



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för ekologi

Effekter av landskapets sammansättning på humlearters förekomst

Effects of landscape composition on the occurrence of bumblebee species

Mikaela Lindberg

Biologi och miljövetenskap
Kandidatarbete 15 hp
Uppsala 2014

Självständigt arbete/Examensarbete / SLU, Institutionen för ekologi 2013:10

Effekter av landskapets sammansättning på humlearters förekomst
Effects of landscape composition on the occurrence of bumblebee species

Mikaela Lindberg

Handledare: Erik Öckinger, SLU, Inst. för ekologi

Examinator: Helena Bylund, SLU, Inst. för ekologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i Biologi

Kurskod: EX0689

Program/utbildning: Biologi och miljövetenskap

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2014

Serietitel: Självständigt arbete/Examensarbete / SLU, Institutionen för ekologi

Löpnummer: 2013:10

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Bombus spp., abundans, förekomst, observera, markslag

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap
Institutionen för ekologi

Abstract

The species in the genus bumblebees (*Bombus*) are important pollinators. In the world there are 250 bumblebee species and there are 34 species in Norway. The purpose of this study is 1) to assess changes in the species composition of bumblebees in twenty different places in Norway that have been inventoried first one time between 1939-1960 and the second time in 2012, and 2) to relate species richness and distributions to current landscape composition with the aid of orthophotos. In this study, I have used regression analyzes on the different bumblebee species that were present or absent at the inventory, using the premises of the following variables: low or high altitude, latitude, longitude and seven different types of land use (farmland, building/plots, open land/pasture, forest, wetland and open or snow-covered ground above the tree line) to see if there was any relationship between each species and the different variables.

I have not analyzed what the landscape looked like at the first inventories and therefore we cannot say whether it has changed and if that is why species number has decreased. This would be interesting to study further and to see if there is any relationship between landscape changes and bumblebee's species decline. All species are dependent of flora and, if there is no suitable flora at the current location, there will be no bumblebees.

Innehållsförteckning

| | |
|---------------------|----|
| Abstract..... | 3 |
| Inledning | 5 |
| Humlor:..... | 5 |
| Lokaler: | 7 |
| Syfte: | 8 |
| Frågeställning..... | 8 |
| Hypotes: | 8 |
| Metod..... | 9 |
| Resultat..... | 11 |
| Diskussion | 20 |
| Slutsats | 25 |
| Referenslista..... | 26 |
| Appendix 1 | 28 |
| Appendix 2 | 29 |
| Appendix 3 | 30 |
| Appendix 4 | 31 |

Inledning

Den biologiska mångfalden anses mycket viktig och det gäller både antalet arter men även antalet naturtyper i ett område. Dessa två hänger ihop, då antalet arter bland annat är beroende av antalet naturtyper.

Hur naturtypen är uppbyggd och hur länge den funnits på lokalen är också viktiga faktorer som har betydelse för antalet arter. Landskapsförändringar kan påverka den biologiska mångfalden. Det har gjorts en del studier som undersöker förändringar i landskap och effekter som kan påverka den biologiska mångfalden. Goulson m.fl. (2005) har studerat och visat sambandet mellan biotopers förändringar och förändring i artsammansättning av humlor. Andra studier har visat att det finns samband mellan ekologiska egenskaper och historiska förändringar (Bartomeus m.fl., 2013).

Om markanvändningen ändrats eller en större landskapsförändring skett på någon eller fler av lokalerna kan detta påverka en del arter negativt. Detta ändrar förutsättningarna för alla arter som levt på den lokalen och mångfalden av växter och djur kan öka eller minska. När det gäller humlor är de beroende av sina värdväxter och finns inte de rätta växtarterna på lokalen finns inte heller humlorna där. Vissa arter är mer specialiserade på en viss typ av flora än andra och är därför mer känsliga för landskapsförändringar som påverkar biotopen. Exempelvis är *Bombus consobrinus* (Stormhattshumla) en specialiserad art som är beroende av en specifik blomma, nordisk stormhatt. Om förändringar i landskapet gör att denna växt försvinner från lokalen försvinner även stormhattshumlan.

Humlor: Arterna inom släktet humlor (*Bombus*) är viktiga insekter som sköter pollineringen av växter, däribland grödor med stor betydelse för oss människor (Løken, 1973). Det beräknas att humlor och bin bidrar med pollineringsstjänster till ett värde av 165 miljarder norska kronor årligen till den globala världsekonomin (Ødegaard, 2006).

I världen finns det 250 humlearter och 34 av dessa finns i Norge. Av dessa 34 arter är sex rödlistade i Norge: klöverhumla (*B. distinguendus*), gräshumla (*B. ruderarius*), backhumla (*B. humilis*), vallhumla (*B. subterraneus*), broksnylthumla (*B. quadricolor*) och mosshumla (*B. muscorum*) (Ødegaard, 2006). De olika arterna humlor kan man finna i olika terrestra miljöer, allt från fjälltrakterna, kulturlandskapet till kusterna. Det är dock artfattigare i täta produktionsskogar men störningar som brand, stormfällning, hyggen m.m. som lokalt ger en högre örtrikedom kan leda till en artrikare humlefauna. Man kan säga att humlefaunans artrikedom i ett område beror på blomresursernas artrikedom i landskapet. Många humlearter

kan finnas inom samma habitat vilket beror på att de har olika beteenden och preferenser. Konkurrensen om de gemensamma resurserna minskar då de är specialiserade på olika blommor (Mossberg & Cederberg 2012).

Hos de sociala humlorna är det bara drottningarna som övervintrar. På våren börjar drottningarna söka efter en bra boplats. Detta kan vara gamla sorkbon och andra håligheter i marken, fågelholkar, ihåliga träd, även i väggar och isolering. Drottningen börjar samla in nektar och pollen och den första kullen med larver föder drottningen upp själv. Samhället växer under sommaren med flera generationer av arbetare. Alla arbetare är honor och det är bara de och drottningen som har en tagg att försvara sig med. När högsommaren kommer börjar samhällena att producera hanar och nya drottningar och de gamla drottningarna dör. Hanarna samlar aldrig pollen utan söker bara nektar för egen konsumtion. De nya drottningarna kläcks lite senare än de flesta hanarna och är oftast jämförelsevis färre i antal. Drottningarna lämnar boet för att para sig och därefter gräver de ner sig i marken för att påbörja övervintringen. Under några veckor lever hanarna och arbetarna vidare för att senare dö (Mossberg m.fl., 2012). Det finns även snylthumlor och de tillhör inte de sociala humlorna. Dessa humlor lever som boparasiter hos de sociala humlorna och är ofta specialiserade på att parasitera vissa specifika sociala humlearter. Hos dessa arter finns det bara drottningar och hanar (Mossberg, m.fl., 2012).

Artrikedomen och abundansen av många humlearter minskar. Bommarco m.fl. (2011) studerade förändringarna i artsammansättningen i rödklöverfröodlingar i Sverige. De kom fram till att framför allt vissa arter har minskat i förekomst på grund av pesticider i jordbruket och förändringar i landskapets sammansättning av t.ex. åkrar, ängar och betesmarker. Att vissa arter har drabbats mer än andra av dessa förändringar kan bero på att de olika humlearterna är antingen lång- eller korttungade. Arter med kort tunga är i större utsträckning generalister, vilket gör att de är bättre anpassade till öppna blommor medan långtungade arter är mer specialiserade på blommor med djupa blomkronor såsom rödklöver (Bommarco m.fl. 2011). En tidigare studie av humlor i Storbritannien kom fram till ett liknande resultat (Goulson m.fl. 2004). En miljöförändring skulle kunna ändra sammansättningen av floran vilket kan orsaka problem, särskilt för de långtungade som är specialister.

Minskningen av antalet humlearter kan förklaras av en kombination av olika faktorer. Långtungade arter är knutna till bl.a. ängsfloran. I Storbritannien lever en del arter på sin nordgräns och kan därför vara hotade på grund av att de är dåligt anpassade till klimatet eller till förändringen i klimatet.

Humlorna har även påverkats av det intensiva jordbruket som har förändrats och som därmed har lett till förändringar exempelvis floran (Goulson m.fl. 2004). I en studie som gjordes i Danmark har man kommit fram till att en minskning av förekomsten av vissa humlearter beror på att arterna är specialiserade (Dupont 2011). I studien kom man också fram till att minskningen av humlorna kan ha påverkats av att det skett en minskning av önskade födoplantor. Ett begränsat geografiskt område som återspeglar en smal klimatisk nisch som begränsas av fysiologiska toleranser kan ha påverkat humlor. En hypotes är att den historiska minskningen av långtungade humlor beror på den generella minskningen av rödklöverfält och andra baljväxter (Dupont m.fl. 2011). Dupont med kollegor har också kommit fram till att de arter som minskar tenderar att migrera senare jämfört med de mer stabila arterna. För att veta vad som verkligen orsakar minskningen så behövs fler studier i nordliga områden och i andra miljöer än i jordbruksmark.

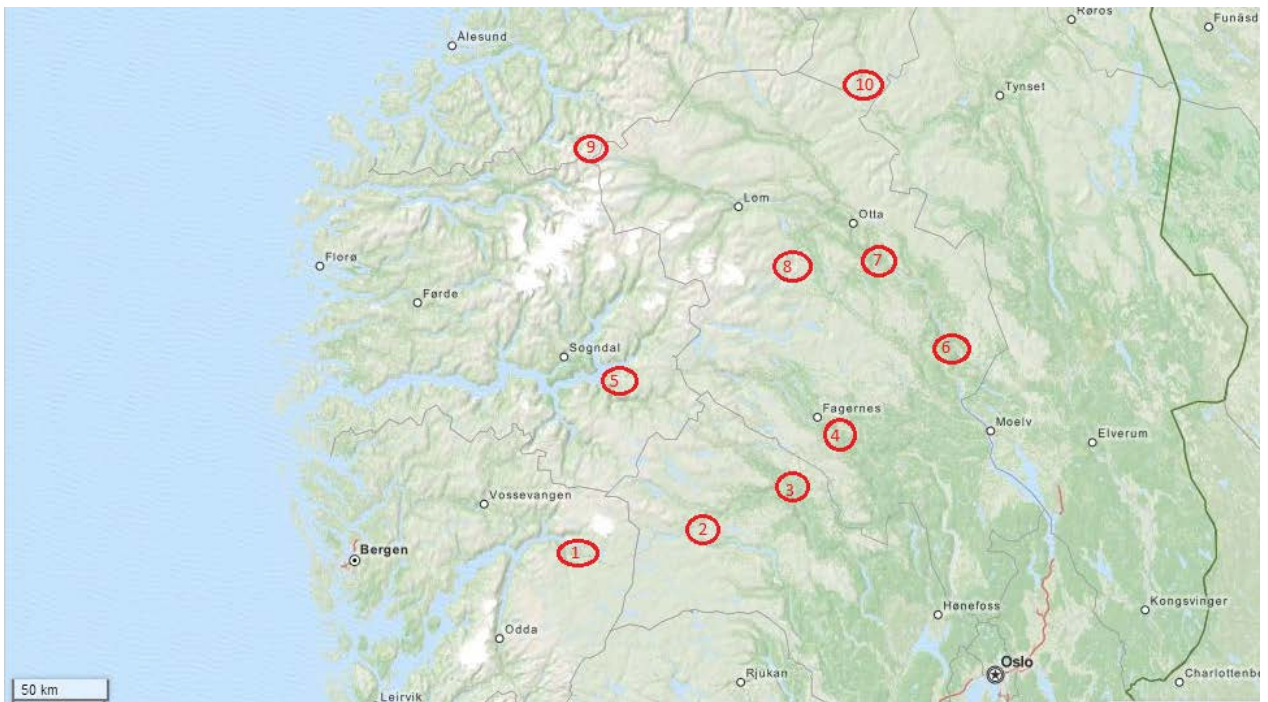
Lokaler:


Humlor kan man hitta nästan överallt i världen men de saknas i Afrika söder om Sahara. I Australien är det bara europeiska arter som är introducerade.

