



**TURUN
YLIOPISTO**

Matemaattis-luonnontieteellinen
tiedekunta

Pölyttäjien klopyralidialtistuminen

Erik van de Pavert

Biologia

LuK-tutkielma

Laajuus: 8 op

16.3.2026

Turku

Turun yliopiston laatu järjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu

Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Pääaine: Biologia

Tekijä: Erik van de Pavert

Otsikko: Pölyttäjien klopyralidialtistuminen

Ohjaaja: Marjo Helander

Sivumäärä: 19 sivua

Päivämäärä: 16.3.2026

Hyönteiskato on pitkään tutkittu ilmiö, joka on laajalti ihmisen aiheuttamaa. Hyönteispölyttäjien merkitys ihmisille on valtava. Ruuantuotantomme määrä ja monipuolisuus kärsii hyönteispölyttäjien vähetessä, mutta samalla maatalouden tehostaminen on yksi suurimmista hyönteiskatoa vahvistavista tekijöistä. Tehomaatalous johtaa pölyttäjien pesä- ja ravintopaikkojen tuhoutumiseen sekä torjunta-aineiden leviämiseen ympäristöön. Kaikki torjunta-aineiden vaikuttavat aineet ovat letaaleja tarpeeksi korkeissa pitoisuuksissa, mutta jotkin vaikuttavat aineet heikentävät oppimiskykyä ja muistia pienissäkin määrissä. Klopyralidi on vaikuttava aine joissain maataloudessa ja puutarhoissa käytetyissä rikkakasvihävitteissä. Se päättyy ruiskutettaessa kukkiville kasveille, jolloin hyönteispölyttäjät altistuvat sille. Muiden rikkakasvihävitteiden vaikuttavien aineiden haittavaikutuksista löytyy näyttöä, mutta klopyralidista on puutteellisesti tutkimuksia. Tutkielmani tarkoituksena on selvittää klopyralidin vaikutusta kukkakasvien houkuttelevuuteen hyönteispölyttäjille. Tutkielmassani rajasin kukkaniityltä 16 ruutua, joista puolet käsittelin klopyralidiseoksella ja puolet pelkällä vedellä. Jokaista ruutua havainnoimme neljä kertaa laskien jokaisen kukalle laskeutuneen hyönteisen. Hyönteisryhmien koostumus vastasi olemassa olevaa tutkimuskirjallisuutta. Rajattujen ruutujen kasvillisuus vaihteli paljon ja saattoi vaikuttaa houkuttelevuuteen. Toisena havainnointipäivänä käsittelyruutujen kasvit olivat nahistuneet hieman, vähentäen ruutujen houkuttelevuutta. Kukkivien kasvien peittävyys korreloi vahvasti hyönteismäärän kanssa. Klopyralidikäsittelyruutujen ja kontrolliruutujen välillä ei ollut merkitsevää eroa. Pölyttäjät eivät siis vältäneet ruutuja, joille oli ruiskutettu klopyralidiseosta, joten ne voivat altistua klopyralidille vieraillessaan ruiskutetuilla kukilla. Täydentävillä jatkotutkimuksilla voisi selvittää asiaa tarkemmin.

Avainsanat: Klopyralidi, pestisidi, herbisidi, pölyttäjä, hyönteispölytys, rikkakasvihävite

Sisällysluettelo

1	Johdanto	4
2	Menetelmät	6
3	Tulokset	9
4	Pohdinta	15
4.1	Hyönteisryhmät	15
4.2	Kukkakasvien peittävyys	16
	Kiitos	17
	Lähdeluettelo	18

1 Johdanto

Hyönteiskato on käynnissä oleva ilmiö, joka uhkaa ekosysteemien toimintaa sekä ihmiskunnalle olennaisia toimintoja. Noin 70 % maailman viljelykasvilajeista ovat täysin tai osittain riippuvaisia hyönteispölytyksestä (Klein ym. 2007). Syitä hyönteiskadolle on monia, joista suurin on maatalouden tehostamisen ja kaupungistumisen aiheuttama elinympäristöjen katoaminen sekä muuttuminen (Sánchez-Bayo ja Wyckhuys 2019). Maatalouteen liittyy olennaisesti pestisidien eli torjunta-aineiden leviäminen luontoon (Sánchez-Bayo ja Wyckhuys 2019). Pestisidejä leviää pelloilta ympäristöön, maaperään ja näiden kautta pölyttäjiin. Muillakin pestisideillä kuin insektisideillä eli hyönteistentorjunta-aineilla on vaikutuksia pölyttäjäyhteisöihin ja -yksilöihin.

Glyfosaatti on maailmanlaajuisesti yleisimmin käytetty herbisidi eli rikkakasvintorjunta-aine (Benbrook 2016). Turun yliopiston kimalaislaboratorio on 2020-luvulla glyfosaattitutkimuksissaan keskittynyt glyfosaatin ei-letaaleihin vaikutuksiin. Glyfosaatin todettiin vaikuttavan negatiivisesti kimalaisten oppimiseen ja muistiin (Kaakinen ym. 2024) sekä suolistomikrobistoon (Helander ym. 2023). Koska glyfosaatilla on todettu olevan negatiivisia ei-letaaleja vaikutuksia pölyttäjiin, tulisi muitakin herbisidejä tutkia näiden varalta.

Klopyralidi on maataloudessa sekä puutarhoissa käytetty herbisidi, joka on vaikuttavana aineena muun muassa kaupallisesti satavilla olevassa Cliophar 600 SL-tuotteessa. Tuotekuvauksensa mukaan Cliophar 600 SL -tuotteen käyttötarkoitus maanviljelyssä on rikkakasvien torjunta sokeri-, rehu- ja punajuurikasvi-, rypsi-, rapsi-, maissi, pellava- ja keräkaaliviljelyksiltä (Hankkija Oy 2025). Näistä rypsi, rapsi ja pellava ovat osittain tai täysin riippuvaisia hyönteispölytyksestä (Klein ym. 2007). Klopyralidin tarkempia vaikutuksia pölyttäjiin on vasta alettu tutkimaan ja pitoisuusrajoja koitetaan säätää nykyistä alemmiksi (Fuchs ja Fomsgaard, 2025).

Tässä tutkielmassa pölyttäjällä tarkoitetaan kaikkia hyönteistä, jotka koskevat kukkaan ja levittävät siitepölyä mukanaan. Pölyttäjiä on muissakin eläinryhmissä kuin hyönteisissä, mutta tutkielmani keskittyy hyönteisiin. Pölyttäjiä on monessa hyönteisryhmässä, muun muassa perhosissa (Lepidoptera), kaksisiipisissä (Diptera), kovakuoriaisissa (Coleoptera) sekä pistiäisissä (Hymenoptera), mukaan lukien muurahaiset (Formicidae) (Rader ym. 2016).

