur 16. Variation i samband mellan blomster- & humleabundans (antal individer av *Bombus*-arter) mellan tidig, medelsen och sen period. Tidig period visar signifikant positivt samband; Pearsons $r = 0.26$, $df = 111$, $p = 0.0057^{**}$ och medelsen period visar signifikant negativt samband; Pearsons $r = -0.47$, $df = 161$, $p = 2.517e-10^{***}$.

För sen period fanns inget samband mellan blomster- och humleabundans, och i jämförelse med varandra fanns signifikant skillnad (***) i samband mellan medelsen period och de båda övriga.

Av totalt observerade humlor är inom denna studie 98% korttungade, och endast 2% av långtungade arter. I de olika tidsperioderna varierar andelen långtungade med 2,7% under tidig period, 1,6% under medelsen period och 3,0% under sen period. Långtungade humlor och antal blommor har inget positivt samband i denna studie utan trenden visar snarare att det blir färre LT-humlor ju fler blommor som finns.



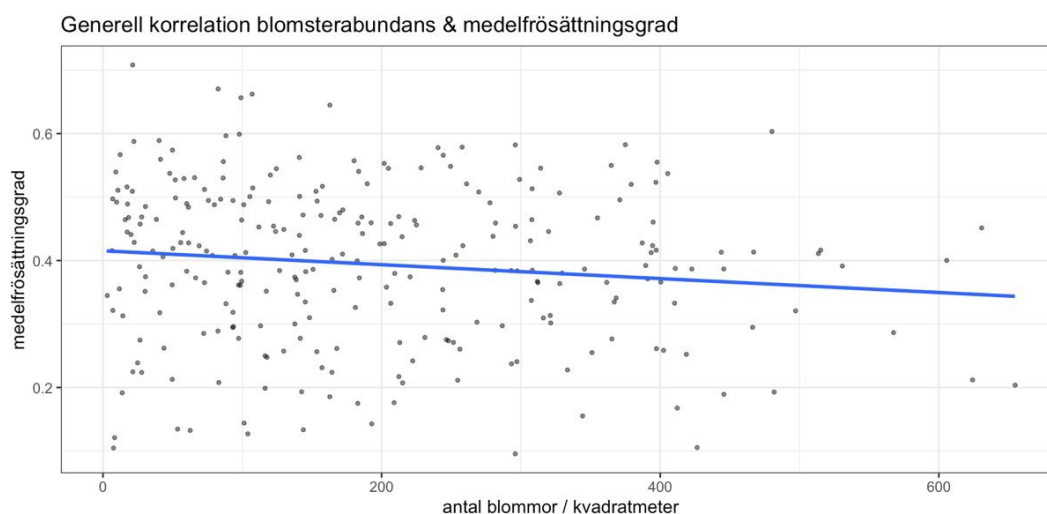
Figur 17. Variation i samband mellan blomster- & LT-humleabundans (antal individer av långtungade *Bombus*-arter) mellan tidsperioder. Tidig period visar signifikant negativt samband; Pearsons $r = -0.43$, $df = 44$, $p = 0.0032^{**}$, medelsen period också signifikant samband; Pearsons

$r = -0.49$, $df = 87$, $p = 1.143e-06^{***}$. Under sen period finns inget signifikant samband. I jämförelse mellan tidsperioder finns signifikant skillnad (**) mellan samband under medelsen period och övriga två.

Figur 17 visar hur alla tidsperioder tyder på negativa samband eller trender mellan LT-humleabundans och blomsterabundans, tidig period har gett signifikant negativt samband och likaså medelsen period. Endast sen period kan inte visa statistiskt signifikant samband mellan LT-humlor och antal blommor då spridningen är mycket stor.

Jämförelse mellan de olika perioderna visade, likt med generell humleabundans signifikant skillnad mellan sambanden under medelsen period och övriga två ($p \leq 0.1$).

4.4.3 Blomsterabundans och frösättningsgrad



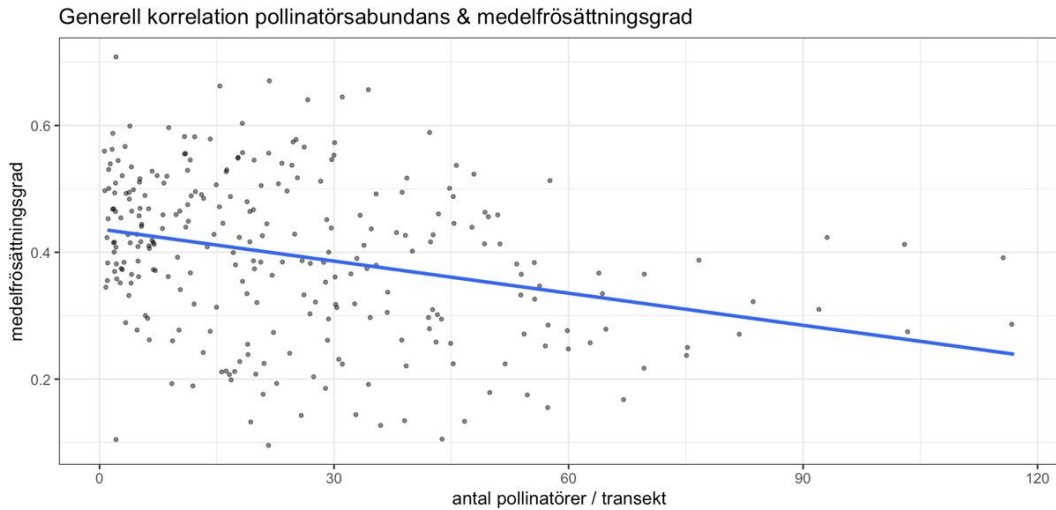
Figur 18. Negativt signifikant samband mellan blomsterabundans & frösättningsgrad. Pearsons $r = -0.14$, $df = 296$, $p = 0.01299^*$

Medelfrösättningsgrad inom denna studie innebar som tidigare nämnt hur stor andel av småblommor på ett blomhuvud som blivit pollinerade och satt frö, och uträknades för vart besök som medelvärde av frösättningsgraden för 12 st blomhuvud insamlade på ett fält från två transekter.

Figur 18 visar plot med trendlinje för samband mellan blomsterabundans och medelfrösättningsgrad. Detta samband är negativt och statistiskt signifikant (Pearsons $r = -0.14$, $df = 296$, $p = 0.013^*$). Resultatet visar att fler blommande blomhuvud på fältet inte leder till högre pollinationsgrad trots att fler blommor visat sig sammanfalla med fler pollinatörer.

4.4.4 Pollinatörsabundans och frösättningsgrad

Generellt samband för hela odlingsäsongen

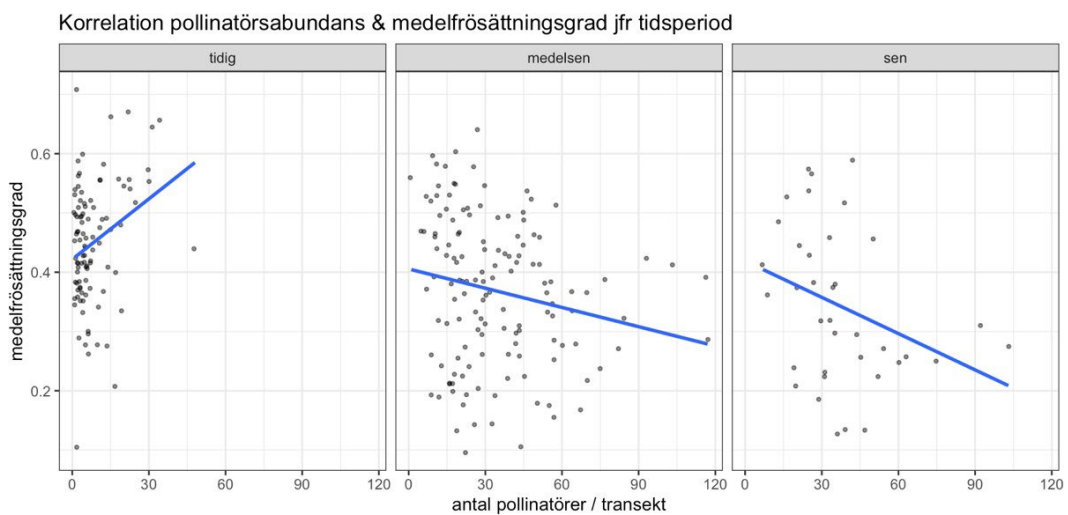


Figur 19. Negativt signifikant samband mellan pollinatörsabundans & frösättningsgrad. Pearsons $r = -0.39$, $df = 296$, $p = 2.147e12^{***}$

Pollinatörsabundans uppmätt som antal aktiva pollinatörer per transekt och medelfrösättningsgrad visar signifikant negativ korrelation (Pearsons $r = -0.39$, $df = 296$, $p = 2.15e12^{***}$) (Figur 19).

