

Utjecaj intezivne poljoprivrede na bioraznolikost entomofaune

Rajković, Petra Marija

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:098735>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-20**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Utjecaj intenzivne poljoprivrede na bioraznolikost entomofaune
DIPLOMSKI RAD

Petra Marija Rajković

Zagreb, rujan, 2024.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**Utjecaj intenzivne poljoprivrede na bioraznolikost entomofaune
DIPLOMSKI RAD**

Petra Marija Rajković

Zagreb, rujan, 2024.

IZJAVA STUDENTA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Petra Marija Rajković**, JMBAG 0178117756, rođen/a 27.01.2000. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

Utjecaj intenzivne poljoprivrede na bioraznolikost entomofaune

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studentice

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZVJEŠĆE
O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA**

Diplomski rad studentice **Petre Marije Rajković**, JMBAG 0178117756, naslova

Utjecaj intenzivne poljoprivrede na bioraznolikost entomofaune

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. prof. dr. sc. Renata Bažok mentor

2. izv. prof. dr. sc. Darija Lemić član

3. prof. dr. sc. Milan Mesić član

Sadržaj

| | | |
|--------|---|----|
| 1. | Uvod..... | 1 |
| 1.1. | Cilj istraživanja | 2 |
| 2. | Pregled literature | 3 |
| 2.1. | Bioraznolikost | 3 |
| 2.2. | Agroekosustav | 4 |
| 2.2.1. | Karakteristike tla i biljnog pokrova agroekosustava | 4 |
| 2.2.2. | Fauna agroekosustava | 6 |
| 2.3. | Sredstva za zaštitu bilja | 10 |
| 2.3.1. | Definicija i zakonska regulativa | 10 |
| 2.3.2. | Podjela sredstava za zaštitu bilja prema ciljnim organizmima..... | 10 |
| 3. | Materijali i metode | 13 |
| 3.1. | Lokacija istraživanja | 13 |
| 3.2. | Opis polja | 14 |
| 3.2.1. | Polje tritikalea | 14 |
| 3.2.2. | Livada..... | 15 |
| 3.3. | Metode prikupljanja faune | 16 |
| 3.4. | Analiza podataka | 18 |
| 3.4.1. | Cenološke analize..... | 18 |
| 3.4.2. | Statistička obrada podataka..... | 21 |
| 4. | Rezultati..... | 22 |
| 5. | Rasprava | 32 |
| 6. | Zaključci..... | 34 |
| 7. | Literatura | 35 |
| | Životopis..... | 41 |

Sažetak

Diplomskog rada studenta/ice **Petre Marije Rajković**, naslova

Utjecaj intenzivne poljoprivrede na bioraznolikost entomofaune

Intenzivna poljoprivreda jedan je od glavnih uzroka gubitka bioraznolikosti. Da bi se istražio utjecaj intenzivne poljoprivrede na entomofaunu, provedeno je istraživanje populacije kukaca (Insecta) i paučnjaka (Arachnida) na površini pod strnom žitaricom tritikale i na livadi na području sela Lužan. Fauna je prikupljena kečiranjem u razdoblju od travnja do lipnja 2023. godine. Rezultati su pokazali razlike u brojnosti i dominantnosti pojedinih redova na ova dva staništa; red Hemiptera i Coleoptera bili su brojniji na površini pod tritikaleom, dok su na livadi bili brojniji Hymenoptera, Diptera, Lepidoptera i Orthoptera. Shannon-Wiener indeks bio je viši za livadu što pokazuje veću bioraznolikost i stabilnost ovog staništa. Zbog sve većeg širenja poljoprivrednih površina, potrebno je provoditi više istraživanja o utjecaju poljoprivrede na bioraznolikost.

Ključne riječi: bioraznolikost, člankonošci, entomofauna, livada, tritikale

Summary

Of the master's thesis - student Petra Marija Rajković, entitled

Impact of intensive agriculture on the biodiversity of entomofauna

Intensive agriculture is one of the main causes of biodiversity loss. In order to investigate the impact of intensive agriculture on entomofauna, a survey of the population of insects (Insecta) and spiders (Aranea) was conducted on the triticale field and grassland in the area of the village of Lužan. The fauna was collected by sweep netting in the period from April to June 2023. The results showed differences in the abundance and dominance of certain orders in these two habitats; the order Hemiptera and Coleoptera were more numerous on the triticale field, while Hymenoptera, Diptera, Lepidoptera and Orthoptera were more numerous in the meadow. The Shannon-Wiener index was higher for the grassland, which is a indicator of greater biodiversity and stability of this habitat. Due to the increasing expansion of agricultural areas, it is necessary to conduct more research on the impact of agriculture on biodiversity.

Keywords: biodiversity, arthropods, entomofauna, triticale, grassland

1. Uvod

Kukci su najbrojnija skupina životinja te čine više od polovice svih opisanih vrsta (Tihelka i sur. 2021), a podijeljeni su u skoro 30 redova od kojih su vrstama najbrojniji kornjaši (Coleoptera), leptiri (Lepidoptera), dvokrilci (Diptera) i opnokrilci (Hymenoptera). Do danas je opisano više od milijun vrsta kukaca, a pretpostavlja se da je njihov stvaran broj znatno veći i iznosi više od 5 milijuna vrsta što znači da 80 % vrsta još nije otkriveno (Stork 2018).