Generalistit, kuten tarhamehiläinen (*Apis mellifera* L.), pölyttävät paljon eri kasveja, mutta monimuotoinen erikoistuneiden pölyttäjien joukko johtaa tehokkaampaan pölytykseen, joka myös varmistaa ihmisille monipuolisen ja ravitsevan ruuantuotannon (Potts ym. 2016). Tarhamehiläiset eivät myöskään kykene pölyttämään kaikkia kukkakasveja anatomiansa takia toisin kuin esimerkiksi kimalaiset (*Bombus*) ja kukkakärpäset (Syrphidae) (De Luca ja Vallejo-Marín 2013). Pistiäiset ja kaksisiipiset ovat aktiivisimmin pölyttäviä hyönteisryhmiä (Rader ym. 2016) ja valtaosa pölyttäjätutkimuksista tehdäänkin juuri pistiäisiä tarkastellen. Tässä tutkielmassa otetaan kaikki kukille laskeutuvat hyönteiset huomioon, sillä halusin tarkastella houkuttelevuutta mahdollisimman yleisellä tasolla.

Joidenkin hyönteisten on havaittu kykenevän välttämään pestisidikäsiteltyjä kasveja ja ruuanlähteitä. Monarkkiperhoset välttävät pestisidikäsiteltyjen kasvien syömistä ja niille munimista (Olaya-Arenas ym. 2020) ja kimalaiset valitsevat sokerinesteen, jossa ei ole glyfosaattia sisältävää herbisidiä (Thompson ym. 2025).

Hyönteisten nopea lisääntyminen mahdollistaa joidenkin lajien evolutiivisen sopeutumisen aistimaan ja välttämään pestisidejä sekä kasvattamaan resistenssiä pestisidejä vastaan (Hawkins ym. 2019). Osa pestisideistä sisältää luonnosta löytyviä aineita, joille hyönteisillä on jo olemassa joko resistenssiä tai välttämiskykyä (Hawkins ym. 2019). Vaikka hyönteiset pystyisivätkin aistimaan ympäristössään olevia pestisidejä ja välttelemään niitä, on huomioitava, että hyönteiset altistuvat pestisideille, jos ei muita ravintolähteitä tai pesäpaikkoja ole.

Klopyralidin vaikutuksesta pölyttäjiin on puutteellisesti tietoa ja pilottitutkimuksille on tarvetta. Tämän kandidaatintutkielman tavoitteena on selvittää välttävätkö pölyttäjät klopyralidia ja kuinka paljon pölyttäjät altistuvat klopyralidille niityllä, jota on käsitelty klopyralidilla. Odotan klopyralidiliuoksella käsiteltyjen ruutujen saavan vähemmän pölyttäjävierailijoita.

2 Menetelmät

Kokeessa käytetty klopyralidi oli kaupallisen Cliophar 600 SL -tuotteen muodossa. Aineen hankki tutkielmatyöni ohjaaja Marjo Helander, koska sen ostamiseen tarvitaan voimassa oleva todistus kasvinsuojelututkinnosta. Sekoitin klopyralidiliuoksen Cliophar 600 SL -pullon ohjeistuksen mukaan: 0,2 litraa ainetta 100–300 litraan vettä per hehtaari. Päätimme tehdä liuoksesta mahdollisimman vahvaa, eli 0,2 l ainetta 100 l vettä, jotta pienelle alueelle tulisi varmasti klopyralidia. Koeyksiköt olivat 1 m × 1 m ruutuja, joten yhdelle ruudulle oli tavoitteena saada 0,02 ml vaikuttavaa ainetta ja 10 ml vettä.

Mittasin suihkepullojen ruiskutusnopeutta sisälaboratoriossa laskemalla kuinka paljon nestettä suihkepullosta tuli yhden sekunnin aikana. Usean toiston jälkeen laskin keskiarvon olevan 4 ml/s. Yhtä ruutua pitäisi siis suihkuttaa 2,5 sekuntia, jotta siihen tulisi 10,02 ml liuosta. 1 m × 1 m ruutu on kuitenkin niin pieni ala, että aineesta osa menee ohi. Jotta pitoisuus olisi mahdollisimman hyvin oikeaan käyttöön verrattavissa eli kenttärealistinen (engl. *field realistic*), halusin vertailla mitä kasveille tapahtuu yli 2,5 sekunnin ruiskutusajoilla.

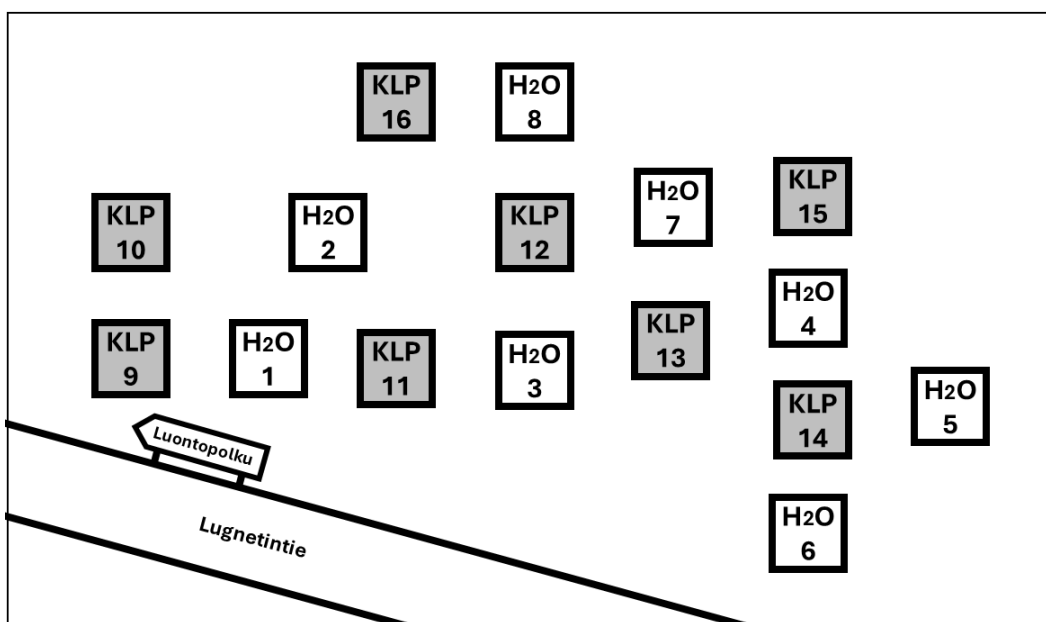
Koe suoritettiin Ruissalossa Turun yliopiston kasvitieteellisen puutarhan alueen viereisellä niityllä Lugnetintien varrella (60° 26' 11" N 22° 10' 10" E). Kokeen suoritusta edeltävällä viikolla (16.-18.7.2025) suoritin koesuihkutuksen koepaikalla arvioidakseni klopyralidin vaikutusta ja kuinka pitkän aikaa sitä tulisi ruiskuttaa joka ruudulle, jotta se vaikuttaisi ruudun kasveihin. Ruiskutusajoiksi valikoituivat aiemmin lasketusta 2,5 sekunnista kaksinkertainen 5 sekunnin ruiskutus sekä nelinkertainen 10 sekunnin ruiskutus. Seurasin kasveja kaksi päivää ruiskutuksen jälkeen. Toisena päivänä 5 sekunnin koeruiskutus aiheutti hyvin pieniä muutoksia vain parissa kukkivassa kasvissa, mutta 10 sekunnin ruiskutus oli saanut suuremman osan osittain kuihtumaan. Suurin osa kukista kuitenkin selvisi, joten 10 sekunnin ruiskutus ei tuntunut liialta. Toisen ja kolmannen päivän välillä ei ollut silmämääräistä eroa kukkivien kasvien voinnissa.