Då detta samband överspänner hela säsongen säger det inte något om när avgörande pollinering sker, varför sambandet också testas uppdelat enligt tidsperioder (Figur 20).

Jämförande av samband mellan säsongens tidsperioder



Figur 20. Variation i samband mellan pollinatörsabundans & frösättningsgrad mellan tidig, medelsen och sen period.

Pollinatörsabundans mot medelfrösättningsgrad i uppdelade tidsperioder ger en mer nyanserad bild över säsongen med ett tydligt signifikant positivt samband under tidig period (Pearsons $r = 0.43$, $df = 107$, $p = 3.763e-06^{***}$), som sedan övergår mot negativ trend (inget signifikant samband) under medelsen period och till sist under sen period visar signifikant negativt samband (Pearsons $r = -0.50$, $df = 42$, $p = 0.000587^{***}$) (Figur 20).

Figur 20 liknar figur 16 för samband mellan humleabundans & blomsterabundans i och med att båda sambanden följer ett mönster av att säsongen börjar med positiv korrelation vilket i andra halvan av säsongen övergår till negativ.

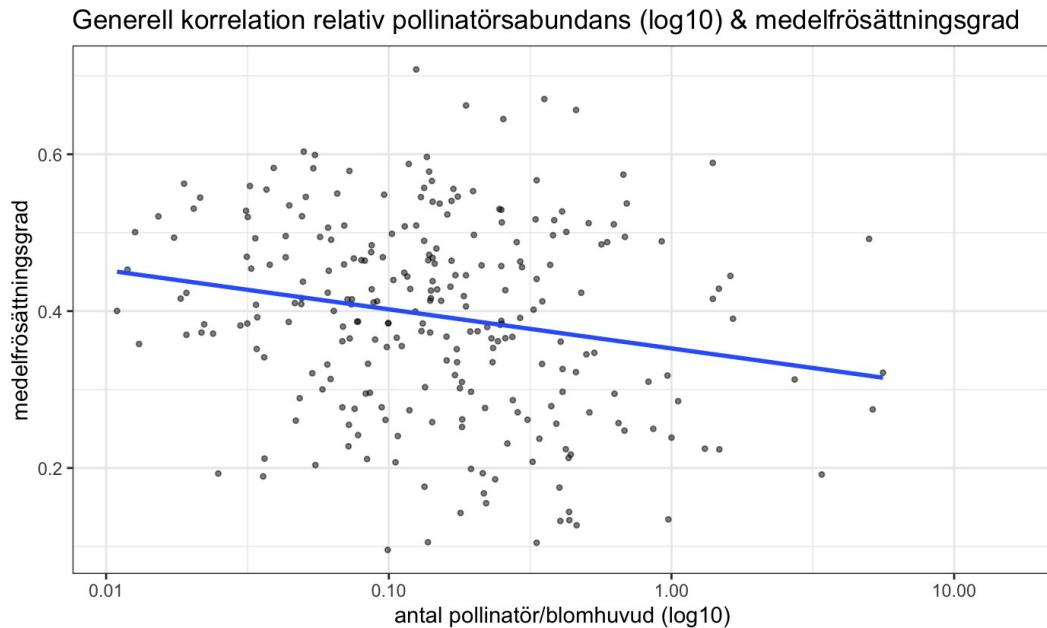
Då sambanden för pollinatörsabundans och medelfrösättning för de olika tidsperioder testas mot varandra bekräftas att sambandet under tidig period skiljer sig signifikant (***) från sambanden under medelsen respektive sen period.

Dessutom finns trots att det under medelsen period inte finns något signifikant samband en tydlig trend i jämförande mellan tidsperioder som tyder på att sambandet under sen period skiljer sig från det under medelsen period ($p = 0.054$).

Detta säger att fler pollinatörer under sen period troligtvis leder till ännu lägre pollinationsgrad än under medelsen period.

4.4.5 Relativ pollinatörsabundans & frösättningsgrad

Generellt samband för hela odlings säsongen



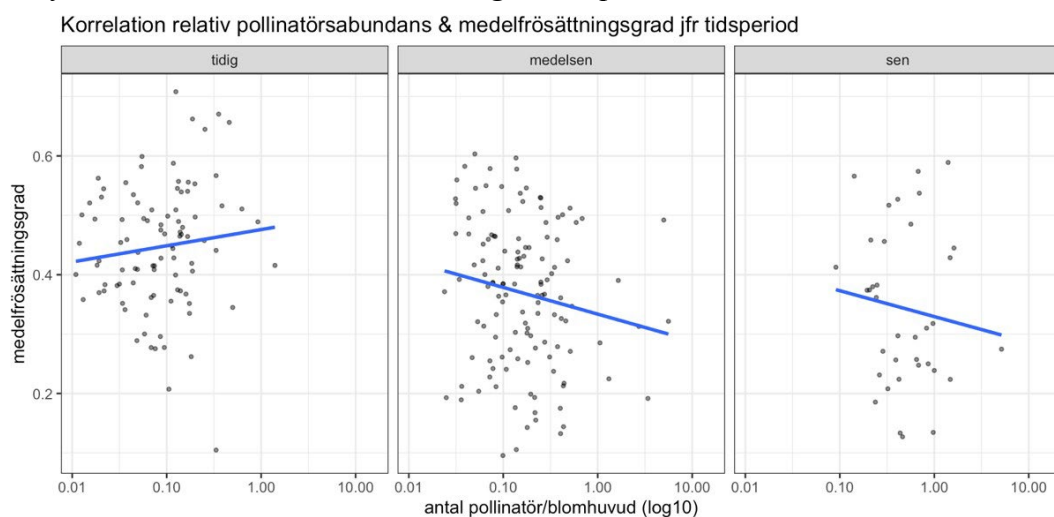
Figur 21. Negativt signifikant samband mellan relativ pollinatörsabundans (antal pollinatörer per blommande blomhuvud) & frösättningsgrad. Relativ pollinatörsabundans i logaritmisk skala. Pearsons $r = -0.15$, $df = 296$, $p = 0.009607^{**}$

Medelfrösättningsgrad utgår från ett blomhuvud, och beskriver därför pollinationen i relation till blomman, och den relativa pollinatörsabundansen beskriver på liknande sätt antal pollinatörer i relation till antal blommor; eller uträknat antal observerade pollinatörer per ett observerat blommande blomhuvud.

Resultatet här visar att fler pollinatörer per blomhuvud innebär en sämre frösättningsgrad. Då tidigare samband säger att antal pollinatörer korrelerar positivt med antal blommor samt att antal blommor & pollinatörer korrelerar negativt med frösättningsgraden överensstämmer detta samband; relativ pollinatörsabundans och frösättning samt stödjer negativt sambandet mellan dessa.

Likt tidigare samband testas detta uppdelat i de tre tidsperioderna (Figur 22).

