

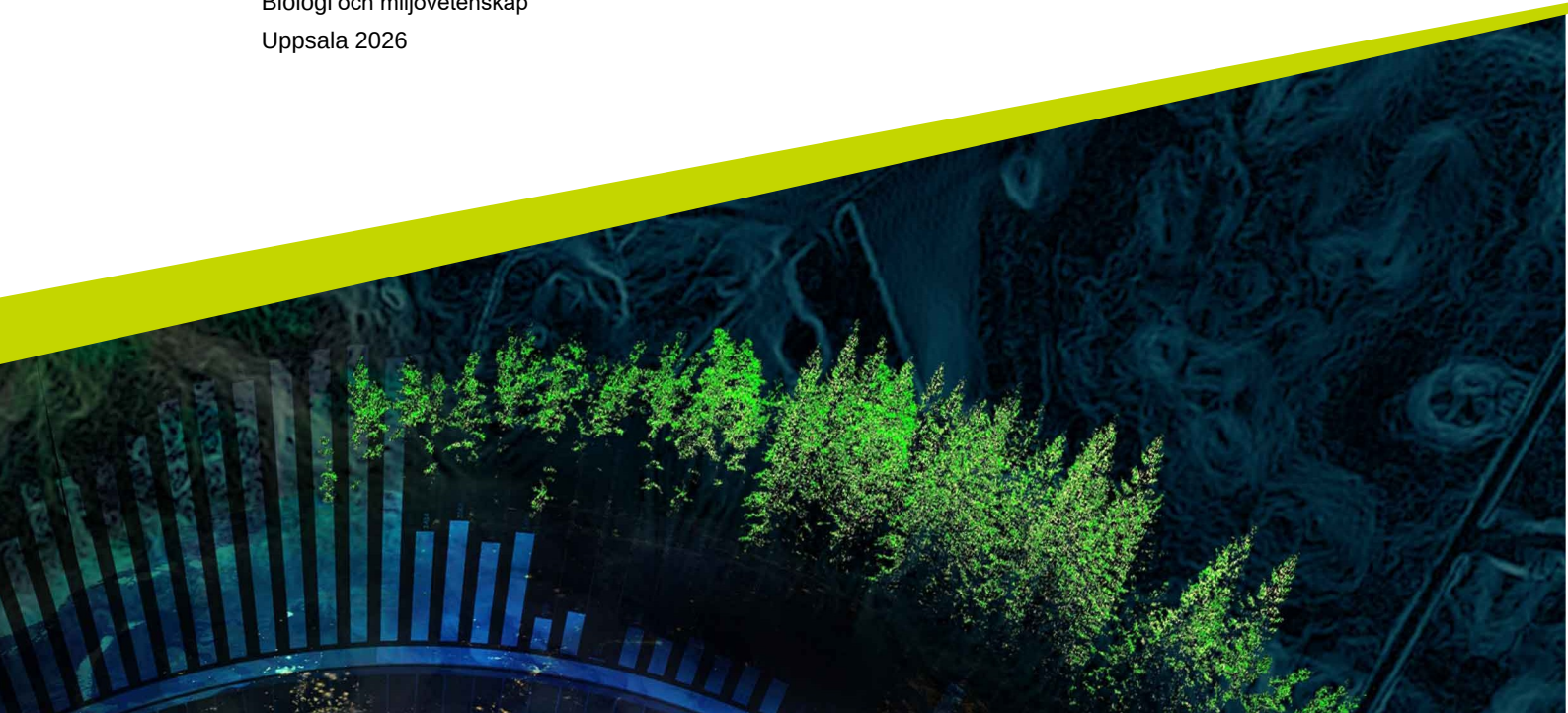


Humledrottningars boplatsval

Påverkar öppenhet och strukturell heterogenitet
var humledrottningar söker boplats i hemiboreal
skog?

Frida Gravenfors

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för ekologi
Biologi och miljövetenskap
Uppsala 2026



Humledrottningars boplatsval: Påverkar öppenhet och strukturell heterogenitet var humledrottningar söker boplats i hemiboreal skog?

Bumblebee queens' nest site selection: Do openness and structural heterogeneity influence where bumblebee queens search for nesting sites in hemiboreal forest?

Frida Gravenfors

Handledare:	Isac Carlsson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för ekologi
Bitr. handledare:	Erik Öckinger, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för ekologi
Examinator:	Malin Tälle, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för ekologi
Omfattning:	15 hp
Nivå och fördjupning:	Grundnivå, G2E
Kurstitel:	Självständigt arbete i biologi
Kurskod:	EX0894
Program/utbildning:	Biologi och miljövetenskap
Kursansvarig inst.:	Institutionen för vatten och miljö
Utgivningsort:	Uppsala
Utgivningsår:	2026
Nyckelord:	<i>Bombus</i> , humla, humledrottning, boplatsletande, öppenhet, strukturell heterogenitet

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för ekologi

Sammanfattning

Många av världens pollinerande insekter är idag hotade och nedåtgående trender för dessa organismer har observerats i många länder, bland annat i Sverige där humlor är en viktig pollinerare. Tidigare studier av humlor har fokuserat på senare delar av deras ekologi, medan mindre uppmärksamhet har ägnats åt tidiga stadier i livscykel, såsom humledrottningens boplatsetande, särskilt i mindre öppna habitat, såsom skoglanskap. Forskningen visar inte heller en samstämmighet gällande vilka strukturella egenskaper, såsom förekomst av stenar och död ved, som är kopplade till humlors val av boplat. Syftet med detta examensarbete var därför att studera boplatsetande humledrottningar i skogliga miljöer med olika grad av strukturell heterogenitet och öppenhet för att undersöka om dessa faktorer kan påverka humledrottningars val av boplat.

Genom en inventering av 30 skogliga områden i nordvästra Uppsala observerades 26 boplatsetande humlor i skogar av varierande strukturell heterogenitet och öppenhet. En multipel regressionsanalys visade att antalet boplatsetande humlor ökade med en ökande öppenhet. Regressionsanalysen visade inget signifikant samband mellan strukturell heterogenitet och antal boplatsetande humledrottningar. Inte heller kunde statistisk signifikans uppvisas för sambandet mellan antal boplatsetande humlor och öppenhet tillsammans med strukturell heterogenitet. Trots lågt antal observerade boplatsetande humledrottningar kunde slutsatsen dras att en högre öppenhet i skoglig miljö kan bidra till fler boplatsetande humlor.

Nyckelord: *Bombus*, humla, humledrottning, boplatsetande, boplatval, öppenhet, strukturell heterogenitet

Abstract

Many of the pollinating insects of the world are threatened today and are facing a decline in numbers in many countries, for instance in Sweden where bumblebees are one of the most important pollinators. Previous studies on bumblebees mainly focus on later stages of their ecology, while less attention has been given to earlier stages of their life cycle, such as the search for nesting sites by bumblebee queens, particularly in less open habitats, such as forest landscapes. Research regarding this is also not showing consensus regarding the impact of structural elements, such as stones and dead wood, in connection with the nest searching by bumblebee queens. The purpose of this thesis was therefore to study nest searching bumblebee queens in forest environments with varying degrees of structural heterogeneity and openness to investigate whether these factors can influence the nest site selection of bumblebee queens.

Through a survey of 30 forest areas in northwestern Uppsala, 26 nest searching bumblebees were found in forests with differences in structural heterogeneity and openness. The analysis of the results showed that the number of nest searching bumblebee queens increased with an increase in openness. The results did not show a significant correlation between structural heterogeneity and the number of nest searching bumblebee queens. Statistical significance was also not detected for the relationship between the number of nest searching bumblebees and the combined effects of openness and structural heterogeneity. Despite a small number of observed nest searching bumblebee queens, it could be concluded that an increased openness in forests may contribute to a higher number of bumblebee queens searching for nests.

Keywords: *Bombus*, bumblebee, bumblebee queen, nest searching, nest site selection, openness, structural heterogeneity

Innehållsförteckning

Tabellförteckning.....	5
Figurförteckning.....	6
Förkortningar.....	7
1. Inledning.....	8
1.1 Humlor i Sverige.....	9
1.1.1 Humlor i skogslandskapet.....	9
1.1.2 Boplatsletande.....	10
1.2 Syfte och frågeställning.....	11
2. Metod.....	12
2.1 Datainsamling.....	13
2.2 Statistisk analys.....	15
3. Resultat.....	17
3.1 Multipel regressionsanalys.....	18
3.1.1 Öppenhet och antal humlor.....	19
3.1.2 Strukturell heterogenitet och antal humlor.....	20
4. Diskussion.....	21
4.1 Ökad öppenhet kan gynna boplatsletande humlor.....	21
4.2 Osäkra effekter av strukturell heterogenitet på humlors boplatsval.....	22
4.3 Begränsningar och felkällor.....	22
4.3.1 Statistiska svagheter.....	23
4.4 Framtida studier.....	24
4.5 Slutsats.....	25
Referenser.....	26
Bilaga 1.....	30
Bilaga 2.....	31

Tabellförteckning

Tabell 1. Provrutornas uppskattade strukturella heterogenitet och uppmätta grundyta samt antal observerade humlor i respektive provruta.....	17
Tabell 2. Antal observerade humledrottningar.....	18