Päätin käyttää 10 sekunnin ruiskutusta, jotta klopyralidin vaikutusta saisi paremmin tutkittua näin lyhyessä kokeessa. Ruiskutuksen aikana oli käytettävä kumisaappaita, kasvovisiiriä, kumihanskoja ja suojapukua, sillä klopyralidi on ärsyttävää ihmisen silmille, iholle ja hengityselimille (“International chemical safety card (ICSC): 0443 klopyralidi” 2018).

Merkitsin niitylle 16 kappaletta 1 m × 1 m ruutua muovivaarnoilla ja narulla (Kuva 1). Valitsin ruutujen paikat niin, että jokaisessa oli silmämääräisesti mahdollisimman suuri

kukkivien kasvien peittävyys. Varmistin ruutujen olevan noin 2 m etäisyydellä toisistaan, jotta ne olisivat tarpeeksi lähekkäin ollakseen vertailtavissa, mutta tarpeeksi kaukana, jotta käsittely ei vaikuttaisi naapuriruutuihin.

Valitsin mitkä ruudut olivat kontrolli- ja käsittelyruutuja ”shakkikuviossa” (Kuva 1), jotta kaksi ryhmää olisivat keskimäärin mahdollisimman samanlaisia mikrohabitaatiltaan. Merkitsin jokaisen ruudun nurkkaan ruudun numeron ja oliko se kontrolli- vai käsittelyruutu. Piirsin alueen ruuduista kartan siltä varalta, että merkinnät kuluisivat pois.



Kuva 1. Kontrolli- ja käsittelyruutujen sijoittelu suhteessa niityn viereiseen Lugnetintiehen ja luontopolkukylttiin. KLP = klopyralidikäsittely, H₂O = vesikäsittely (kontrolli). Kuva on suuntaa antava. Kuvassa olevat asiat eivät ole mittakaavassa.

Tein kasvillisuusanalyysin jokaisesta ruudusta. Katsoin havainnointihetkellä kukkivien kasvien peittävyden silmämääräisesti. Tunnistin ja kirjasin ylös lajit ja niiden peittävydet.

Ensimmäisen havaintopäivän aamuna ennen havainnointia ruiskutin klopyralidikäsittely- ja kontrolliruudut. Ennen jokaista neljää havaintoistuntoa arvioin pilvisyyspeittävyden. Katsoin lämpötilan ja tuulisuuden Ilmatieteen laitoksen avoimesta datasta myöhemmin (Ilmatieteen laitos 2025).

Havainnointi suoritettiin neljässä havainnointijaksossa: aamupäivällä 21.7.2025 klo 10:45-11:49, iltapäivällä 21.7.2025 klo 13:33-14:50, aamupäivällä 22.7.2025 klo 10:38-11:42 sekä iltapäivällä 22.7.2025 klo 13:09-14:11. Jokaisella havainnointijaksolla havainnoimme jokaisen kukalle laskeutuneen hyönteisen kaikilta 16 ruudulta kerran. Ruutujen havainnoiteja kertyi siis yhteensä 64. Havainnoitsijoita oli yhteensä neljä. Havainnoinnin teimme istuutamalla ensin viideksi minuutiksi havainnoitavan ruudun ääreen, jotta pölyttäjiä ei säilyteltäisi itse havainnointiaikana. Viiden minuutin jälkeen ruutua havainnointiin 10 minuutin ajan. Jokainen selvä laskeutuminen kukalle oli yksi havainto. Havainnoitavat ryhmät olivat seuraavat: kimalainen (*Bombus*), tarhamehiläinen (*Apis mellifera*), muu mehiläinen (Anthophila, poissulkien *Bombus* ja *Apis mellifera*), muu pistiäinen (Hymenoptera, poissulkien Anthophila ja Formicidae), kukkakärpänen (Syrphidae), muu kaksisiipinen (Diptera, poissulkien Syrphidae), perhonen (Lepidoptera), kovakuoriainen (Coleoptera) ja muu hyönteinen.

Suoritin datan analyysin SAS-koodikielellä SAS Enterprise Guide -ohjelmassa (SAS Enterprise Guide, versio 8.3, julkaistu 2020). Käytin yleistettyä lineaarista mallia (GLIMMIX), sillä se soveltuu hyvin toistomitattuun dataan. Least square means- analyysillä selitin pölytyskertojen kokonaismäärää käsittelyllä (vesikontrolli vai klopyralidikäsittely) sekä käsittelyn ja havainnointipäivän yhdysvaikutuksella. Kukkivien kasvien peittävyys korreloi hyönteismäärän kanssa ja vaihteli ruudusta ruutuun, joten otin sen näihin kahteen analyysiin mukaan kovariaattina. Otin havainnointipäivän mukaan analyysiin tarkastellakseni miten eri olot eri päivinä vaikuttivat hyönteismäärään ja miten klopyralidi vaikutti käsittelyruutujen kasvien nahistumiseen ja täten houkuttelevuuteen. Tarkastelin kukkivien kasvien peittävyyden yhteyttä pölytyksen määrään regressioanalyysillä.

3 Tulokset

Havainnointikertojen väliset erot sääolosuhteissa olivat pienet (Taulukko 1). Ensimmäisenä havainnointipäivänä oli vähemmän pilvistä kuin toisena päivänä. Lämpötila oli hieman korkeampi ensimmäisenä havainnointipäivänä kuin toisena. Tuulisuus oli lähes vakio havaintokertojen välillä.

Taulukko 1. Havainnointikertojen ajankohdat sekä sääolosuhteet. Pilvisyyden arvioin itse paikan päällä ennen havainnointia. Lämpötilan ja tuulisuuden keskiarvot eri mittauskertojen ajankohdille katsoin Ilmatieteen laitoksen avoimesta datasta Artukaisten sääaseman 10 minuutin intervallin mittauksista.

	21.7.25 aamupäivä (1. havainnointikerta)	21.7.25 iltapäivä (2. havainnointikerta)	22.7.25 aamupäivä (3. havainnointikerta)	22.7.25 iltapäivä (4. havainnointikerta)
Aika	10:45-11:49	13:33-14:50	10:38-11:42	13:09-14:11
Pilvisyys (oma arvio) (%)	0	10	40	75
Lämpötila (ilmätieteen laitos) (°C)	26,6	28,0	24,9	25,7
Tuulisuus (ilmätieteen laitos) (m/s)	4,1	2,9	3,2	4,2