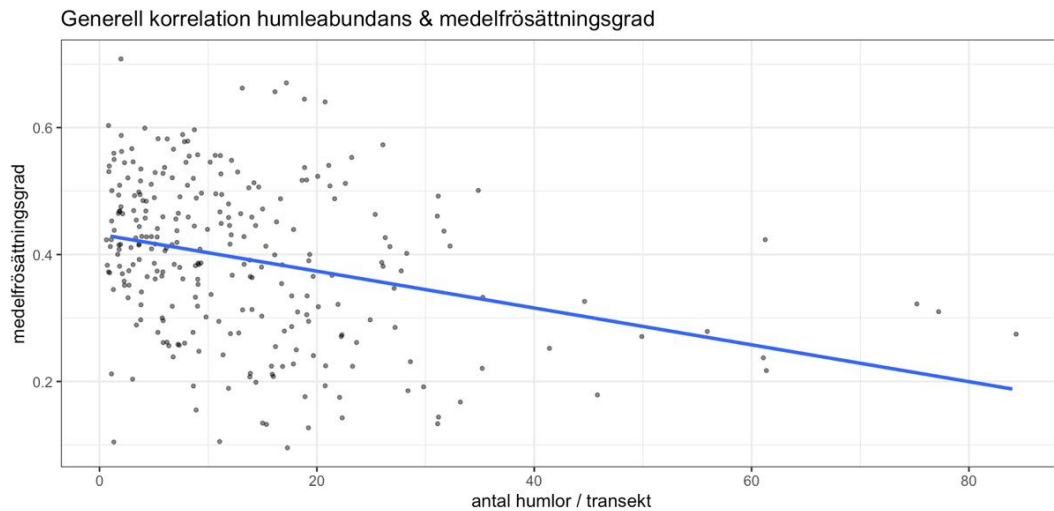
Jämförande av samband mellan säsongens tidsperioder



Figur 22. Variation i samband mellan relativ pollinatörsabundans (antal pollinatörer per blommande blomhuvud) & frösettningsgrad mellan tidig, medelsen och sen period.

Trendlinjerna följer även här mönster med en positiv start på säsongen som sedan övergår till negativ i medelsen och sen period. Statistiskt är endast sambandet mellan relativ pollinatörsabundans & medelfrösettningsgrad under tidig period signifikant (Pearsons $r = 0.24$, $df = 107$, $p = 0.01272^*$), då spridningen under medelsen & sen period är för stor för att ge signifikanta negativa samband. Brist på signifikans under medelsen & sen period leder också till att ingen signifikant skillnad mellan de olika tidsperioderna kan fastställas för denna faktor.

4.4.6 Humleabundans och frösättningsgrad

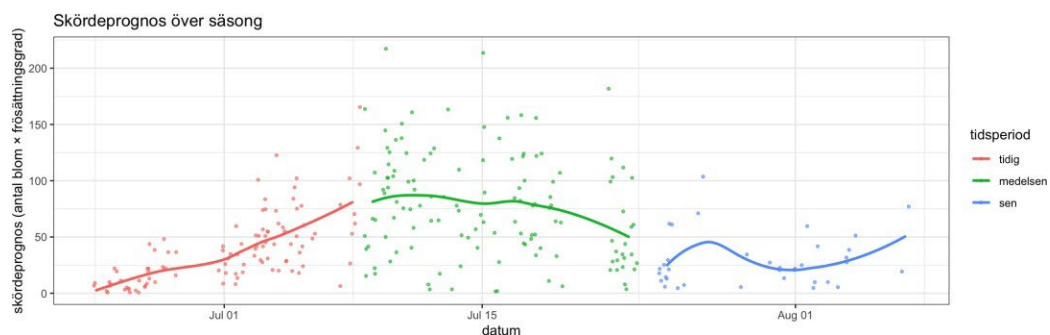


Figur 23. Negativt signifikant samband mellan humleabundans (antal pollinatörer av *Bombus*-arter) & frösättningsgrad. Pearsons $r = -0.37$, $df = 296$, $p = 2.886e-11^{***}$

Då det ofta föreslagits att humlor vore den mest avgörande pollinatören i rödklöver testades specifikt humleabundans mot medelfrösättning, detta innefattar både LT- & KT-humlor. På samma sätt som med generell pollinatörsabundans är detta samband signifikant och negativt (Pearsons $r = -0.37$, $df = 296$, $p = 2.886e-11^{***}$) (Figur 23). Resultatet visar att fler humlor i fälten inte leder till ökad pollinationsgrad.

4.5 Skördeprognos (medelfrösättning x antal blommande blomhuvud)

Ögonblicksbild över säsongsvariation



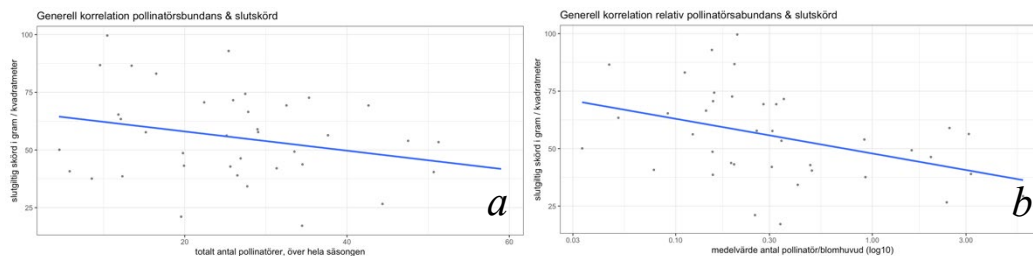
Figur 24. Säsongsvariation i medelvärden för skördeprognos (medelfrösättningsgrad \times antal blommande blomhuvud). Sammanslagna data från år 2018 – 2020.

Ett sätt att uppskatta förväntad skörd ställdes upp för att kunna utvärdera våra pollinationsfaktorer och dess överensstämmande med den faktiska skörden. Notera

att förväntad skörd är en faktor och inte en uppskattad vikt, baserad på antal blommande blommhuvud / m² multiplicerat med frösättningsgraden. Med ord kan det beskrivas som hur mycket frön som förväntas / m² baserat på antalet blommhuvuden om alla blommhuvud sätter frö enligt uppmätt frösättningsgrad.

Faktorn kan ses som aningen abstrakt och behöver ej fördjupas i mer än att det är ett mått som i figur 24 visar om vi förväntar oss högre eller lägre skörd vid givet tillfälle på säsongen. Figur 24 visar tid över säsongen på x-axeln och skördeprognos på y-axeln och observationer är plottade med trendlinjer i färgkod för de tre tidsperioderna. Under tidig period sker en stadig ökning av skördeprognos och verkar kulminera i övergången mellan tidig och medelsen period, varpå det sedan sjunker med en eventuell andra mindre ökning i början på sen period. Enligt detta kan man förvänta sig att mest pollinering som leder till frö sker under medelsen period.

4.5.1 Pollinatörsabundans & relativ pollinatörsabundans mot slutskörd



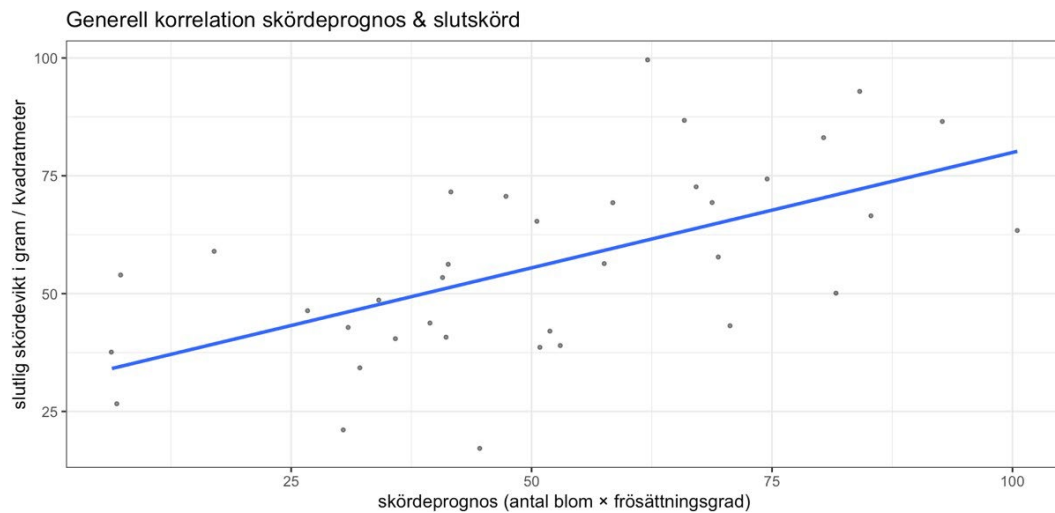
Figur 25. a & b. Ej signifikant samband mellan pollinatörsabundans och skördevikt / m² (a), signifikant samband mellan relativ pollinatörsabundans (antal individer per blommande blommhuvud) och skördevikt / m² (b).