Figurförteckning

Figur 1. Karta över området med provrutor norr om Uppsala. De provrutor som besöktes är ett urval av fler antal provrutor som ingår i ett större projekt, och numreringen på de 30 utvalda provrutorna har inte ändrats för detta projekt. Alltså kan vissa provrutor vara numrerade med en siffra högre än 30.....	12
Figur 2. Provruta med fyra transekter (blå, röd, grön och lila) i nord-sydlig riktning.....	13
Figur 3. Bilder från några provrutors mittpunkt. Överst till vänster: Provruta 9 med låg strukturell heterogenitet. Överst till höger: Provruta 34 med hög strukturell heterogenitet. Nederst till vänster: Provruta 54 med låg grundyta. Nederst till höger: Provruta 63 med hög grundyta.....	15
Figur 4. Samband mellan antal boplatsetande humlor och grundytan (m ² /ha).....	19
Figur 5. Samband mellan antal boplatsetande humlor och skoglig strukturell heterogenitet.....	20

Förkortningar

Förkortning	Betydelse
spp.	species pluralis/arter i plural
sp.	species/arter

1. Inledning

Humlor (*Bombus spp.*) är insekter som tillhör överfamiljen bin som skiljer sig från övriga bin genom att de har tätare päls och är något större (Söderström, 2013). Humlors livscykel är ett år och med undantag för snylthumlor lever de i samhällen av allt mellan tio till flera hundra individer där den övervintrande humledrottningen producerar arbetare och så småningom nya fertila hanar och drottningar. Humlesamhällena är beroende av blommande växters pollen och nektar för att överleva, men de blommande växterna i sig gynnas också av humlornas födosökande då det bidrar med den samhällsnyttiga ekosystemtjänsten pollinering (Mossberg & Cederberg, 2012). Pollineringen sker då humlor sprider pollen mellan blommor genom att pollenet fastnar i pälsen då de kryper runt i blommorna vid födosökande eller då vissa arter vibrerar loss pollenet från ståndarknapparna. Denna metod kallas ”sonikering” eller ”surrpollinering” och innebär att humlan vibrerar med vingarna i precis rätt frekvens för att ståndarknapparna ska börja vibrera vilket släpper pollenet från dem (Hanson, 2019). Pollineringen som humlor bidrar med kan leda till att vi människor får goda skördar av exempelvis frukt, bär och baljväxter (Mossberg & Cederberg, 2012).

Många av världens pollinerande insekter är idag allvarligt hotade och globalt rapporteras det om en minskning av humlearter, där det enligt IUCN Red List nästan är 25 % av jordens humlearter som drabbas av en populationsminskning (Cameron & Sadd, 2020). Författarna menar att de största hoten mot humlor är förlust av habitat, ökad fragmentering och exponering av bekämpningsmedel, till följd av mänsklig aktivitet såsom urbanisering, ökat jordbruk samt klimatförändringar. Detta stöds av en rapport av Borgström et al. (2018) som hävdar att det generellt sett har skett en minskning i antalet gynnsamma livsmiljöer för vilda pollinatörer där övergödning och igenväxning är starka bidragande faktorer till detta. Författarna lyfter också fragmentering som en negativt påverkande faktor för humlesamhällena och att det kan bidra till en förändrad artsammansättning där generalister gynnas i större utsträckning, vilket bekräftas av Gómez-Martínez et al. (2020). Fragmentering bidrar också med en minskning av humlesamhällen på generell nivå (Baden-Böhm et al., 2025). Att bekämpningsmedel utgör ett hot mot humlors hälsa bekräftas av Borgström et al. (2018) som menar att de kan ha direkta effekter på humlors fortplantning och överlevnad, men också bidra till en minskande mängd blommande ogräs, vilket ytterligare reducerar humlors tillgång på pollen och nektar. Klimatförändringar lyfts också fram som en negativ påverkan på humlors hälsa i rapporten, där författarna menar att det kan komma att påverka det viktiga samspelet mellan humlor och blommande växter, där påverkan hos blomningssäsong hos växter och

uppvaknande från övervintring hos humlor kan förskjutas till följd av temperaturförändringar. Följder av klimatförändringarna såsom ökande medeltemperatur, en ökad frekvens av extremväder samt större säsongsvariationer kan troligtvis komma att påverka humlors spridning, fenologi och morfologi och ställer höga krav på humlornas anpassning för överlevnad, vilket återigen ger generalister en fördel (Maebe et al., 2021).

Utöver ovan nämnda hot finns det även naturliga fiender mot humlor (Söderström, 2013). Några av de arter som kan angripa humlebon är grävlingar, björn, räv och bivråk. Ytterligare en art som kan medföra hot mot humlor är fjärilen humlemott (*Aphomia sociella*) vars honor lägger sina ägg i humlebon. De larver som kläcks ur äggen äter sedan av den nektar som humlorna har samlat in och äter också humlans larver och puppor samtidigt som de spinner en skyddande väv som hindrar arbetarhumlorna från att angripa humlemottslarverna. Även larver från spyflugor (*Brachicoma devia*) kan äta av humlelarverna. Det finns också vissa kvalster (*Parasitellus fucorum*) som äter av pollen och annat i humleboet och kan klamra sig fast mellan bakkropp och mellankropp på humlor vilket kan påverka deras flygförmåga.

1.1 Humlor i Sverige

I Sverige finns det ungefär 40 olika humlearter och de utgör de dominerande pollinatörerna i landets ekosystem (Mossberg & Cederberg, 2012). Även i Sverige visar studier på nedåtgående trender för humlor (Borgström et al., 2018). En studie med fokus på artrikedomen av humlor i rödklöverfält visar att jämnheten i förekomst mellan olika arter av humlor i Sverige har minskat kraftigt, där vissa arter av humlor som tidigare har förekommit oftare numera syns mer sällan, samt att humlesamhällena numera domineras av få arter (Bommarco et al., 2012). Författarna menar att den största orsaken till minskningen i artjämnhet hos humlor främst beror på en förändrad och ökad markanvändning. Borgström et al. (2018) styrker detta samband och menar att antalet livsmiljöer för pollinatörer har minskat där det i Sverige sedan 1800-talet exempelvis har skett en reducering av andelen ängs- och betesmarker med drygt två tredjedelar.

1.1.1 Humlor i skogslandskapet

Enligt Mossberg och Cederberg (2012) är artrikedomen och mängden av humlor i produktionsskogar med barrträd ofta ganska låg, vilket ofta beror på den låga mängden blommor. En del typer av miljöer som uppstår efter störning kan dock bidra till en ökad blomrikedom, såsom brandfält, hyggen och stormfällan, vilket kan bidra med en artrikare humlefauna. Även inslag av lövträd kan bidra med en ökad artrikedomen av humlor då lövträden kan gynna fler blommande örter. Landskapsmosaiker av odlingsmarker, skogar, kantzoner och bryn bidrar också till en ökad förekomst av humlearter. Enligt Mola et al. (2021) är den största

andelen av studier på humlor fokuserad på den senare delen av livscykeln där samhällena är som störst och de flesta av dessa studier har fokuserat endast på öppna jordbrukslandskap. Däremot har mindre fokus lagts på att studera de tidigare stadierna av livscykeln, såsom humledrottningens boplatsletande, samt hur mindre öppna habitat, såsom skogslandskap, kan påverka humlor. Av de studier som har behandlat just skogsmiljöer och humlors biologi har majoriteten av dessa visat att skogliga miljöer kan utgöra värdefulla habitat för olika humlearter i olika stadier av deras livscykel (Mola et al, 2021; Liczner & Colla, 2019; Diaz-Forero et al., 2011; Söber et al., 2020).

Sveriges skogar består främst av boreal vegetationszon, men har också inslag av nemoral skog i de södra delarna (Björse, 2000). Området som utgör övergången mellan dessa vegetationszoner kallas den hemiboreala eller boreonemorala zonen och dessa skogar består till största del av barrträd såsom tall och gran men har också inslag av lövträd. Markvegetationen i hemiboreal skog utgörs till stor del av risväxter som till exempel blåbär och lingon, vilka tillhandahåller en stor mängd blomresurser under olika delar av våren och sommaren (Hedvall et al., 2019). Enligt skogsdata från Sveriges lantbruksuniversitet (2025) var den genomsnittliga bärproduktionen i Sverige mellan 2019 och 2024 för blåbär 623 000 ton per år respektive 440 000 ton per år för lingon, och bärplockning av dessa arter har varit viktiga för Sverige både idag och historiskt (Svanberg, 2012). I hemiboreala skogar är blåbär är en mycket central blomresurs för humledrottningar under tidig vår, men humlor är också särskilt viktiga för just blåbär då humlorna är mycket effektiva pollinerare och finns i stor mängd (Bartholomé et al., 2024a). Även för ljung och lingon är humlor centrala pollinatörer då humlorna kan använda vibrationer för att få loss pollenet från dess blommor (Moquet et al., 2017).