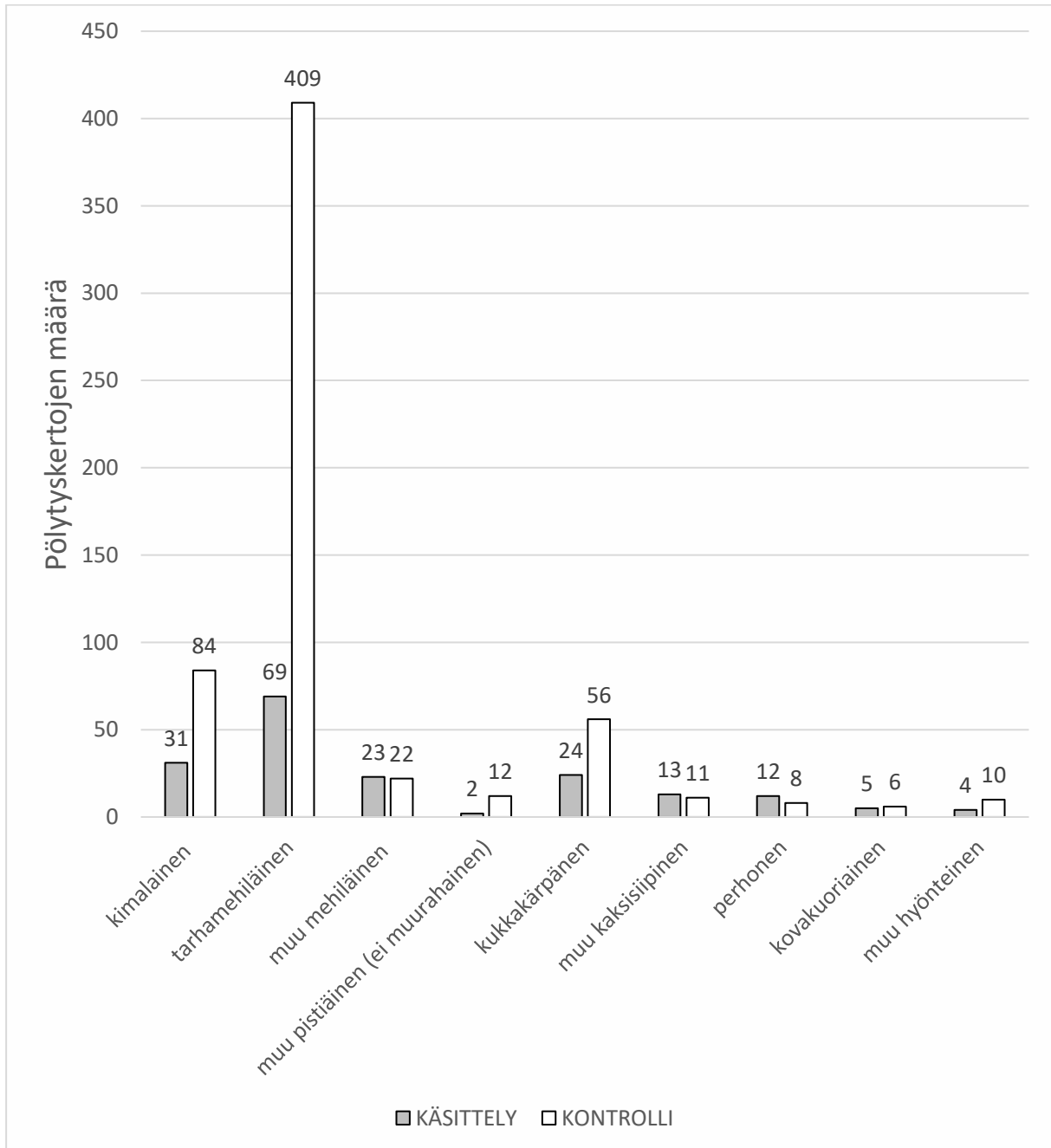
Kasvillisuusanalyysissä tunnistin kaikki ruudulta löytyvät kukkivat kasvit lajitasolle, paitsi horsmien suvun (*Epilobium*) lajit, joita en saanut sukutasoa tarkemmin tunnistettua. Ruudun kasvit, jotka eivät kukkineet havainnointihetkellä, jäivät pois analyysistä. Tunnistamisen jälkeen tein arvion kukkivien kasvien peittävydestä prosentteina (Taulukko 2).

Kontrolliruutujen kukkivien kasvien peittävyksien keskiarvo oli 58 % ja käsittelyruutujen peittävyksien keskiarvo oli 42 %. Ruutujen pinta-ala oli yleensä selvästi yhden lajin dominoima.

Taulukko 2. Kaikkien koeruutujen kasvillisuusalyysit kukkivista kasveista. KLP = klopuralidikäsittely, H2O = vesikäsittely (kontrolli). Numeroarvot ovat prosentteja. Peittävydet lueteltu lajikohtaisesti pois lukien horsmien suku (*Epilobium*), joiden tarkempi määrittäminen ei onnistunut.

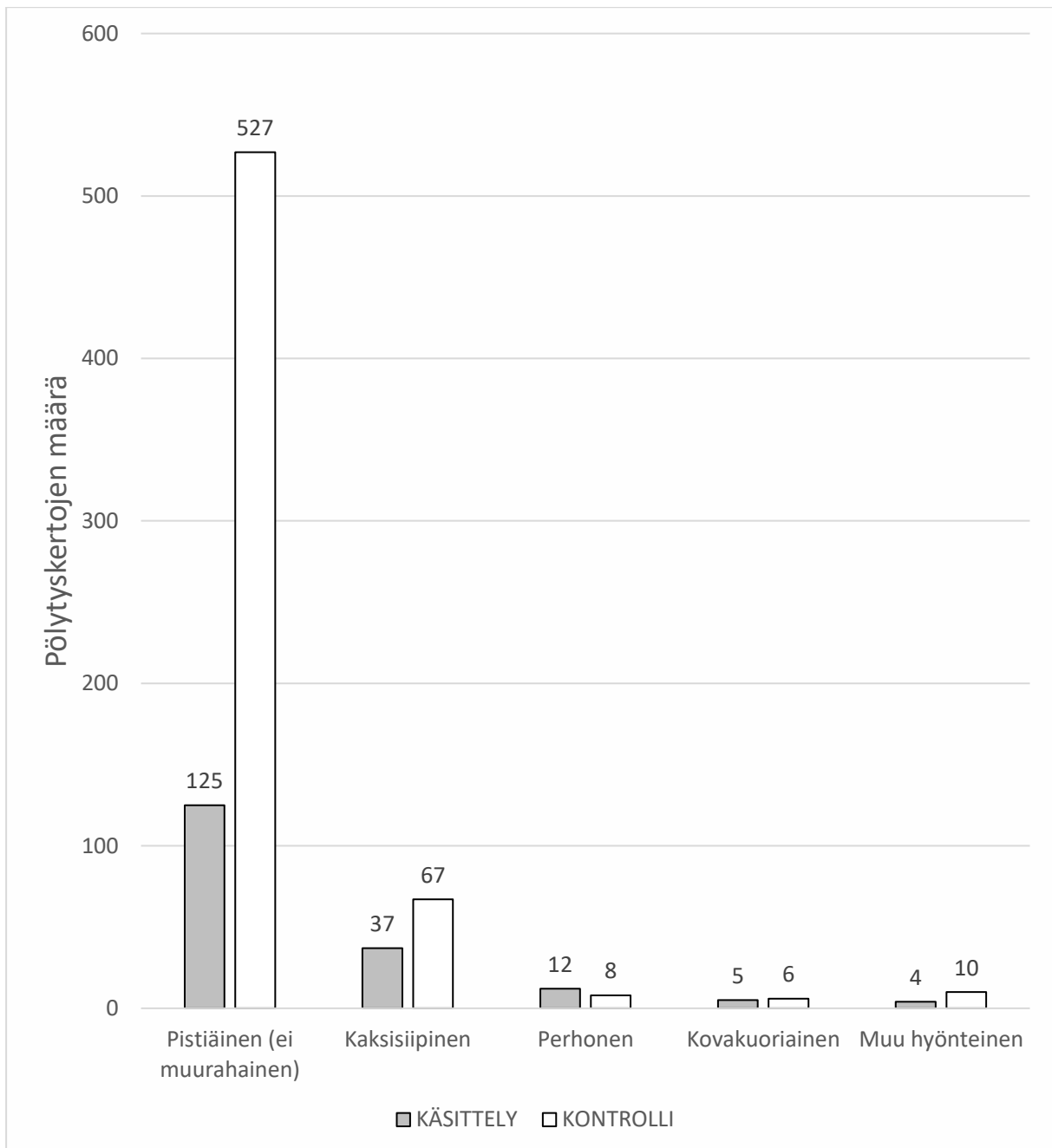
%	H2O_1	H2O_2	H2O_3	H2O_4	H2O_5	H2O_6	H2O_7	H2O_8	KLP_9	KLP_10	KLP_11	KLP_12	KLP_13	KLP_14	KLP_15	KLP_16
Alsikeapila	80		55	10	30	10		75	50	30	55		25	50		25
Niittynätkelmä	2	30	1	40	30	40	25	4			2	30	10	10	10	
Peltosaunio	5				10		2		2						2	
Horsmat	1				1			2							3	
Karhunputki		2														
Puna-apila					2											
Pelto-ohdake						5			25							
Aitovirna						2										
Siankärsämö									2							
Mesiangervo										2						
Heinätahtimö										1						
Hiirenvirna															2	
Luhtamatara																2
SUMMA	88	32	56	50	73	57	27	81	79	33	57	30	35	60	17	27