Arter har utvecklats olika i olika klimat och naturtyper som en anpassning till lokala och regionala förhållanden.

Flera arter är kopplade till fjällnära skogar och en del skogsarter som kan nå upp till fjällkanten; *B. lapponicus* (lapphumla), *B. monticola* (berghumla), *B. balteatus* (fjällhumla), *B. flavidus* (lappsnylthumla), *B. wurflenii* (tjuvhumla), *B. consobrinus* (stormhattshumla), *B. pratorum* (ängshumla) och *B. jonellus* (ljunghumla).

Artsammansättningarna kan skilja sig mellan fjäll med sura respektive kalkrika bergarter. Detta beror på att det blir en skillnad i vegetationen då kalkrika fjäll har örtrik vegetation och därmed gynnas humlearter som är långtungade. Medan fjäll med mer sura bergarter har en vegetation som domineras av rishedar där humlearterna har stor likhet med de boreala barrskogarnas. Dessa arter är korttungade (som är anpassade till bärris) som till exempel *B. cingulatus* (taigahumla), *B. cryptarum* (skogsjordhumla), *B. jonellus* (ljunghumla), *B. pratorum* (ängshumla) och *B. sporadicus* (rallarjordhumla) (Mossberg, m.fl., 2012).



Figur 1: De markerade områdena på kartan visar de lokaler som observerats. Med hög och låg lokal inom samma markering. 1- Eidfjord, 2-Geilo, 3-Gol, 4-Åbjør, 5-Laerdal/Nystuen, 6-Øyer, 7-Vinstra, 8-Lom, 9-Geiranger och 10-Oppdal/Kongsvold. Områdena är inte skalenligt ritade. Kartan kommer från © OpenStreetMap contributors. Tiles courtesy of MapQuest .

Syfte: Syftet med detta arbete är att 1) se om det har skett en minskning eller ökning av antalet arter inom släktet *Bombus* (humlor), på de tjugo olika lokalerna i Norge. Första gången inventering genomfördes vid ett tillfälle, var någon gång mellan 1939-1960 samt en andra gång 2012, och 2) med hjälp av ortofoton över de olika lokalerna relatera arters förekomst och abundans till dagens landskapssammansättning.

Frågeställning

Har totala antalet humlearter förändrats vid den senare observationen (2012) jämfört med den första observationen (1939-1960)?

Har det totala antalet humlearter ökat eller minskat?

På vilka lokaler har humlearterna ökat och minskat mest?

Vilka humlearter har förändrad förekomst?

Kan man relatera artrikedomen till dagens landskapssammansättning?

Hypotes: Landskapets sammansättning har en påverkan på artrikedomen på de olika lokalerna. I öppna landskap med en rik flora kommer humlornas artantal att vara högre. Antalet arter på de olika lokalerna har antagligen varierat över tid och kommer att skilja sig mellan de båda inventeringarna. Antalet arter av släktet humlor har minskat på många lokaler i Europa

och min hypotes är att så även har skett på dessa lokaler i Norge.

Metod

På 20 lokaler i Norge där humlor tidigare inventerats vid ett tillfälle under åren 1939-1960 gjordes en ny inventering 2012. Dessa 20 lokaler har valts ut så att det går att para ihop dem två och två, där den ena lokalen i paret är en lokal på hög höjd och den andra på låg höjd inom samma område. Kategoriseringen och höjdangivelser för varje lokal finns redovisade i Appendix 2. Trots att lokalerna ligger inom samma område kan de skilja sig åt klimatmässigt pga att de ligger på olika höjd över havet, det vill säga att de kan ha olika mikroklimat.

Historiska humledata är hämtade från Løken (1973), och finns digitaliserad i Artskart 1.6; <http://artskart.artsdatabanken.no/FaneKart.aspx> (som är en motsvarighet till den svenska artportalen) på den norska Artsdatabanken. I artskart 1.6 databas, sökte vi efter släktet humlor (*Bombus*) och alla inrapporterade fynd av humlor listades i en karta över Norge (Artsdatabanken, 2012). Utifrån databasen kunde lokalerna identifieras, vilka arter som fanns inrapporterade där och vilket år det gjordes. Denna information går även att hitta i Løken (1973). I Løkens studie har ca 30 000 humlor samlats in av Løken, kollegor och studenter och dessa humlor har senare artsbestämts av Løken.

Vid inventeringen sommaren 2012 besöktes varje lokal vid två tillfällen under juli för att få så fullständiga data som möjligt. Fortsättningsvis benämns inventeringstillfällena 2012 som observationen 2012. Utifrån kartor och flygbilder identifierades potentiellt blomrika miljöer inom ett cirkulärt område med 1 km radie.

Miljöer som tillsammans bedömdes kunna hysa så många olika humlearter som möjligt valdes ut. De utvalda miljöerna besöktes under 2 timmar och alla observerade humlearter noterades (E. Öckinger & S. Öberg, opublicerade data).

I detta arbete användes kartor och flygfoton som hämtades från kartverket i Norge (Norgeskart) som täcker de ytor som observerats. Ortofotona över lokalerna visar att alla har olika landskapssammansättningar.

Det gjordes en kategoriindelning av marken:

- Bebyggelse/tomter
- Odlad mark
- Öppen mark/betesmark
- Skog
- Hyggen
- Våtmark
- Öppen eller snötäckt mark ovanför trädgränden

Vatten (sjöar/vattendrag) är inte med bland markkategorierna för att humlorna endast utnyttjar terrestra miljöer. Vägar är inte heller med för att de inte utgör ett habitat.

Den största svårigheten var att göra gränsdragningen mellan de olika kategorierna, framförallt vad som räknades till skog och inte och om det var våtmark eller öppen mark/betesmark. Jag drog gränserna efter vad översiktskartan visade för marktyper på lokaler där markkategorierna inte tydligt framgick av ortofotona.

Utifrån de tjugo bilderna som har hanterats i ArcGIS version 9.3, har jag ritat in de olika kategorierna i ett Shape-lager som ligger över flygfotona. Därefter har jag räknat ut hur stor area det är av de olika kategorierna.

För att lättare kunna se hur artantalet har ökat och minskat på de olika lokalerna sammanställdes data i en gemensam tabell. Ett diagram över arter/lokal för båda tidpunkterna sammanställdes och även ett diagram som visar på hur många olika lokaler de olika arterna fanns vid den första respektive den andra inventeringen. Korrelationskoefficienten (r) har räknats ut av arealen mellan de olika markslagen som bilderna har delats in i, se tabell 1.

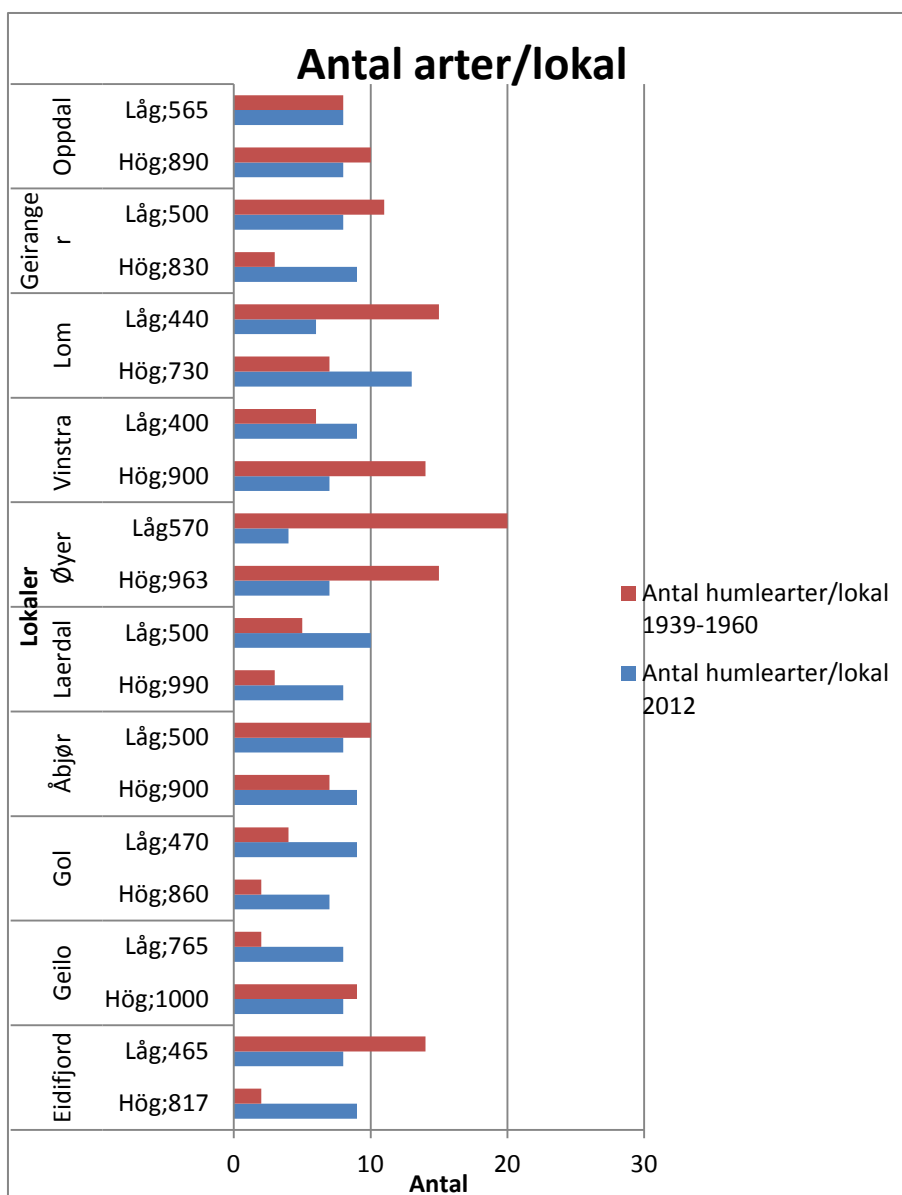
Abundansen mättes bara från den senare inventeringen som gjordes (2012), då man hade noterat antalet individer av varje art.

