



**TURUN  
YLIOPISTO**

Matemaattis-luonnontieteellinen  
tiedekunta

**Kasviyhteisön lajimäärän merkitys komealupiinin  
(*Lupinus polyphyllus*) levittäytymiseen tienpientareilla  
Etelä-Savossa**

Milla-Maaria Pekurinen

Biologia  
LuK-tutkielma  
Laajuus: 6 op

15.2.2024

Turku

*Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu  
Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.*

LuK-tutkielma

**Pääaine:** Biologia

**Tekijä:** Milla-Maaria Pekurinen

**Otsikko:** Kasviyhteisön lajimäärän merkitys komealupiiniin (*Lupinus polyphyllus*) levittäytymiseen tienpientareilla Etelä-Savossa

**Ohjaaja:** Satu Ramula

**Sivumäärä:** 25 sivua + liitteet 3 sivua

**Päivämäärä:** 15.2.2024

---

Vieraslajit ovat lajeja, jotka ovat levinneet luontaisen levinneisyysalueensa ulkopuolelle ihmisen mukana. Ne voivat aiheuttaa invaasioita, jolloin ne levittäytyvät eliöyhteisöissä tehokkaasti ja aiheuttavat niille haittaa. Bioottisen resistenssin hypoteesin (engl. biotic resistance hypothesis) mukaan eliöyhteisöjen monimuotoisuus voi auttaa niitä vastustamaan vieraslajien invaasioita. Tutkin, pitääkö tämä hypoteesi paikkansa Suomessa kansallisesti haitalliseksi vieraslajiksi määritellyn hernekasvin, komealupiiniin (*Lupinus polyphyllus* Lindl.), tapauksessa. Tutkimuskysymykseni oli, riippuuko komealupiiniin levittäytyminen tienpientareilla kasviyhteisön lajimäärästä tai tietyistä muista ympäristötekijöistä (heinä- ja karikepeittävyys, paljaan maan osuus, lupiinikasvuston koko). Hypoteesini oli, että lajimäärällä tai muilla tarkastelluilla ympäristötekijöillä on yhteys komealupiiniin taimimäärään. Tarkastelin Etelä-Savossa Hirvensalmen kunnan suurimpien maanteiden pientareilla 31 komealupiinipopulaation viereltä kahdelta neliömetrin näytealalta eli kasvillisuusruudulta komealupiiniin taimimäärää, muiden putkilokasvien lajimäärää, heinäpeittävyyttä, karikepeittävyyttä ja paljaan maan osuutta, ja lisäksi mittasin kunkin lupiinikasvuston pinta-alan. Testasin hypoteesiani usean selittävän tekijän regressioanalyysillä, jonka mukaan mikään tarkastelemistani muuttujista ei ollut yhteydessä lupiiniin taimimäärään. Hypoteesini ei siis toteutunut, eikä näin ollen bioottisen resistenssin hypoteesi saanut tukea, joten tutkimukseni perusteella ainakaan kasviyhteisön monimuotoisuus ei näytä hillitsevän komealupiiniin levittäytymistä Hirvensalmella. Tarkastelin lisäksi lähemmin kasvillisuusruutujen lajistoa, ja määritin 80 putkilokasvia laji- tai sukutasolle. Tarkastelin tutkimuspaikkojen kasvilajiston samankaltaisuutta pääkoordinaattianalyysillä, ja Mantelin testillä sain tietää, että tutkimuspaikkojen lajistossa oli lievää alueellista riippuvuutta. Mahdollisesti kaikki tutkimuspaikkani eivät olleet täysin toisistaan riippumattomia otosyksiköitä, mikä on voinut vaikuttaa regressioanalyysin tuloksiin. Tutkimukseni ei tukenut bioottisen resistenssin hypoteesia, ja tuotin yleistietoa kasvilajistosta sekä komealupiiniin esiintymisestä ja runsaudesta Hirvensalmen tienpientareilla.

---

**Avainsanat:** kasviyhteisö, lajimäärä, vieraslaji-invasio, komealupiini, *Lupinus polyphyllus*, tienpientareet

# Sisällys

1 Johdanto.....	1
1.1 Vieraslajit.....	1
1.2 Bioottisen resistenssin hypoteesi.....	2
1.3 Tutkielman aihe ja hypoteesit.....	3
2 Aineistot ja menetelmät.....	5
2.1 Komealupiini.....	5
2.2 Tutkimusalue.....	8
2.3 Lupiiniaineisto.....	9
2.4 Lajiaineisto.....	13
2.5 Tilastolliset menetelmät.....	13
2.5.1 Usean selittävän tekijän regressioanalyysi.....	13
2.5.2 Pääkoordinaattianalyysi ja Mantelin testi.....	13
3 Tulokset.....	14
3.1 Huomioita aineistoista.....	14
3.2 Usean selittävän tekijän regressioanalyysin tulokset.....	16
3.3 Pääkoordinaattianalyysin ja Mantelin testin tulokset.....	16
4 Pohdinta.....	18
Kiitokset.....	22
Lähteet.....	22

# 1 Johdanto

## 1.1 Vieraslajit

Vieraslajit ovat lajeja, jotka ovat levinneet luontaisen levinneisyysalueensa ulkopuolelle ihmisen mukana (Niemivuo-Lahti 2012). Ihmiset ovat tarkoituksella levittäneet esimerkiksi riistaeläimiä ja koristekasveja, mutta lajeja on levinnyt uusille alueille myös tahattomasti esimerkiksi kulkuvälineiden, kuten laivojen ja autojen, mukana. Osa vieraslajeista pystyy menestymään eli runsastumaan ja levittäytymään uusilla alueilla hyvin (Niemivuo-Lahti 2012). Menestyvillä vieraslajeilla on monia yhteisiä piirteitä: ne ovat sopeutuneet elämään hyvin erilaisissa ympäristöoloissa, lisääntyvät tehokkaasti tai pärjäävät hyvin kilpailussa alueen alkuperäisen lajiston kanssa (Lehtiniemi ym. 2016). Vieraslajien menestymistä edistää yleensä myös niiden vapautuminen alkuperäisen elinalueensa kasvinsyöjien tai petojen aiheuttamasta paineesta. Hyvin menestyvät vieraslajit ovat useimmiten myös haitallisia (Niemivuo-Lahti 2012). Ne voivat aiheuttaa ekologisia, taloudellisia, terveydellisiä tai sosiaalisia haittoja. Ne ovat yleensä invasiivisia eli aiheuttavat invasioita, jolloin ne tunkeutuvat eliöyhteisöihin ja levittäytyvät niissä tehokkaasti. Haitalliset vieraslajit ovat elinympäristöjen tuhoutumisen ohella suurin biodiversiteettiä eli luonnon monimuotoisuutta uhkaava tekijä.

Suomessa tavattavista noin 50 000 lajista vieraslajeja on arviolta tuhat, ja näistä suurin osa on maalla eläviä kasveja (Niemivuo-Lahti 2012). Suomen vieraskasveista haitallisiksi on luokiteltu 24. Näitä ovat esimerkiksi jättipalsami (*Impatiens glandulifera*), kurttturuusu (*Rosa rugosa*), kaukasianjättiputki (*Heracleum mantegazzianum*) ja komealupiini (*Lupinus polyphyllus*) (Lehtiniemi ym. 2016). Suurin osa vieraskasveista elää ihmisen muokkaamissa ympäristöissä, kuten tienvarsilla ja junaratojen ympäristöissä, missä on runsaasti paljasta maata itämistä ja taimettumista eli taimien kasvua varten (Lehtiniemi ym. 2016). Vieraskasvien on hankalampi asettua esimerkiksi luonnontilaiseen metsään, jossa maaperä on yleensä lähes täysin alkuperäisen kasvillisuuden peitossa. Haitalliset vieraskasvit ovat yleensä kookkaita, niillä on hyvä siementuotanto, ja ne uhkaavat alkuperäistä kasvilajistoa kilpailemalla tämän kanssa samoista resursseista ja tuottamalla tiheitä kasvustoja (Niemivuo-Lahti 2012). Jotkin vieraskasvit voivat myös tuottaa allelokemikaaleja eli allelopaattisia yhdisteitä, jotka ehkäisevät toisten kasvilajien siementen itämistä ja taimettumista (Lyytinen & Lindström 2019). Vieraskasvit voivat

siis haitata alkuperäistä kasvilajistoa, mutta alkuperäiset kasvit saattavat kuitenkin vastavuoroisesti vaikuttaa vieraskasveihin ja niiden menestykseen. Saattaa olla, että varsinkin alkuperäisen kasvilajiston monimuotoisuus heikentää vieraskasvien selviytymistä ja levittäytymistä uudella elinalueella.

## 1.2 Bioottisen resistenssin hypoteesi

Bioottisen resistenssin hypoteesi (engl. biotic resistance hypothesis) käsittelee eliöyhteisöjen monimuotoisuuden ja vieraslaji-invaasioiden suhdetta. Hypoteesin mukaan eliöyhteisön monimuotoisuus lisää yhteisön rakenteellista ja toiminnallista vakautta ja auttaa sitä esimerkiksi vastustamaan erilaisia häiriöitä, kuten vieraslajien invasioita, sekä näiden aiheuttamia muutoksia (MacArthur 1955, Elton 1958). Yhteisön lajidiiversiteetti eli lajistollinen monimuotoisuus on sitä suurempi, mitä suurempi on yhteisön eri lajien lukumäärä ja mitä tasaisemmat ovat lajien suhteelliset runsaudet (Tirri ym. 2006). Ajatus yhteisön kyvystä vastustaa invasioita (engl. biotic resistance) perustuu oletukseen, että monimuotoisempi yhteisö hyödyntää elinympäristön resursseja, kuten tilaa, valoa, vettä ja ravinteita, kattavammin kuin yksinkertaisempi yhteisö (Elton 1958). Tällöin vieraslajeille on tarjolla vähemmän resursseja, eli niiden invasio onnistuu huonommin monimuotoisessa kuin yksinkertaisessa yhteisössä.