1.1.2 Boplatsletande

Humlors val av boplats kan generellt sett kopplas till tre olika typer av habitat: gräsmarker, jordbruksmark och skog (Liczner & Colla, 2019). Det skiljer sig dock något mellan arterna var de tenderar att bosätta sig, både i val av naturtyp, och om det är ovan eller under marken (Mossberg & Cederberg, 2012; Holmström, 2009; Söderström, 2013). Sammantaget letar humlorna efter torra områden med någon form av hålighet, oftast ett gammalt bo av en sork eller annan gnagare. En svensk studie som undersökte humledrottningars boplatsletande i habitat med olika grader av öppenhet visade att flest humledrottningar letade boplats i relativt öppna landskap som erbjöd en större mångfald av habitat (Svensson et al., 2000). Studien visade också att skogsbryn tenderade att locka många humledrottningar, troligtvis på grund av att dessa områden kunde ge något form av skydd. Liknande resultat framkom ur en studie av Liczner & Colla (2019) som visade att skogen är en central del för humlors val av boplats och övervintring. Att det är så kan bero

på att det i skogliga miljöer ofta förekommer en tidig blomning av växter i stor utsträckning, vilket kan locka humlor under våren då de är i stort behov av pollen och nektar under sitt boplotsletande (Wray et al., 2014). Liknande resultat har även presenterats i andra studier som menar att humlearter har olika preferenser vad gäller strukturella inslag i habitatet samt att exempelvis förekomsten av skog i närheten kan vara en avgörande faktor för val av boplat (Diaz-Forero et al., 2011; Söber et al., 2020). Dessa studier visar olika resultat vad gäller vilka arter som föredrar skoglig eller mer öppen mark, men författarna till de båda studierna menar ändå att skogspartier kan vara viktiga för alla humlearter. Lanterman et al. (2019) menar också att den strukturella komplexiteten som skogliga miljöer kan erbjuda, i form av håligheter i trädbasar, död ved, exponerad sand samt stenighet, är centrala för humlors boplotsletande. Även Westphal et al. (2008) menar att en ökad strukturell heterogenitet bidrar till en större förekomst av humlor, men att detta samband självklart skiljer sig mellan arter. Den, i dagsläget, enda svenska studie som berör dessa ämnen menar dock inte att strukturella element, såsom stenighet, har ett tydligt samband med boplotsletande humlor (Svensson et al., 2000).

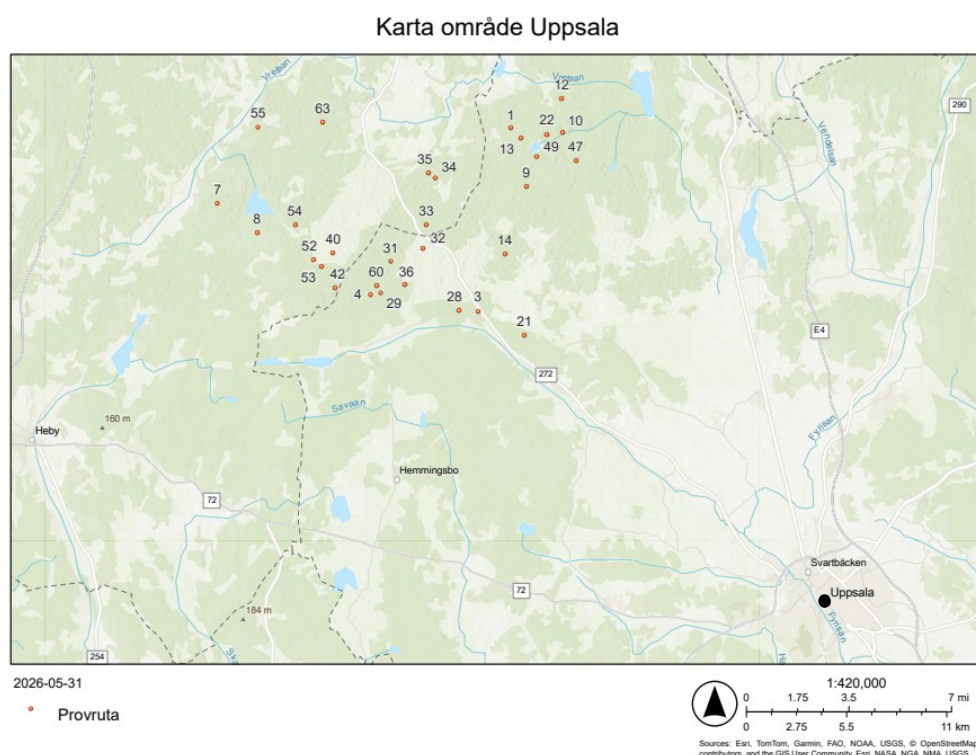
1.2 Syfte och frågeställning

Då förekomsten av pollinatörer visar på en nedåtgående trend globalt och boplotsletande samt vikten av skoglig miljö inte är välstuderade områden gällande humlors biologi och ekologi valdes därmed syftet för denna studie ut med avseende på detta för att fylla denna kunskapslucka. Boplotsletande i skoglig miljö verkar enligt dagens forskningsläge kunna bero på graden av öppenhet, i form av mängden träd och dess krontäckning, samt förekomst av strukturella variabler som stenighet, håligheter och död ved. Syftet med detta arbete var således att undersöka hur skogens öppenhet och strukturella heterogenitet påverkar humledrottningars val av boplat under tidig vår i hemiboreal skog i Uppsala. Den frågeställning som besvarades var:

Påverkar skogens öppenhet och strukturella heterogenitet humledrottningars val av boplat?

2. Metod

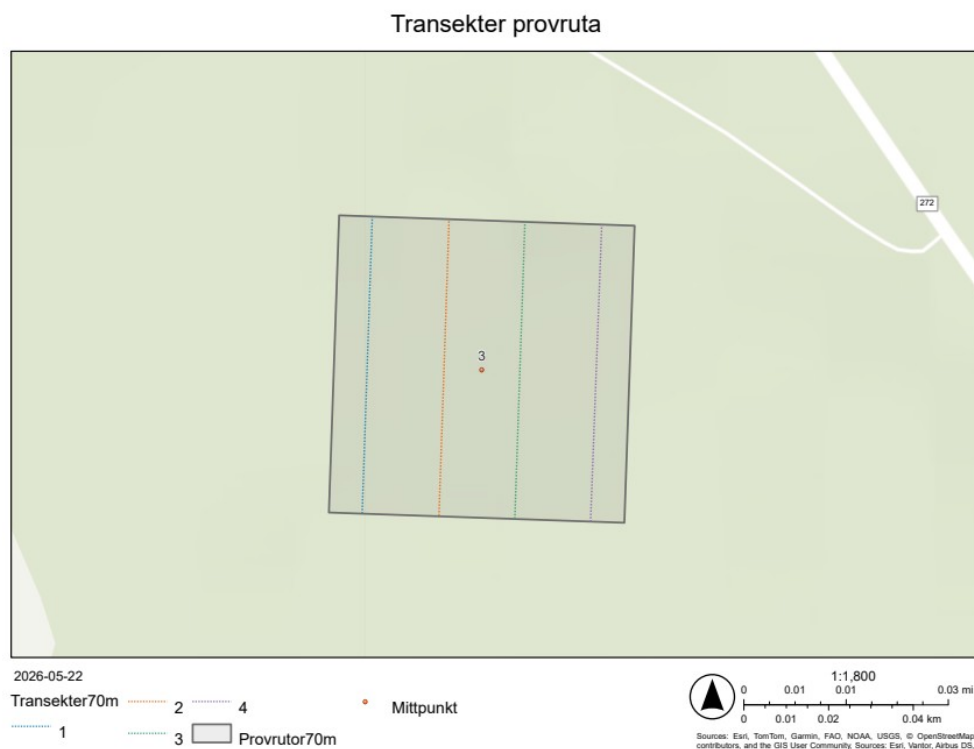
För att svara på studiens frågeställning besöktes 30 skogliga lokaler (provrutor) i nordvästra Uppsala (figur 1) för att studera hur många humledrottningar som där sökte efter boplats. Skogarna i provrutorna ligger i den hemiboreala zonen och var främst dominerade av barrträd såsom tall och gran, men hade också inslag av lövträd, exempelvis asp och björk. Provrutorna som valdes ut hade vissa skillnader i öppenhet och förekomst av skogliga strukturvariabler. Avståndet mellan provrutorna var minst 500 meter för att inte riskera att en humleindivid samlades in på flera olika provrutor (Kendall et al., 2021). Metoden för att samla in data om vilka humlor som letade boplats baserades på metoder i tidigare studier som visat på sambandet mellan observerade boplatsletande humledrottningar och faktiska boplatser i området (O'Connor et al., 2017; Kells & Goulson, 2003; Svensson et al., 2000; Lye et al., 2009).



Figur 1. Karta över området med provrutor norr om Uppsala. De provrutor som besöktes är ett urval av fler antal provrutor som ingår i ett större projekt, och numreringen på de 30 utvalda provrutorna har inte ändrats för detta projekt. Alltså kan vissa provrutor vara numrerade med en siffra högre än 30.