För att analysera sambandet mellan antal humlearter och de olika lokalvariablerna har linjär regressionsanalys gjorts. Antalet humlearter per lokal användes som beroende variabel och andelen area av de olika markslagen och nord- och sydkoordinaterna utgjorde den oberoende variabel. Nord- och östkoordinater har också testats, för att se om det finns geografiska trender. En logistisk regression har gjorts för att testa om de enskilda arternas förekomst har påverkas av landskapsvariablerna, höjd över havet samt longitud och latitud. När det gäller höjd har jag också testa om artrikedom är relaterat till höjd. En parat t-test gjordes för att testa om abundansen skiljer sig mellan lokaler på låg och hög höjd. Analyserna har gjorts i Minitab®.

Resultat

På de flesta av de olika lokalerna har de observerade arterna antingen ökat eller minskat.

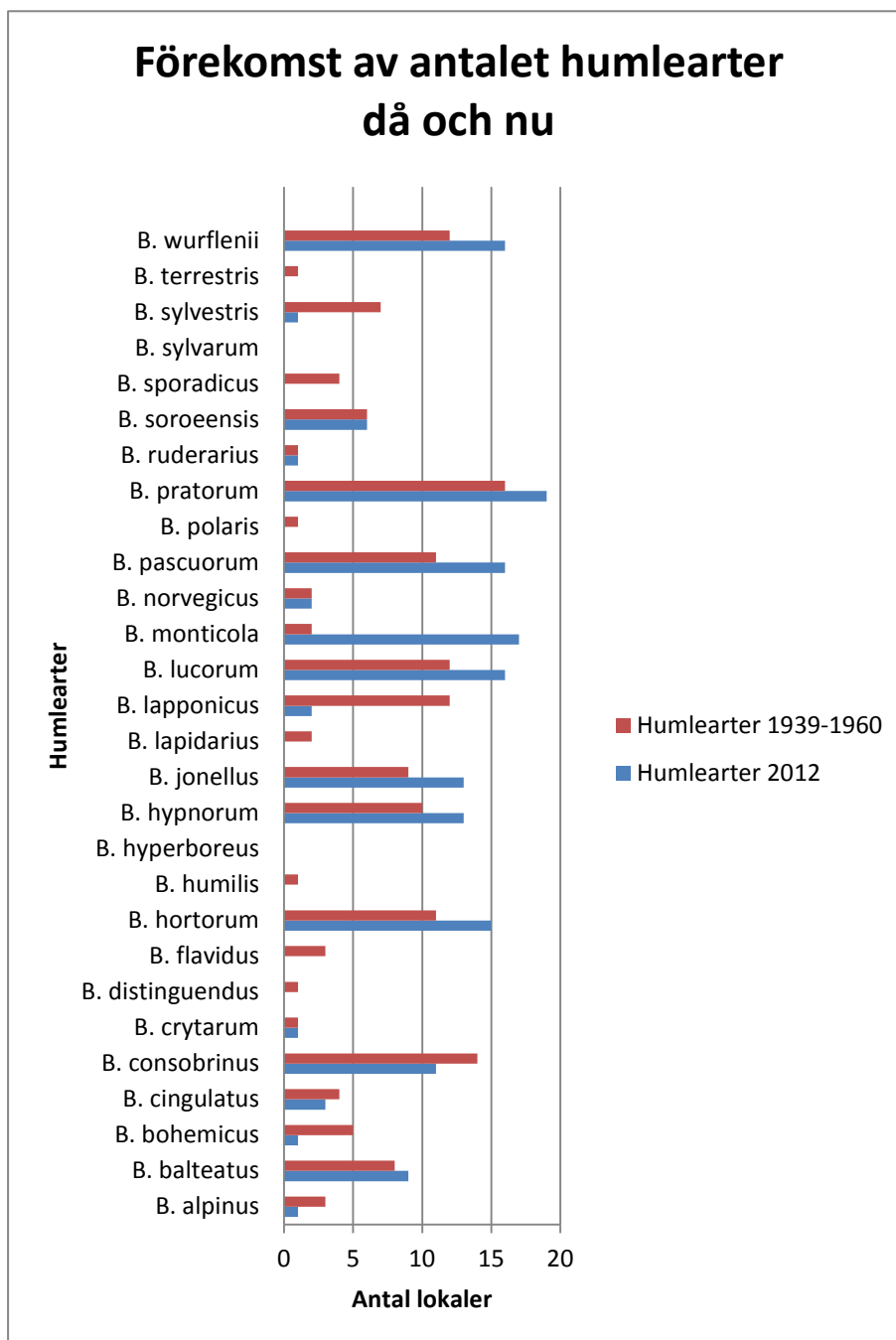
På nio lokaler av de observerade tjugo, har antalet humlearter minskat år 2012 jämfört med observationen 1939-1960 (Fig. 2). På tio lokaler har antalet observerade arter ökat medan det på en lokal var oförändrat antal arter vid de båda undersökningarna. Den lokal som hade flest observerade arter (20 st arter) under 1939-1960 var lokalen Øyer belägen på låg höjd. Denna lokal hade under 2012 det lägsta antalet



Figur 2: Antalet humlearter som finns på varje lokal under 1939-1960 och 2012.

observerade arter, endast fyra stycken. Detta gör att på denna lokal blir skillnaden som störst (sexton arters skillnad). Den lokal som hade lägsta antal observerade arter totalt 1939-1960 var

Geilo låg höjd, Gol hög höjd och Eidfjord hög höjd, alla med endast två arter vardera. Den lokal där ingen skillnad fanns var Oppdal låg höjd, där observerades nio arter under båda observationstillfällena, enligt Artsdatabanken Norge. Observationerna under 2012 uppvisade ett ganska jämnt resultat med ett medelvärde på 8,6 arter. Under den första observationen av humlearter, 1939-1960, noterades ett mer spritt resultat och ett medelvärde på 6,1 arter.



Figur 3: Diagrammet visar i hur många lokaler de olika arterna fanns 1939-1960 respektive 2012.

Figur 3 visar det totala antalet arter som rapporterats 1939-1960 och 2012, vilket var tjugosex respektive nitton arter. Figuren beskriver vid vilket antal lokaler som de olika humlearterna fanns rapporterade vid de två observationerna. Den art som fanns på flest lokaler (19 stycken 2012 och 13 stycken 1939-1960) var *B. pratorum* (ängshumla). Det är nio arter som förekom på fler lokaler vid den senaste inventeringen jämfört med den tidigare observationen och tretton arter som fanns närvarande vid färre lokaler i samma jämförelse.

Sju humlearter som observerats 1939-1960 kan inte återfinnas på någon av de observerade lokalerna 2012

Sju arter som rapporterades vid observationen 1939-1960, återfanns inte vid observationen 2012 (Fig. 3). Det är *B. distinguendus* (klöverhumla) som fanns på en lokal, *B. flavidus* (lappsnylthumla) som fanns på tre lokaler, *B. humilis* (backhumla) som fanns på en lokal, *B. lapidarius* (stenhumla) som fanns på en lokal, *B. polaris* (polarhumla) som fanns på en lokal, *B. sporadicus* (rallarjordhumla) som fanns på fyra lokaler och *B. terrestris* (mörk jordhumla) som fanns på en lokal, 1939-1960. Det är ingen art som har tillkommit efter den första observationen.

Fyra arter fanns på lika många lokaler under 2012 års observation som de gjorde under 1939-1960 års observation. De arter vars förekomst som inte har förändrats är *B. cryptarum* (skogsjordhumla), *B. norvegicus* (hussnylthumla), *B. soroeensis* (blåklockshumla) och *B. ruderarius* (gräshumla). Noteras bör att en del av dessa arter har försvunnit från vissa lokaler men finns nu på en annan lokal.

I Appendix 1 visas andelarna av de olika markslagen för varje lokal på både hög respektive låg höjd. I t.ex. Geilo hög höjd, är andelen bebyggelse 6,1 % och resterande andel är öppen mark/betesmark 93,8%.

Mellan en del av markslagen finns ett starkt negativt samband, se tabell 1, t.ex. hyggen-våtmark ($r = -0,89$). Det finns också en del av markslagen som har en positiv korrelation t.ex. markslagen odlad mark-skog som har ett starkt positivt samband, $r = 0,79$.

Tabell 1: Korrelationskoefficienten (r) för de aktuella markslagen visas i tabellen. Signifikanta värden markerade med fet text, där signifikansgräns som använts var 0,05.

| | Hygge | Odlad mark | Ovan trädgränsen | Skog | Våtmark | Öppen mark |
|------------------|-------------|-------------|------------------|-------------|---------------|------------|
| Bebyggelse | 0,48 | 0.25 | - 0,27 | 0,15 | - 0,13 | - 0,22 |
| Hygge | | 0,57 | - 0,26 | 0,55 | - 0,89 | - 0,27 |
| Odlad mark | | | - 0,16 | 0,79 | - 0,12 | - 0,06 |
| Ovan trädgränsen | | | | - 0,40 | 0,32 | 0,14 |
| Skog | | | | | - 0,29 | - 0,26 |
| Våtmark | | | | | | 0,5 |

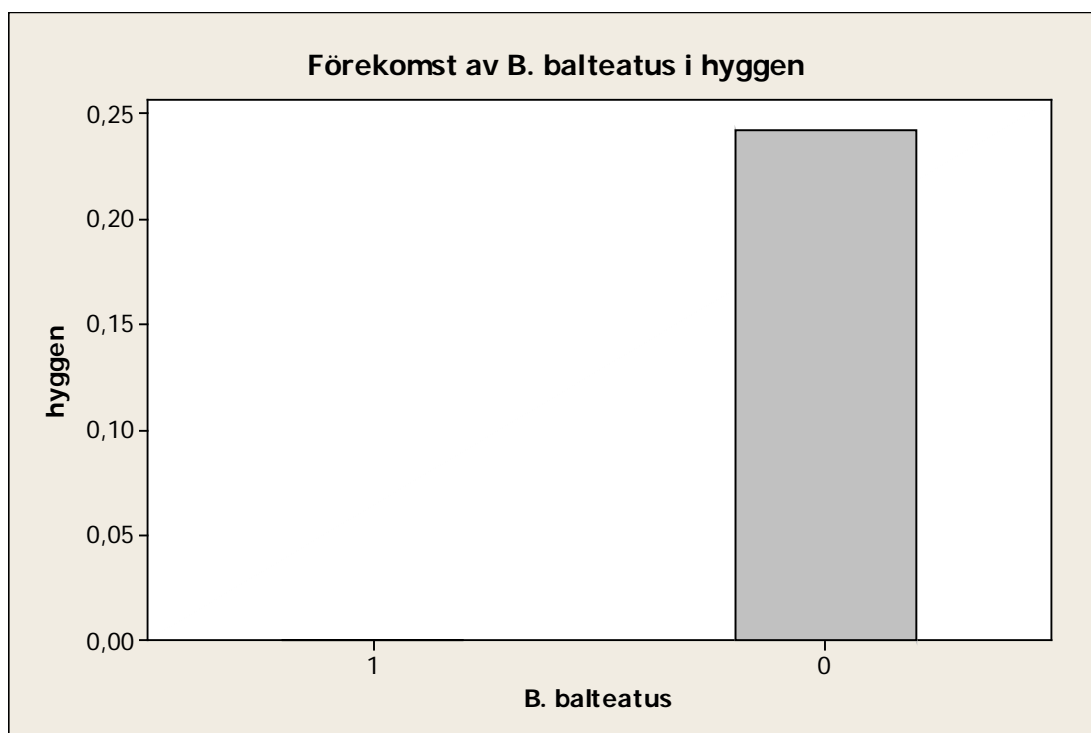
I Tabell 2 längre fram visas p- och F-värden för logistisk regressionsanalys av arts specifika analyser.