Monimuotoisuuden ja invaasioiden suhdetta on tutkittu monipuolisesti: sekä teoreettisesti, kokeellisesti että havainnoivasti. Luonnonoloissa tehtyjen havainnoivien tutkimusten spatiaalinen eli alueellinen mittakaava vaihtelee alle neliömetrin näytealoista saariin ja jopa mantereisiin saakka (Levine & D'Antonio 1999). Teoreettiset mallit ja koemanipulaatiot ovat useimmiten puoltaneet bioottisen resistenssin hypoteesia, eli niiden mukaan yhteisön monimuotoisuus lisää yhteisön kykyä vastustaa invasioita (Levine 2000). Luonnon yhteisöistä tehdyt havainnot taas ovat usein olleet päinvastaisia, eli mitä monimuotoisempia yhteisöt ovat, sitä enemmän niissä esiintyy vieraslaji-invasioita. Monimuotoisuuden ja invaasioiden positiivinen suhde voi johtua esimerkiksi siitä, että ne ympäristötekijät, jotka saavat aikaan monimuotoisen yhteisön muodostumisen, voivat myös edesauttaa vieraslajin menestymistä (Levine 2000). Positiivisia suhteita monimuotoisuuden ja invaasioiden välillä on havaittu useimmiten suuren mittakaavan havainnoivissa tutkimuksissa, kun taas pienen mittakaavan tutkimusten tuloksissa on enemmän vaihtelua (Beaury ym. 2020). Monimuotoisuuden ja

invaasioiden välillä on havaittu myös neutraaleja suhteita (Thiele ym. 2010), jolloin yhteisön monimuotoisuus ei haittaa muttei parannakaan vieraslajien menestymistä.

Useissa tutkimuksissa on keskitytty lähinnä siihen, vaikuttaako monimuotoisuus negatiivisesti invaasion alkuvaiheeseen eli vieraslajin asettumiseen osaksi yhteisöä, ja vähemmälle huomiolle on jäänyt se, miten monimuotoisuus vaikuttaa invaasion etenemiseen eli vieraslajin menestymiseen tämän asetuttua yhteisöön (Levine ym. 2004). Yhteisön monimuotoisuuden on kuitenkin havaittu hillitsevän invaasioiden etenemistä (Levine ym. 2004; Fargione & Tilman 2005), ja onkin ehdotettu, että tämä hillitsemisvaikutus voisi olla jopa merkityksellisempi kuin invaasioiden alkamista estävä vaikutus (Levine ym. 2004).

Bioottisen resistenssin hypoteesia on siis tutkittu paljon ja vaihtelevin tuloksin. Useimmissa tutkimuksissa on tarkasteltu yhteisön monimuotoisuuden vaikutusta vieraslajien määrään, ei niinkään yhden vieraslajin runsauteen tai levittäytymiseen. Tätäkin on kyllä tutkittu, muun muassa Jaunin ja Ramulan (2017) komealupiinia käsittelevässä tutkimuksessa.

Eliöyhteisön monimuotoisuuden lisäksi vieraslajien menestymiseen voivat vaikuttaa muutkin ympäristötekijät. Esimerkiksi vieraskasvien itämiseen ja taimettumiseen voivat vaikuttaa monet elinympäristön fysikaaliset tai kemialliset tekijät, kuten valon määrä, lämpötila, kosteus, ravinteisuus ja paljaan maan määrä (Masondo ym. 2018). Paljaan maan määrää voivat lisätä erilaiset häiriöt, kuten ihmisten tekemä maanmuokkaus, minkä voidaankin olettaa olevan yksi syy siihen, että vieraskasvit levittäytyvät hyvin juuri ihmisen muokkaamissa ympäristöissä (Lehtiniemi ym. 2016).

### 1.3 Tutkielman aihe ja hypoteesit

Tarkastelen tutkielmassani, pitääkö bioottisen resistenssin hypoteesi paikkansa Suomessa kansallisesti haitalliseksi vieraslajiksi määritellyn komealupiinin tapauksessa. Komealupiini on Suomessa varsinkin tienpientareilla hyvin yleinen hernekasvi. Tarkastelen tutkielmassani maanteiden varsien komealupiinipopulaatioita ja populaatioiden ympärillä olevaa kasvillisuutta eli kasviyhteisöä. Tutkielmani aiheena on,

voisiko komealupiinin kohtaamalla kasviyhteisön monimuotoisuudella olla merkitystä komealupiinin levittäytymiseen laajemmalle alueelle tienpientareilla.

Tutkimuskysymykseni on, riippuuko komealupiinin levittäytyminen kasviyhteisön lajimäärästä tai mahdollisesti tietyistä muista ympäristötekijöistä (heinä- ja karikepeittävyys, paljaan maan osuus, lupiinikasvuston koko). Komealupiinin levittäytymistä kuvaan sen vuoden 2023 keväällä itäneiden taimien määrällä, eli oletan, että komealupiini levittäytyy sitä tehokkaammin, mitä enemmän lupiinintaimia on havaittavissa. Olen ensisijaisesti kiinnostunut lajimäärän merkityksestä, mutta oletan, että myös muut ympäristötekijät voivat vaikuttaa komealupiinin taimimäärään.

Hypoteesini on, että lajimäärällä tai muilla tarkastelluilla ympäristötekijöillä on yhteys komealupiinin taimimäärään. Oletan biottisen resistenssin hypoteesin mukaisesti, että lajimäärän ja lupiinin taimimäärän välillä on negatiivinen yhteys, eli lupiinintaimia esiintyy sitä vähemmän, mitä suurempi on yhteisön putkilokasvien lajimäärä. Oletan myös heinä- ja karikepeittävyuden olevan negatiivisesti yhteydessä lupiinin taimimäärään, koska tienpientareilla korkein kasvillisuus on yleensä heiniä, jotka voivat varjostaa matalampaa kasvillisuutta, ja karike voi estää itämistä peittämällä maaperää. Sen sijaan oletan paljaan maan osuuden ja lupiinikasvuston koon olevan positiivisesti yhteydessä lupiinin taimimäärään, koska lupiinin siemenet tarvitsevat paljasta maata itääkseen, ja suurempi lupiinikasvusto voi tuottaa enemmän siemeniä ja siten enemmän taimia kuin pienempi.

Koska tutkimus ei ole kokeellinen vaan havainnoiva, en voi tarkastella syy-seuraussuhteita, mutta voin kuitenkin tarkastella komealupiinin taimimäärän ja ympäristötekijöiden välisiä yhteyksiä ja riippuvuussuhteita. Tutkimuksen on tarkoitus tuoda lisää tietoa tekijöistä, jotka ovat mahdollisesti yhteydessä komealupiinin levittäytymiseen. Tätä tietoa tarvitaan pyrittäessä hillitsemään komealupiinin invaasioita.

Lupiinin taimimäärän ja kasviyhteisön lajimäärän sekä muiden ympäristötekijöiden yhteyden lisäksi tarkastelen tutkielmassa lähemmin lupiinikasvustoja ympäröivän kasviyhteisön lajistoa. Lajiston avulla voin muun muassa arvioida, voidaanko tutkimuksessa mukana olevia lupiinikasvustojen ja niiden lähiympäristön muodostamia

tutkimuspaikkoja pitää riippumattomina otosyksikköinä vai onko osa niistä niin lähellä toisiaan, että ne ovat käytännössä samaa kasviyhteisöä.

## 2 Aineistot ja menetelmät

### 2.1 Komealupiini

Tutkimuslajini komealupiini on Suomessa hyvin yleinen ja kansallisesti haitalliseksi vieraslajiksi määritelty hernekasvien (Fabaceae) heimoon kuuluva putkilokasvi. Se on kotoisin Pohjois-Amerikan länsirannikolta, missä sitä esiintyy avoimissa ympäristöissä, kuten niityillä ja jokien varsilla (Eckstein ym. 2023). Komealupiini on levinnyt luontaiselta elinalueeltaan ihmisen mukana ympäri maailmaa. Eurooppaan se tuotiin koriste- ja rehuksiviksi vuonna 1826 (Fremstad 2010), ja sitä kasvatettiin myös Suomessa. Suomen ensimmäiset puutarhakarkulaiset havaittiin vuonna 1895, mistä lähtien se on vallannut alaa erityisesti ihmisen muokkaamissa ympäristöissä, kuten tienpientareilla, ratapihoilla ja joutomailla (Fremstad 2010). Komealupiini muodostaa laajoja, tiheitä kasvustoja, jotka koostuvat yleensä sadoista tai tuhansista yksilöistä (Eckstein ym. 2023). Lajia on havaittu myös niityiltä ja harjumetsistä (Niemi-Lahti 2012). Nykyisin komealupiinia kasvaa koko maassa pohjoisinta Lappia lukuun ottamatta (Fremstad 2010). Laji on määritelty invasiiviseksi eli elinympäristöihin tunkeutuvaksi ja haittaa aiheuttavaksi myös ainakin Ruotsissa, Norjassa, Liettuassa, Saksassa, Australiassa ja Uudessa-Seelannissa (Eckstein ym. 2023).

Komealupiini elää yleensä ainakin kolme vuotta (Eckstein ym. 2023). Sen haaraton verso voi kasvaa yli metrin korkuiseksi, lehdet ovat pitkäruotiset ja sormilehdykkäiset, ja kukinto on pitkä ja tiheä sininen, violetti, vaaleanpunainen tai valkoinen terttu pitkän varren päässä. Komealupiini kukkii kesä-heinäkuussa mutta vasta toisena elinvuonnaan. Se on yleensä ristipölytteinen, ja pölyttämisen hoitavat kimalaiset, jotka hakevat kukista siitepölyä. Komealupiini ei tuota mettä. Loppukesästä kypsyvät karvapeitteiset siemenpalot, joista siemenet sinkoutuvat muutaman metrin päähän palkojen haljetessa ja itävät seuraavana keväänä, jos ne saavat muun muassa tarpeeksi kosteutta ja valoa. Yksi yksilö voi tuottaa satoja siemeniä. Komealupiini lisääntyy ja levittäytyy pääasiassa siementen avulla, jotka voivat säilyä maaperässä itämiskykyisinä jopa vuosikymmeniä (Eckstein ym. 2023). Laji pystyy lisääntymään myös klonaalisesti, jos sen juurakosta



irtoaa palanen, jossa on silmu, mutta tämä ei ole kovin yleistä (Söber & Ramula 2013). Syksyllä maanpäällinen verso lakastuu, mutta maanalainen voimakas juurakko säilyy talven yli, ja juurakon silmuista kasvaa keväisin uusia versoja (Fremstad 2010). Komealupiinikasvustot koostuvat siis vanhojen yksilöiden uusista versoista (kuva 1) sekä siemenistä itäneistä uusista yksilöistä (kuva 2). Vanhat yksilöt versovat aiemmin kuin siemenet itävät (Eckstein ym. 2023), joten alkukesästä on havaittavissa jo suuria vanhojen yksilöiden muodostamia kasvustoja, joissa esiintyy lisäksi pieniä uusien yksilöiden sirkkalehtisiä taimia.



Kuva 1. Edellisvuotisten komealupiinien vuoden 2023 keväällä kasvattamia versoja. Kuva: Milla-Maaria Pekurinen.