Runsain havaittu hyönteisryhmä oli tarhamehiläiset, toisena kimalaiset ja kolmantena kukkakärpäset (Kuva 2). Muu hyönteinen -ryhmään kuuluneisiin havaintoihin sisältyi muurahaisia (Formicidae), heinäsiirkka (Acrididae), aitosudenkorento (Anisoptera) ja naskaliluteita (Nabidae).



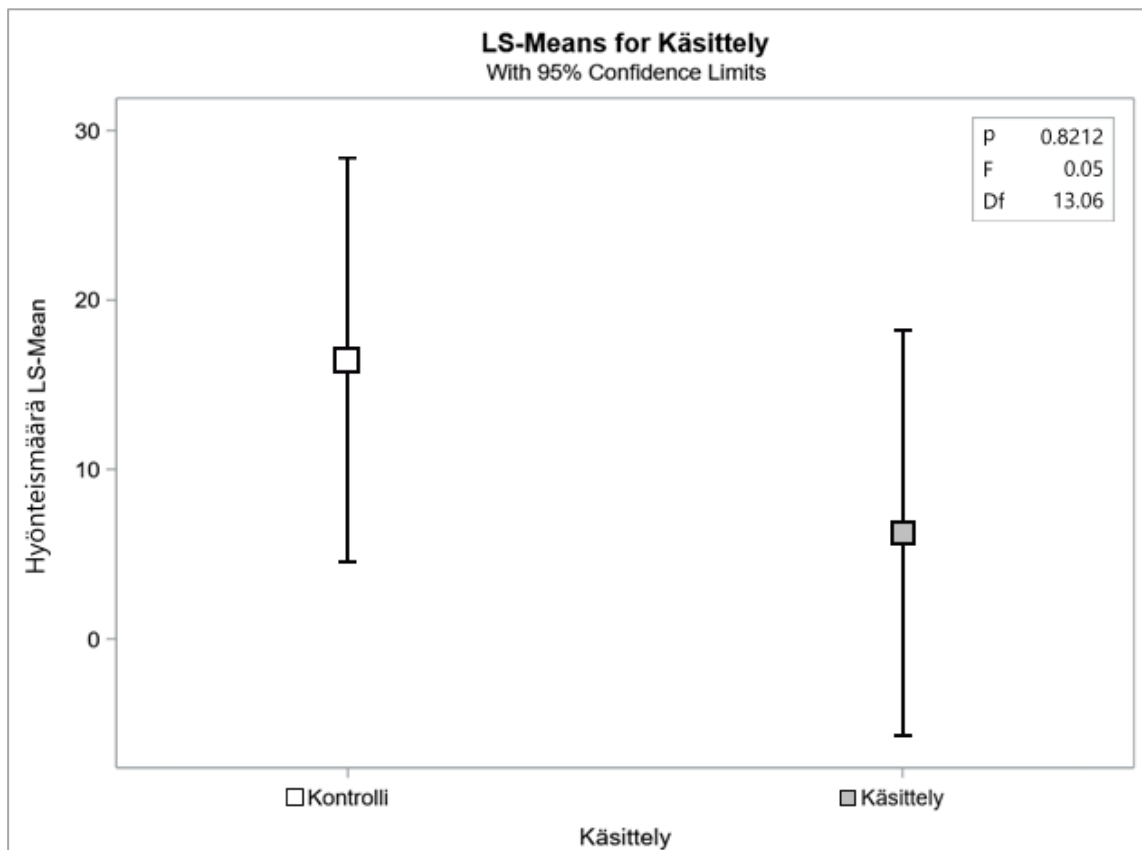
Kuva 2. Eri hyönteisryhmien esiintyminen klopyralidikäsittelyruuduissa ja kontrolliruuduissa. Kappalemäärät ovat kaikkien kontrolli- ja käsittelyruutujen havaintojen summia. Taksonit: kimalainen (*Bombus*), tarhamehiläinen (*Apis mellifera*), muu mehiläinen (Anthophila, poissulkien *Bombus* ja *Apis mellifera*), muu pistiäinen (Hymenoptera, poissulkien Anthophila ja Formicidae), kukkakärpänen (Syrphidae), muu kaksisiipinen (Diptera, poissulkien Syrphidae), perhonen (Lepidoptera), kovakuoriainen (Coleoptera) ja muu hyönteinen.

Lahkotasolle jaettaessa pistiäiset (Hymenoptera) ja kaksisiipiset (Diptera) olivat suurilukuisimpia lahkoja (Kuva 3).