2.1 Datainsamling

En humlas livscykel är ettårig och de nya humlesamhällena startas av humledrottningarna som har överlevt vintern (Mossberg & Cederberg, 2012). Uppvaknandet ur vintervilan sker under olika tid beroende på art där de tidigaste arterna kan upptäckas under tidig vår. Direkt efter sitt uppvaknande från vintervilan börjar drottningarna leta efter föda och boplats. Under tidig vår är det alltså endast humledrottningar som kan observeras, eftersom humlesamhällena ännu inte är uppbyggda. Datainsamlingen för denna studie skedde därför under våren där 30 provrutor i områden nordväst om Uppsala besöktes mellan den 20:e och 24:e april. Provrutorna valdes ut på grund av deras skillnader i strukturella heterogenitet och öppenhet samt närhet till varandra för att hinna besöka så många lokaler som möjligt. I varje lokal valdes ett område ut i form av en kvadrat som mätte 70 x 70 meter. Inom denna kvadrat markerades 4 transekter ut som var 70 meter långa med 18 meters mellanrum och hade nord-sydlig riktning (figur 2).



Figur 2. Provruta med fyra transekter (blå, röd, grön och lila) i nord-sydlig riktning.

Kvadraterna och transekterna ritades ut med hjälp av ArcGIS Pro (Esri, 2026a). Längs med transekterna gjordes en inventering av humlor som befann sig inom 5 meters avstånd öster och väster om transekten. Varje transekt inventerades under cirka 7 minuter, alltså med en gånghastighet motsvarande 10 meter per minut. Tiden mättes med hjälp av ett tidtagarur som stoppades vid varje fynd av en

humla. Varje lokal hade därmed en aktiv inventeringstid på cirka 28 minuter. För att navigera i fält under inventeringen användes ArcGIS Field Maps (Esri, 2026b) samt kompass.

Humlor som observerades leta boplats fångades in med håv för artbestämning. Innan infångning noterades rörelsemönstret för att bedöma om humlan letade boplats, föda eller flög utan tydligt mål i sikte. Humledrottningar som letar boplats har ett speciellt rörelsemönster där de flyger lågt i ett sicksackmönster och/eller undersöker håligheter i omgivande mark (O'Connor et al., 2017). De håligheter de söker efter kan vara övergivna sorkbon, grästuvor, luftig mossa och andra håligheter mellan stenar och i träd (Holmström, 2009). De söker efter torra, inneslutna platser som är tillräckligt stora för deras kommande samhälle (Hanson, 2019). Platserna de letar efter har gemensamt att de ska ha ett mörkt ingångshål, vilket gör att humledrottningar lockas mycket till luckor och öppningar. Efter infångning med håv placerades humlan i ett provrör eller petriskål för observation av morfologiska strukturer för artbestämning. Artbestämningen underlättades av en artnyckel och referensbilder. Det dokumenterades tid, plats samt art för varje fynd. De humlor som inte lyckades artbestämmas, på grund av att de inte kunde fångas in, dokumenterades som *Bombus sp.*

Provrutornas strukturella heterogenitet bedömdes utifrån omfattningen av olika strukturvariabler och gavs utifrån detta olika poäng. Strukturvariablerna bedömdes enligt mängden av stenar och block (0-5), exponerad sand och jord (0-3), liggande död ved (0-3), stående död ved (0-3) samt förekomsten av olika åldersklasser på träden (0-1). Sammantaget gavs provrutorna poäng mellan 0-15, där höga poäng motsvarar områden med hög strukturell heterogenitet, alltså en större mängd av ovan nämnda egenskaper, och låga poäng motsvarar områden med låg strukturell heterogenitet. Exempel på strukturmässiga skillnader i de olika provrutorna kan ses i figur 3 och resultatet av bedömningen av respektive provrutans strukturvariabler och graden av heterogenitet finns översiktligt i resultatdelen och mer i detalj i bilaga 1.

Provrutornas öppenhet bedömdes beroende på graden av ljusinsläpp och krontäckning i områdena, vilket uppskattades genom att mäta områdets grundyta från centrum av provrutan. Grundytan är ett mått på skogens täthet, som anger den totala tvärsnittsarean av skogens träd per hektar, och mäts med ett relaskop (Skogskunskap, 2024). Enligt Greiser et al. (2018) är skogens täthet en påverkande faktor på mikroklimatet främst genom att den påverkar områdets temperatur, där en högre grundyta (högre trädthet) leder till en lägre temperatur. Detta stöds av Zhang et al. (2024) som också menar att grundytan bestämmer lufttemperaturen tillsammans med krontäckningen och därmed är ett indirekt mått på mikroklimat. Grundytan för gran, tall och övriga trädslag mättes och redovisas översiktligt i resultatdelen och mer i detalj i bilaga 1. Exempel på olikheter i skoglig öppenhet och därmed skillnader i grundyta visas i figur 3.



Figur 3. Bilder från några provrutors mittpunkt. Överst till vänster: Provruta 9 med låg strukturell heterogenitet. Överst till höger: Provruta 34 med hög strukturell heterogenitet. Nederst till vänster: Provruta 54 med låg grunddyta. Nederst till höger: Provruta 63 med hög grunddyta.

2.2 Statistisk analys

Utifrån inventeringens resultat och bedömningen av provrutornas strukturella heterogenitet och grunddyta gjordes en multipel regressionsanalys för att undersöka sambandet mellan antalet humlor och skogarnas öppenhet respektive strukturella heterogenitet. Detta gjordes då syftet med arbetet var att undersöka sambandet mellan flera variabler, vilket enligt Englund (2024) kan göras med just en regressionsanalys. Värdet för korrelationen mellan bedömd skoglig strukturell heterogenitet och uppmätt grunddyta var $-0,07911$, vilket innebär att de två variablerna är oberoende av varandra vilket gör att de båda kan användas för sambandsanalysen. Beräkningar och sammanställningen av insamlade data bearbetades i Microsoft Excel version 2604 (Microsoft, 2026), samt R version 4.4.2 (R Core Team, 2024). I R skrevs data från inventeringen och bedömningen av skogsområdena in som "antal_humlor", "struktur" samt "grunddyta" i en "data frame". Därefter användes formeln "model <- lm" med följande samband:

$$\text{antal}_{\text{humlor}} \sim \text{grunddyta} + \text{struktur}$$

Genom formeln "summary(model)" kunde de statistiska och numeriska egenskaperna för sambandet tas fram, där det framgår om sambandet kan uppvisa statistisk signifikans genom att ha ett p-värde som är lägre än 0,05 (Englund, 2024). Dessutom ges information om modellens förklaringsgrad (R^2), som är ett

mått på hur stor del av variationen av den beroende variabeln som förklaras av sambandsmodellen, där ett värde på 1 innebär att modellen förklarar 100 % av variationen av den beroende variabeln, som i detta fall är boplotsletande humledrottningar. Det framgår också vad den justerade förklaringsgraden är (adjusted R^2), vilket skiljer sig från R^2 genom att ta hänsyn till antalet variabler i modellen. Genom denna formel kan även sambanden mellan antal humlor och grundyta när variabeln för strukturell heterogenitet hålls konstant beräknas samt liknande beräkning för sambandet mellan antal humlor och strukturell heterogenitet när variabeln grundyta hålls konstant. Detta görs för att undersöka sambandet mellan varje enskild variabel och antalet boplotsletande humlor. Det kompletta R-skriptet finns i bilaga 2.

3. Resultat

Resultatet av de olika provrutornas uppmätta öppenhet (grundyta) och bedömda strukturella heterogenitet presenteras översiktligt i tabell 1 och kan läsas mer i detalj i bilaga 1.

Tabell 1. Provrutornas uppskattade strukturella heterogenitet och uppmätta grundyta samt antal observerade humlor i respektive provruta.

Provruta	Strukturell heterogenitet	Grundyta (m²/ha)	Antal observerade humlor
40	8	19	2
54	5	21	1
14	7	22	2
34	11	25	0
52	5	26	1
53	4	27	2
33	8	27	0
8	3	28	0
3	7	28	3
10	2	29	0
55	4	35	1
12	4	36	3
1	5	37	3
60	2	39	0
35	6	39	1
42	3	40	0
4	4	40	2
32	10	41	0
22	4	42	2
21	8	42	1
28	2	42	0
13	3	43	1
9	2	44	0
29	2	44	1
49	7	46	0
7	7	46	0
36	9	46	0
47	9	47	0
31	4	47	0
63	8	50	0

Både värden för den strukturella heterogeniteten och grundytan varierade mellan provrutorna. Den uppskattade strukturella heterogeniteten i provrutorna varierade i värden mellan 2 och 11, med medelvärdet 5,43 och standardavvikelsen 2,60. Den uppmätta grundytan i provrutorna varierade i värde mellan 19 och 50, med medelvärdet 36,60 och standardavvikelsen 8,87.

Totalt observerades 26 boplatsetande humledrottningar i de 30 provrutorna. Av de 26 observerade individerna var 7 av arten ljus jordhumla (*Bombus lucorum*) och 19 individer oidentifierade till art (*Bombus sp.*), se tabell 2.

Tabell 2. Antal observerade humledrottningar.