Kuva 2. Vuoden 2023 keväällä itänyt sirkkalehtinen, noin 10 cm:n korkuinen komealupiinin taimi. Kuva: Milla-Maaria Pekurinen.

Komealupiini sietää hyvin kuivuutta (Eckstein ym. 2023). Laji pystyy myös menestymään vähätyppisissä ympäristöissä, sillä hernekasvina sen juurinystyröissä elää symbionttisia typensitojabakteereita, jotka muokkaavat ilmakehän typpeä kasville käyttökelpoiseen muotoon. Komealupiinille rajoittavampi ravinne on typensidonnan vaatima fosfori, jota esiintyy yleisimmin happamassa maaperässä. Komealupiini menestyy siis kuivilla, vähätyppisillä ja happamilla mailla, kuten tienpientareilla.

Typensidonnan avulla komealupiini rehevöittää elinympäristöään, mikä on yksi syy lajin haitallisuuteen (Eckstein ym. 2023). Lisäksi komealupiini varjostaa suurikokoisena muuta kasvillisuutta, kilpailee resursseista ja tuottaa muiden kasvien kasvua häiritseviä allelopaattisia yhdisteitä (Lyytinen & Lindström 2019). Komealupiini vähentääkin invaasiodensa alueella putkilokasvien ja näistä riippuvaisten hyönteisten lajimäärää (Valtonen ym. 2006; Ramula & Pihlaja 2012; Ramula & Sorvari 2017).

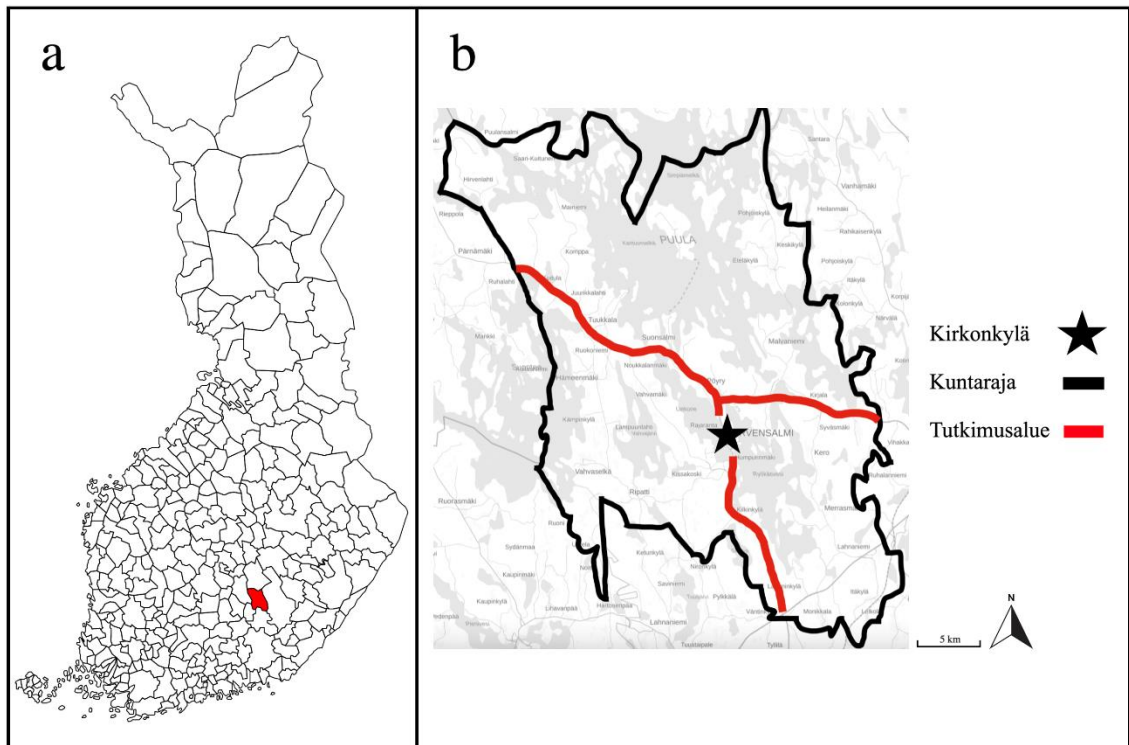
Komealupiinin suosimat tienpientareet ovat edellä mainittujen maaperän ominaisuuksien sekä liikenteen aiheuttamien päästöjen ja tiepölyn takia yleisesti haastavia kasvupaikkoja kasveille (Jantunen ym. 2004). Tienpientareiden merkitys kasvien elinympäristöinä on kuitenkin kasvanut, sillä ne muistuttavat monin tavoin perinteisen maatalouden synnyttämiä, niittämällä tai laiduntamalla hoidettuja niittyjä ja ketoja. Nämä perinneympäristöt ovat harvinaistuneet perinteisen maatalouden vähennyttyä, ja nykyään liikenneturvallisuuden takaamiseksi säännöllisesti niitettyjen tienvarsien pinta-ala on

Suomessa moninkertainen niitty- ja ketoympäristöihin verrattuna (Jantunen ym. 2004). Tienpienareet ovatkin korvaavia elinympäristöjä harvinaistuneille niitty- ja ketolajeille, mutta komealupiinin varjostava ja rehevöittävä vaikutus uhkaa näitä avoimeen, vähäravinteiseen elinympäristöön sopeutuneita kasveja sekä niillä eläviä hyönteisiä (Jantunen ym. 2006). Komealupiini on Suomessa jo niin laajalle levinnyt ja nopeasti levittäytyvä, ettei sen invaasioiden laajenemista voida enää kokonaan estää (Fremstad 2010). Lajin levittäytymistä pyritään hillitsemään pääasiassa niittämällä versoja ennen siementen kypsymistä (Ramula 2017).

## 2.2 Tutkimusalue

Toteutin tutkimuksen Etelä-Savossa Hirvensalmen kunnassa (kuva 3 a) vuoden 2023 kesäkuun alussa. Tutkimusalueeni koostui Hirvensalmen suurimpien maanteiden pientareista kunnan kirkonkylältä kohti luodetta, itää ja etelää (kuva 3 b). Tieosuudet rajoittuivat kunnan rajalle. Luoteeseen päin tietä oli 21 km, itään 13 km ja etelään 13,5 km, joten tarkastelin tutkimuksessa tienpienareita molemmin puolin tietä yhteensä 47,5 km:n matkalta. Tutkimusalueella pientareet ovat noin 2–5 metriä leveitä, ja pientareita vierustavat havu- ja sekametsät, pellot sekä järvet. Sää oli aurinkoinen ja lämmin lähes kaikkina aineistonkeruupäivinä. Tutkielman kuvissa nähtävien Hirvensalmen lähikarttojen pohjat ovat peräisin Hirvensalmen karttapalvelusta (2023).



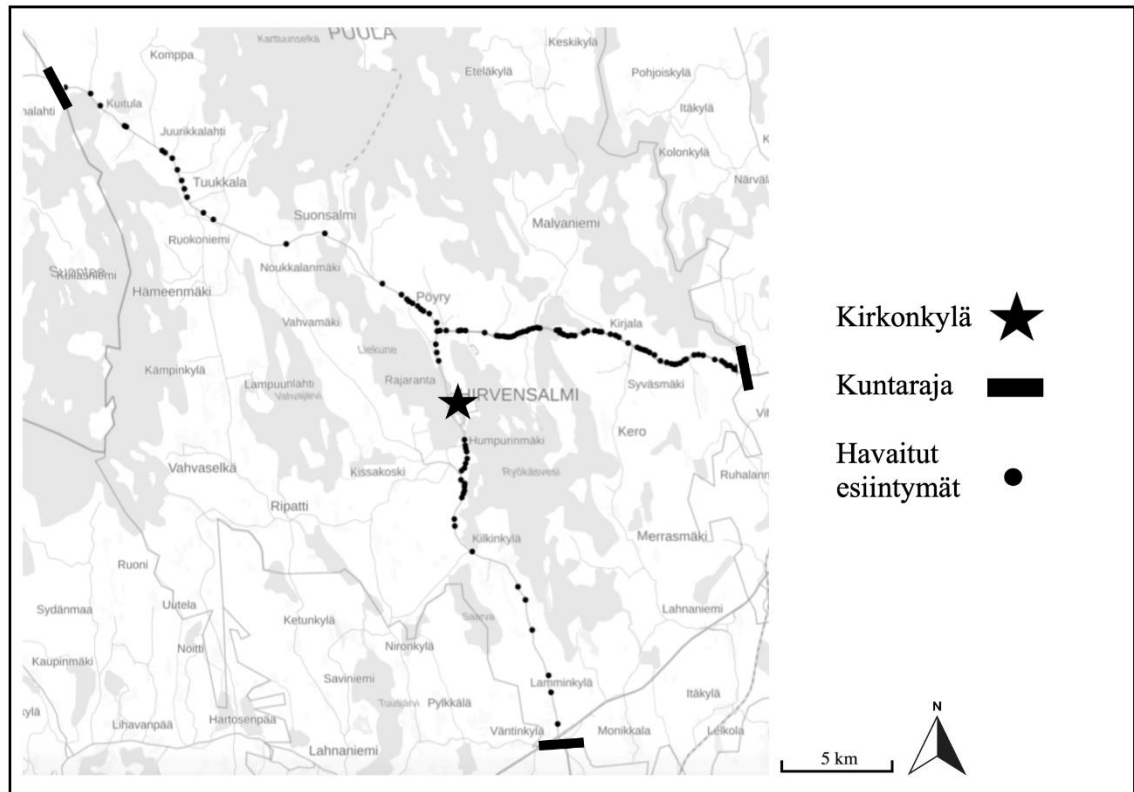


Kuva 3 a–b. Kuvassa a on punaisella Hirvensalmen kunta Suomen kartalla (Tilastokeskus 2022). Kuvassa b on punaisella tutkimusalue Hirvensalmen kartalla.