Pollinatörsabundans och relativ pollinatörsabundans testades mot slutlig skördevikt för att se om samband finns som kan förklara eller motförklara resultat för samband mellan pollinatörer och medelfrösättning. Figur 25 a) visar total pollinatörsabundans på x-axeln och skördevikt i gram / m² på y-axeln, med trendlinje som visar på negativ trend utan signifikant samband ($p = 0.08303$). Likaså i figur 25 b) visas relativ pollinatörsabundans på x-axeln och skördevikt i gram / m² på y-axeln men här är det negativa sambandet statistiskt signifikant (Pearsons $r = -0.35$, $df = 37$, $p = 0.02972$).

Resultatet visar att i denna studie har ett högre antal pollinatörer per blommande blommhuvud korrelerar med lägre skördevikt per kvadratmeter, men inte med säkerhet att ett högre *absolut antal* pollinatörer korrelerar med lägre skördevikt per kvadratmeter.

4.5.2 Samband mellan skördeprognos och slutlig skörd

Generellt samband för hela odlingssäsongen



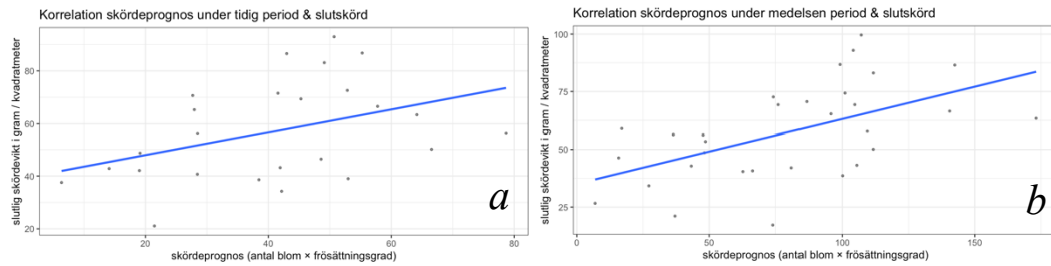
Figur 26. Positivt signifikant samband mellan skördeprognos (medelfrösättningsgrad × antal blommande blomhuvud) & slutligt skördemängd (tröskad vikt i gram).

Faktor skördeprognos; tidigare beskriven, är generellt starkt korrelerad med skördeväkt (Pearsons $r = 0.59$, $df = 34$, $p = 0.0001374***$) (Figur 26). Eftersom skörd endast sker ett tillfälle om året kan inte skördeväkt efter de olika perioderna jämföras, då pollinatörernas arbete över hela säsongen bidrar till den totala pollination & fröbildningen. Det vi vill kunna undersöka är i vilken utsträckning det bidrar under olika tidsperioder, om det finns något som säger att en viss tids pollinatörsaktivitet har större inverkan på slutskörden än en annan, och tvärtom om någon tidsperiod på säsongen är oviktig eller negativ för pollinationen & fröbildningen.

För att undersöka detta ställdes skördeprognosen under de olika tidsperioderna mot slutskörden och sambandets styrka jämfördes. Observera återigen att endast skördeprognosen är tidsuppdelad och alla perioder jämförs mot den totala årliga skördevikten.

I figur 26 a) & 26 b) nedan ses de separata korrelationerna med slutskörd och skördeprognos för tidig period (a) och medelsen period (b). Båda perioder visar på signifikanta samband.

Jämförande av samband mellan skördeprognos för tidsperiod och slutskörd



Figur 27. a & b. Variation i samband mellan skördeprognos (medelfrösättningsgrad × antal blommande blomhuvud) för tidig (a) respektive medelsen (b) tidsperiod & slutlig skördemängd (tröskad vikt i gram).

Enligt figur 26 a) & b) är trendlinjer för de två sambanden mycket lika, vilket säger att skördeprognoserna som fastställs under tidig respektive medelsen period båda överensstämmer med den slutliga skördevikten (a: Pearsons $r = 0.41$, $df = 23$, $p = 0.04334$, b: Pearsons $r = 0.54$, $df = 29$, $p = 0.001621$).

Här testades också skördeprognosen för sen period mot slutskörden, där inget samband fanns.

5. Diskussion

5.1 Om ögonblicksbild av abundanser

Tre års fältstudier har resulterat i omfattande data från 26 gårdar. Till skillnad från kontrollerade växthusförsök där stor del av faktorer är styrda, är fältförsök oförutsägbara och kan innebära en hög variation som är oidentifierbar. Väder, skilda odlingsförhållanden mellan gårdar och olika antal besök samt tid mellan besök till lokalerna har givit stor variation, vilken kan försvåra tolkning av resultaten. Inom GG-projektet har metoderna dessutom utvecklats allt eftersom och i olika steg har avvikelser i utförande, använda mätenheter och sätt att räkna uppmärksammats och behövt åtgärdas för att få jämförbara resultat. Denna typ av utveckling under arbetets gång kan också påverka möjlighet att tolka och jämföra resultaten korrekt.

Första året 2018 var det varmaste och torraste inte bara för oss utan självklart också för rödklövern, vilket gav konsekvensen att säsongen var över tidigare än förväntat med flera fält i majoritet överblommade redan 12 juli.

I figur 5, årsindelad plot för blomsterabundans, verkar det som att för 2018 ligger toppen på säsongen just i övergång mellan tidig och medelsen period, jämfört med 2019 där toppen ser ut att ligga mer i mitten eller andra halvan av medelsen period, samtidigt som 2019 har avsevärt fler observationer än 2018; vilket kan försvåra rättvis jämförelse.

Däremot är figurer för blomsterabundans och pollinatörsabundans (figur 5 & 6) tacksamma att jämföra då de har tydliga likheter som stödjer kopplingen mellan de två abundanserna som i denna studie också kan stödjas med statistisk signifikans. Av tidigare forskning har trenden påtalats men statistisk säkerställning av sambandet inte kunnat fastställas (Brodde & Åkesson 2018; Rundlöf et al. 2014). Samtidigt utgör tolkning av olika studier tillsammans svårigheter då de undersökt olika faktorer med olika fokus och till viss grad på olika sätt. Frösättning i rödklöver är ett hett ämne att forska på där mycket ännu är okänt. Detta har lett till att forskning undersökt en bredd av faktorer samtidigt kunskap gällande vilka faktorer som styr eller har mest inverkan fortfarande saknas.

Då resultat presenteras inom detta ämne är det viktigt att förstå exakt vad som räknats / kontrollerats; exempelvis har tidigare examensarbete inom GG-projektet, skrivet vid SLU behandlat liknande frågeställningar men fokuserat endast på humlearter av pollinatörer; samt inte behandlat blomningsfrekvens överhuvudtaget utan sökt samband till frösättningsgrad direkt (Lindholm 2021). Annan forskning har också behandlat specifikt humlor och deras beroende av samt inverkan på blomsterlandskapet, där brist på samband mellan blomsterabundans & humleabundans (i studien uttryckta ”flower density” och ”bumble bee density”) gjorde forskarna förvånande, vilket säger att vi generellt *tror* att sambandet finns där fastän det ej kan bevisas i studier (Rundlöf et al. 2014).