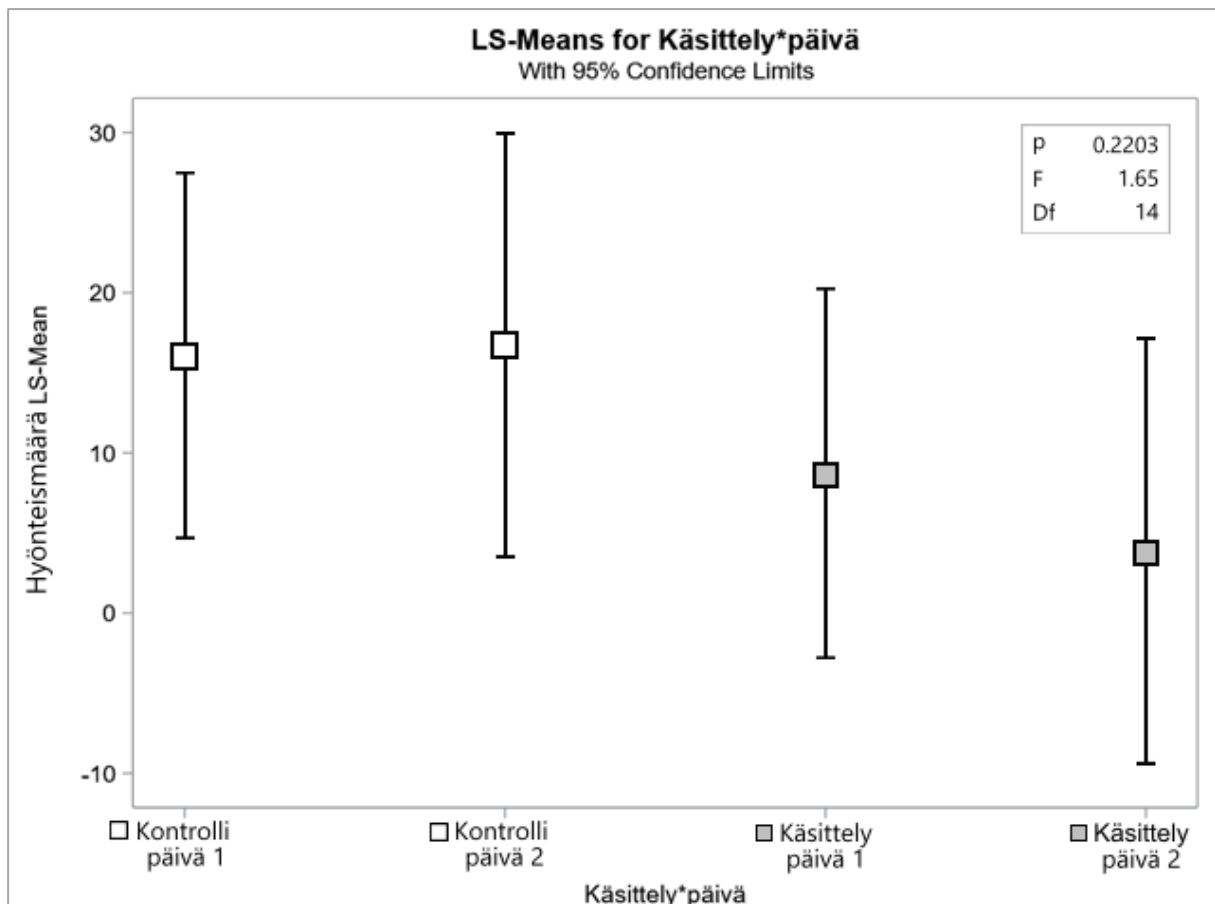


Kuva 3. Eri hyönteislahkojen esiintyminen käsittelyruuduissa ja kontrolliruuduissa. Lukumäärät ovat kaikkien kontrolli- ja käsittelyruutujen havaintojen summia. Taksonit: Pistiäinen (ei muurahainen) (Hymenoptera ilman Formicidae), Kaksisiipinen (Diptera), Perhonen (Lepidoptera), Kovakuoriainen (Coleoptera) ja muu hyönteinen.

Klopyralidiäsittelyllä ei ollut merkitsevää vaikutusta pölyttäjien määrään käsittelyruuduilla ($F = 0,05$; Num DF = 1; Den DF = 13,06; $p = 0,821$) (Kuva 4). Myöskään käsittelyn ja päivän yhdysvaikutus ei ollut merkitsevä ($F = 1,65$; Num DF = 1; Den DF = 14; $p = 0,220$) (Kuva 5).

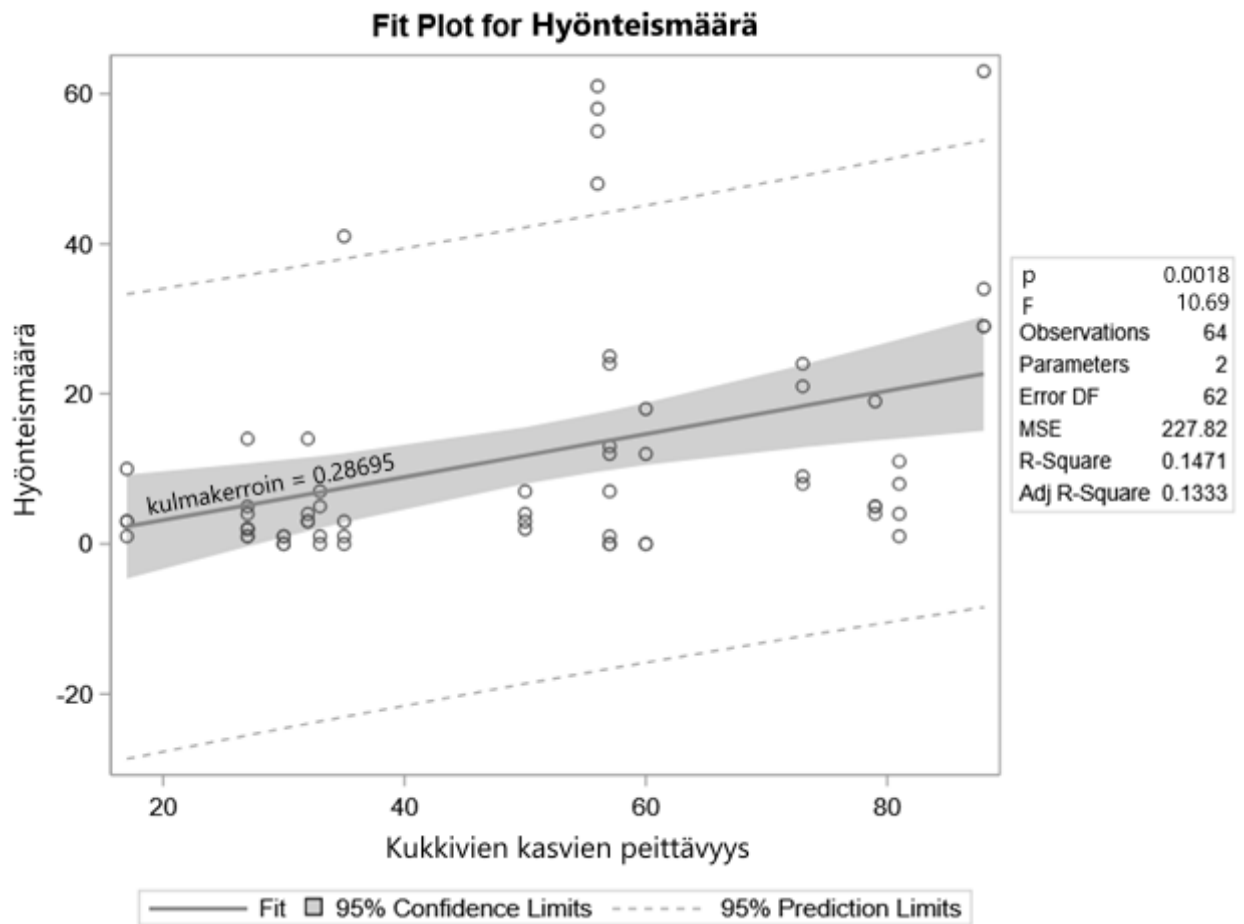


Kuva 4. Hyönteispölyttäjien kokonaismäärä kontrolliruuduilla ja klopyralidikäsitellyillä ruuduilla (LS-means). Hajonnat ovat 95 % luottamusvälejä. Hyönteismäärää selitetty käsittelyllä ja kukkivien kasvien peittävyys on otettu kovariaatiksi.