### 2.3 Lupiiniaineisto

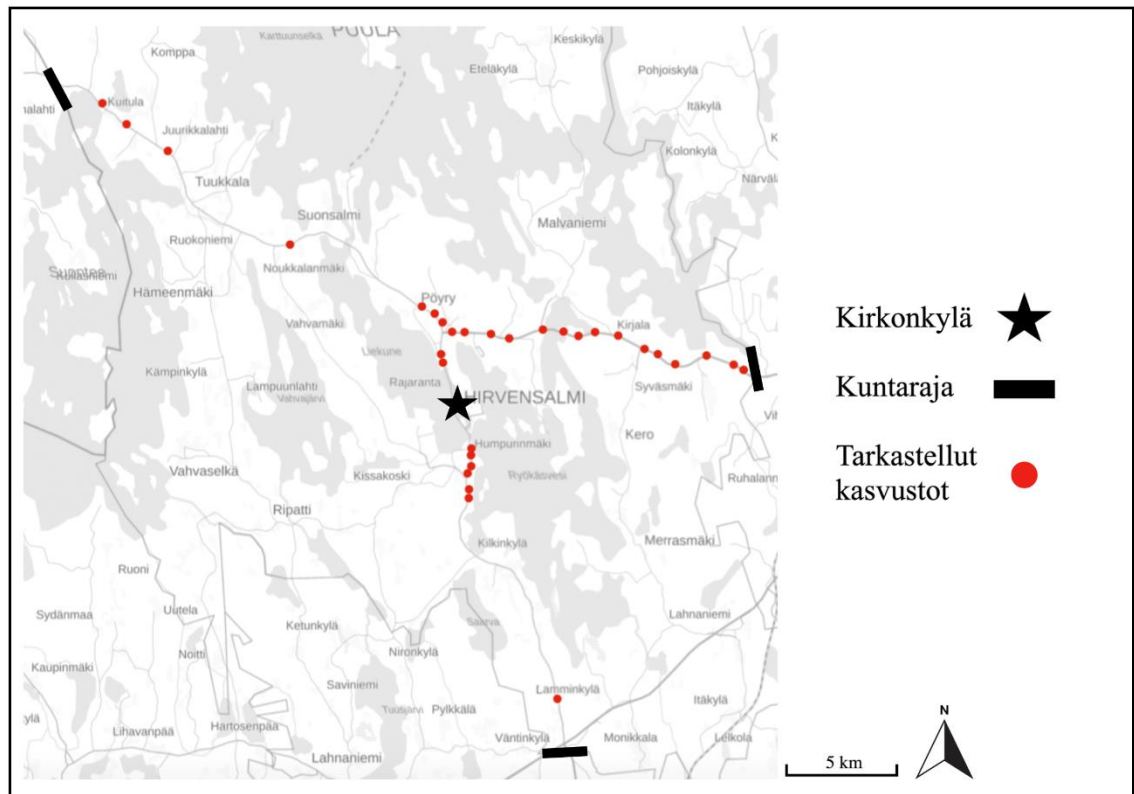
Suoritin 6.–8. kesäkuuta tutkimusalueen esitarkastelun, jolloin selvitin, missä komealupiinia kasvaa tutkimusalueella. Kirjasin muistiin kaikkien vastaan tulleiden lupiinipopulaatioiden eli -esiintymien koordinaatit. Pidin lupiiniesiintyminä paikkoja, joissa oli enemmän kuin yksittäisiä lupiinversoja. Nämä paikat olivat yleensä ainakin muutaman metrin pituisia. Pidin esiintymiä erillisinä, jos niiden välillä oli selvästi eli useita metrejä lupiinitonta tilaa.

Havaitsin lupiiniesiintymiä yhteensä 116: kirkonkylältä etelään päin 23, luoteeseen 30 ja itään 63 (kuva 4). Sen lisäksi, että itään johtavan tien varrella oli paljon enemmän lupiiniesiintymiä kuin etelässä ja luoteessa, olivat esiintymät idässä myös huomattavasti laajempia kuin muissa ilmansuunnissa.



Kuva 4. Havaitsemanni lupiinesiiintymät merkittynä Hirvensalmen karttaan mustilla pisteillä (n = 116). Kuntarajat on merkitty näyttämään tutkimusalueeseen kuuluneiden tieosuuksien päätepisteitä.

Esitarkastelun jälkeen suoritin varsinaisen aineistonkeruun 9.–10. ja 12.–13. kesäkuuta. Esitarkastelussa havaitsemistani lupiinesiiintymistä otin varsinaiseen tarkasteluun mukaan 31 esiintymää, joita kutsun lupiinikasvustoiksi (kuva 5). Lupiinikasvustojen koordinaatit ovat liitteessä 1. Tarkastelin kaikki sellaiset lupiinesiiintymät, jotka eivät olleet liian harvoja, pieniä tai laajoja tai rajoiltaan epämääräisiä. Liian harvoja tai pieniä olivat sellaiset esiintymät, joissa kasvoi lupiinin versoja seassa paljon muutakin kasvillisuutta, ja liian laajat ja epämääräiset olivat sellaisia, joista oli vaikea arvioida, voidaanko niitä enää pitää samana kasvustona tai missä kohtaa ne päättyvät. Tutkimuksessa tarkastelemani lupiinikasvustot olivat siis useamman metrin pituisia tien suuntaisesti ja melko tiiviitä. Kasvustojen välimatkat vaihtelivat 70 metristä lähes 10 kilometriin, mutta keskimäärin kasvustot sijaitsivat noin kilometrin päässä toisistaan.



Kuva 5. Tarkasteleman lupiinikasvustot merkittynä Hirvensalmen karttaan punaisilla pisteillä (n = 31). Kuntarajat on merkitty näyttämään tutkimusalueeseen kuuluneiden tieosuuksien päätepisteitä.

Asetin kunkin lupiinikasvuston molempiin päihin ohuista muoviputkista rakentamani neliömetrin (1 m x 1 m) kokoisen kehikon. Pyrin asettamaan kehikon siten, että se olisi noin keskikohdassa kasvuston pään leveyttä. Koska olin kiinnostunut komealupiinin levittäytymisestä pientareilla, asetin kehikon kasvuston tienmyötäisiin levittäytymissuuntiin enkä esimerkiksi kasvuston ja pientareta vierustavan ympäristön rajalle. Kehikon rajaamilta näytealoilta eli kasvillisuusruuduilta laskin komealupiinin taimimäärän ja muiden putkilokasvien lajimäärän, ja arvioin silmämääräisesti heinäpeittävyuden, karikepeittävyuden ja paljaan maan osuuden prosentteina koko ruudun pinta-alasta. Karikemuuttujaan sisällytin varsinaisen karikkeen eli kuolleen orgaanisen aineksen lisäksi sammat ja kivet, koska oletin, että niillä on kaikilla samankaltainen maanpintaa peittävä vaikutus. Sivuteihin rajoittuvissa kasvustoissa en olisi voinut tarkastella kasvillisuusruutua jommastakummasta päästä, joten en sisällyttänyt tällaisia kasvustoja tutkimukseen. Laskin ruuduista tarkastelluille muuttujille keskiarvot saman kasvuston kahden ruudun arvojen perusteella. Nämä keskiarvot kuvasivat siis kunkin lupiinikasvuston lähiympäristön keskimääräisiä olosuhteita. Ruuduilta tarkastelemieni muuttujien lisäksi mittasin metrin askeleilla lupiinikasvuston



pitäen ja leveyden, joiden perusteella laskin kasvuston pinta-alan eli koon neliömetreinä. Kasvillisuusruuduista ja lupiinikasvustoista tarkastellut muuttajat muodostivat lupiiniaineiston, jonka avulla tutkin tutkimukseni hypoteesia ja siten myös bioottisen resistenssin hypoteesin paikkansapitävyyttä komealupiinin tapauksessa.

Pyrin asettamaan kehikon kasvuston ulkoreunaan etäisimmän lupiininversion kohdalta ulospäin eli mahdollisimman lähelle kasvustoa mutta siten, että kasvillisuusruudulla ei kasvaisi vanhojen lupiinien versoja vaan vain kasvuston tuottamia uusia yksilöitä. Jos ruudulla esiintyisi vanhoja yksilöitä, niiden aiheuttama varjostus ja rehevöityminen sekä niiden tuottamat allelopaattiset yhdisteet olisivat jo saattaneet vaikuttaa negatiivisesti kasvivyhteisöön ja sen lajimäärään. Pyrin minimoimaan tämän vaikutuksen, jotta saatoin sen sijaan tarkastella lajimäärän vaikutusta komealupiiniin. Kasvustojen päät eivät olleet useinkaan erityisen selviä tai suorja, joten jouduin asettamaan osan ruuduista siten, että niillä esiintyi myös yksittäisiä vanhojen lupiiniyksilöiden versoja (kuva 6). Ramulan ja Pihlajan (2012) tutkimuksessa tarkasteltiin putkilokasvien lajimäärää komealupiinikasvustojen sisällä, reunalla ja ulkopuolella, eikä reunan lajimäärä eronnut ulkopuolisesta mutta sisäpuolisesta kylläkin, joten oletin, että komealupiinin negatiivinen vaikutus muihin kasveihin on pieni kasvuston reunassa.



Kuva 6. Esimerkki tarkasteltavan näytealan rajaavan kehikon asettamisesta tienpientareelle lupiinikasvuston päähän. Lupiinikasvuston pään epäselvän muodon takia näyteala sisältää vanhojen lupiiniyksilöiden versoja. Kuva: Milla-Maria Pekurinen.

## 2.4 Lajiaineisto

Olin tutkielmassa ensisijaisesti kiinnostunut siitä, onko komealupiinin taimimäärä yhteydessä putkilokasvien lajimäärään tai muihin ympäristömuuttujiin, mutta tämän lisäksi tarkastelin kuitenkin vielä lähemmin näytealojen kasvilajistoa. Valokuvasin kasvillisuusruudut, ja lupiiniaineiston keräämisen jälkeen määritin valokuvien perusteella ruutujen putkilokasvit mahdollisimman tarkasti. Näin sain aikaan lajiaineiston, jossa oli tieto siitä, mitä tunnistamiani putkilokasvilajeja tai -sukuja kunkin lupiinikasvuston vierellä eli kussakin tutkimuspaikassa esiintyi.

## 2.5 Tilastolliset menetelmät

### 2.5.1 Usean selittävän tekijän regressioanalyysi

Analysoin lupiiniaineiston RStudio-ohjelmiston versiolla 4.3.1 (R Core Team 2023). Tein usean selittävän tekijän regressioanalyysin (RStudios `lm`-funktio), jossa vasteena oli komealupiinin taimimäärä, ja selittävinä tekijöinä olivat putkilokasvien lajimäärä, heinäpeittävyys, karikepeittävyys ja paljaan maan osuus sekä lupiinikasvuston koko. Regressioanalyysillä selvitin, ovatko selittävät tekijät yhteydessä komealupiinin taimimäärään. Käytin analyysissä neliöjuurimuunnettua taimimäärää, jotta regression normaalisuusoletus täyttyi. Tutkin oletusta eli residuaalien normaalisuutta visuaalisesti. Analyysissä käyttämäni muuttujien arvot olivat lupiinikasvuston kokoa lukuun ottamatta keskiarvoja, jotka laskin samasta kasvustosta tarkasteltujen kahden kasvillisuusruudun muuttujien arvojen perusteella.