Jag gjorde även linjära regressionsanalyser där humlearternas abundans relaterats till de olika variablerna för markslag och lokalisering, Appendix 4. Bland de humlearter där det är ett signifikant linjärt samband för abundansen till andelen hyggen för lokalen fanns *B. monticola*.

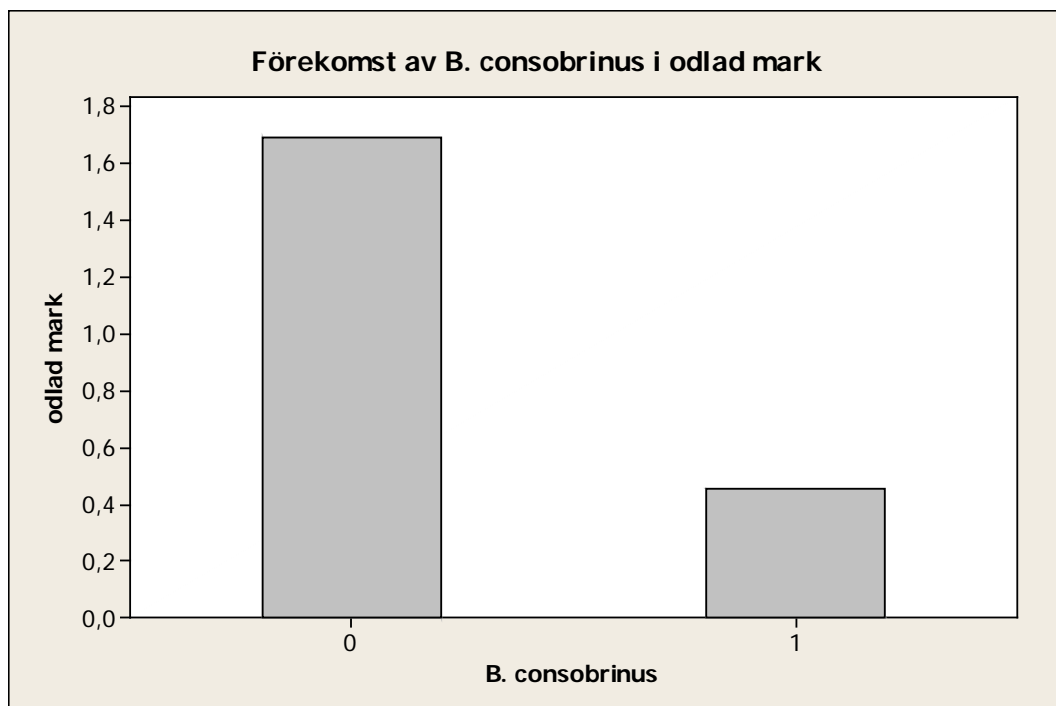
Variationen i abundans förklarades av höjd, variabeln låg eller hög höjd för följande arter: *B. balteatus*, *B. cingulatus*, *B. consobrinus*, *B. hypnorum*, *B. jonellus*, *B. lapponicus*, *B. lucorum*, *B. pascuorum*, *B. monticola*, *B. pratorum*, *B. soroeensis* och *B. wurflenii*. Värdena för höjden är uträknade från ett parat T-test där skillnaden i abundans mellan lokaler på hög och låg nivå testats. Dessa värden går att finna i Appendix 4, Tab.3. Andelen bebyggd mark påverkade inte förekomsten eller abundansen bland de 19 arterna. *B. hypnorum* visar en signifikant skillnad i förekomst i förhållande till andelen skog och andelen habitat ovanför trädgränsen (Fig. 6 och 8). *B. sylvestris* och *B. lapponicus* förekom på signifikant färre lokaler med hög andel av markslaget skog (Fig. 9-10). *B. cingulatus* förekom signifikant oftare på lokaler ovanför trädgränsen (Fig. 7). *B. consobrinus* förekom i högre grad på lokaler med låg andel odlad mark (Fig. 5). *B. balteatus* saknades helt på markslaget hygge (Fig. 4).

B. balteatus och *B. monticola* hade signifikanta värden när det gäller förekomst i förhållande till höjd över havet, som man kan se i Tabell 2 längre fram. En del av de arter som hade signifikanta skillnader illustreras i Figur 3 ovan och 4-10 nedan. I Figur 4-10 betecknar y-axeln hur stor andel av de olika variablerna markslag som de olika arterna förekommer eller inte

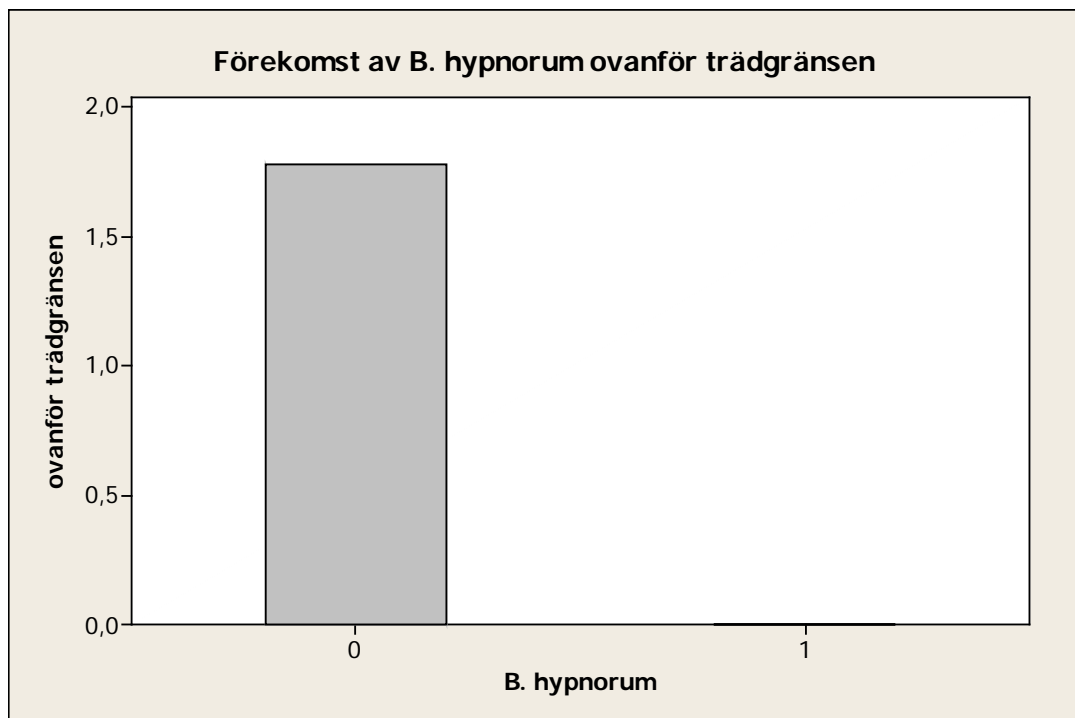
förekommer i. X-axeln betecknar alltså om arten i respektive figur förekommer eller inte förekommer, i Fig. 4-10.



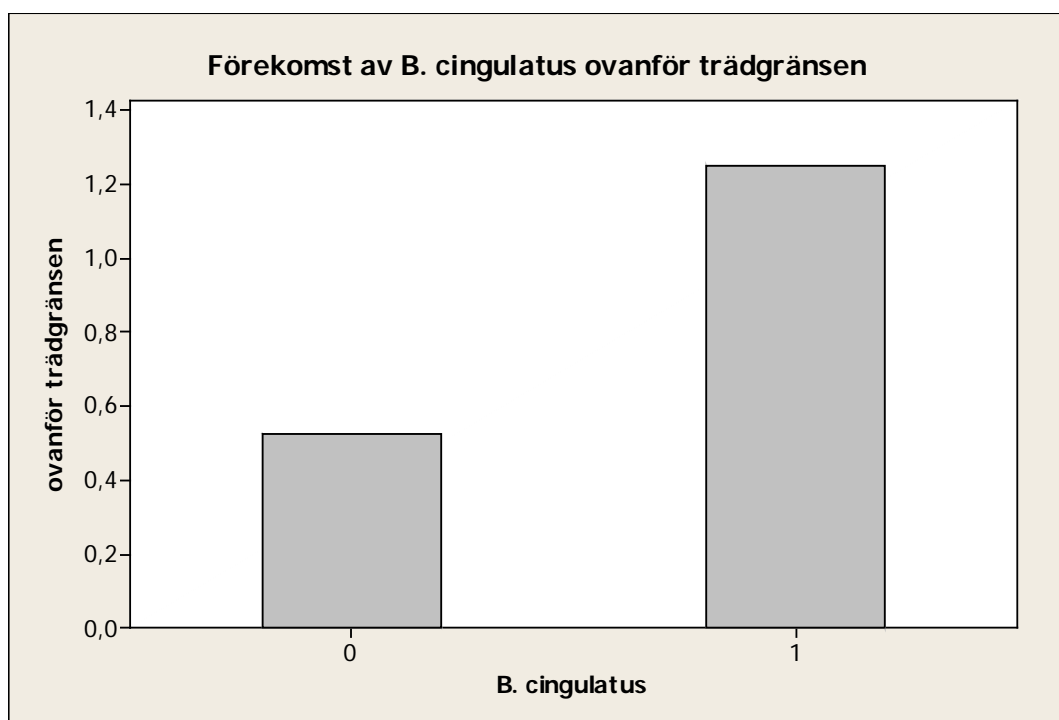
Figur 4: *B. balteatus* förekommer inte på de lokaler där det fanns hyggen. 1 är förekomst och 0 är icke förekomst av *B. balteatus* på andelen hyggen. Observera att staplarna för icke förekomst och förekomst har omvänd ordning i denna figur.