Kuva 5. Pölyttäjähönteisten kokonaismäärä kontrolliruuduilla ja klopyralidikäsittelyillä ruuduilla ensimmäisenä ja toisena tutkimuspäivänä (LS-means). Hajonnat ovat 95 % luottamusvälejä. Hönteisten määrää on selitetty käsittelyn ja päivän yhdysvaikutuksella. Kukkivien kasvien peittävyys on otettu kovariaatiksi.

Tarkastelin kukkivien kasvien peittävyden vaikutusta hönteismäärään regressioanalyysillä. Hönteismäärä riippui positiivisesti kukkivien kasvien peittävydestä ($F = 10,69$; $n = 64$; $p = 0,0018$) (Kuva 6). Regressiomallin selitysaste (r^2) oli 0,147, eli 14,7 % hönteismäärän vaihtelusta oli kukkivien kasvien peittävyden selittämää.



Kuva 6. Lineaarinen regressio, jossa hyönteisten määrää selitetään kukkivien kasvien peittävyydellä.

4 Pohdinta

Rikkakasvintorjunta-aine, jossa vaikuttavana aineena oli klopyralidi, ei vaikuttanut merkittävästi kukkivien kasvien houkuttelevuuteen hyönteispölyttäjille. Tulos voisi liittyä pölyttäjien kykyyn aistia ja vältellä klopyralidia. Aikaisempien tutkimusten tulokset pölyttäjien kyvystä havaita tai vältellä pestisidejä ovat ristiriitaisia. Joissakin tutkimuksissa pölyttäjien on huomattu kykenevän välttämään pestisidiä sisältävää ruokaa (Thompson ym. 2025) sekä lisääntymispaikkoja (Olaya-Arenas ym. 2020). Toisissa tutkimuksissa on kuitenkin havaittu pölyttäjien menevän yhtäläillä herbisidikäsitellyille kasveille kuin kontrollikasveille (Kaakinen ym. 2025). Omat tulokseni näyttävät samaa.

Vaikka tutkielman otsikko puhuu klopyralidista, tutkielmassa käytetään Cliophar 600 SL -tuotetta, joka sisältää muitakin aineita vaikuttavan klopyralidin lisäksi. Tutkielma on siis yleistettävissä vain tähän tuotteeseen, ja vertailu muihin tuotteisiin, joissa klopyralidi on vaikuttavana aineena, on tehtävä harkiten.

Käsittelyn ja päivän yhteisvaikutus ei ollut merkittävä, mutta se oli vahvempi kuin hyönteismäärän selittäminen pelkällä käsittelyllä. Kukat olivat klopyralidista hieman nahistuneet yön aikana, joten on oletettavaa, että kukat olivat toisena päivänä vähemmän houkuttelevia. Kontrolliruutujen hyönteismäärä oli taas vähäisempi ensimmäisenä päivänä. Syy tähän saattaa olla ensimmäisen päivän hellelämpötila, jolloin vähemmän pölyttäjiä vierailee kukilla (Descamps ym. 2018).

4.1 Hyönteisryhmät

Pistiäiset ja kaksisiipiset olivat suurilukuisimmat hyönteisryhmät. Tämä täsmää olemassa olevan kirjallisuuden kanssa, jonka mukaan pistiäiset ja kaksisiipiset ovat aktiivisimmin pölyttäviä hyönteisryhmiä (Rader ym. 2016). Tarhamehiläisten suurta määrää selittää Ruissalon kasvitieteellisen puutarhan alueella olevat hoidetut tarhamehiläispesät.

Aitososiaaliset pistiäiset kommunikoivat toisille saman pesän yksilöille ruuankeräilypaikoista, jolloin niitä tulee isommissa ryhmissä kerralla (Schneider ja Lewis 2004). Pistiäisryhmien ja kukkakärpästen yksilöiden määrää selittää myös pölytystapa. Pistiäiset ja kukkakärpäset kävivät ruudulle tullessaan joka ikisen kukan läpi, kun taas perhoset kävivät vain yhdellä kukalla ja lensivät sitten pois. Perhosia näkyi runsaasti, mutta ne eivät aina vierailleet kukilla.

Kukilla vieraili myös hyönteisiä, joita ei välttämättä perinteisesti mielletä pölyttäjiksi. Pölyttäjä on kuitenkin mikä vain eläin, joka vie siitepölyä heteestä emiin kahden keskenään lisääntymiskykyisen kasviyksilön välillä. Muu hyönteinen -ryhmään sisältyi muurahaisia, heinäsiirkka, sudenkorento ja naskaliluteita. Sudenkorento ja heinäsiirkka olivat todennäköisesti satunnaisia laskeutumisia ruutujen kukille. Muurahaisia ja naskaliluteita saattoi houkutellessa kasveilla esiintyvät kasvinsyöjät, joita ne voivat käyttää saaliseläiminä (Lattin 1989, Straw ja Stanley 2025). Muurahaisia saattoi myös houkutellessa kirvojen ”laiduntaminen” (Straw ja Stanley 2025), pesämateriaalin kerääminen ja mesi (Straw ja Stanley 2025).

4.2 Kukkakasvien peittävyys

Kontrolliruutujen ja käsittelyruutujen kukkivien kasvien peittävyydet erosivat huomattavasti. Kontrolliruutujen keskimääräinen peittävyys oli 58 % ja käsittelyruutujen keskimääräinen peittävyys oli 42 %. Mitä enemmän kukkia ruudusta löytyy, sitä enemmän pölyttäjiä tulee houkutellessa paikalle ja sitä enemmän havaintoja. Hyönteismäärä riippui kukkivien kasvien peittävyydestä. Pyrin kuitenkin huomioimaan tämän suhteuttamalla hyönteismääriä kukkivien kasvien peittävyyksiin ja ottamalla peittävyyden analyysissä kovariaatiksi.

Kontrolliruutujen ja käsittelyruutujen kukkivien kasvien peittävyydet olisi saanut tasaisemmaksi erilaisella koejärjestelyllä. Kirjoitin kasvillisuusanalyysit muistiin ennen havainnointia ja ruiskutusta, mutta analysoin niitä vasta jälkeenpäin.

Analysoin kukkivien kasvien lajikoostumuksia koeruuduissa, mutta niiden lisääminen analyysiin olisi monimutkaistanut dataa ja tehnyt analyysistä LuK-tutkielmalle liian laajan. On kuitenkin mielenkiintoista huomata kasvien lajikoostumuksen vaihtelevan yksittäisten ruutujen välillä. Eri kasvit houkuttelevat pölyttäjiä eri tavoin. Sveitsiläisessä tutkimuksessa havaittiin mesipistiäisten käyvän kaikilla tutkimukseen valituilla kasveilla, mutta kovakuoriaisia, ampiaisia ja kukkakärpäsiä houkutteli vain osa tutkimukseen valituista kasveista (Reji Chacko ym. 2025).

Suurimmassa osassa ruuduista yksi kukkiva kasvi dominoi pinta-alaa. Ruutujen välisten kasvilajikoostumusten erot voisi tasata istuttamalla niittykukkasiemenseosta koealalle kasvukauden alussa. Kotimaista niittykukkasiemenseosta käyttämällä keskimääräinen lajikoostumus pysyisi samana, eikä yksi laji dominoisi ruutua.