Ennen varsinaista analyysia tarkastelin selittävien tekijöiden välisiä yhteyksiä Pearsonin korrelaatiolla (RStudios `cor`-funktio). Selittävien tekijöiden välillä ei ollut havaittavissa voimakkaita yhteyksiä ( $r < 0,50$ ), joten saatoin ottaa ne kaikki mukaan regressioanalyysiin.

### 2.5.2 Pääkoordinaattianalyysi ja Mantelin testi

Lajiaineiston eli kasvillisuusruuduista määrittämieni putkilokasvilajien tai -sukujen läsnäolo-poissaolotiedon perusteella tein pääkoordinaattianalyysin eli PCoA:n, jonka



avulla sain tietää, miten samankaltaisia tutkimuspaikat eli lupiinikasvustojen lähiympäristöt olivat kasvilajistonsa suhteen. Tein ensin lajiaineiston perusteella etäisyysmatriisiin käyttämällä binääristä Sørensenin etäisyysindeksiä (RStudion vegan-paketin `vegdist`-funktio). Tähän etäisyysmatriisiin perustuen tein PCoA:n (RStudion vegan-paketin `wcmdscale`-funktio). PCoA:n tuloksena oli ordinaatiokuva, johon tulostuneiden tutkimuspaikkojen suhteelliset etäisyydet toisiinsa nähden kuvasivat sitä, miten samankaltaisia niiden lajistot olivat.

PCoA:n jatkoksi tein Mantelin testin (RStudion vegan-paketin `mantel`-funktio), jonka avulla sain tietää, oliko lajiaineistossa spatiaalista autokorrelaatiota eli alueellista riippuvuutta, eli sijaitsivatko ordinaatiossa läheiset tutkimuspaikat lähellä toisiaan myös maantieteellisesti. Mantelin testissä kahta etäisyysmatriisia vertaillaan korrelaation avulla. Mitä positiivisempi korrelaatiokerroin ( $r_M$ ) Mantelin testistä saadaan, sitä voimakkaampi on etäisyysmatriisien välinen yhteys. Mantelin testiin sisältyvän permutaatiotestin avulla nähdään, onko korrelaatiokerroin tilastollisesti merkitsevä.

Käytin Mantelin testissä vertailtavina etäisyysmatriiseina lajiaineistosta edelleen binäärisellä Sørensenin etäisyysindeksillä tuotettua matriisia sekä tutkimuspaikkojen koordinaattien muodostamasta aineistosta euklidisella etäisyysindeksillä tuotettua matriisia. Permutaatioiden määrä oli 999.

## **3 Tulokset**

### **3.1 Huomioita aineistoista**

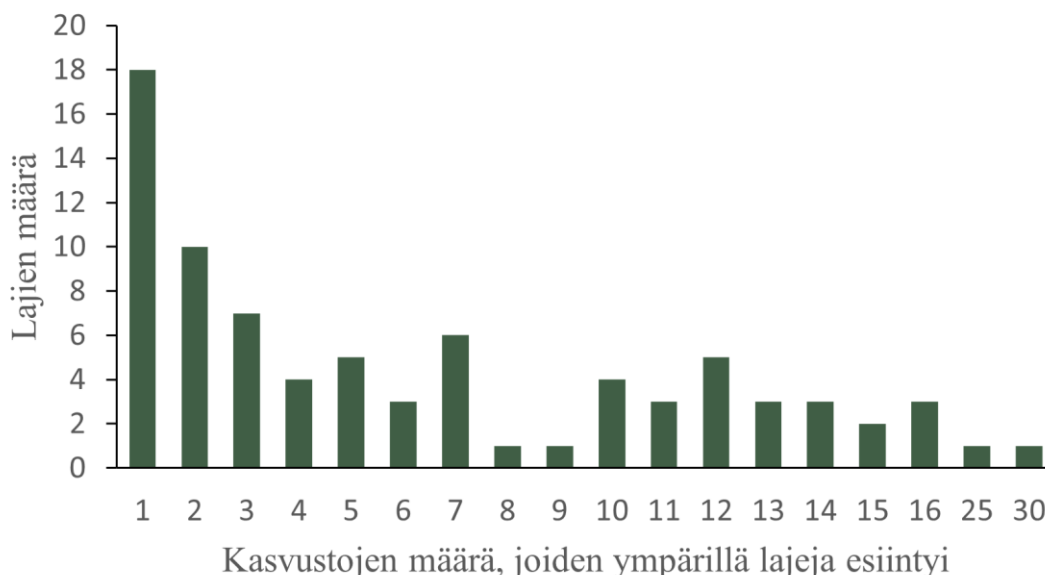
Yksittäisissä kasvillisuusruuduissa oli enimmillään 31 lupiinintaimea. Osassa ruuduista lupiinintaimia ei esiintynyt ollenkaan. Lajeja taas oli yksittäisissä ruuduissa vähimmillään 6 ja enimmillään 27. Paljaan maan osuus ei vaihdellut ruutujen välillä yhtä paljon kuin muut muuttujat, mutta vaihtelua oli kuitenkin sen verran, että päätin käyttää myös tätä muuttujaa lupiniaineiston tilastollisessa analyysissä.

Määritin ruuduissa havaitsemistani putkilokasveista 70 lajitasolle ja 10 sukutasolle. Nämä on lueteltu liitteessä 2. Kasveja oli 35 heimosta. Sukutason määriytykset tarkoittavat sitä, että tutkimuspaikoilla esiintyi yhtä tai useampaa kyseiseen sukuun kuuluvaa lajia, mutten

pystynyt määrittämään näitä lajitasolle saakka. Useimmat liitteen 2 suvut tarkoittavat todennäköisesti lajiryhmiä, kuten suku *Betula* eli koivut. Tutkimuspaikoilla esiintyi luultavasti sekä hieskoivua (*Betula pubescens*) että rauduskoivua (*Betula pendula*), mutta en pystynyt jokaisen koivun kohdalla erottamaan, kummasta lajista on kyse, joten määritin ne vain sukutasolle. Kasvillisuusruuduissa esiintyi myös useita kymmeniä muita kasveja, jotka tunnistin ruuduissa muista eroaviksi lajeiksi, mutten joko pystynyt määrittämään niitä lainkaan tai niiden määrittäminen onnistui vain hyvin karkeasti, joten en sisällyttänyt niitä lajiaineistoon.

Suurin osa määrittämistäni lajeista tai suvuista oli harvinaisia, eli niitä esiintyi vain yhdessä tai muutamassa tutkimuspaikassa (kuva 7). Lajeista 18:aa tavattiin vain yksittäisten lupiinikasvustojen ympärillä. Tällaisia olivat esimerkiksi mesiangervo (*Filipendula ulmaria*) ja Suomessa silmälläpidettävä ketonoidanlukko (*Botrychium lunaria*). Yleisiä eli useimmissa tutkimuspaikoissa esiintyneitä lajeja taas oli melko vähän. Yleisimpiä lajeja olivat siankärsämö (*Achillea millefolium*) ja maitohorsma (*Chamaenerion angustifolium*). Siankärsämöä esiintyi 30:ssä ja maitohorsmaa 25 tutkimuspaikassa.

### Lajien määrä niiden yleisyyden mukaan



Kuva 7. Tutkimuspaikoilta määritettyjen harvinaisten ja yleisten putkilokasvien lukumäärä. Kuvaajassa ovat mukana liitteessä 2 listatut lajit ja sukutasolle määritetyt kasvit.

### 3.2 Usean selittävän tekijän regressioanalyysin tulokset

Komealupiinin taimimäärän ja tarkastelemieni selittävien tekijöiden välillä ei ollut havaittavissa tilastollisesti merkitseviä yhteyksiä, eli selittävien tekijöiden kulmakertoimet eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi nolasta (taulukko 1). Komealupiinin taimimäärää ei näin ollen selittänyt lajimäärä, heinäpeittävyys, karikepeittävyys, paljaan maan osuus eikä myöskään lupiinikasvuston koko.

Taulukko 1. Komealupiinin taimimäärää selittävien tekijöiden testaus usean selittävän tekijän regressiolla (n = 31). 95 %:n luottamusväli tarkoittaa selittävän tekijän ja komealupiinin taimimäärän suhdetta kuvaavan regressiosuoran kulmakertoimen luottamusväliä.

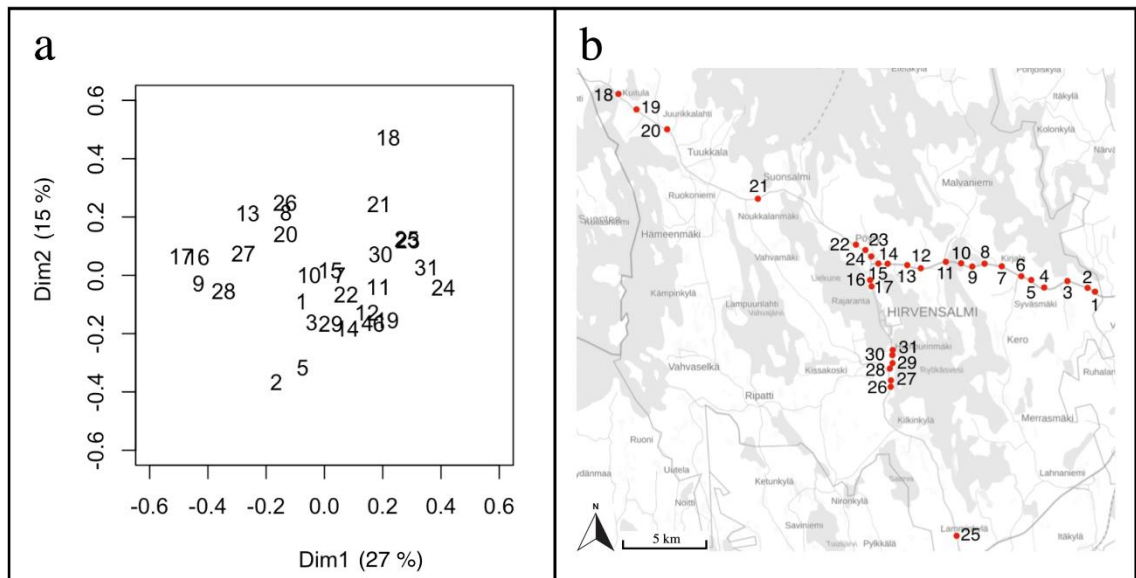
<b>Selittävä tekijä</b>	<b>Kulmakerroin</b>	<b>95 %:n luottamusväli</b>	<b>T-testisuure</b>	<b>P-arvo</b>
Lajimäärä	-0,002	-0,157 – +0,154	-0,02	0,98
Heinäpeittävyys	-0,029	-0,067 – +0,009	-1,58	0,13
Karikepeittävyys	0,028	-0,013 – +0,069	1,42	0,17
Paljaan maan osuus	0,017	-0,022 – +0,056	0,90	0,38
Kasvuston koko	-0,012	-0,033 – +0,009	-1,14	0,27