Fördelning av lång- respektive korttungade humlor i denna studie visade 98% majoritet av korttungade humlor, vilket stämmer överens med tidigare studiers resultat (Goulson et al. 2005; Bommarco et al. 2012; Rundlöf et al. 2014).

Sammanslaget varierar den relativa pollinatorsabundansen över tidsperioderna, från 0,14 st pollinatör / blomhuvud under tidig period till 0,57 st under medelsen period och till sist 0,62 st under sen period, alltså bör det vara fler pollinatörer i förhållande till blommor i slutet av säsongen. Då de absoluta abundanser för både blomning och pollinatörer visar på högre antal i mitten av säsongen och något minskande under sen period är detta resultat intressant, och kan vara en följd av den ojämna spridningen för båda variabler eller så finns andra mekanismer styrande förhållandet mellan antal blommor och antal pollinatörer som ännu är okända.

5.2 Om samband

En grundläggande hypotes inom ämnet frågar om fler blommor lockar till sig och kan livnära fler pollinatörer; vilket denna studie kunnat påvisa med signifikans, då vi tittade på alla pollinatörer i stort. Tidigare studier som undersökt endast humlor (Rundlöf et al. 2014; Riggi 2020) hävdar att rödklöverodling har positivt inflytande på humlesamhällens välfärd, men har inte kunnat visa positiva signifikanta samband mellan humleabundans och rödklöverblomsterabundans.

Inte heller i denna studie visas något generellt samband mellan blomster- & humleabundans för hela säsongen, dock troligtvis eftersom de olika tidsperiodernas resultat motsäger varandra vilket visat sig i vår tidsuppdelade jämförelse (figur 16).

Här ser vi att högre antal blommor ger högre antal humlor under tidig period, där sambandet är positivt och signifikant, att trenden lutar mot negativt under medelsen period och att sambandet är signifikant negativt under sen period, vilket säger att fler blommor hänger ihop med lägre antal humlor under den tidsperioden.

Varför detta resultat uppkommit är svårt att säga; i Rundlöf m fl. arbete (2014) som undersökte hur massblommade rödklöver påverkar antal humledrottningar och drönare, föreslås att en inkonsekvent tillgång på föda och habitat på grund av våra metoder för ogräskontroll och borttagning av naturliga marker i anslutning till odlingsfält och dess timing med humlesamhällets livscykel kan resultera i suboptimal sexuell förökning; vilket sker under senare delen av säsongen.

Man kan spekulera i om blomsterabundansen som undersökts endast i klöverfälten verkligen är den bristande faktorn under sen tidsperiod, eller om den minskade humleabundansen är i större utsträckning orsakad av dålig timing mellan rödklöverns blomsterabundans och humlornas kritiska moment i sin livscykel.

I Sverige under senare del av odlingsssäsong; från midsommar och framåt, har bristande blomsterresurser i landskapet (utanför rödklöverkontext) visat sig vara den största begränsade faktorn för humleabundans (Persson & Smith 2013). Kanske detta övergripande samband gör inverkan på resultatet inom studien och får sambandet mellan blomster & humleabundans under sen period att verka starkare negativt än det är i praktisk verklighet.

För samma samband med uppdelning i långtungade och korttungade humlor inom denna studie har liknande resultat som de generella för humlorna visats men då antal observerade långtungade humlor är så lågt ser vi problematik i att lita blint på dessa; då alla tidsperioder visat negativa trender (signifikant samband under tidig och medelsen period, under sen period inget bevisat samband utan enbart en negativ trend).

Andra studier kan tolkas motsägande av detta negativa resultat då det flera gånger påvisats signifikanta positiva samband mellan antal långtungade humleindivider i fält och frösättning (Hawkins 1956 & 1961 se Free 1965; Lindholm 2021). Frösättning inom denna studie är tydligt definierat som andel småblommor som pollineras och bildar frö på blomhuvudet, men om begreppet "seed set" som använts i Hawkin's studier 1965 & 1961 uträknats på samma sätt har inte kunnat bekräftas, varför det ej kan sägas att studierna med säkerhet motsäger varandra.

Då långtungade humlearter historiskt minskat drastiskt i Sverige är det inte förvånande att rödklöverns fröskördemängd också minskat, samt att variationen ökat (Bommarco et al. 2012). Säkert är många faktorer som drivit denna negativa utveckling fortfarande okända, men en direkt motsägande faktor kan vara utsättning av honungsbin, då det visat sig att förekomst av långtungade humlor är signifikant lägre i fält med utsatta bikupor än fält utan utsatta bin (Dupont & Wermouth 2010).

Inom denna studie saknas tillgång till datum och tidsintervall för när honungsbin blev och fanns utsatta i närheten av de undersökta rödklöverfälten, men att se närmre på samband mellan abundans av honungsbin och långtungade humlor kan vara aktuellt för framtida forskning.

Utöver de absoluta abundanserna för blommande blomhuvud & pollinatörer undersöktes relativa abundanser vilket ger ett mått innefattande både blommor och pollinatörer att ställa mot andra faktorer. En annan grundfråga som det råder delad uppfattning om är huruvida det är bättre eller sämre för pollination och frösättning med fler pollinatörer i förhållande till blommor. En långlevad hypotes säger att ju fler en blombesök en individ utför på ett och samma blomhuvud desto sämre frösättning bör individen bidra till eftersom det kompatibla pollen den bär med sig blir mer och mer ”utspätt” av blommans eget pollen, vilket i försök inte visat sig stämma (Free 1965), men inget motbevisande svar på hur konkurrens bland högre antal pollinatörer påverkar deras aktivitet har samtidigt lagts fram.

Konsekvent med hypotesen fler blombesök; sämre frösättning, har dock ett försök med handpollination med upprepade blombesök utförts som också pekat på att fler besök ger sämre frösättning (Jing et al. 2019). I detta nämnda försök drogs slutsats att pollenkvalitet (eng: pollen viability) är mer avgörande för frösättning än mängden pollen som hamnar på pistillen. Dessutom utfördes av Jing et al. (2019) samtidigt försök med blombesök av antingen ett eller två honungbin för att testa besökshypotesen med insekter och där visade det sig att två bin besökte signifikant högre antal småblommor per blomhuvud jämfört med ett ensamt bi; oberoende av klöversort, samt i en av testade klöversorter att frösättningen hos blommor besökta av två bin var signifikant sämre än de besökta av ett bi. Viktigt att minnas att studien (Jing et al. 2019) använde sig av honungsbin, och att deras beteende inte nödvändigtvis överensstämmer med det av vilda bin eller humlor.

Den frösättning vi sett i resultat i denna studie varierar från 24,1% till 56,2%, med ett övergripande medelvärde för studien på 39,5%. Detta är inte ett extremt värde åt något håll, men lägre än ett forskningsresultat visat där 50% frösättning var rimligt att förvänta sig i tetraploid rödklöver; då blommorna pollinerades kontrollerat för hand (med korspollinering) (Boller et al. 2010). Styrd pollination för hand är naturligtvis väldigt olika från naturlig insektpollination, men resultat från båda mekanismer kan enligt Jing et al. (2019) hjälpa forskningen etablera en grundnivå av förståelse för pollinations & reproduktionsbiologi i rödklöver att bygga vidare på.

Vad gäller frösättning bör upprepas att det inte är säkert att alla studier definierar begreppet likadant, i denna studie har endast antal frön tagits hänsyn till och inte enkild fröviktt eller storlek, vilket också är faktorer som spelar in i den slutliga skördemängden och som inkluderas i begreppet ”seed yield” etablerat av Hampton & Faurey 1997 (se Jing 2019) som säger att ”total seed yield” är en produkt av fröviktt, antal småblommor på blomhuvudet och antal frön per blomma; och att hela detta begrepp visar en reflektion av pollinations- & reproduktiv framgång.