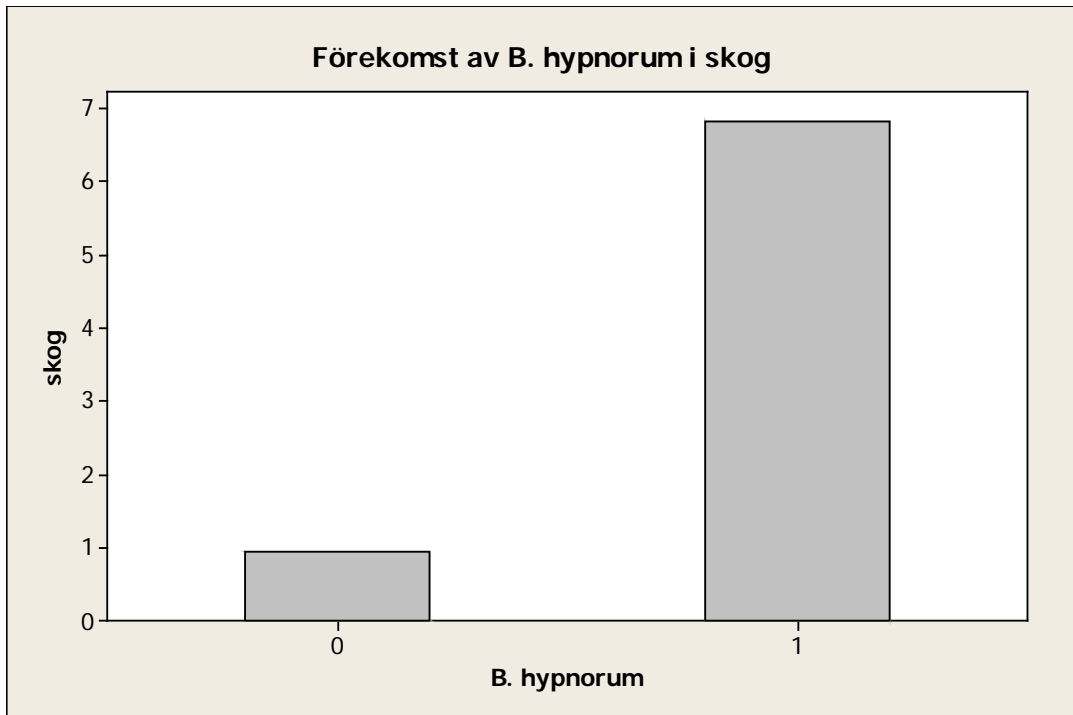
Figur 5: *B. consobrinus* förekomst är relaterad till låg andel odlad mark.



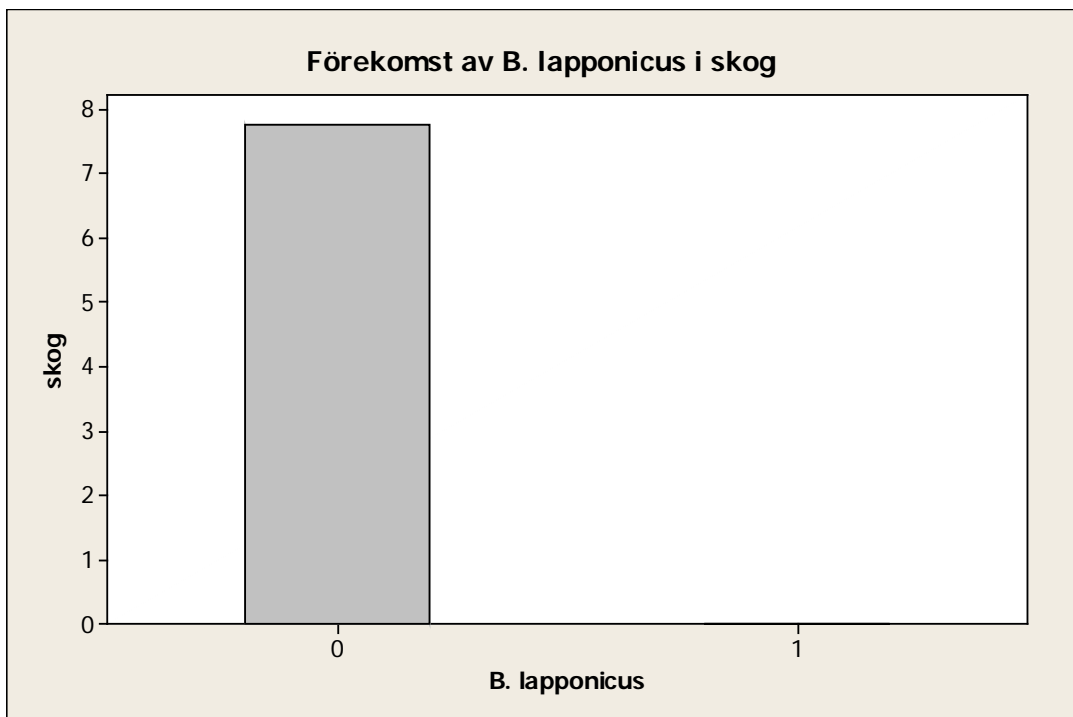
Figur 6: *B. hypnorum* förekommer inte ovanför trädgränsen.



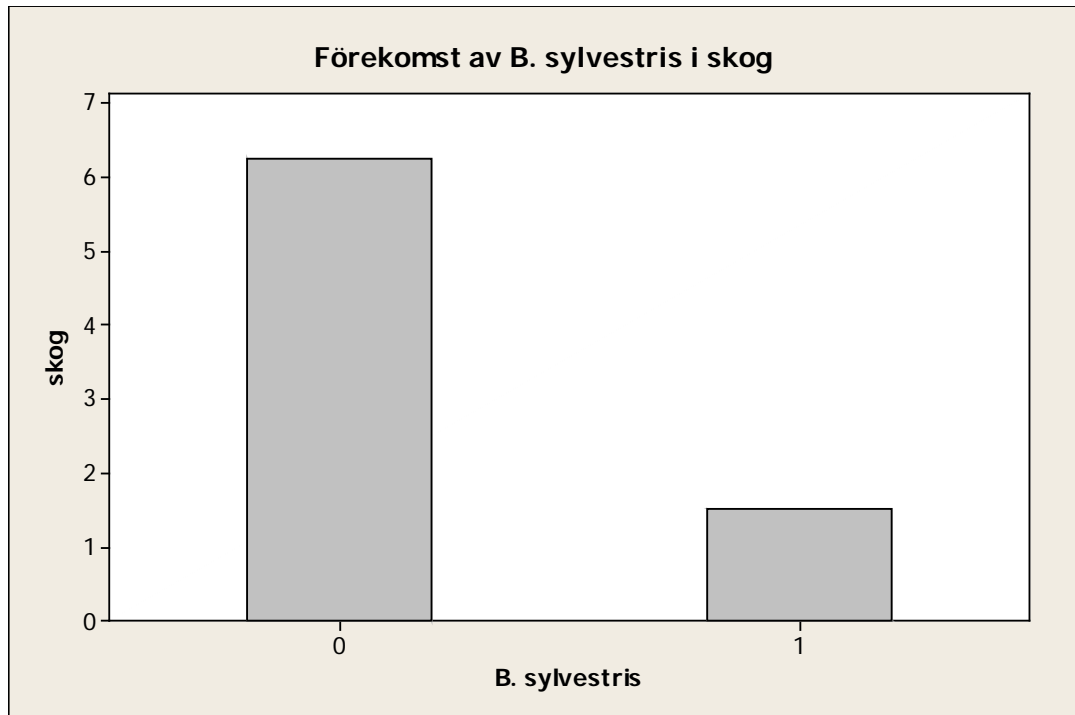
Figur 7: Andelen lokaler ovanför trädgränsen där *B. cingulatus* förekommer är fler än de andelar där den inte förekommer.



Figur 8: *B. hypnorum* förekommer oftare på lokaler med hög andel skog.



Figur 9: Ingen förekomst av *B. lapponicus* i skog.



Figur 10: Det är vanligare att *B. sylvestris* inte förekommer i några andelar skog än tvärt om.

Tabell 2: F- och p-värdena från den logistiska regressionsanalysen som gjorts för ökad förekomsten av de observerade arterna mot de olika variablerna.