### 3.3 Pääkoordinaattianalyysin ja Mantelin testin tulokset

Pääkoordinaattianalyysin (PCoA) tulos eli ordinaatio on kuvassa 8 a. Siihen ovat tulostuneet tutkimuspaikat sen mukaan, minkälainen kasvilajisto niissä oli toisiin tutkimuspaikkoihin verrattuna. Ne tutkimuspaikat, jotka sijaitsevat ordinaatiossa lähellä toisiaan, ovat lajistoltaan samankaltaisempia kuin kaukana sijaitsevat. Ordinaatiossa on käytetty ensimmäistä ja toista pääkoordinaattiakselia, jotka selittävät lajiaineiston vaihtelusta yhteensä 42 %. Näin ollen ordinaatio tiivistää aineistossa olevaa vaihtelua melko hyvin. Tutkimuspaikat on numeroitu sen mukaan, missä järjestyksessä tarkastelin niitä maastossa. Tutkimuspaikkojen maantieteelliset sijainnit näkyvät kuvassa 8 b.

Tutkimuspaikat ovat ordinaatiossa toisistaan erillään eivätkä päällekkäin yhtenä ryhmänä, joten niiden kasvilajistoissa oli melko paljon vaihtelua. Eri ilmansuuntien tutkimuspaikat eivät muodosta ordinaatiossa selviä omia ryhmiään, joten tietyssä ilmansuunnassa sijainneet tutkimuspaikat eivät olleet lajistoltaan erityisen samankaltaisia.

Oletetusti tutkimuspaikkojen lajiston tulisi olla sitä samankaltaisempi, mitä lähempänä tutkimuspaikat sijaitsevat toisiaan maantieteellisesti, sillä läheisillä alueilla on todennäköisesti samankaltaisemmat ympäristöolot kuin kaukana toisistaan sijaitsevilla alueilla. Näin olikin esimerkiksi tutkimuspaikkojen 16 ja 17 tapauksessa, jotka sijaitivat maastossa noin 100 metrin päässä toisistaan ja ordinaatiossakin hyvin lähellä toisiaan. Kuitenkin maastossa myös melko kaukana toisistaan sijaitsevien tutkimuspaikkojen lajistot saattoivat olla hyvinkin samankaltaisia: esimerkiksi 20 km:n päässä toisistaan sijainneet tutkimuspaikat 23 ja 25 ovat ordinaatiossa lähes täysin päällekkäin. Maastossa lähellä toisiaan sijaitsevien tutkimuspaikkojen lajistot saattoivat olla myös melko erilaisia, kuten esimerkiksi tutkimuspaikkojen 1 ja 2 tai 9 ja 10 tapauksessa.



Kuva 8 a–b. Kuvassa a on PCoA:n tulos eli ordinaatio, johon numeroidut tutkimuspaikat ovat tulostuneet kasvilajistonsa perusteella, eli lajistoltaan samankaltaiset tutkimuspaikat ovat lähempänä toisiaan kuin lajistoltaan erilaiset. Tutkimuspaikat on numeroitu sen mukaan, missä järjestyksessä tarkastelin niitä maastossa. Kuvassa b näkyvät tutkimuspaikkojen maantieteelliset sijainnit Hirvensalmen kartalla punaisina palloina.

Mantelin testin mukaan tutkimuspaikkojen lajistollisten ja maantieteellisten etäisyyksien välillä oli lievä positiivinen yhteys eli lajiaineistossa oli hiukan spatiaalista autokorrelaatiota ( $r_M = 0,18$ ;  $p = 0,03$ ). Pieni osa lajiston samankaltaisuudesta tutkimuspaikoissa selittyi siis paikkojen läheisellä maantieteellisellä sijainnilla.

## 4 Pohdinta

Tarkastelin tutkielmassani, riippuuko komealupiinin levittäytyminen tienpientareilla sen kohtaaman kasviyhteisön lajimäärästä tai tietyistä muista ympäristökijöistä. Hypoteesini oli, että lajimäärä tai muut muuttujat eli heinäpeittävyys, karikepeittävyys, paljaan maan osuus tai lupiinikasvuston koko ovat yhteydessä komealupiinin taimimäärään. Odotin muun muassa bioottisen resistenssin hypoteesin mukaisesti, että lupiinin taimimäärän ja kasviyhteisön lajimäärän välillä olisi nähtävissä negatiivinen suhde. Tutkimukseni tulokset eivät kuitenkaan tukeneet hypoteesiani, eli mikään tarkastelemistani muuttujista ei selittänyt lupiinintaimien määrää. Koska en havainnut lupiinin taimimäärän ja kasviyhteisön lajimäärän välillä negatiivista yhteyttä vaan neutraalin, ei bioottisen resistenssin hypoteesi myöskään saanut tukea. Sen mukaan eliöyhteisön monimuotoisuus auttaisi yhteisöä vastustamaan vieraslajin invaasiota. Tulokseni viittaa siihen, että kasviyhteisön monimuotoisuus ei pysty hillitsemään komealupiinin levittäytymistä, mutta toisaalta komealupiini ei myöskään näytä menestyvän erityisen hyvin monimuotoisessa kasviyhteisössä.

Havaitsemani neutraali yhteys ei ole poikkeuksellinen, jos tarkastellaan aikaisempia bioottisen resistenssin hypoteesia käsitteleviä tutkimuksia yleisesti, sillä niistä osassa on havaittu vieraslaji-invaasion ja eliöyhteisön monimuotoisuuden välillä neutraali suhde (Thiele ym. 2010). Nämä tutkimukset käsittelevät kuitenkin muita vieraslajeja kuin komealupiinia.

Tutkimukseni muistuttaa kenties eniten Jaunin ja Ramulan (2017) tutkimusta, jossa tarkastellaan Lounais-Suomessa Turun lähistöllä muun muassa tienpientareilla komealupiinin menestymistä suhteessa muun muassa kasviyhteisön lajimäärään alle neliömetrin näytealoilla. Tässä tutkimuksessa komealupiinin menestymisen mittana on sen itäminen ja taimien selviytyminen. Tutkimus on kokeellinen, ja näytealoja tarkastellaan useamman vuoden ajan. Muun muassa näiden eroavaisuuksien takia Jaunin ja Ramulan tutkimus ja oma tutkimukseni eivät ole täysin verrannollisia keskenään, mutta ne ovat kuitenkin hyvin samankaltaisia.

Jaunin ja Ramulan (2017) tutkimuksen mukaan komealupiini menestyy sitä paremmin, mitä suurempi on kasviyhteisön lajimäärä. Tutkimuksessa havaittu positiivinen suhde

komealupiinin menestymisen ja kasviyhteisön monimuotoisuuden välillä eroaa minun tutkimustuloksestani ja on täysin päinvastainen kuin mitä biottisen resistenssin hypoteesi olettaa. Havaittu positiivinen suhde saattaa johtua esimerkiksi siitä, että monimuotoinen yhteisö kelpaa erityisen hyvin myös komealupiinin kasvupaikaksi eivätkä muut lajit välttämättä kykene kilpailemaan komealupiinin kanssa resursseista. Tutkimusten eroavien tulosten takia komealupiinia tulisikin tutkia lisää biottisen resistenssin hypoteesiin liittyen.

Tutkimustulokseni ero Jaunin ja Ramulan (2017) tutkimukseen nähden saattaa kuitenkin johtua esimerkiksi siitä, että minä tarkastelin komealupiinin taimia vain yhtenä ajanhetkenä, kun taas aiemmassa tutkimuksessa käytettiin pidempää ajanjaksoa. Olisinkin voinut esimerkiksi tarkastella samoja tutkimuspaikkoja uudestaan myöhemmin kesällä. Näin olisin voinut nähdä, miten kasviyhteisön monimuotoisuus mahdollisesti vaikuttaa lupiinintaimiin pidemmällä aikavälillä. Tämä luultavasti kuvastaisi komealupiinin levittäytymismenestystä paremmin kuin yhden ajanhetken tilanne. Tutkimusaineiston keruuseen oli kuitenkin suositeltu käytettäväksi vain rajallinen määrä tunteja, eikä toiseen tarkastelukierrokseen ollut aikaa tämän tutkimuksen puitteissa.

Tutkimustulosten ero saattaa myös johtua erinäisistä virhelähteistä tutkimuksessani. Esimerkiksi Mantelin testin mukaan keräämässäni lajiaineistossa oli lievää spatiaalista autokorrelaatiota, eli mahdollisesti joidenkin tutkimuspaikkojen välillä oli hiukan riippuvuutta. Tällöin ainakin joidenkin tutkimuspaikkojen kasvilajistojen ja siten todennäköisesti myös lajimäärien samankaltaisuus siis riippui tutkimuspaikkojen läheisestä maantieteellisestä sijainnista. Ne siis kenties sijaitsivat maastossa liian lähellä toisiaan, jotta niitä voisi pitää erillisinä otosyksikköinä. On näin ollen mahdollista, että tutkimukseni todellinen otoskoko on alhaisempi kuin 31. Otosyksiköiden riippuvuus on voinut vaikuttaa regressioanalyysin tuloksiin. Mantelin testistä saatu korrelaatiokerroin on kuitenkin melko pieni, joten spatiaalisen autokorrelaation merkitys on luultavasti hyvin vähäinen.

Mikään tarkastelemistani ympäristömuuttujista ei selittänyt komealupiinin taimimäärää, mikä on mielenkiintoista. Aiemmissa tutkimuksissa paljaan maan osuuden on havaittu vaikuttavan lupiinien taimettumiseen positiivisesti, ja karikepeittävyys ja korkeampien kasvien varjostus taas ovat vaikuttaneet negatiivisesti (Eckstein ym. 2023). Kenties

tutkimukseni otoskoko oli liian pieni, jotta olisin voinut havaita tällaisia yhteyksiä luonnonoloissa, missä suuri määrä muuttujia vaihtelee paljon. Saattaa myös olla, että silmämääräisesti arvioidut peittävyudet eivät kuvasta tutkimuspaikkojen todellista tilannetta tarpeeksi tarkasti, mikä voi vaikuttaa tuloksiin.