Den stora variation mellan åren gör det svårt att jämföra medelfrösättningen över säsongen med hur variationen för abundanser ser ut över säsongen, då årsuppdelat visar helt olika bilder för denna (se figur 10). Bortsett från 2020 ser det ut som att frösättningsgraden generellt är högre i början av säsongen, men att tidig period 2020 visar mycket lägre frösättningsgrad än övriga med utstickande liten spridning kan förklaras av att perioden endast innefattade ett besökstillfälle från en gård (lokal 1). Med alla tre år sammanslagna visas därför en mer logisk följd över säsongen, med högst frösättning under tidig period, lägre under medelsen och ännu lägre igen under sedan sen period. Detta betyder att hypotesen; högre antal pollinatörer leder till sämre frösättning, stärks eftersom den överensstämmer med resultaten från studiens försök. Relativ pollinatörsabundans ökar över säsongen med ett liknande mönster som frösättningsgraden minskar. Att studiens resultat för samband mellan pollinatörsabundans och blomsterabundans respektive pollinatörsabundans och medelfrösättning båda är signifikant negativa samtidigt som blomsterabundans och pollinatörsabundans korrelerar positivt betyder att resultaten inte motsäger varandra utan tydligt stödjer varandra.

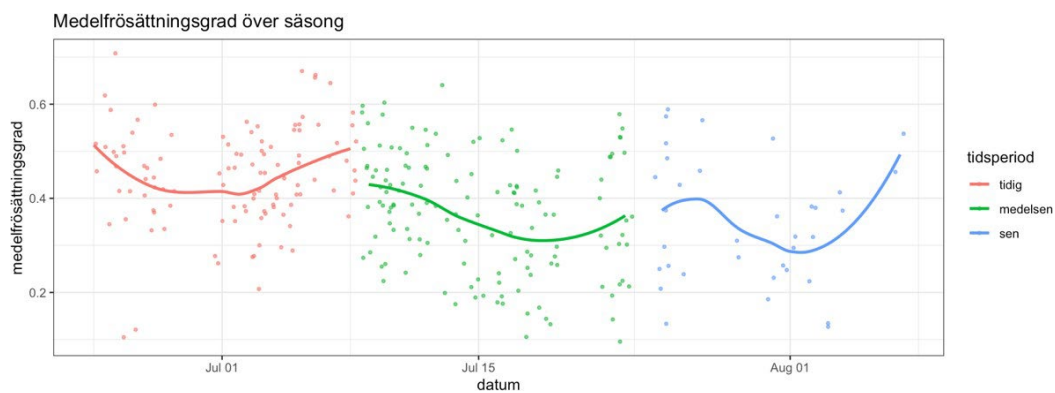
Då samband med medelfrösättning analyseras uppdelat enligt tidsperioder visas också här en tydlig variation över säsongen (se figur 20), och resultatet tyder på att ett högre antal pollinatörer absolut leder till högre frösättning under tidig period, men att det under den sena perioden på säsongen är tvärtom och fler pollinatörer nu ger signifikant lägre frösättning. Kanske är det så att den sena perioden är sämre för frösättning oavsett hur många pollinatörer som finns eller hur bra tillgång på blommor de har?

Frösättningsgraden visade inte bara negativt samband med absolut pollinatörsabundans (som visats i figur 19), utan även med abundansen av pollinatörer i relation till abundans av blomhuvud i fälten (se figur 21). Detta var ett oväntat resultat för mina handledare, då det går emot vad de trott att fler pollinatörer i förhållande till blommor ska ge bättre frösättning. Vid tidsuppdelad analys av samband mellan frösättning och relativ pollinatörsabundans (se figur 22) ses igen samma mönster som för absolut abundans & frösättning med positivt samband endast under tidig period.

För sambandet mellan frösättning och relativ pollinatörsabundans är dock endast det under tidig period statistiskt signifikant, och medelsen & sen period tyder på negativ trend men kan ej bevisa den. Vad detta innebär är att det negativa sambandet i tidig period (*) är tillräckligt ”starkt” för att etablera signifikant negativt samband (**) generellt över hela säsongen, vilket är mycket intressant. Vad det innebär eller varför det uppkom är oklart men vi misstänker att den stora spridningen under medelsen och sen period kan ha påverkat resultatet.

Studiens resultat med signifikant negativt samband mellan humleabundans och frösättningsgrad motsäger det vanliga argument att humlor ska vara den bästa pollinatören i rödklöver, och säger istället att fler humlor i fälten inte leder till ökad pollinationsgrad. Att dessa skulle vara direkt påverkade av varandra utan andra faktors inspel känns dock högst orimligt då humlors effektivitet i pollinering av och preferens för rödklöver har bevisats (Goulson et al. 2005; Rundlöf et al. 2014). Dessa negativa samband var oväntade och mer forskning krävs för förståelse av varför de uppstått.

I denna studie ställdes en faktor vi kallade skördeprognos upp, vilken varierar över säsongen i ett mönster med stigande värde under tidig period som verkar nå en topp i början av medelsen period; men förblir relativt hög genom medelsen period för att sedan under sen period både gå upp och ner med avslut i positiv riktning (24). Denna kurva över säsongsvariation liknar starkt en som kan göras för medelfrösättning (Figur 27).



Figur 28. Säsongsvariation för medelfrösättningsgrad, färg enligt tidsperiod. Sammanslagan data 2018 - 2020.

Eftersom medelfrösättning är baserat på resultat vi fått ut från försöket och skördeprognosen vill förutsäga skördemängd *med hjälp av* frösättningsgraden är det förväntat att de stämmer väl överens, de innehåller samma parametrar och skillanden är att skördeprognosen multiplicerat frösättningsgraden med antal blommande blommor / m². Om de inte liknade varandra borde vi bli oroadade att något inte stämmer.

Skördeprognosen testades sedan mot slutskörden som fått fram och beskrev vikt i gram av frö som tröskats enligt standardmetod. Detta samband var signifikant och positivt, vilket säger att skördeprognosen bör stämma väl överens med den skörd som fås. Detta visar att de metoder vi använt inte är helt fel, att våra resultat bör vara rimliga och bör kunna visa att ingen stor andel av skörden försvunnit till följd av vivelskador, vilket bara tas upp här som stärkande faktor då det inte ingår i denna studie. För att bekräfta detta hade skadenoteringar från fröinventering kunnat gås igenom och räknas in i frövikten för att jämföra mot den faktiskt

skördevikten. Om de två stämmer överens bör både skördeprognosen och våra metoder för skadeuppskattning vara användbara som beskrivande av verkligheten.

Ett sista överraskande resultat inom studien var bristen på samband mellan pollinatörsabundans och slutskörd, inte minst eftersom en annan studie också inom GG-projektet fått signifikant och positivt samband mellan slutskörd & motsvarande faktor för pollinatörsabundans (Lindholm 2021). Dock undersökte Lindholm endast humlor och inte total abundans av pollinatörer; alla arter. Lindholms resultat på positivt samband mellan antal humlor i fält och fröskörd i gram kan inte stödjas med resultat från denna studie. Skillnad mellan Lindholms och detta arbete är att data i detta arbete tagits från odlare i Skåne under tre år (2018 - 2020) och Lindholms istället undersökte data från nationellt täckande fältförsök vid Lantmännens försöksstationer på olika platser i Sverige under två senare år (2020 - 2021). De motvisande resultat som uppnåtts tyder på någon räknat eller begått misstag i datahantering, det har gjorts för få observationer i någon av studierna för att ge signifikans eller att total pollinatörsabundans i verkligheten inte överensstämmer med total humleabundans och kanske inte bör jämföras med varandra rakt av.

Då syftet med detta arbete var att undersöka vilken del av säsongen som är viktigast eller när den kritiska tiden för pollination inträffar jämfördes alla faktorer uppdelade i tidsperioder. Flera har då visat att det generella sambandet över hela säsongen är mycket annorlunda mot det samband som finns under en given tidsperiod, vilket tyder på att det mycket väl kan finnas en eller flera tidpunkter på säsongen där samspel mellan faktorer för frösättning, eller deras inflytande över resultatet varierar på så sätt att de kan väga tyngre än resten av tiden på säsongen för den slutliga fröskörden.