| | Bebyggelse | | Hyggen | | Odlad mark | | Ovanför trädgränsen | | Skog | | Våtmarker | | Öppen mark/betesmark | | Höjd | | Nord | | Öst |
|--------------------------|------------|-------|--------|--------------|------------|--------------|---------------------|--------------|-------|--------------|-----------|-------|----------------------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| | F | P | F | P | F | P | F | P | F | P | F | P | F | P | F | P | F | P | F |
| Artrikedom 2012 | 1,13 | 0,303 | 0,99 | 0,332 | 1,71 | 0,208 | 0,15 | 0,703 | 0,79 | 0,387 | 0,11 | 0,749 | 0 | 0,964 | 0,01 | 0,937 | 2,29 | 0,148 | 2,76 |
| B. alpinus förekomst | 0,62 | 0,442 | 0,40 | 0,537 | 0,34 | 0,567 | 0,43 | 0,521 | 2,41 | 0,138 | 0,77 | 0,392 | 0,97 | 0,343 | 1,64 | 0,217 | 0,01 | 0,915 | 3,40 |
| B. balteatus förekomst | 1,82 | 0,194 | 5,07 | 0,037 | 0,4 | 0,534 | 3,22 | 0,089 | 2,05 | 0,17 | 0,66 | 0,427 | 0,05 | 0,819 | 0,51 | 0,015 | 0,59 | 0,454 | 2,65 |
| B. bohemicus förekomst | 0,17 | 0,682 | 0,4 | 0,537 | 0,08 | 0,781 | 0,13 | 0,725 | 2,27 | 0,149 | 0,14 | 0,715 | 0,26 | 0,617 | 0,06 | 0,230 | 0,49 | 0,493 | 0,07 |
| B. cingulatus förekomst | 0,82 | 0,378 | 0,31 | 0,582 | 0,08 | 0,782 | 8,55 | 0,009 | 2,23 | 0,153 | 0,01 | 0,943 | 0,26 | 0,614 | 0,21 | 0,528 | 1,22 | 0,284 | 0,62 |
| B. consobrinus förekomst | 2,2 | 0,155 | 2,99 | 0,101 | 10 | 0,005 | 2,2 | 0,155 | 0,33 | 0,572 | 1,02 | 0,325 | 3,87 | 0,065 | 2,64 | 0,174 | 1,02 | 0,327 | 2,35 |
| B. cryptarum förekomst | 0,17 | 0,682 | 0,4 | 0,537 | 0,08 | 0,781 | 0,13 | 0,725 | 2,27 | 0,149 | 0,14 | 0,715 | 0,26 | 0,617 | 0,06 | 0,230 | 0,49 | 0,493 | 0,07 |
| B. hortorum förekomst | 0,5 | 0,49 | 0,31 | 0,584 | 0,89 | 0,358 | 2,09 | 0,165 | 1,02 | 0,327 | 0 | 0,989 | 0,21 | 0,651 | 0,1 | 0,326 | 9,39 | 0,007 | 0,26 |
| B. hypnorum förekomst | 0,41 | 0,531 | 1,82 | 0,194 | 0,21 | 0,654 | 5,92 | 0,026 | 21,06 | 0 | 3,95 | 0,062 | 0,28 | 0,602 | 0,29 | 0,115 | 0,51 | 0,486 | 0,67 |
| B. jonellus förekomst | 0,12 | 0,728 | 0,94 | 0,344 | 0,92 | 0,351 | 1,44 | 0,246 | 0,33 | 0,571 | 0,03 | 0,857 | 1,18 | 0,292 | 1,70 | 0,115 | 7,86 | 0,012 | 2,64 |
| B. lapponicus förekomst | 0 | 0,977 | 0,86 | 0,367 | 1,23 | 0,283 | 1,07 | 0,314 | 6,32 | 0,022 | 0,29 | 0,594 | 6,58 | 0,019 | 4,98 | 0,084 | 0,99 | 0,332 | 0,87 |
| B. lucorum förekomst | 2,78 | 0,113 | 0 | 0,949 | 0,5 | 0,49 | 0,03 | 0,874 | 3,52 | 0,077 | 0,2 | 0,659 | 0,91 | 0,354 | 1,4 | 0,605 | 0,19 | 0,666 | 0 |
| B. monticola förekomst | 0,01 | 0,906 | 1,05 | 0,319 | 0,12 | 0,735 | 0,62 | 0,441 | 0,96 | 0,341 | 0,08 | 0,781 | 0,05 | 0,829 | 2,22 | 0,010 | 0 | 0,974 | 0,37 |
| B. norvegicus förekomst | 1,56 | 0,228 | 2,24 | 0,152 | 0,05 | 0,828 | 0,27 | 0,609 | 1,28 | 0,273 | 0,29 | 0,594 | 0,58 | 0,455 | 0,01 | 1 | 1,28 | 0,272 | 0,3 |
| B. pascuorum förekomst | 0,83 | 0,374 | 1,89 | 0,187 | 0,04 | 0,845 | 0,03 | 0,874 | 0,11 | 0,745 | 0,02 | 0,885 | 0,08 | 0,778 | 1,34 | 0,605 | 0,55 | 0,469 | 2,82 |
| B. pratorum förekomst | 0,45 | 0,509 | 0,05 | 0,831 | 0,1 | 0,753 | 0,27 | 0,609 | 0,88 | 0,361 | 0,03 | 0,873 | 1,62 | 0,219 | 0,47 | 1 | 0,39 | 0,54 | 0,01 |
| B. ruderarius förekomst | 0,17 | 0,682 | 0,4 | 0,537 | 0,08 | 0,781 | 0,13 | 0,725 | 2,27 | 0,149 | 0,14 | 0,715 | 0,26 | 0,617 | 0,06 | 0,230 | 0,49 | 0,493 | 0,07 |
| B. soroeensis förekomst | 2,11 | 0,164 | 0,32 | 0,581 | 2,69 | 0,118 | 1,44 | 0,246 | 0,37 | 0,548 | 2,06 | 0,168 | 0 | 0,97 | 0,06 | 0,155 | 0,06 | 0,816 | 1,14 |
| B. sylvestris förekomst | 0,51 | 0,485 | 0,13 | 0,718 | 0,02 | 0,882 | 0,27 | 0,609 | 5,62 | 0,029 | 0,29 | 0,594 | 0,9 | 0,357 | 1,39 | 0,084 | 0,77 | 0,392 | 0,18 |
| B. wurflenii förekomst | 0,36 | 0,553 | 0,07 | 0,789 | 0,03 | 0,873 | 0,15 | 0,7 | 0,28 | 0,605 | 0,23 | 0,64 | 0,95 | 0,34 | 0,02 | 0,605 | 0 | 0,972 | 2,46 |

Diskussion

Syftet med detta arbete var att se om det har skett en minskning eller ökning av artantalet inom släktet humlor på de lokaler man observerat vid två olika tillfällen i Norge. Vid första observationen var det totalt tjugosex arter som observerades, och vid observationen 2012 var det totalt nitton arter. Alltså hade det totala antalet arter minskat med sju arter från den första observationen till den andra observationen.

Enligt resultaten finns en variation av antalet individer där en del arter då har ökat medan andra minskat. Det finns dock fyra arter som varken har ökat eller minskat. Nio stycken arter har ökat och tretton har minskat. De arter som inte återfunnits är *B. distinguendus* (klöverhumla), *B. flavidus* (lappsnylthumla), *B. humilis* (backhumla), *B. lapidarius* (stenhumla), *B. polaris* (polarhumla), *B. sporadicus* (rallarjordhumla) och *B. terrestris* (mörk jordhumla).

Vid första observationen av dessa sju arter fanns *B. distinguendus*, *B. humilis* och *B. lapidarius* bara på en lokal; Øyer låg höjd. *B. flavidus* och *B. sporadicus* fanns på fyra lokaler och tre av dessa var lokaler på låg höjd medan en av dem var på hög höjd. *B. polaris* fanns också bara på en lokal, Oppdal hög höjd. *B. terrestris* fanns på endast en lokal vilken var Vinstra hög höjd.

I studierna av Dupont m.fl. 2011 har man kommit fram till att det inte alltid är samma arter som har ökat eller minskat mellan de olika studietillfällen som gjorts. Dupont m.fl. fick inte heller några återfynd av *B. distinguendus* (klöverhumla). I den studien (i Danmark) ökade dock *B. terrestris* (mörk jordhumla) med många återfynd (Dupont, 2011). Även i studien av Bommarco m.fl. (i Sverige) har arter som *B. terrestris* och *B. lapidarius* ökat medan arter som *B. distinguendus*, *B. hortorum*, *B. pascuorum* och *B. sylvarum* har minskat i klöverfält (Bommarco, m.fl., 2011). Goulson m.fl. har i sin studie visat att de arter som minskat mest är bl.a. *B. sylvarum*, *B. humilis* och *B. ruderarius* (*B. distinguendus* är utrotad i UK) och de arter som var vanligast i UK var *B. terrestris* och *B. lapidarius* (D. Goulson, 2004). *B. terrestris* och *B. lapidarius* har inte observerats igen i Norge men de har ökat i andra länder enligt tidigare studier (Goulson, 2004). *B. distinguendus* är dock en art där flera studier visat en minskad förekomst. Goulson m.fl. har också noterat en minskning av *B. humilis*, en art som inte heller återfanns i Norge.

Att dessa sju arter inte har återfunnits vid observationen 2012 i Norge kan bero på många olika faktorer. En del arter som är långtungade kan ha minskat på grund av att de är specialiserade på blommor med djupa blomkronor och då bland annat är knutna till ängsfloran vilket man har föreslagit i andra studier (Bommarco m.fl. 2011; Goulson m.fl. 2004; Dupont m.fl. 2011). Med ett mer storskaligt jordbruk, ökad användning av pesticider, nya grödor samt förändring i landskapssammansättningen har förutsättningarna för långtungade arter av humlor försämrats efter den första observationen. De är känsliga arter då de är specialister och inte generalister som korttungade arter är.

Av de arter som försvunnit är *B. distinguendus* (klöverhumla) och *B. humilis* (backhumla) långtungade arter som har sitt huvudsakliga habitat i kulturlandskap och det är också de två arter som är rödlistade i Norge. Att de är rödlistade innebär att de minskat i hela landet. *B. distinguendus* (starkt hotad) har bara påträffats på några få lokaler de senaste åren i Norge och är på kraftig tillbakagång även i Europa. När det gäller *B. humilis* (VU-sårbar) är även den på kraftig tillbakagång i Norge och de fynd man gjort av arten på senare år är runt Oslofjorden (Gjershaug 2013).

De andra fem arterna som inte är rödlistade, men som inte är återfunna på någon av de observerade lokalerna, kan också ha minskat på andra lokaler och totalt i Norge. Man kan ännu inte säga att de minskat så mycket att de behöver föras in på rödlistan. De kan också vara så att de försvunnit från de observerade lokalerna men koloniserat andra. I i Løken (1973; digitaliserad i Artskart 1.6) finns inga uppgifter om antalet observerade individer per art, endast om en art har påträffats. Alltså kanske det bara har observerats en individ av någon eller några av dessa fem arter, som i så fall alltså var sällsynt redan vid första observationen. Dessutom finns en risk att en sällsynt art, på grund av slumpen, inte har observerats på en viss plats 2012 även om den faktiskt fanns där. Jag vet dock på hur många olika lokaler dessa arter fanns på. *B. flavidus* (lappsnylthumla) fanns på tre lokaler, *B. sporadicus* (rallarjordhumla) fanns på fyra lokaler och de andra fem arterna fanns på en lokal 1939-1960. Det är elva observationer av arterna på olika lokaler och av dessa elva är åtta observationer på låga lokaler. Tre observationer är på höga lokaler och det är *B. flavidus* (lappsnylthumla) som observerades på tre lokaler, *B. sporadicus* (rallarjordhumla) som observerades på fyra lokaler och *B. polaris* (polarhumla) som observerades på en lokal. Alla dessa sju arter utom *B. polaris* observerades på Øyer låg.

De lokaler som humlor ökat mest på är Eidfjord hög höjd, där det var två arter 1939-1960 och nio arter 2012. Eidfjord hög höjd, har lite skog (27 %) och mycket våtmark (72 %) men det fanns inget signifikant samband mellan artrikedomen av humlor och andelen våtmark på lokalerna. Det är något som gör att vissa humlearter verkar trivas på denna lokal ändå. Finns det rätt flora för humlorna i våtmarken så är det ett bra ställe att bo och leva på. Det kan säkert växla hur många arter det finns på denna lokal beroende på hur vattenrik våtmarken är. Den lokal där artantalet humlor har minskat mest är Øyer på låg höjd. Vid den första inventeringen under 1939-1960 observerades hela tjugo arter och under 2012 observerades bara fyra stycken. Detta ger en skillnad på hela sexton arter och här fanns vid första observationen fem av de sju arterna som inte observerats alls under 2012.