Art	Antal observationer	Procent av observationer
<i>Bombus sp.</i>	19	73.08
<i>Bombus lucorum</i>	7	26.92
Totalt	26	100

3.1 Multipel regressionsanalys

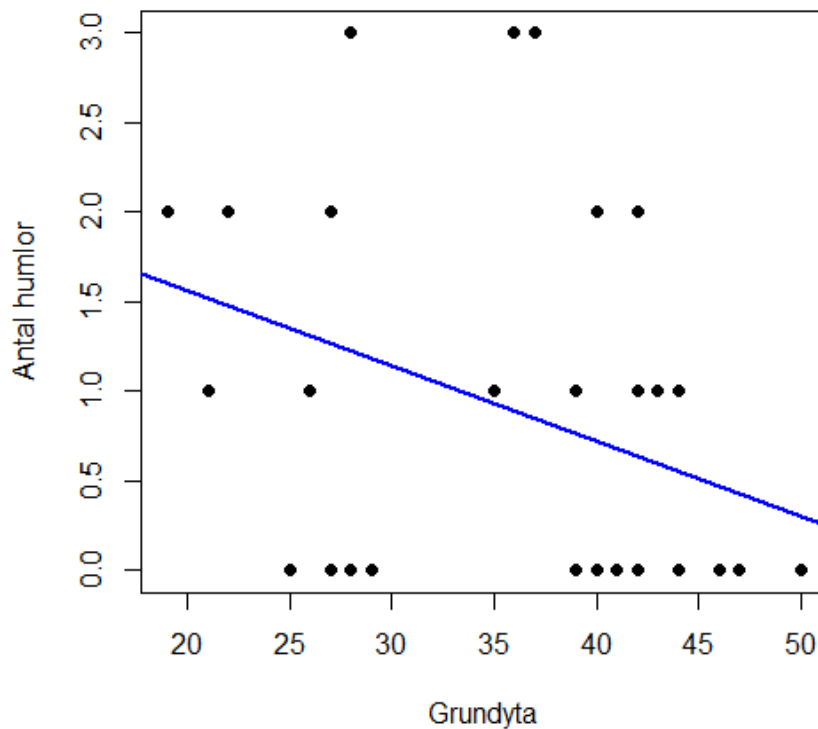
Sambandet mellan antal boplatsetande humlor, skoglig strukturell heterogenitet och grundyta utifrån den multipla regressionsanalysen uppvisade följande modell:

$$\text{antal humlor} = 2,66 - 0,043 * \text{grundyta} - 0,042 * \text{struktur}$$

Alltså skulle antalet boplatsetande humlor enligt modellen minska med en ökande grundyta samt en ökande skoglig strukturell heterogenitet. Analysen av modellen visade en förklaringsgrad (R^2) på 0,1425, vilket innebär att modellen endast kan förklara 14 % av variationen i antal boplatsetande humledrottningar beroende på skoglig strukturell heterogenitet tillsammans med grundyta. Modellen fångar alltså endast en liten del av variationen och indikerar att det kan finnas andra variabler som kan vara av vikt för humledrottningars boplatsetande i skoglig miljö som inte inkluderats i denna analys. Den justerade förklaringsgraden (adjusted R^2) var 0,079, alltså 8 %, vilket också är ett lågt värde. Detta stärker ytterligare att modellens förklaringsgrad är låg och att andra faktorer än strukturell heterogenitet och grundyta troligtvis påverkar utfallet av antal boplatsetande humlor. Modellen kunde heller inte uppvisa statistisk signifikans ($p = 0,1256$), vilket innebär att modellen kan bero av slumpen.

3.1.1 Öppenhet och antal humlor

Sambandet mellan antal boplatsletande humlor och skoglig öppenhet (grundyta), om variabeln för strukturell heterogenitet hålls konstant, uppvisade ett negativt samband (-0,043). En visualisering av sambandet mellan grundyta och antal boplatsletande humlor presenteras i figur 4.

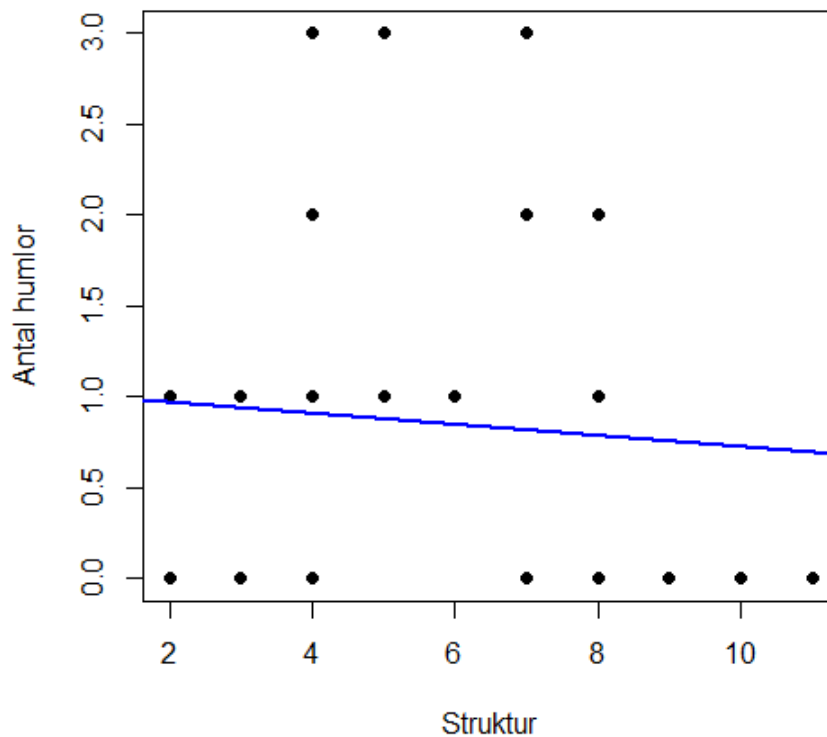


Figur 4. Samband mellan antal boplatsletande humlor och grundytan (m^2/ha).

Regressionslinjen visar en negativ lutning och enligt den statistiska analysen har grundytan en statistisk signifikant påverkan på antalet boplatsletande humledrottningar ($p = 0,04795$).

3.1.2 Strukturell heterogenitet och antal humlor

Sambandet mellan antal boplatsletande humlor och skoglig strukturell heterogenitet, om grundytan hålls konstant, uppvisade ett svagt negativt samband (-0,042). En visualisering av sambandet mellan strukturell heterogenitet och antal boplatsletande humlor presenteras i figur 5.



Figur 5. Samband mellan antal boplatsletande humlor och skoglig strukturell heterogenitet.

Regressionslinjen visar en negativ lutning, men enligt den statistiska analysen kan den strukturella heterogeniteten inte uppvisa en statistiskt signifikant påverkan på antalet boplatsletande humledrottningar ($p = 0,55212$). Ett sådant högt p-värde indikerar att det uppvisade sambandet mellan skoglig strukturell heterogenitet och antal boplatsletande humlor likaväl kan bero på slumpen.

4. Diskussion

4.1 Ökad öppenhet kan gynna boplatsetande humlor

Resultatet av inventeringen och dataanalysen visar alltså att öppenhet, i form av grundyta, kan påverka antalet boplatsetande humlor där en hög grundyta kan leda till färre observerade humlor. Alltså skulle skogspartier med en större gleshet mellan träden ge boplatset för fler humlor än områden med tätare trädbestånd. Detta stöds av litteratur om humlors boplatssval som lyfter fram torra, öppna miljöer med tillgång till torrt gräs och mossa som bra potentiella boplatser för humlor generellt sett (Holmström, 2009; Osborne et al., 2001; Svensson et al., 2000; Kells & Goulson, 2003; Dolan et al., 2025; Mossberg & Cederberg, 2012; Söderström 2013), vilket ett skogsparti med en lägre grundyta skulle kunna bidra med. En studie som har fokuserat på humlors boplatsetande i de biotoper som kan återfinnas i Sverige har visat att relativt öppna landskap tenderar att locka boplatssökande humledrottningar i större utsträckning än skogliga miljöer (Svensson et al., 2000), vilket kan vara en förklaring till att så få humlor kunde återfinnas i denna studie. Studien av Svensson et al. (2000) kan dock styrka sambandet mellan skoglig öppenhet och antalet boplatsetande humlor som resultatet från denna studie visade, eftersom resultatet visade att en lägre grundyta, alltså en ökad gleshet och mer öppenhet, kunde leda till fler boplatsetande humledrottningar. Alltså kan en ökad öppenhet på grund av en minskande grundyta, även i skogliga miljöer, bidra till en ökad förekomst av boplatsetande humledrottningar. Som beskrivet i metodkapitlet kan skoglig öppenhet i form av grundyta indirekt bidra till mikroklimatet i skogsmiljön (Greiser et al., 2018; Zhang et al., 2024). Temperaturen och ljusinsläppet i miljöer har en påverkan för vilka humlearter som finns i området och vilken storlek deras samhällen får (Bartholomé et al., 2024b). Detta samband ser, enligt författarna, olika ut för olika humlearter, men generellt sett bör en ökad temperatur bidra till en ökad förekomst av flera olika humlearter och ett ökat ljusinsläpp bidra till en ökad mängd humlor. Det styrker ytterligare denna studies resultat eftersom ökad temperatur och ljusinsläpp är ett resultat av en minskande grundyta och därmed en ökad öppenhet.