Från denna studies resultat angående vikt av samband mellan skördeprognos för en viss tidsperiod och säsongens slutskörd kan inte något klart fastställas då beräkningar gjorda inte är tillräckligt sofistikerade för sådan typ av jämförelse.

Däremot tyder resultaten på att det betydande pollineringsarbetet troligtvis sker under den första halvan av säsongen snarare än den andra; eftersom samband mellan skördeprognos under tidig period samt skördeprognos under medelsen period båda kan korreleras positivt och signifikant med slutskörd.

Att jämföra detta ur tidsperspektiv djupare med mer avancerade analysmetoder önskades kunna genomförts inom denna studie men var ej praktiskt möjligt på grund av tids- och kunskapsbrist.

6. Slutsats

Att tillgång på pollinatörer med specialisering på *T. pratense* kommer fortsatt vara viktig är tydligt och mer bevarande åtgärder bör implementeras i det kommersiella jordbruket, blomsterremсор och obrukade landområden i närhet av odlingsfält stödjer en högre artdiversitet av pollinatörer vilket är gynnsamt för den breda odlingen, inte bara inom rödklöverodling (Riggi et al. 2021).

Resultat i denna studie tyder på att samspelet mellan de mekanismer som styr frösättning i rödklöver varierar över säsongen och att därför mer fokus på timing mellan odlings- & skördeåtgärder kan leda forskningen inom ämnet framåt.

Vad tidigare studier också visat är att rödklöverns egen biologi och genetisk förutsättning är mest inflytelserik över frösättning; vilket innefattar faktorer som pistillens mottaglighet morfologiskt och tidsbaserat, pollenkvalitet / livsduglighet och antal fröämnen i varje enskild blomma (Free 1965; Olivia et al. 1994; Jing et al. 2019; Vallentin 2022).

Fortsatt arbete med genetisk analys och förädling av rödklöversorter kan vara huvudnyckeln till ökad frösättning, men självklart behöver pollinatörerna också bevaras och stärkas för att en given rödklöversorts fröskörd ska kunna närma sig sin potential, kanske är dock som Lindholm (2021) föreslagit densiteten av humlor i ett fält mer viktig än artfördelningen av befintliga humlor.

Att resultat i studien visat på negativa samband mellan absolut antal pollinatörer, absolut antal humlor, relativt antal pollinatörer och frösättningsgrad motsäger sig till viss del tidigare studier som visat på positiva samband (Hawkins 1956 se Free 1965; Lindholm 2021) men då andra fått resultat där inga samband visat sig (Hawkins 1961 se Free 1965; Bommarco 2012; Brodde & Åkesson 2018) är det komplicerat att tolka; inte desto mindre då få studier testat samma parametrar på samma sätt. Från denna studies resultat kan vi därför inte dra slutsats att de visade negativa sambanden är riktiga, men samtidigt bör det uppmärksammas och undersökas mer framöver.

Flera studier som dagens kunskap bygger på som etablerat godkända grundhypoteser är över 50 år gamla, och det kan vara så att förhållandena ändrats såpass från dess till nutid att de resultat vi sett i denna studie visar en mer realistisk bild av situationen idag än vad äldre studier gör; med tanke på att jordbrukslandskapet förändrats drastiskt och med det vår generella

pollinatörsabundans minskat enormt (Bommarco 2012) är detta en välgrundad hypotes att undersöka i framtida forskning.

Vidare kan vi dra slutsatsen från våra resultat att tidpunkt på säsongen har inverkan på samspel mellan faktorer för frösättning, och hur detta förhåller sig bör undersökas mer då denna studie inte kan svara på hur detta hänger ihop.

Referenser

- Aston, D. & Bucknall, S. (2011). *Plants and Honey bees, their relationships*. 2 uppl., Mytholmroyd, West Yorkshire: Northern bee books.
- Beekman, M., Van Stratum, P. (1998). Bumblebee sex ratios: why do bumblebees produce so many males? *Proc. R. Soc. B.* 265 (1405), ISSN [1471-2954](https://doi.org/10.1098/rspb.1998.0469). doi.org/10.1098/rspb.1998.0469
- Boller, B., Schubiger, F.X., Kölliker, R. (2010). Red Clover I: Boller, B., Posselt, U., Veronesi, F. (red). *Fodder Crops and Amenity Grasses*. New York, NY: Springer New York. 439–55. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0760-8_18.
- Bommarco, R., Biesmeijer, J. C., Meyer, B., Potts, S. G., Pöyry, J., Roberts, S. P. M., Steffan-Dewenter, I. & Öckinger, E. (2010). Dispersal capacity and diet breadth modify the response of wild bees to habitat loss. *Proc. R. Soc. B* 277 (1690). 2075 – 2082. doi:10.1098/rspb.2009.2221
- Bommarco, R., Lundin, O., Smith, H.G., Rundlöf, M. (2012). Drastic historic shifts in bumble-bee community composition in Sweden. *Proc. R. Soc. B.* 279 (1727), ISSN [1471-2954](https://doi.org/10.1098/rspb.2011.0647). doi.org/10.1098/rspb.2011.0647
- Diekötter, T., Kadoya, T., Peter, F., Wolters, V., & Jauker, F. (2010). Oilseed rape crops distort plantpollinator interactions. *Journal of Applied Ecology*. 47(1), 209–214. doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01759.x
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2019). *Declining Bee populations pose threat to global food security and nutrition*. <https://www.fao.org/news/story/en/item/1194910/icode/> [2023-05-26]
- Free, J.B. (1965). The Ability of Bumblebees and Honeybees to Pollinate Red Clover. *Journal of Applied Ecology*. 2 (2), 289 – 294 <https://www.jstor.org/stable/2401480>
- Goulson, D., & Darvill, B. (2004). Niche overlap and diet breadth in bumblebees; are rare species more specialized in their choice of flowers? *Apidologie*. 35 (1) 55–63. doi.org/10.1051/apido:2003062
- Goulson, D., Hanley, H.E., Darvill, B., Ellis, J.S., Knight, M.E. (2005). Causes of Rarity in Bumblebees. *Biological Conservation*. 122 (1). 1–8. doi.org/10.1016/j.biocon.2004.06.017.
- Haslbachova, H., & P., Vesely. (1981). Tetraploid red clover (*Trifolium pratense* L.) Pollination. *Acta Universitatis Agriculturae Brno, A Facultas Agronomica*. 29(1/2). 155-166.
- Hawkins, R. P. (1956). A preliminary survey of red clover seed production. *Ann. appl. Biol.* 44, 657-64. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1956.tb02165.x>