Kiitos

Kiitos kandiohjaajalle: Marjo Helander

Kiitos havainnoitsijoille: Kimmo Kaakinen, Emilia Mäkinen, Eva-Maria Vaajamo

Kiitos tilasto- ja koodausavusta: Tero Klemola

Lähdeluettelo

- Benbrook, C. M. 2016. Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. - *Environ. Sci. Eur.* 2016;28(1):3. doi: 10.1186/s12302-016-0070-0.
- De Luca, P. A. ja Vallejo-Marín, M. 2013. What's the 'buzz' about? The ecology and evolutionary significance of buzz-pollination. - *Curr. Opin. Plant Biol.* 16: 429–435. doi: 10.1016/j.pbi.2013.05.002.
- Descamps, C.; Quinet, M.; Baijot, A. ja Jacquemart, A.-L. 2018. Temperature and water stress affect plant–pollinator interactions in *Borago officinalis* (Boraginaceae). - *Ecol. Evol.* 8: 3443–3456. doi: 10.1002/ece3.3914.
- Fuchs, B. ja Fomsgaard, I. S. 2025. Assessment of relevant limit value and measurement method for the occurrence of clopyralid and aminopyralid in solid organic fertilizer products and growing media. - No. 2024-0741829 , 12 p., Feb 07, 2025. Rådgivningsrapport fra DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.
- Hankkija Oy (2025). Cliophar 600 SL. https://www.hankkija.fi/tuotantopanokset/kasvinsuojeluaineet-ja-biosidit/rikkakasvien-torjunta/ia-cliophar-600-sl_-1-1-2025774/ [Luettu 10.07.2025].
- Hawkins, N. J.; Bass, C.; Dixon, A. ja Neve, P. 2019. The evolutionary origins of pesticide resistance. - *Biol. Rev.* 94: 135–155. doi: 10.1111/brv.12440.
- Helander, M.; Jeevanavar, A.; Kaakinen, K.; Mathew, S. A.; Saikkonen, K.; Fuchs, B.; Puigbò, P.; Loukola, O. J. ja Tamminen, M. 2023. Glyphosate and a glyphosate-based herbicide affect bumblebee gut microbiota. - *FEMS Microbiol. Ecol.* Volume 99, Issue 7, July 2023, fiad065. doi: 10.1093/femsec/fiad065.
- Ilmatieteen laitos (2025). Avoin data, Artukaisten sääasema, lämpötila ja tuulisuus 10 minuutin tarkkuudella päiviltä 21.-22.7.2025. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi> [Luettu 20.11.2025].
- International chemical safety card (ICSC) (1997). 0443 klopyralidi. https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=fi&p_card_id=0443&p_version=2 [Luettu 22.03.2025].
- Kaakinen, K.; Ramula, S.; Loukola, O. J. ja Helander, M. 2024. Effects of glyphosate and glyphosate-based herbicide on learning and memory of the buff-tailed bumblebee (*Bombus terrestris*). - *Entomol. Exp. Appl.* 172: 324–333. doi: 10.1111/eea.13418.
- Kaakinen, K.; Ramula, S.; Fuchs, B.; Blande, J. D.; Vaajamo, E.-M. ja Helander, M. 2025. Bumblebees (*Bombus terrestris*) forage on plants treated with glyphosate-based herbicides despite potential behavioral consequences. - *Environ. Res.* 2025 Dec 1;286(Pt 3):123017. doi: 10.1016/j.envres.2025.123017.
- Klein, A.-M.; Vaissière, B. E.; Cane, J. H.; Steffan-Dewenter, I.; Cunningham, S. A.; Kremen, C. ja Tscharntke, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. - *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 274: 303–313. doi: 10.1098/rspb.2006.3721.

- Lattin, J. D. 1989. Bionomics of the Nabidae. - *Annu. Rev. Entomol.* 34: 383–400.
- Olaya-Arenas, P.; Scharf, M. E. ja Kaplan, I. 2020. Do pollinators prefer pesticide-free plants? An experimental test with monarchs and milkweeds. - *J. Appl. Ecol.* 57: 2019–2030. doi: 10.1111/1365-2664.13711.
- Potts, S. G.; Imperatriz-Fonseca, V.; Ngo, H. T.; Aizen, M. A.; Biesmeijer, J. C.; Breeze, T. D.; Dicks, L. V.; Garibaldi, L. A.; Hill, R.; Settele, J. ja Vanbergen, A. J. 2016. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. - *Nature* 540: 220–229. doi: 10.1038/nature20588.
- Rader, R.; Bartomeus, I.; Garibaldi, L.A.; Garratt, M.P.; Howlett, B.G.; Winfree, R.; Cunningham, S.A.; Mayfield, M.M.; Arthur, A.D.; Andersson, G.K.; Bommarco, R.; Brittain, C.; Carvalheiro, L.G.; Chacoff, N.P.; Entling, M.H.; Foully, B.; Freitas, B.M.; Gemmill-Herren, B.; Ghazoul, J.; Griffin, S.R.; Gross, C.L.; Herbertsson, L.; Herzog, F.; Hipólito, J.; Jaggar, S.; Jauker, F.; Klein, A.M.; Kleijn, D.; Krishnan, S.; Lemos, C.Q.; Lindström, S.A.; Mandelik, Y.; Monteiro, V.M.; Nelson, W.; Nilsson, L.; Pattemore, D.E.; Pereira Nde, O.; Pisanty, G.; Potts, S.G.; Reemer, M.; Rundlöf, M.; Sheffield, C.S.; Scheper, J.; Schüepp, C.; Smith, H.G.; Stanley, D.A.; Stout, J.C.; Szentgyörgyi, H.; Taki, H.; Vergara, C.H.; Viana, B.F. ja Woyciechowski, M. 2016. Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. - *Proc. Natl. Acad. Sci.* 113: 146–151. doi: 10.1073/pnas.1517092112.
- Reji Chacko, M.; Moretti, M. ja Frey, D. J. 2025. A comprehensive dataset on pollinator diversity, visitation rates, individual-based traits, and pollination success across four plant species in an urban garden experiment in Zurich, Switzerland. - *Data Brief* 62: 112013. doi: 10.1016/j.dib.2025.112013.
- Sánchez-Bayo, F. ja Wyckhuys, K. A. G. 2019. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. - *Biol. Conserv.* 232: 8–27. doi: 10.1016/j.biocon.2019.01.020.
- Schneider, S. S. ja Lewis, L. A. 2004. The vibration signal, modulatory communication and the organization of labor in honey bees, *Apis mellifera*. - *Apidologie* 35: 117–131. doi: 10.1051/apido:2004006.
- Straw, E. A. ja Stanley, D. A. 2025. An introduction to bee and pesticide research. - *J. Appl. Ecol.* 62: 19–27. doi: 10.1111/1365-2664.14834.
- Thompson, L. J.; Stanley, D. A.; Dacke, M. ja Herbertsson, L. 2025. Bumblebees avoid sucrose solution containing high concentrations of Roundup. - *Ecotoxicology* 34: 845–852. doi: 10.1007/s10646-025-02878-9.