Øyer på låg höjd dominerades av skog vilket utgjorde 54 % av lokalens markslag. Det finns dock fler lokaler som har stor andel skog och där inte antalet arter minskat. Tre arter har ett signifikant positivt samband mellan förekomst och andelen skog på lokalen. På lokalen Lom hög höjd var det mest skog totalt av alla lokalerna, 75,7 % skog och på denna lokal observerades flest arter 2012, tretton stycken. Detta kan betyda att skog inte i någon större utsträckning har en negativ påverkan på artrikedomen. Artrikedomen kan bero på störningar som brandfält, stormfällan, hyggen m.m. vilket innebär en högre örtrikedomen som därmed kan leda till en artrikare humlefauna (Mossberg, m.fl., 2012).

Den humleart som har ökat och finns på fler lokaler nu är *B. monticola* (berghumla). Vid observationen 1939-1960 fanns den på två lokaler och vid observationen 2012 fanns den på sju lokaler. Den art som däremot har försvunnit från flest lokaler (Figur 2) är *B. lapponicus* (lapphumla) då den fanns på tio lokaler vid observationen 1939-1960 och 2012 bara på två lokaler. Det kan ha att göra med att berghumla (*B. monticola*) (som ökat) tidigare betraktades som en underart av lapphumla (*B. lapponicus*). Därför kan de äldre uppgifterna om berghumlan och lapphumlan vara lite osäkra, då de kanske inte är rätt identifierade. Detta gör det svårt att dra några säkra slutsatser om det är *B. monticola* (berghumla) som ökat mest och *B. lapponicus* (lapphumla) som minskat mest.

Det finns inga signifikanta samband mellan fördelningen av de olika markslagen och den totala artrikedomen på de olika lokalerna. Det betyder att artrikedomen av humlor inte tycks vara beroende av vilket markslaget är för tillfället. Man vet inte hur markslagen var vid den första observationen, om det var ungefär samma som vid andra observationen eller inte. Från

början var det tänkt att jag skulle analysera landskapsförändringar, men jag hade inte möjlighet till det inom ramen för mitt kandidatarbete. Eftersom markslagen inte verkar ha så stor betydelse för humlorna så kanske det är förändringen i sig av ett markslag till ett annat som kan ha haft en negativ påverkan. Vid observationen 2012 var det ungefär lika många arter som blev observerade på alla lokalerna och det kan tyda på att de olika markslagen inte har någon stor betydelse. Det totala artantalet har dock minskat och detta kan bero på flera olika faktorer. Vissa arter kan vara känsligare då de är specialister (långtungade) och inte generalister som korttungade arter är. I dagens landskap saknas ofta marker med ängsflora och arter som beror av denna flora i sin föda har då minskat. Floran kan vara mer beroende av markslaget än vad humlorna är.

En av de signifikanta effekterna på abundans var ett positivt samband mellan andelen hyggen och *B. monticola* (berghumla). Exakt vad som är positivt med hyggen för denna art är svårt att veta, men som jag nämnt tidigare så kan den högre abundansen bero på den ökade blomrikedomen på hyfsat nystörd mark som ger en gynnsam miljö för humlorna och i detta fall *B. monticola*.

För en del olika arter fanns ett signifikant samband mellan någon av de testade variablerna och artens förekomst (Fig. 3-10).

En hög andel hyggen eller hög markandel ovan trädgränsen leder till minskad sannolikhet att *B. balteatus* förekommer på lokalen (Fig. 4). Fig. 6 och 8, visar att sannolikheten att arten *B. hypnorum* ska finnas minskar med ökande andel mark ovan trädgränsen respektive ökande andel skog för denna art. Vilka samband som gör att dessa tre arter inte finns på de respektive markslagen vet man inte. Att *B. hypnorum* (hushumla) sällan finns ovanför trädgränsen kan bero på att den inte har sitt habitat längre upp än fjällbjörkskogens gräns. Den följer för det mesta bebyggelse (Mossberg, m.fl., 2012), vilket det inte är gott om ovanför trädgränsen. *B. lapponicus* finns sällan i skog utan den har sin utbredning i fjällkedjan. Det samma gäller *B. balteatus* som också har sin utbredning framförallt i fjällkedjan och en del i fjällnära områden (Ødegaard, 2006).

Figur 5 och 10 visar att sannolikheten att *B. consobrinus* och *B. sylvestris* ska finnas minskar med ökande andel odlad mark och skog. *B. sylvestris* (ängssnylthumla) finns upp till trädgränsen och denna snylt-art är vanligast att träffa på i skogsmark. *B. consobrinus* (stormhattshumla) däremot har en begränsning i

sitt utbredningsområde (när det gäller den nordiska utbredningen) och det är att denna art är kraftigt beroende av nordisk stormhatt. Denna art har denna blomma som näringsväxt och därför bestäms utbredningsområdet helt av denna växt. Det verkar dock vara gott om nordisk stormhatt i Norge för humlan finns i hela landet (Ødegaard, 2006). I figur 6 och 7 visas att sannolikheten att *B. cingulatus* och *B. hypnorum* ska finnas minskar med ökande andel mark ovanför trädgränsen och andelen skog på lokalen. Vilket betyder att en liten förändring i andelen skog eller mark ovanför trädgränsen ger en stor förändring för *B. hypnorum* och *B. cingulatus*. Båda dessa arter kan ha sitt habitat i skogen och *B. cingulatus* (taigahumlan) påträffas ofta i skogsterräng (Ødegaard, 2006).

Det finns ett samband mellan *B. hortorum* och *B. jonellus* och nordkorrdinater. Dessa två arter är utbredda i hela norden, *B. hortorum* påträffas bland annat i örtrika fjällbjörkskogar och *B. jonellus* har en utbredning mer i hedartade marker och skogsgränsen i fjällmarker (Ødegaard, 2006). Liknande studier har gjorts på andra arter som t.ex. fjärilar (Öckinger m.fl. 2006). Andra liknande studier om humlor, för det mesta gjorda i jordbruksmark (Bommarco m.fl. 2011; Goulson m.fl. 2004; Dupont m.fl. 2011), har kommit fram till att antalet humlearter har minskat. Några har kommit fram till att tunglängden på humlorna spelar en stor roll, en del säger att artsammansättningen av floran är viktig. De flesta av studierna har också varit i jordbruksområden och inte i några andra naturtyper.

Precis som i andra studier fann jag att antalet humlearter har minskat på studielokalerna under åren som gått från den första observationen. I denna studie har jag undersökt om det finns ett samband mellan landskapssammansättning och olika humlearter.

Arterna i denna studie har observerats i olika miljöer inte enbart jordbruksmark. För att få en bättre helhet och se vad som verkligen orsakar minskningen behövs det ännu fler studier i nordliga områden och i andra miljöer än i jordbruksmark.

Slutsats

Hypoteserna jag hade var att; 1) landskapssammansättningen påverkar artrikedomen av humlor på de olika lokalerna. 2) antalet humlearter på de undersökta lokalerna antagligen har varierat över tid och mellan de båda observationerna.

Hypoteserna grundar sig på att artantalen av släktet humlor har minskat på många lokaler runt om i Europa och därför trodde jag att även så hade skett på de lokaler som observerats i Norge.

Jag har kommit fram till att totalt sett har antalet arter av släktet humlor minskat på de lokaler vi studerat i Norge. Det behöver inte bara bero på landskapssammansättningen eller vilket markslaget är, utan det som kan ha betydelse är om landskapet har förändrats mellan observationerna, dvs att förändringen i sig skulle vara av betydelse för artrikedomen. Detta med landskapsförändringarnas påverkan behöver dock undersökas mer om det har några effekter eller ej.

Referenslista

- Artsdatabanken GBIF-Norge Artskart 1.6, Artskart 1.6. 2012. den 11 April 2013. <http://artskart.artsdatabanken.no/FaneKart.aspx>.
- Bartomeus, I, Ascher, J, Gibbs, J, Danforth, B, Wagner, D, Hedtke, S, and Winfree, R, (2013) Historical changes in northeastern US bee pollinators related to shared ecological traits, PNAS, 2013. Vol. 110. ss. 4656-4660
- Bommarco, R, Lundin, O, Smith, H.G., and Rundlöf, M,(2011) Drastic historic shifts in bumble-bee community composition in Sweden, Proceedings of the Royal Society Biological Sciences. 2011. ss. 309-315.
- Dupont, Y.L, Damgaard, C, Simonsen and V, Quantitative historical change in bumblebee assemblages of red clover fields, PLoS ONE. 2011. ss. 1-7.
- Gjershaug, J.O. and Ødegaard, F, *Bombus distinguendus*, Art kløverhumle, Artsdatabanken. den 04 06 2013. <http://touch.artsdatabanken.no/#/Databank/Taxon/Bombus+distinguendus/77968>.
- Gjershaug, J.O. and Ødegaard, F, *Bombus humilis*, Art bakkehumle, Artsdatabanken. den 04 06 2013. <http://touch.artsdatabanken.no/#/Databank/Taxon/Bombus+humilis/77970>.
- Goulson, D, Darvill, B, Ellis, J.S. and Hanley, M.E., Biotope associations and the decline of bumblebees, Journal of Insect Conservation, 2005. ss. 95-103
- Goulson, D, Darvill, B, Ellis, J.S., Knight, M.E. and Hanley, M.E., Causes of rarity in bumblebee, Biological conservation. 2004. ss. 1-8.
- Løken, A, Studies on Scandinavian Bumble Bees, Oslo : Universitetsforlaget, 1973.
- Mossberg, B and Cederberg, B, Humlor i Sverige Bonnier Fakta, 2012. Nationalencyklopedin, Tundraklimat. den 29 April 2013. <http://www.ne.se/lang/tundraklimat>.
- Nationalencyklopedin, Kaltempererat fuktigt klimat. den 29 April 2013. <http://www.ne.se/kalltempererat-fuktigt-klimat>.
- Norgeskart, Kartverket. den 9 April 2013. <http://kart.statkart.no/adaptive2/default.aspx?gui=1&lang=2>.
- Thelander, T, Kaledoniderna i norra Sverige. den 16 05 2013. 2009. http://www.sgu.se/dokument/service_sgu_publ/K222.pdf.
- Öckinger, E, Hammarstedt, O, Nilsson S.G. and Smith, H.G., The relationship between local extinctions of grassland butterflies and

increased soil nitrogen levels, Biological conservation. 2006. ss.
564-573.

Ødegaard, F and Gjershaug, J.O., Humlor i Norge Artsdatabanken.
2006. den 16 April 2013.

<http://www.artsdatabanken.no/artPage.aspx?m=297&amid=10355>.