- Hawkins, R. P. (1961). Observations on the pollination of red clover by bees. I. The yield of seed in relation to the number and kinds of pollinators. *Ann. appl. Biol.* 49, 55-65. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1961.tb03592.x>
- Holzschuh, A., Dainese, M., Gonzalez-Varo, J. P., Mudri-Stojnic, S., Riedinger, V., Rundlöf, M., et al. (2016). Mass-flowering crops dilute pollinator abundance in agricultural landscapes across Europe. *Ecology Letters*. 19 (10), 1228– 1236. doi.org/10.1111/ele.12657
- Jing, S., Kryger, P. & Boelt, B. (2021). Review of seed yield components and pollination conditions in red clover (*Trifolium pratense* L.) seed production. *Euphytica*. 217, 69. <https://doi.org/10.1007/s10681-021-02793-0>
- Johansson, A. K., Ljungberg, N. H., Nordström, S. för Naturvårdsverket (2022). *Blombesökande insekter – pollen och nektar som föda hos steklar, fjärilar, tvåvingar och skalbaggar*. (ISSN 2003-5381). SLU Artdatabanken rapporterar 27. Uppsala: SLU Artdatabanken. <https://www.artdatabanken.se/publikationer/blombesokande-insekter/> [2023-02-21]
- Kemikalieinspektionen (2006). *Beslut bifall: Användningsområde för bekämpningsmedlet Mavrik 2F, reg nr 4491*. (Diarienummer: F-1759-160-06). Alnarp: Kemikalieinspektionen. https://sfo.se/storage/2022/04/Mavrik_4491_Beslut_UPMA_2006-04-26.pdf [2023-05-16]
- Kemikalieinspektionen (2022). *Beslutsbilaga: Villkor för utvidgat produktgodkännande för mindre användningsområde (UPMA) för Mospilan SG*. (Diarienummer: 5.1.1-B21-00579) Kemikalieinspektionen. https://sfo.se/storage/2022/05/Mospilan-SG_5708_Bilaga_Villkor_UPMA_2022-03-31.pdf [2023-05-16]
- Löken, A. (1973). Studies on Scandinavian bumble bees (Hymenoptera, Apidae). *Norw. J. Entomol.* 20 (1), 1–218.
- Naturvårdsverket (2018). *Pollinatörer och pollinering i Sverige – värden, förutsättningar och påverkansfaktorer*. (Rapport 6841 RB2018). Bromma: Naturvårdsverket. <https://www.naturvardsverket.se/om-oss/publikationer/6800/pollinatorer-och-pollinering-i-sverige/> [2023-05-22]
- Persson, A. S., Smith, H. G. (2013). Seasonal persistence of bumblebee populations is affected by landscape context. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 165, 201–209. doi.org/10.1016/j.baae.2011.10.002.
- Peterson A.G., Furgala B., Holdaway F.G. (1960). Pollination of red clover in Minnesota. *J Econ Entomol* 53:546–550. <https://doi.org/10.1093/jee/53.4.546>
- Riggi, L.G.A., Lundin, O., Berggren, Å. (2021) Mass-flowering red clover crops have positive effects on bumblebee richness and diversity after bloom. *Basic and Applied Ecology*. 56, 22-31. ISSN 1439-1791. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2021.06.001>
- Rundlöf, M., Lundin, O. (2019). Förlust av rödklöver ett större hot mot humlor än Biscaya. *Svensk frötidning*. 3/20. <https://sfo.se/wp-content/uploads/2020/04/02165.pdf> [2023-05-03]

- Rundlöf, M., Persson, A., Smith, H., Bommarco, R. (2014). Late-season mass-flowering red clover increases bumble bee queen and male densities. *Biological Conservation*. 172, 138-145, ISSN 0006-3207. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.02.027>.
- SFO (2022). *Rödsklöver Odlingsbeskrivningar*. [Faktablad]. https://sfo.se/wp-content/uploads/2021/09/00137_rodsklover.pdf [2023-05-03]
- SLU (2014). *FAKTABLAD OM VÄXTSKYDD: KLÖVERSPETSIVLAR – OCH NÅGRA ANDRA SKADEINSEKTER PÅ KLÖVER*. [Faktablad]. Uppsala: Barbara Ekbohm. https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/ekol/faktablad/faktablad-vaxtskydd/faktablad_vaxtskydd_86j_web.pdf [2023-05-16]
- Starling, T.M., Wilsie, C.P., Gilbert, N.W. (1950). Corolla tube length studies in red clover. *Agron J* 42:1–8. <https://doi.org/10.2134/agronj1950.00021962004200010001x>
- Sveriges lantbruksuniversitet (2023). Artdatabanken. <https://artfakta.se/naturvard/taxon/bombus-1005547> [2023-02-21]
- Valentin, I. (2022). *Tetraploid and diploid differences in red clover (Trifolium pratense L.)* Sveriges Lantbruksuniversitet. Horticultural Science - Master's programme. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-s-18559> [2023-05-01]
- Vleugels T., Van Laere K., Roldán-Ruiz I., Cnops G. (2019b) Seed yield in red clover is associated with meiotic abnormalities and in tetraploid genotypes also with self-compatibility. *Euphytica*, 215:79. <https://doi.org/10.1007/s10681-019-2405-6>
- Vleugels, T., Amdahl, H., Roldán-Ruiz, I., Cnops, G. (2019a). Factors underlying seed yield in red clover: review of current knowledge and perspectives. *Agronomy*, 9:829. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120829>
- Westgate, J. Minton., M., J. N., Pammel, L., Hermann., Hughes, H. De Mott., Robbins, F. Earl. [from old catalog], Wiancko, A. Theodore., Coe, H. Sheldon. (1915). *Red clover seed production: pollination studies*. Washington: Govt. print. off..
- Wermuth, K.H., Dupont, Y.L. (2010). Effects of field characteristics on abundance of bumblebees (*Bombus* spp.) and seed yield in red clover fields. *Apidologie*. 41, 657–666 (2010). <https://doi.org/10.1051/apido/2010038>

Tack

(Jag måste lägga in detta avsnitt efter inlämning till examinator tyvärr ber så hemskt mycket om ursäkt för det men det tillkommer till slutlig examination)

Bilaga 1

Tabell 5. Besöksschema lokaler säsongen 2018. Första besök 05 juli, sista besök 16 juli. *Prov från besök uteblev eller påsar saknas.

Lokal (#)	Besök 1	Besök 2	Besök 3
1	07-juli	*	*
3	08-juli	11-juli	15-juli
4	06-juli	10-juli	13-juli
7	06-juli	10-juli	13-juli
8	09-juli	12-juli	16-juli
17	09-juli	12-juli	16-juli
21	05-juli	*	*
25	07-juli	10-juli	14-juli
26	08-juli	11-juli	15-juli

Bilaga 2

Tabell 6. Besöksschema lokaler säsongen 2019. Första besök 25 juni, sista besök 25 juli. *Fler än 3 besök gjordes 2019 på flera gårdar, påsar från besök 4 – 9 ses därför som extra material.

2019:									
Lokal	Besök 1	Besök 2	Besök 3	Besök 4*	Besök 5*	Besök 6*	Besök 7*	Besök 8*	Besök 9*
(#)									
3	03-juli	10-juli	18-juli						
4	26-juni	02-juli	05-juli	09-juli	12-juli	17-juli	19-juli		
5	27-juni	05-juli	10-juli	30-juli					
7	26-juni	01-juli	04-juli	08-juli	11-juli	15-juli	18-juli	22-juli	25-juli
9	28-juni	03-juli	10-juli						
10	26-juni	02-juli	05-juli	09-juli	12-juli	17-juli	19-juli	22-juli	23-juli
11	26-juni	01-juli	04-juli	08-juli	11-juli	15-juli	18-juli	22-juli	25-juli
12	03-juli	10-juli	18-juli						
13	27-juni	03-juli	11-juli	17-juli					
14	27-juni	03-juli	10-juli	17-juli					
15	25-juni	01-juli	04-juli	08-juli	12-juli	15-juli	22-juli	25-juli	
17	27-juni	03-juli	11-juli	17-juli					
18	28-juni	03-juli	10-juli						
19	25-juni	02-juli	05-juli	09-juli	13-juli	16-juli	19-juli	23-juli	
20	27-juni	03-juli	10-juli	17-juli					
22	28-juni	04-juli	10-juli						
24	25-juni	01-juli	04-juli	08-juli	11-juli	15-juli	19-juli	22-juli	25-juli
25	24-juni	05-juli	11-juli						
26	25-juni	02-juli	05-juli	09-juli	13-juli	16-juli	19-juli	23-juli	29-juli

Bilaga 3

Tabell 7. Besöksschema lokaler säsongen 2020. Första besök 03 juli, sista besök 07 augusti. *Prov från besök uteblev eller påsar saknas.

2020: Lokal (#)	Besök 1	Besök 2	Besök 3
1	03-juli	14-juli	23-juli
2	17-juli	27-juli	04-aug.
4	14-juli	23-juli	31-juli
6	17-juli	25-juli	03-aug.
14	14-juli	23-juli	01-aug.
15	22-juli	02-aug.	07-aug.
16	17-juli	27-juli	04-aug.
17	17-juli	25-juli	01-aug.
19	25-juli	02-aug.	*
22	18-juli	27-juli	04-aug.
23	23-juli	31-juli	07-aug.
26	17-juli	27-juli	*

Publicering och arkivering

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

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

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

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