Tarkastelemieni muuttujien sijaan tai niiden lisäksi komealupiinin taimimäärää saattavat selittää useat muut fysikaaliset tai kemialliset ympäristötekijät, kuten valon määrä, lämpötila, kosteus, ravinteisuus, happamuus eli pH tai maaperän laatu eli maalaji (Masondo ym. 2018). Nämä kaikki muuttujat voivat vaikuttaa kasvien itämiseen ja taimettumiseen. Tutkimuspaikkojeni maaperä oli vaihtelevasti hiekkaista, soraista tai mullan kaltaisesta maastuneesta orgaanisesta aineksestä koostuvaa. En tarkastellut maaperän ominaisuuksia tämän tarkemmin, mutta myös maaperän vaihtelulla saattaa olla merkitystä komealupiinin menestymiseen.

Tarkastelin tutkimuksessa vain melko tiiviitä ja suhteellisen pieniä tienpientareiden lupiinikasvustoja. Lupiinit muodostivat pientareilla kuitenkin myös muunlaisia, kuten harvoja tai todella laajoja populaatioita. Tutkimustulokseni eivät siis välttämättä ole yleistettävissä kaikenlaisiin pientareiden lupiinipopulaatioihin.

Bioottisen resistenssin hypoteesia tutkittaessa vieraskasvien tapauksessa on yleisimmin keskitytty kokonaisten eliöyhteisöjen sijasta kasviyhteisöihin. Minäkin tarkastelin tutkimuksessani vain kasviyhteisöä, mutta komealupiinia voitaisiin tutkia myös osana muutakin eliöyhteisöä. Tähän sisältyvät muun muassa maaperän mikrobisto ja maaperän yläpuoliset kasvinsyöjät. Prassin ja kumppaneiden (2022) mukaan komealupiinia käyttävät ravinnokseen Suomessa ainakin lehtokotilo (*Arianta arbustorum*) ja lupiinilattakoi (*Agonopterix nervosa*), eli komealupiinin menestymiseen saattavat vaikuttaa muutkin eliöt kuin vain kasviyhteisön jäsenet.

Koska määritin tutkimuspaikkojen kasvilajistoa, olisin voinut pelkän lajimäärän lisäksi tarkastella, vaikuttaako kasvilajiston erilainen koostumus komealupiinin taimimäärään. Tutkimuspaikoissa, joissa on sama lajimäärä, saattaa olla aivan erilaiset lajistot. Eri lajit voivat toimia eri tavoin ja niiden kilpailukyky voi vaihdella, joten ne voivat myös vaikuttaa komealupiiniin eri tavoin. Tässä tutkimuksessa tarkastelin kuitenkin vain

lajimäärän, en toiminnallisesti erilaisten lajien, merkitystä, koska pyrin pitämään tutkimusaineiston analyysin mahdollisimman yksinkertaisena.

Lajimäärän lisäksi olisin voinut tarkastella kasvillisuusruuduilta kunkin lajin runsautta peittävytenä, mikä olisi kuvastanut kasviyhteisön monimuotoisuutta paremmin kuin pelkkä lajimäärä. Lajirunsaudet kertoisivat esimerkiksi, onko kasviyhteisö lajistoltaan tasainen vai koostuuko se muutamasta hyvin runsaasta ja useista vähemmän runsaista lajeista. Jokaisen yksittäisen peittävyuden arvioimisessa olisi kuitenkin kestänyt liian kauan. Lisäksi useissa muissakin biottisen resistenssin hypoteesia käsittelevissä tutkimuksissa (muun muassa Knops ym. 1999; Jauni & Ramula 2017; Beaury ym. 2020) on tarkasteltu pelkästään lajimäärän eikä niinkään lajiversiteetin vaikutusta invasioihin, eli lajimäärän katsotaan riittävän kuvaamaan kasviyhteisön monimuotoisuutta tarpeeksi hyvin.

Tutkimuksessa oli riskinä, että tienpientareiden kasvillisuutta niitettäisiin, ennen kuin ehtisin kerätä tutkimusaineistoni, mutta näin ei lopulta tapahtunut. Pientareiden korkeaa kasvillisuutta leikataan matalammaksi liikenneturvallisuuden takaamiseksi. Jantusen ja kumppaneiden (2004) mukaan maanteiden pientareita niitetään yleensä kaksi kertaa kesässä: ensimmäisen kerran kesäkuun puolenvälin jälkeen muutaman metrin leveydeltä, ja toisen kerran ennen elokuun loppua leveämmältä alalta. Tutkimusaineiston kerättyäni havaitsinkin 20. kesäkuuta, että tutkimusalueen pientareiden kasvillisuutta oli leikattu tienreunasta 1–2 metrin leveydeltä. En kuitenkaan havainnoinut, niitettiinkö pientareita myöhemmin kesällä koko leveydeltään. Jos tutkimusalueen pientareita ei niitetä kokonaan, tämä voi lisätä entisestään vaihtelua pientareella. Jos osa komealupiineista ja muista kasveista leikataan tietyssä kohtaa piennarta ja toiset taas saavat kasvaa rauhassa, voi tämä vaikuttaa esimerkiksi siihen, missä kohtaa piennarta kasvit kasvavat runsaampana.

Tutkimukseni ei siis tue biottisen resistenssin hypoteesia. Tämän tuloksen lisäksi tutkielmani sisältää arvokasta yleistietoa Hirvensalmen tienpientareiden kasvilajistosta sekä komealupiiniesiintymien sijainnista. Tienpientareiden kasvilajisto komealupiinikasvustojen ympärillä on Hirvensalmella melko monipuolista. Valtosen ja kumppaneiden (2006) tutkimuksessa noin 60 km:n matkalla 15 tienpiennarkohteessa Kaakkois-Suomessa havaittiin yhteensä 139 kasvilajia, ja Hirvensalmella lajimäärä



näyttää olevan lähes tätä vastaava, varsinkin jos otetaan huomioon ne useat kymmenet lajit, joita en pystynyt määrittämään mutta tunnistin muista erillisiksi lajeiksi. Tutkimuksessa tarkastelin kuitenkin vain lupiinikasvustojen lähiympäristöä, joten luultavasti havaitsemani lajimäärä olisi ollut vielä suurempi, jos olisin tarkastellut muitakin tienpientareiden osia. Komealupiinia kasvaa Hirvensalmella runsaasti varsinkin itään päin kulkevan tien pientareilla, kun taas lounaassa ja etelässä komealupiinia esiintyy vähemmän. Tähän voi olla syynä esimerkiksi se, että itäisen tien pientareet ovat keskimäärin leveämpiä ja kenties vilkkaamman liikenteen takia enemmän häiriöiden kohteena kuin lounaisen ja eteläisen tien pientareet. Leveämpien pientareiden ansiosta komealupiinilla voi olla enemmän tilaa levittäytyä, ja häiriöt saattavat edistää komealupiinin leviämistä entisestään. Syitä lupiinin erilaisiin runsauksiin näiden teiden pientareilla voitaisiin tutkia tarkemmin.

Tutkimukseni yhdessä Jaunin ja Ramulan (2017) tutkimuksen kanssa näyttää viittaavan siihen, että kasviyhteisön monimuotoisuudella ei ole ainakaan hillitsevää vaikutusta komealupiinin levittäytymiseen tienpientareilla. Pohdittaessa komealupiinin invaasioiden hillitsemistä onkin ilmeisesti keskityttävä muihin tekijöihin. Jotta saadaan tarkemmin selville, mitkä tekijät edistävät ja mitkä rajoittavat komealupiinin invaasioita, tulisi komealupiinia luultavasti tarkastella sen koko elinkierron ajan eikä vain yhdellä tai muutamalla ajanhetkellä. Tarkastelua tulisi lisäksi ulottaa mahdollisimman laajalle alueelle Suomessa, jotta komealupiinin toiminnasta Suomen luonnossa saataisiin entistä kokonaisvaltaisempi käsitys.

## **Kiitokset**

Kiitokset ohjaajalleni Satu Ramulalle LuK-tutkielmani aiheen ehdottamisesta ja tutkielman ohjauksesta. Kiitokset isälleni Matti Pekuriselle sähköavusteisen polkupyörän lainasta, joka mahdollisti sujuvan liikkumisen tutkimusalueella.

## **Lähteet**

Beaury EM, Finn JT, Corbin JD, Barr V & Bradley BA (2020) Biotic resistance to invasion is ubiquitous across ecosystems of the United States. *Ecology Letters* 23: 476–482. <https://doi.org/10.1111/ele.13446>

Eckstein RL, Welk E, Klinger YP, Lennartsson T, Wissman J, Ludewig K, Wiebke H & Ramula S (2023) Biological flora of Central Europe – *Lupinus polyphyllus* Lindley. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 58: 125–715. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2022.125715>

Elton CS (1958) The ecology of invasions by plants. Methuen, Lontoo.

Fargione JE & Tilman D (2005) Diversity decreases invasion via both sampling and complementarity effects. Ecology Letters 8: 604–611. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00753.x>

Fremstad E (2010) NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Lupinus polyphyllus*. Online Database of the European Network on Invasive Alien Species – NOBANIS. <https://www.nobanis.org/> [Luettu 16.4.2023]

Jantunen J, Saarinen K, Valtonen A, Hugg T & Saarnio S (2004) Tienpientareet ja valtateiden liittymät kasvien ja perhosten elinympäristönä. Tiehallinto, Helsinki.

Jantunen J, Saarinen K, Valtonen A & Saarnio S (2006) Grassland vegetation along roads differing in size and traffic density. Annales Botanici Fennici 43: 107–117. <https://www.jstor.org/stable/23727194>

Jauni M & Ramula S (2017) Demographic mechanisms of disturbance and plant diversity promoting the establishment of invasive *Lupinus polyphyllus*. Journal of Plant Ecology 80(3): 510–517. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtw049>

Hirvensalmen karttapalvelu (2023) <https://kartta.hirvensalmi.fi/> [Käytetty 19.10.2023]

Knops JMH, Tilman D, Haddad NM, Naeem S, Mitchell CE, Haarstad J, Ritchie ME, Howe KM, Reich PB, Siemann E & Groth J (1999) Effects of plant species richness on invasion dynamics, disease outbreaks, insect abundances and diversity. Ecology Letters 2(5): 286–293. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.1999.00083.x>

Lehtiniemi M, Nummi P & Leppäkoski E (2016) Jättiputkesta citykaniin – Vieraslajit Suomessa. Docendo, Jyväskylä.