Appendix 1

Andelen i prosent av de ulike markslagene det finns på varje lokal.

| | Bebyggelse | Hygge | Odlad mark | Ovan trädgränsen | Skog | Våtmark | Öppen mark |
|----------------------|------------|-------|------------|------------------|-------|---------|------------|
| Eidifjord hög | 0,005 | 0 | 0 | 0 | 0,27 | 0,72 | 0 |
| Eidifjord låg | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,242 | 0 | 0,757 |
| Geilo hög | 0,061 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,938 |
| Geilo låg | 0,357 | 0 | 0,061 | 0 | 0,279 | 0,046 | 0,255 |
| Gol hög | 0,021 | 0 | 0,012 | 0 | 0,43 | 0,099 | 0,43 |
| Gol låg | 0,041 | 0,034 | 0,059 | 0 | 0,776 | 0 | 0,09 |
| Åbjör hög | 0,298 | 0,028 | 0,118 | 0 | 0,39 | 0 | 0,16 |
| Åbjör låg | 0,055 | 0,015 | 0,38 | 0 | 0,473 | 0 | 0,077 |
| Laerdal/Nystuen hög | 0,105 | 0 | 0,03 | 0,523 | 0 | 0 | 0,341 |
| Laerdal/Nystuen låg | 0,03 | 0 | 0,13 | 0 | 0,74 | 0 | 0,1 |
| Øyer hög | 0,006 | 0 | 0,035 | 0,25 | 0,008 | 0,204 | 0,497 |
| Øyer låg | 0,0738 | 0,02 | 0,29 | 0 | 0,54 | 0 | 0,076 |
| Vinstra hög | 0,204 | 0,061 | 0,095 | 0 | 0,35 | 0 | 0,29 |
| Vinstra låg | 0,101 | 0,054 | 0,23 | 0 | 0,554 | 0 | 0,06 |
| Lom/Randsverk hög | 0,0427 | 0 | 0,0722 | 0 | 0,757 | 0 | 0,128 |
| Lom/Randsverk låg | 0,074 | 0 | 0,403 | 0 | 0,213 | 0 | 0,31 |
| Geiranger hög | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Geiranger låg | 0,00415 | 0 | 0 | 0 | 0,58 | 0 | 0,41 |
| Oppdal/Kongsvold hög | 0,02 | 0 | 0,075 | 0 | 0,7 | 0 | 0,205 |
| Oppdal/Kongsvold låg | 0,203 | 0,03 | 0,16 | 0 | 0,447 | 0,16 | 0 |

Appendix 2

Lokalerna i Norge med deras höjd över havet och N- och Ö-koordinaterna.

| Lokaler | m.ö.h | N-koordinater | Ö-koordinater |
|---------------|-------|---------------|---------------|
| Lom låg | 440 | 6852809,08 | 0475920,7 |
| Randsverk hög | 730 | 6844836,76 | 0503479,96 |
| Oppdal låg | 565 | 6943854,05 | 0558426,08 |
| Kongsvold hög | 890 | 6909482,00 | 0530420,22 |
| Øyer låg | 570 | 6796747,29 | 0574826,87 |
| Øyer hög | 963 | 6802182,05 | 0585876,45 |
| Vinstra låg | 400 | 6825858,41 | 0544287,74 |
| Vinstra hög | 900 | 6820252,51 | 0542428,15 |
| Geiranger låg | 500 | 6869330,97 | 0408886,27 |
| Geiranger hög | 830 | 6882881,03 | 0408645,51 |
| Lerdal låg | 500 | 6771215,71 | 0441369,47 |
| Nystuen hög | 990 | 6783838,87 | 0456835,82 |
| Åbjør låg | 500 | 6752779,32 | 0517740,15 |
| Åbjør hög | 900 | 6747361,32 | 0517898,06 |
| Gol låg | 470 | 6730972,72 | 0502086,64 |
| Gol hög | 860 | 6732630,82 | 0509063,91 |
| Geilo låg | 765 | 6710928,78 | 0457423,02 |
| Geilo hög | 1000 | 6707037,68 | 0448277,78 |
| Eidifjord låg | 465 | 6701198,84 | 0403012,1 |
| Eidifjord hög | 817 | 669974,61 | 0405184,3 |

Appendix 3

Arterna av släktet *Bombus* på latin och svenska.

| Latin | Svenska |
|-------------------------|-----------------|
| <i>B. alpinus</i> | Alphumla |
| <i>B. balteatus</i> | Fjällhumla |
| <i>B. bohemicus</i> | Jordsnylthumla |
| <i>B. cingulatus</i> | Taigahumla |
| <i>B. consobrinus</i> | Stormhattshumla |
| <i>B. cryptarum</i> | Skogsjordhumla |
| <i>B. distinguendus</i> | Klöverhumla |
| <i>B. flavus</i> | Lappsnylthumla |
| <i>B. hortorum</i> | Trädgårdshumla |
| <i>B. humilis</i> | Backhumla |
| <i>B. hyperboreus</i> | Tundrahumla |
| <i>B. hypnorum</i> | Hushumla |
| <i>B. jonellus</i> | Ljunghumla |
| <i>B. lapidarius</i> | Stenhumla |
| <i>B. lapponicus</i> | Lapphumla |
| <i>B. lucorum</i> | Ljus jordhumla |
| <i>B. monticola</i> | Berghumla |
| <i>B. norvegicus</i> | Hussnylthumla |
| <i>B. pascuorum</i> | Åkerhumla |
| <i>B. polaris</i> | Polarhumla |
| <i>B. pratorum</i> | Ängshumla |
| <i>B. ruderarius</i> | Gräshumla |
| <i>B. soroeensis</i> | Blåklockshumla |
| <i>B. sporadicus</i> | Rallarjordhumla |
| <i>B. sylvarum</i> | Haghumla |
| <i>B. sylvestris</i> | Ängssnylthumla |
| <i>B. terrestris</i> | Mörk jordhumla |
| <i>B. wurflenii</i> | Tjuvhumla |

Appendix 4

F- och p-värdena från den linjära regressionsanalysen som gjorts för abundansen av de observerade arterna mot varje enskild variabel. Att det står streck i vissa rutor i tabellerna beror på att det finns för lite data för att räkna ut en regressionsanalys för dessa samband. Värdena för höjden är uträknade från ett parat T-test där skillnaden i abundans mellan lokaler på hög och låg nivå testats.

| | | Bebyggelse | | Hyggen | | Odlad mark | | Ovanför trädgränsen | | Skog | | Våtmarker | | Öppen mark/betesmark | | Höjd | | Nord | | Öst | | |
|----------------|----------|------------|-------|--------|--------------|------------|-------|---------------------|-------|------|--------------|-----------|--------------|----------------------|-------------|------------------|---------|------|-------|-------|--------------|---|
| | | F | P | F | P | F | P | F | P | F | P | F | P | F | P | P | T | F | P | F | P | |
| B. alpinus | abundans | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| B. balteatus | abundans | 0,52 | 0,498 | 1,57 | 0,256 | 0,08 | 0,785 | 1 | 0,355 | 0,93 | 0,373 | 3,31 | 0,119 | 2,35 | 0,176 | <0,001 | - 6,19 | 0,31 | 0,598 | 0 | 0,826 | |
| B. bohemicus | abundans | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| B. cingulatus | abundans | 0,12 | 0,788 | - | - | 0,01 | 0,927 | 0,33 | 0,667 | 2,17 | 0,379 | - | - | 0,11 | 0,797 | 0,039 | - 4,89 | - | - | - | - | |
| B. consobrinus | abundans | 0,14 | 0,718 | 1,96 | 0,195 | 3,05 | 0,115 | 0,31 | 0,592 | 0,43 | 0,528 | 1,74 | 0,22 | 2,57 | 0,143 | <0,001 | - 8,41 | 1,86 | 0,257 | 0,19 | 0,878 | |
| B. cryptarum | abundans | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B. hortorum | abundans | 0,87 | 0,368 | 0,06 | 0,818 | 1,46 | 0,246 | 0 | 0,983 | 4,7 | 0,048 | 0,81 | 0,383 | 5,81 | 0,03 | 0,322 | - 10,59 | 0,55 | 0,351 | 0,4 | 0,388 | |
| B. hypnorum | abundans | 0,12 | 0,733 | 1,93 | 0,19 | 0,01 | 0,921 | 0,41 | 0,536 | 1,79 | 0,206 | 4,91 | 0,047 | 0,05 | 0,835 | <0,001 | - 9,92 | 1,74 | 0,111 | 1,03 | 0,16 | |
| B. jonellus | abundans | 0,04 | 0,849 | 0,11 | 0,743 | 1,5 | 0,246 | 0 | 0,984 | 0,08 | 0,783 | 0,75 | 0,406 | 0,2 | 0,661 | <0,001 | - 12,02 | 1,59 | 0,314 | 0,81 | 0,521 | |
| B. lapponicus | abundans | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,042 | - 12,63 | - | - | - | - | |
| B. lucorum | abundans | 0,02 | 0,899 | 0,14 | 0,716 | 1,03 | 0,33 | 0 | 0,986 | 1,58 | 0,232 | 1,73 | 0,213 | 0,43 | 0,526 | <0,001 | - 10,64 | 2,58 | 0,17 | 0,21 | 0,891 | |
| B. monticola | abundans | 2,3 | 0,15 | 6,01 | 0,027 | 3,14 | 0,097 | 1,67 | 0,216 | 0,48 | 0,5 | 0,51 | 0,484 | 0,15 | 0,704 | <0,001 | - 10,98 | 0,93 | 0,694 | 13,08 | 0,005 | |
| B. norvegicus | abundans | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,181 | - 3,43 | - | - | - | - | |
| B. pascuorum | abundans | 0,06 | 0,814 | 0,01 | 0,938 | 1,82 | 0,199 | 0,36 | 0,556 | 0,07 | 0,796 | 0,04 | 0,838 | 1,63 | 0,223 | <0,001 | - 11,49 | 7,02 | 0,066 | 2,68 | 0,493 | |
| B. pratorum | abundans | 2,57 | 0,126 | 0,55 | 0,469 | 1,06 | 0,317 | 0,55 | 0,469 | 0,29 | 0,596 | 0,74 | 0,4 | 0,1 | 0,756 | <0,001 | - 12,60 | 1,58 | 0,336 | 1,1 | 0,472 | |
| B. rudericus | abundans | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| B. soroeensis | abundans | 0,06 | 0,813 | 0,79 | 0,425 | 0,66 | 0,463 | 0,06 | 0,825 | 0,01 | 0,923 | 0,01 | 0,543 | 1,13 | 0,347 | 0,002 | - 5,82 | 0,78 | 0,386 | 0 | 0,586 | |
| B. sylvestris | abundans | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,087 | - 7,27 | - | - | - | - | |
| B. wurflenii | abundans | 0,37 | 0,553 | 0,19 | 0,668 | 0 | 0,963 | 0,01 | 0,911 | 0,62 | 0,444 | 0,04 | 0,847 | 0,31 | 0,584 | <0,001 | - 10-90 | 0,1 | 0,949 | 0,75 | 0,45 | |