Enligt skogsdata från Sveriges lantbruksuniversitet (2025) har Sveriges generella grundytetillväxt varierat mycket under de senaste decennierna, men har mellan år 2018 och 2023 stadigt ökat med 27 %. Detta innebär att skogarna generellt sett har blivit mer täta sedan 2018, vilket författarna till rapporten menar beror på en ökad virkesmängd samt en oförändrad areal av produktiv skogsmark, och den största grundytetillväxten sker enligt rapporten i skogarna i Götaland. Enligt författarna till rapporten är det svårt att avgöra hur framtiden kommer att se

ut gällande grundytetillväxt, då det är många faktorer som påverkar detta, exempelvis klimatförändringar, grundläggande tillväxtfaktorer samt val av skogsbruk. Med en ökande grundytetillväxt de senaste åren och ett uppvisat negativt samband mellan ökande grundyta och antal boplatsletande humlor finns alltså risken att en fortsatt utveckling åt ökande grundyta och minskande öppenhet nationellt kan bidra till en minskad mängd boplatser åt humlor i svenska skogar.

4.2 Osäkra effekter av strukturell heterogenitet på humlors boplatssval

Resultatet av regressionsanalysen visade att variabeln för strukturell heterogenitet hade ett svagt negativt samband med antal boplatsletande humlor, om grundytan hölls konstant, men kunde dock inte uppvisa statistisk signifikans. Det innebär att resultatet inte ger stöd för att strukturell heterogenitet påverkar förekomsten av boplatsletande humlor i hemiboreal skog. Den negativa lutningen skulle dock kunna indikera att områden med högre grad av död ved, exponerad sand och jord, steniga partier samt träd av olika åldrar skulle ge boplatser åt färre humlor än områden med en lägre grad av strukturell heterogenitet. Analysen av detta samband visade dock ett så pass högt p-värde att detta samband mest troligt är ett resultat av slumpen. Det negativa sambandet motsägs dessutom av en del litteratur som menar att humlor tenderar att leta efter boplatser i håligheter exempelvis mellan stenar och i träd (Holmström, 2009; Mossberg & Cederberg, 2012; Lanterman et al., 2019), vilket en ökad grad av stenighet samt död ved kan bidra med. Dessa strukturkomponenter verkar vara de som forskningen i dagsläget menar har störst påverkan för humlors val av boplatser i skoglig miljö, men återigen finns det ingen samstämmighet kring denna slutsats.

Inte heller modellen som inkluderade både strukturell heterogenitet och grundyta relaterat till antal boplatsletande humlor kunde uppvisa statistiskt signifikanta samband. Detta kan indikera att de undersökta variablerna endast förklarar en begränsad del av variationen i humledrottningars boplatssval.

4.3 Begränsningar och felkällor

Antalet observerade boplatsletande humledrottningar i denna studie var lågt, vilket kan vara en av flera förklaringar till varför modellen som helhet och strukturell komplexitet inte uppvisade statistisk signifikans. Att antalet observationer var så få kan bero på flera olika saker. Tiden för datainsamlingen kan ha varit en bidragande faktor till det låga antalet observerade humlor då inventeringen genomfördes ganska tidigt på våren, som var ganska kylig inledningsvis. Dessutom inventerades skogsområdena endast under en veckas tid och endast vid ett tillfälle på grund av tidsbrist, vilket kan ha bidragit till ett mindre representativt och tillförlitligt resultat. Områdena besöktes på olika tider

under dygnet, vilket kan ha bidragit till ett mindre representativt resultat eftersom områden som inventerades tidigare under dagen eventuellt gav ett missvisande antal humledrottningar eftersom temperaturen var lägre tidigare på dagen än senare mot eftermiddagen. Detta hade kunnat undvikas genom att ha ett tydligt temperaturspann för när en inventering ska genomföras. Områden som besöktes tidigt under inventeringsperioden skulle kunna visa på fler observerade humlor om dessa områden hade inventerats senare under perioden då medeltemperaturen hade stigit något. För att motverka detta hade det varit av vikt att besöka områdena vid flera tillfällen för att kunna få ett värde på antalet boplatsletande humledrottningar som var mer representativt för områdena.

Många av de humlor som observerades i fält kunde inte artbestämmas på grund av svårigheter att håva in dem, då de var snabba eller befann sig på ett onåbart ställe. Även bredden på transekten som inventerades (5 meter åt varje håll) kan ha bidragit till att många humlor inte lyckades håvas in. Att denna bredd valdes var en kompromiss som gjordes i fält eftersom det var så pass få humlor aktiva, men tillräckligt många observationer behövdes för att kunna göra sambandsanalysen. Detta är en svaghet i studien då det hade varit intressant att identifiera varje observerad humla till art för att se om det hade kunnat finnas skillnader vad gäller preferenser för boplatsval i skoglig miljö mellan olika humlearter. De humlor som lyckades identifieras till art var av arten ljus jordhumla, *Bombus lucorum*, men eftersom antalet av dem var så pass litet kunde ingen sambandsanalys göras endast för den arten. Den stora begränsningen som denna studie har bedöms vara det låga antalet observerade boplatsletande humlor, vilket gjorde den statistiska analysen svagare.

4.3.1 Statistiska svagheter

Analysen av sambandet mellan antalet humlor och skogsbeståndens strukturella heterogenitet tillsammans med öppenhet i form av grundyta uppvisade en del statistiska svagheter. Sambanden av den multipla regressionsanalysen kunde inte uppvisa någon statistisk signifikans och visade en låg förklaringsgrad. En möjlig förklaring till detta kan vara att antalet observationer av boplatsletande humlor var för få för att få en tillräckligt stor datamängd för den valda statistiska analysen. Avsaknaden av ett statistiskt signifikant samband och den låga förklaringsgraden skulle också kunna bero på brister i hur variabeln strukturell heterogenitet bedömdes i de olika områdena. Bedömningen gjordes utifrån förekomsten av olika strukturella egenskaper som utifrån litteraturen antogs kunna påverka olika humlearters val av boplats. Egenskaperna gavs olika gradering, där exempelvis förekomsten av död ved (både liggande och stående), sand samt stenar och block kunde värderas utifrån en bredare skala och vägde därmed mycket tyngre än exempelvis förekomst av olika åldersgrupper på träden. Denna skillnad gjordes då i princip alla områden som inventerades hade någon grad av död ved samt

stenighet och hade det inte gjorts en graderad skala av detta hade skillnaderna mellan den bedömda strukturella heterogeniteten mellan områdena blivit väldigt mycket mindre. Det kan dock ha bidragit till en snedfördelning av egenskaperna som utgjorde variabeln för strukturell heterogenitet, vilket kan ha bidragit till att det inte var möjligt att se ett samband som var statistiskt signifikant. Det är också möjligt att olika strukturella element påverkar humledrottningar på olika sätt och att en sammanvägd strukturvariabel därför dolde biologiskt relevanta sammanhang. Exempelvis kan död ved skapa håligheter medan steniga miljöer påverkar hur torrt ett område är och dess temperatur på ett annat sätt än den döda veden. Att egenskaperna som utgjorde den sammanvägda poängen för varje områdes strukturella heterogenitet också endast baserades på en bedömning av området, jämfört med en mer noggrann inventering, kan vara en svaghet, eftersom det finns risk att vissa strukturelement missades att tas med.

Avsaknaden av statistisk signifikans för modellen som helhet och strukturell komplexitet innebär att det utifrån denna studies resultat inte går att visa hur de hänger ihop.

4.4 Framtida studier

Utifrån att modellen som helhet inte kunde uppvisa statistisk signifikans kan frågan väckas om det kan vara flera andra faktorer som kan påverka var i skoglig miljö som humledrottningar väljer att leta boplats. Studien genomfördes tidigt under säsongen vilket gjorde att mängden blommor i områdena inte valdes att ta med i analysen eftersom denna egenskap var svår att bedöma innan blomning. Många studier och mycket av litteraturen menar att det finns ett samband mellan mängden blommor och mängden humlebon (Feigs et al., 2024; Liczner & Colla, 2019; Mossberg & Cederberg, 2012; Holmström, 2009; Pugsek & Crone, 2021), vilket därmed hade varit intressant att inkludera som variabel för den skogliga strukturella heterogeniteten. Detta kräver dock att studien hade genomförts senare under säsongen, vilket skulle kunna riskera svårigheter att hitta boplatsletande humlor, då en del arter troligtvis redan har hittat boplats vid det laget. Generellt vore markvegetationen en intressant aspekt att undersöka då förekomst av torrt gräs och mossa verkar vara centrala faktorer för boplatsbyggandet och boplatsletandet för humlor (Mossberg & Cederberg, 2012; Holmström, 2009; Goodell et al., 2019). För framtida studier kan det vara intressant att inkludera dessa nämnda egenskaper i den bedömda strukturella heterogeniteten. Det skulle också kunna vara av vikt att titta på varje enskild egenskap för sig och se om de ensamma kan uppvisa ett statistiskt signifikant samband med antalet boplatsletande humledrottningar.