Levine JM (2000) Species diversity and biological invasions: relating local process to community pattern. *Science* 288: 852–854.

<https://doi.org/10.1126/science.288.5467.852>

Levine JM, Adler PB & Yelenik SG (2004) A meta-analysis of biotic resistance to exotic plant invasions. *Ecology Letters* 7: 975–989. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00657.x>

Levine JM & D’Antonio CM (1999) Elton revisited: a review of evidence linking diversity and invasibility. *Oikos* 87: 15–26. <https://doi.org/10.2307/3546992>

Lyytinen A & Lindström L (2019) Responses of a native plant species from invaded and uninvaded areas to allelopathic effects of an invader. *Ecology and Evolution* 9(10): 6116–6123. <https://doi.org/10.1002/ece3.5195>

MacArthur RH (1955) Fluctuations of animal populations and a measure of community stability. *Ecology* 36: 533–536. <https://doi.org/10.2307/1929601>

Masondo NA, Kulkarni MG, Finnie JF & Van Staden J (2018) Influence of biostimulants–seed-priming on *Ceratotheca triloba* germination and seedling growth under low temperatures, low osmotic potential and salinity stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 147:43–48. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.08.017>

Niemivuo-Lahti J (toim.) (2012) Kansallinen vieraslajistrategia. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki.

R Core Team (2023) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

Prass M, Ramula S, Jauni M, Setälä H & Kotze DJ (2022). The invasive herb *Lupinus polyphyllus* can reduce plant species richness independently of local invasion age. *Biological Invasions* 24(2): 425–436. <https://doi.org/10.1007/s10530-021-02652-y>

Ramula S (2017) The generality of management recommendations across populations of an invasive perennial herb. *Biological Invasions* 19(9): 2623–2632. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1472-7>

Ramula S & Pihlaja K (2012) Plant communities and the reproductive success of native plants after the invasion of an ornamental herb. *Biological Invasions* 14: 2079–2090. <https://doi.org/10.1007/s10530-012-0215-z>

Ramula S & Sorvari J (2017) The invasive herb *Lupinus polyphyllus* attracts bumblebees but reduces total arthropod abundance. *Arthropod-Plant Interactions* 11: 911–918. <https://doi.org/10.1007/s11829-017-9547-z>

Söber V & Ramula S (2013) Seed number and environmental conditions do not explain seed size variability for the invasive herb *Lupinus polyphyllus*. *Plant Ecology* 214: 883–892. <https://doi.org/10.1007/s11258-013-0216-8>

Thiele J, Isermann M, Otte A & Kollmann J (2010) Competitive displacement or biotic resistance? Disentangling relationships between community diversity and invasion success of tall herbs and shrubs. *Journal of Vegetation Science* 21: 213–220. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2009.01139.x>

Tilastokeskus (2022) <https://www.stat.fi/> [Käytetty 10.12.2023]

Tirri R, Lehtonen J, Lemmetyinen R, Pihakaski S & Portin P (2006) *Biologian sanakirja*. (3. painos) Otava, Keuruu.

Valtonen A, Jantunen J & Saarinen K (2006) Flora and lepidoptera fauna adversely affected by invasive *Lupinus polyphyllus* along road verges. *Biological Conservation* 133: 389–396. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.06.015>

# Liitteet

Liite 1. Tutkimuspaikkojen eli lupiinikasvustojen koordinaatit WGS 84 -koordinaattijärjestelmän mukaisesti.

Tutkimuspaikka	Leveysaste (N)	Pituusaste (E)
1	61° 39' 25.0"	26° 59' 17.4"
2	61° 39' 33.0"	26° 58' 54.1"
3	61° 39' 44.4"	26° 57' 36.5"
4	61° 39' 33.5"	26° 56' 01.2"
5	61° 39' 49.5"	26° 55' 12.4"
6	61° 39' 55.3"	26° 54' 41.7"
7	61° 40' 09.2"	26° 53' 41.6"
8	61° 40' 14.3"	26° 52' 33.1"
9	61° 40' 09.6"	26° 51' 44.4"
10	61° 40' 16.2"	26° 51' 05.3"
11	61° 40' 18.2"	26° 50' 17.1"
12	61° 40' 11.8"	26° 48' 01.1"
13	61° 40' 14.6"	26° 47' 27.2"
14	61° 40' 13.8"	26° 46' 39.3"
15	61° 40' 14.8"	26° 46' 14.7"
16	61° 39' 44.8"	26° 45' 47.3"
17	61° 39' 38.9"	26° 45' 49.9"
18	61° 44' 58.1"	26° 30' 38.1"
19	61° 44' 35.9"	26° 31' 36.4"
20	61° 44' 00.6"	26° 33' 34.5"
21	61° 42' 03.8"	26° 38' 48.4"
22	61° 40' 44.0"	26° 45' 05.0"
23	61° 40' 35.9"	26° 45' 28.3"
24	61° 40' 25.5"	26° 45' 46.5"
25	61° 32' 30.9"	26° 51' 00.9"
26	61° 36' 49.9"	26° 47' 02.8"
27	61° 36' 54.1"	26° 47' 01.1"
28	61° 37' 12.3"	26° 46' 55.7"
29	61° 37' 24.9"	26° 47' 08.5"
30	61° 37' 42.3"	26° 47' 08.2"
31	61° 37' 44.4"	26° 47' 06.4"

Liite 2. Kasvillisuusruuduissa havaituista putkilokasveista laji- tai sukutasolle määritetyt 80 kasvia heimoittain aakkosjärjestyksessä. Sukutason määrittäminen sisältyy joko yksi tai useampia lajeja. Viimeisessä sarakkeessa on tieto siitä, kuinka monessa tutkimuspaikassa kasvia esiintyi.

<b>Heimo</b>	<b>Tieteellinen nimi</b>	<b>Esiintymispaikkojen lukumäärä</b>
Amaryllidaceae	<i>Allium schoenoprasum</i>	1
Apiaceae	<i>Aegopodium podagraria</i>	12
Apiaceae	<i>Angelica sylvestris</i>	7
Apiaceae	<i>Anthriscus sylvestris</i>	16
Apiaceae	<i>Pimpinella saxifraga</i>	10
Asparagaceae	<i>Convallaria majalis</i>	2
Asparagaceae	<i>Maianthemum bifolium</i>	3
Asteraceae	<i>Achillea millefolium</i>	30
Asteraceae	<i>Artemisia vulgaris</i>	1
Asteraceae	<i>Cirsium palustre</i>	2
Asteraceae	<i>Hieracium</i>	15
Asteraceae	<i>Leucanthemum vulgare</i>	10
Asteraceae	<i>Pilosella officinarum</i>	4
Asteraceae	<i>Scorzoneroides autumnalis</i>	2
Asteraceae	<i>Tanacetum vulgare</i>	3
Asteraceae	<i>Taraxacum</i>	13
Athyriaceae	<i>Athyrium filix-femina</i>	1
Betulaceae	<i>Alnus incana</i>	1
Betulaceae	<i>Betula</i>	15
Brassicaceae	<i>Noccaea caerulescens</i>	16
Campanulaceae	<i>Campanula</i>	2
Caprifoliaceae	<i>Knautia arvensis</i>	6
Caryophyllaceae	<i>Cerastium fontanum</i>	5
Caryophyllaceae	<i>Silene dioica</i>	7
Caryophyllaceae	<i>Stellaria graminea</i>	1
Caryophyllaceae	<i>Viscaria vulgaris</i>	2
Cyperaceae	<i>Carex digitata</i>	2
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	1
Dryopteridaceae	<i>Dryopteris carthusiana</i>	1
Equisetaceae	<i>Equisetum arvense</i>	14
Equisetaceae	<i>Equisetum sylvaticum</i>	5
Ericaceae	<i>Calluna vulgaris</i>	12
Ericaceae	<i>Pyrola</i>	1
Ericaceae	<i>Vaccinium myrtillus</i>	2
Ericaceae	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	7
Fabaceae	<i>Lathyrus pratensis</i>	7
Fabaceae	<i>Trifolium hybridum</i>	6
Fabaceae	<i>Trifolium pratense</i>	12
Fabaceae	<i>Trifolium repens</i>	5
Fabaceae	<i>Vicia cracca</i>	7
Fabaceae	<i>Vicia sepium</i>	4
Hypericaceae	<i>Hypericum</i>	11

Juncaceae	<i>Luzula multiflora</i>	7
Juncaceae	<i>Luzula pilosa</i>	14
Lycopodiaceae	<i>Lycopodium annotinum</i>	1
Lycopodiaceae	<i>Lycopodium clavatum</i>	2
Lythraceae	<i>Lythrum salicaria</i>	1
Onagraceae	<i>Chamaenerion angustifolium</i>	25
Ophioglossaceae	<i>Botrychium lunaria</i>	1
Oxalidaceae	<i>Oxalis acetosella</i>	3
Pinaceae	<i>Picea abies</i>	10
Pinaceae	<i>Pinus sylvestris</i>	6
Plantaginaceae	<i>Plantago major</i>	4
Plantaginaceae	<i>Veronica chamaedrys</i>	11
Plantaginaceae	<i>Veronica officinalis</i>	3
Poaceae	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	8
Poaceae	<i>Melica nutans</i>	5
Polygonaceae	<i>Rumex acetosa</i>	3
Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i>	13
Primulaceae	<i>Lysimachia europaea</i>	1
Primulaceae	<i>Lysimachia vulgaris</i>	2
Ranunculaceae	<i>Ranunculus acris</i>	12
Ranunculaceae	<i>Ranunculus auricomus</i>	3
Ranunculaceae	<i>Ranunculus polyanthemos</i>	11
Ranunculaceae	<i>Ranunculus repens</i>	5
Rosaceae	<i>Alchemilla</i>	1
Rosaceae	<i>Filipendula ulmaria</i>	1
Rosaceae	<i>Fragaria vesca</i>	14
Rosaceae	<i>Geum rivale</i>	3
Rosaceae	<i>Potentilla argentea</i>	2
Rosaceae	<i>Potentilla erecta</i>	13
Rosaceae	<i>Rosa</i>	1
Rosaceae	<i>Rubus saxatilis</i>	10
Rosaceae	<i>Sorbus aucuparia</i>	1
Rubiaceae	<i>Galium</i>	9
Salicaceae	<i>Populus tremula</i>	4
Salicaceae	<i>Salix</i>	16
Sapindaceae	<i>Acer platanoides</i>	1
Urticaceae	<i>Urtica dioica</i>	1
Violaceae	<i>Viola</i>	12

---