Många studier menar att humlor generellt sett tenderar att bygga bon i mer öppna områden eller kantzoner än i skogspartier (Osborne et al., 2001; Svensson et al., 2000; Kells & Goulson, 2003; Dolan et al., 2025; Kallioniemi et al., 2017;

Lanterman et al., 2019). Kunskapsläget kring detta är dock delat då det finns studier som visar att humlor i stället föredrar skogsområden som boplats (Liczner & Colla, 2019; Pugsek & Crone, 2021). Dessa skillnader i resultat kan komma att bero på att de har genomförts i olika länder med olika biotoper samt olika humlearter. Det hade varit intressant att undersöka hur skillnaderna såg ut i antalet boplatsletande humlor och om det fanns artspecifika skillnader gällande detta mellan biotoper av olika slag i närliggande områden för att få ett mer jämförbart resultat som kan hjälpa att förstå humlors ekologi och biologi bättre.

Det hade också varit intressant att undersöka vidare kring de skogliga strukturvariablerna då det, utifrån det aktuella forskningsläget, inte ser ut att finnas någon samstämmighet gällande hur sambandet mellan strukturell heterogenitet och boplats för humlor ser ut. Exempelvis menar Svensson et al. (2000) att strukturella element, såsom stenighet, inte har ett tydligt samband med boplatsletande humlor, medan Westphal et al. (2008) menar att exempelvis naturbetesmarker med en högre grad av strukturell komplexitet tenderar att ha en högre diversitet av humlor. Även studien av Lanterman et al. (2019) visar på denna osäkerhet i frågan då studien visar att förekomst av vissa strukturella element är mycket mer starkt associerat med boplats för humlor än andra element. Detta tyder på att mer forskning inom området behövs för att förstå vilka strukturella element som är centrala faktorer när det kommer till humledrottningars boplatsletande.

Utifrån resonemanget kring grundytetillväxten och framtida risker för humlors boplatsletande baserat på skogsdata från Sveriges lantbruksuniversitet (2025) vore det spännande att undersöka hur olika skogsbruksmetoder påverkar humlor i olika stadier av sin livscykel.

4.5 Slutsats

Resultatet av denna studie indikerar att öppenhet i form av grundyta kan vara viktigare än skoglig strukturell heterogenitet i sig för boplatsletande humledrottningar i skoglig miljö. Sambandet mellan öppenheten och humledrottningars val av boplats visade att en ökande grundyta kunde bidra till ett lägre antal boplatsletande humlor och indikerar därmed att humlor söker sig till mer öppna miljöer i skogliga habitat för boplatssökande. Detta resultat uppvisade statistisk signifikans, men bör dock tolkas med försiktighet på grund av studiens begränsande datamängd och utifrån resultatet påverkar troligen flera andra faktorer humledrottningars boplatsval i skoglig miljö. Forskningsläget kring området är begränsat och mer forskning behövs för att förstå hur olika faktorer bidrar i denna centrala del av humlors livscykel.

Referenser

- Baden-Böhm, F., Hellwig, N., Dauber, J., & Thiele, J. (2025). Efficiency of flower strips for bumblebee colonies depends on nesting habitat and interactions with semi-natural habitats and mass-flowering crops. *Landscape Ecology*. 123 (40). <https://doi.org/10.1007/s10980-025-02139-4>
- Bartholomée, O., Björnberg, J., Smith, H. G., & Kendall, L. (2024a). Pollinator effectiveness and pollination dependency of bilberry (*Vaccinium myrtillus*) in Swedish hemi-boreal forests. *Journal of Pollination Ecology*. 36 (12), 135-143. [https://doi.org/10.26786/1920-7603\(2024\)791](https://doi.org/10.26786/1920-7603(2024)791)
- Bartholomée, O., Jie, V. W., Caplat, P., Smith, H. G., & Baird, E. (2024b). Warm or bright – Temperature and light microhabitat use in insect pollinators. *Ecological Entomology*. 50 (5), 853-864. <https://doi.org/10.1111/een.13452>
- Björse, G. (2000). *Near-Natural Forests in Southern Sweden: Silvicultural and palaeoecological aspects on nature-based silviculture*. Diss. Swedish University of Agricultural Sciences. Alnarp. https://pub.epsilon.slu.se/2036/1/bjorse_g_000520.pdf
- Bommarco, R., Lundin, O., Smith, H. G., & Rundlöf, M. (2012). Drastic historic shifts in bumble-bee community composition in Sweden. *Proceedings of the Royal Society B*. 279 (1727), 309-315. <https://doi.org/10.1098/rspb.2011.0647>
- Borgström, P., Ahrné, K., & Johansson, N. (2018). *Pollinatörer och pollinering i Sverige – värden, förutsättningar och påverkansfaktorer*. (6841). Naturvårdsverket. <https://www.naturvardsverket.se/publikationer/6800/pollinatorer-och-pollinering-i-sverige/> [2026-04-03]
- Cameron, S. A., & Sadd, B. M. (2020). Global Trends in Bumble Bee Health. *Annual Review of Entomology*. 65, 209-232. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011118-111847>
- Diaz-Forero, I., Kuusemets, V., Mänd, M., Liivamägi, A., Kaart, T., & Luig, J. (2011). Effects of Forest Habitats on the Local Abundance of Bumblebee Species: a Landscape-scale Study. *Baltic forestry*. 17 (2), 235-242. [https://balticforestry.lammc.lt/bf/PDF_Articles/2011-17\[2\]/Diaz-Forero_2011%2017\(2\)_235_242.pdf](https://balticforestry.lammc.lt/bf/PDF_Articles/2011-17[2]/Diaz-Forero_2011%2017(2)_235_242.pdf) [2026-04-05]
- Dolan, S., Portman, Z. M., & Cariveau, D. P. (2025). Prairie and edge habitats provide valuable nesting resources for bumble bees (*Bombus*) in the midwestern U.S. *Apidologie*. 56 (98). <https://doi.org/10.1007/s13592-025-01222-8>
- Englund, J.-E. (2024). *Grundläggande statistik för kurser vid SLU*. SLU Alnarp, Institutionen för biosystem och teknologi.
- Esri. (2026a). *ArcGIS Pro (3.7)* [Programvara]. Redlands, CA: Esri. <https://www.esri.se/sv-se/arcgis/products/arcgis-pro/overview> [26-04-14]

- Esri. (2026b). *ArcGIS Field Maps* (26.1.2) [Mobilapplikation]. Redlands, California: Esri. <https://www.esri.se/sv-se/arcgis/products/arcgis-field-maps/overview> [26-04-14]
- Feigs, J. T., Huang, S., Holzhauser, S. I. J., Brunet, J., Diekmann, M., Hedwall, P.-O., Kramp, K., & Naaf, T. (2024). Bumblebees mediate landscape effects on a forest herb's population genetic structure in European agricultural landscapes. *Ecology and Evolution*. 14 (7). <https://doi.org/10.1002/ece3.70078>
- Goodell, K., Mitchell, R., & Lanterman, J. (2019). *Distribution and Habitat Use of the Rusty Patched Bumble Bee (Bombus affinis) and the Yellow-Banded Bumble Bee (Bombus terricola) in Ohio*. Columbus, OH: Ohio State University. https://rosap.nrl.bts.gov/view/dot/62337/dot_62337_DS1.pdf [2026-05-15]
- Gómez-Martínez, C., Aase, A. L. T. O., Totland, Ø., Rodríguez-Pérez, J., Birkemoe, T., Sverdrup-Thygeson, A., & Lázaro, A. (2020). Forest fragmentation modifies the composition of bumblebee communities and modulates their trophic and competitive interactions for pollination. *Scientific Reports*. 10872 (10). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67447-y>
- Greiser, C., Meineri, E., Luoto, M., Ehrlén, J., & Hylander, K. (2018). Monthly microclimate models in a managed boreal forest landscape. *Agricultural and Forest Meteorology*. 250–251, 147–158. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.12.252>
- Hanson, T. (2019). *Binas hemliga liv*. Natur & Kultur.
- Hedvall, P.-O., Gustafsson, L., Brunet, J., Lindblad, M., Axelsson, A.-L., Strengbom, J. (2019). Half a century of multiple anthropogenic stressors has altered northern forest understory plant communities. *Ecological Applications*. 29 (4). <https://doi.org/10.1002/eap.1874>
- Holmström, G. (2009). *Humlör - alla Sveriges arter: Så känner du igen dem i naturen – och i trädgården*. Östlings Bokförlag Symposion.
- Kallioniemi, E., Åström, J., Rusch, D., Dahle, S., Åström, S., & Gjershaug, J. O. (2017). Local resources, linear elements and mass-flowering crops determine bumblebee occurrences in moderately intensified farmlands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 239 (15), 90-100. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.12.039>
- Kells, A. R., & Goulson, D. (2003). Preferred nesting sites of bumblebee queens (Hymenoptera: Apidae) in agroecosystems in the UK. *Biological Conservation*. 109 (2), 165-174. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00131-3](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00131-3)
- Kendall, L. K., Mola, M. J., Portman, Z. M., Cariveau, D. P., Smith, H. G., & Bartomeus, I. (2021). The potential and realized foraging movements of bees are differentially determined by body size and sociality. *Ecology*. 103 (11). <https://doi.org/10.1002/ecy.3809>
- Lanterman, J., Reeher, P., Mitchell, R. J., & Goodell, K. (2019). Habitat Preference and Phenology of Nest Seeking and Foraging Spring Bumble Bee Queens in Northeastern North America (Hymenoptera: Apidae: Bombus). *The American Midland Naturalist*. 182 (2), 131-159. <https://doi.org/10.1674/0003-0031-182.2.131>

- Liczner, A. R., & Colla, S. R. (2019). A systematic review of the nesting and overwintering habitat of bumble bees globally. *Journal of Insect Conservation*. 23, 787-801. <https://doi.org/10.1007/s10841-019-00173-7>
- Lye, G., Park, K., Osborne, J., Holland, J., & Goulson, D. (2009). Assessing the value of Rural Stewardship schemes for providing foraging resources and nesting habitat for bumblebee queens (Hymenoptera: Apidae). *Biological Conservation*. 142 (10), 2023-2032. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.03.032>
- Maebe, K., Hart, A. F., Marshall, L., Vandamme, P., Vereecken, N. J., Michez, D., & Smagghe, G. (2021). Bumblebee resilience to climate change, through plastic and adaptive responses. *Global Change Biology*. 27 (18), 4223-4237. <https://doi.org/10.1111/gcb.15751>
- Microsoft. (2026). Microsoft Excel. Version 2604. [Programvara]. Redmond, Washington: Microsoft. <https://www.microsoft.com/sv-se/microsoft-365/excel?market=se> [2026-04-20]
- Mola, J. M., Hemberger, J., Kochanski, J., Richardson, L. L., & Pearse, I. S. (2021). The Importance of Forests in Bumble Bee Biology and Conservation. *BioScience*. 71 (12), 1234-1248. <https://doi.org/10.1093/biosci/biab121>
- Moquet, L., Bruyère, L., Pirard, B., & Jacquemart, A. L. (2017). Nectar foragers contribute to the pollination of buzz-pollinated plant species. *American Journal of Botany*. 104 (10), 1452-1463. <https://doi.org/10.3732/ajb.1700090>
- Mossberg, B., & Cederberg, B. (2012). *Humlor i Sverige: 40 arter att älska och förundras över*. Bonnier Fakta.
- O'Connor, S., Park, K. J., & Goulson, D. (2017). Location of bumblebee nests is predicted by counts of nest-searching queens. *Ecological Entomology*. 42 (6), 731-736. <https://doi.org/10.1111/een.12440>
- Osborne, J. L., & Williams, I. H. (2001). Site constancy of bumble bees in an experimentally patchy habitat. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 83 (1-2), 129-141. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00262-0](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00262-0)
- Pugesek, G., & Crone, E. E. (2021). Contrasting effects of land cover on nesting habitat use and reproductive output for bumble bees. *Ecosphere*. 12 (7). <https://doi.org/10.1002/ecs2.3642>
- R Core Team. (2024). *R: A language and environment for statistical computing*. Version 4.4.2. [Programvara]. Wien: R Foundation for Statistical Computing. <https://cran.r-project.org/index.html> [2026-04-27]
- Skogskunskap. (2024). *Mäta grundyta med relaskop*. https://www.skogskunskap.se/aga-skog/matt-och-matning/redskap-for-matning-av-skogen/mata-grundyta-med-relaskop/?utm_source=chatgpt.com [2026-05-15]
- Sveriges lantbruksuniversitet. (2025). *Skogsdata 2025*. Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU Umeå. https://www.slu.se/globalassets/slu.se/om-slu/organisation/institutioner/skoglig-resurshushallning/riksskogstaxeringen/dokument/skogsdata/skogsdata_2025_web.pdf [2026-05-18]

- Söber, V., Leps, M., Kaasik, A., Mänd, M., & Teder, T. (2020). Forest proximity supports bumblebee species richness and abundance in hemi-boreal agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 298 (106961).
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106961>
- Svanberg, I. (2012). The use of wild plants as food in pre-industrial Sweden. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 81 (4), 317-327.
https://www.researchgate.net/publication/233950828_The_use_of_wild_plants_as_food_in_pre-industrial_Sweden [2026-05-18]
- Svensson, B., Lagerlöf, J., & Svensson, B. G. (2000). Habitat preferences of nest-seeking bumble bees (Hymenoptera: Apidae) in an agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 77 (3), 247–255. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00106-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00106-1)
- Söderström, B. (2013). *Sveriges humlor – en fälthandbok*. Entomologiska föreningen i Stockholm.
- Westphal, C., Bommarco, R., Carré, G., Lamborn, E., Morison, N., Petanidou, T., Potts, S. G., Roberts, S. P. M., Szentgyörgyi, H., Tscheulin, T., Vaissière, B. E., Woyciechowski, M., Biesmeijer, J., Kunin, W. E., Settele, J., & Steffan-Dewenter, I. (2008). Measuring bee habitats in different European habitats and biogeographical regions. *Ecological Monographs*. 78 (4), 653-671.
<https://doi.org/10.1890/07-1292.1>
- Wray, J. C., Neame, L. A., & Elle, E. (2014). Floral resources, body size, and surrounding landscape influence bee community assemblages in oak-savannah fragments. *Ecological Entomology*. 39 (1), 83-93.
<https://doi.org/10.1111/een.12070>
- Zhang, S., Sjögren, J., & Jönsson, M. (2024). Retention forestry amplifies microclimate buffering in boreal forests. *Agricultural and Forest Meteorology*. 350, 109973.
<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2024.109973>

Bilaga 1

Här presenteras information om provrutorna samt fynd av boplatsletande humledrottningar. Det summerade värdet för respektive provrutans grundyta av olika trädtyper hittas i kolumnen ”Grundyta”. Det summerade värdet för områdenas strukturella heterogenitet hittas i kolumnen ”Struktur” och bedömdes utifrån följande kriterier: förekomst av olika åldersklasser på träden (0-1), andel stenar och block som fanns (0-5), förekomst av exponerad sand och jord (0-3), hur mycket liggande död ved som fanns (0-3) samt hur mycket stående död ved som fanns (0-3).

Provruta	Åldersklass	Block	Sand	Död ved liggande	Död ved stående	Grundyta annan	Grundyta Gran	Grundyta Tall	Struktur	Grundyta	Antal humlor
40	1	5	0	1	1	0	0	19	8	19	2
54	0	1	1	2	1	0	3	18	5	21	1
14	0	2	2	2	1	0	0	22	7	22	2
34	1	5	0	3	2	3	10	12	11	25	0
52	0	3	0	2	0	0	7	19	5	26	1
53	0	1	0	1	2	0	2	25	4	27	2
33	0	3	1	3	1	8	14	5	8	27	0
8	0	1	0	1	1	1	7	20	3	28	0
3	0	4	1	1	1	1	12	15	7	28	3
10	0	1	0	1	0	1	0	28	2	29	0
55	0	3	0	1	0	3	5	27	4	35	1
12	0	2	0	1	1	0	18	18	4	36	3
1	0	3	0	1	1	1	24	12	5	37	3
60	0	0	0	1	1	1	21	17	2	39	0
35	0	5	0	1	0	2	6	31	6	39	1
42	1	1	0	0	1	0	34	6	3	40	0
4	0	2	0	1	1	0	21	19	4	40	2
32	1	4	0	3	2	11	13	17	10	41	0
22	0	0	0	2	2	1	27	14	4	42	2
21	1	3	1	2	1	6	2	34	8	42	1
28	0	1	0	1	0	6	9	27	2	42	0
13	0	2	0	1	0	0	7	36	3	43	1
9	0	0	1	1	0	0	0	44	2	44	0
29	0	0	0	1	1	0	3	41	2	44	1
49	0	4	0	2	1	1	28	17	7	46	0
7	0	1	2	2	2	0	6	40	7	46	0
36	1	3	0	3	2	3	15	28	9	46	0
47	1	3	0	3	2	18	10	19	9	47	0
31	0	1	0	2	1	1	11	35	4	47	0
63	0	2	1	3	2	0	40	10	8	50	0

Bilaga 2

Här samlas det kompletta R-skriptet som användes för arbetet. Versionen av R som användes var 4.4.2.

```
> humlor <- data.frame(  
+ antal_humlor = c(0,3,0,0,0,1,3,2,0,1,0,1,2,1,2,0,0,0,0,1,2,1,0,0,0,0,1,3,0,2),  
+ grundyta =  
c(29,37,47,46,44,43,36,42,50,35,46,26,27,21,19,28,40,39,46,44,40,39,25,27,41,47,42,  
28,42,22),  
+ struktur = c(2,5,9,7,2,3,4,4,8,4,7,5,4,5,8,3,3,2,9,2,4,6,11,8,10,4,8,7,2,7))
```

```
> model1 <- lm(antal_humlor ~ grundyta + struktur, data=humlor)
```

```
> summary(model1)
```

Call:

```
lm(formula = antal_humlor ~ grundyta + struktur, data = humlor)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.3376	-0.6597	-0.2922	0.4851	2.1321

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.66237	0.89220	2.984	0.00597 **
grundyta	-0.04278	0.02065	-2.072	0.04795 *
struktur	-0.04234	0.07032	-0.602	0.55212

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.9997 on 27 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1425, Adjusted R-squared: 0.07895

F-statistic: 2.243 on 2 and 27 DF, p-value: 0.1256

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

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

JA, jag, Frida Gravenfors har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

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