U kopnenim ekosustavima kukci imaju ulogu biljoždera, predatora i parazitoida. Kukci su također važni oprašivači, a brojne vrste sudjeluju i u rasprostranjivanju sjemena (Weisser i Siemann 2004). Detritivorni kukci imaju ulogu u oslobađanju hranjiva iz organske tvari koja na taj način postaje dostupna biljkama, a herbivorni kukci pozitivno utječu na bioraznolikost biljaka i stimuliraju kruženje hranjivih tvari smanjenjem gustoće biljnog pokrova (Alfaro i Shepherd 1991; Belovsky i Slade 2000; Coleman i sur. 2008; Wood i sur. 2009; Schowalter 2016; cit. Schowalter i sur. 2018). Brojne predatorske i parazitoidne vrste kukaca imaju ulogu biološke regulacije štetnika u agroekosustavima (Maceljski 1999).

Brojni dokazi ukazuju na smanjenje populacija kukaca (Sluijs 2020). Prema nekim autorima više od 40 % vrsta kukaca u opasnosti je od izumiranja, a najugroženije skupine su leptiri (Lepidoptera), opnokrilci (Hymenoptera) i balegari (Coleoptera, Scarabaeidae) (Sánchez-Bayo i Wyckhuys 2019). Kao glavni uzrok smanjenja bioraznolikosti kukaca i bioraznolikosti općenito, brojni autori navode posljedice intenzivne poljoprivrede, poput fragmentacije staništa i korištenja agrokemikalija (Sánchez-Bayo i Wyckhuys 2019). Uporaba sintetičkih gnojiva i sredstava za zaštitu bilja omogućila je veće prinose, ali i dovela do gubitka bioraznolikosti u agroekosustavima. Tome su pridonijele i promjene u okolišu poput povećanja poljoprivrednih površina te uklanjanja živica i šumskih zemljišta. Krajolik može olakšavati ili otežavati kolonizaciju i širenje populacija organizama u agroekosustavima (Médiène i sur. 2010). Važnost utjecaja poljoprivrede na smanjenje bioraznolikosti pokazuje podatak da je ugroženost više od 60 % vrsta na IUCN-ovom popisu ugroženih vrsta izravno povezana s poljoprivrednim aktivnostima (Maxwell i sur. 2016 cit. Schwarzmüller i Kastner 2022). Prema podacima iz 2021. godine, poljoprivredne površine zauzimaju 37 % ukupne površine planeta. Od toga otprilike jedna trećina otpada na obradive površine, koje sveukupno zauzimaju 12 % površine Zemlje, a druge dvije trećine na trajne travnjake i pašnjake. Preostalu površinu zauzimaju šume (31 %) i ostale površine (32 %) (FAO 2021). U razdoblju od 2000. do 2021., površine pod usjevima povećale su se za 6 %, ali se površina obradivog zemljišta po glavi stanovnika smanjila za 18 % u odnosu na 2000 (FAO 2023). Procjenjuje se da će u razdoblju od 2010. do 2050. potreba za hranom i ostalim poljoprivrednim proizvodima povećati za 35 do 56 % (van Dijk i sur. 2021). Zbog toga je poljoprivreda pod velikim pritiskom jer korištenjem istih resursa treba proizvesti sve više hrane kako bi zadovoljila potrebe sve većeg broja stanovnika (Gill i Garg 2014).

1.1. Cilj istraživanja

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi i usporediti sastav, brojnost i cenološke karakteristike entomofaune na dva različita staništa, netretiranoj livadi i površini pod intenzivnom poljoprivredom na kojoj se uzgaja strna žitarica, tritikale.

2. Pregled literature

2.1. Bioraznolikost

UN-ova Konvencija o bioraznolikosti, definira bioraznolikost kao „varijabilnost među živim organizmima iz svih izvora uključujući, između ostalog, kopnene, morske i ostale akvatične ekosustave i ekološke komplekse čijih su dio; to uključuje raznolikosti unutar vrste, među vrstama i raznolikost ekosustava.“ Rawat i Agarwal (2015) bioraznolikost smatraju širokim pojmom koji se odnosi na varijacije u prirodi i varijacije prirodnih sustava u broju i frekvenciji, istovremeno napominjući da se bioraznolikost često koristi kao pojam koji se odnosi na široke varijacije, biljaka, životinja i mikroorganizama, njihovih gena i ekosustava koje čine. Neki autori koriste kraću definiciju i bioraznolikost definiraju kao sve vrste biljaka, životinja i mikroorganizama i njihove interakcije u ekosustavu (Vandermeer i Perfecto 1995 cit. Altieri 1999).

Pretpostavka je da na Zemlji postoji 3 do 100 milijuna vrsta, a nedostatku konsenzusa o točnom broju te širokim nepreciznim procjenama pridonose brojni problemi, poput varijacija definicije samog pojma vrste ovisno o taksonu. Preciznije procjene pokušali su dati Mora i sur. (2011) procijenivši pomoću izračuna da na svijetu postoji oko 8,7 milijuna vrsta eukariota, što pokazuje da je u bazama podataka katalogizirano samo 14 % kopnenih i 9 % morskih vrsta. S obzirom na visok stupanj izumiranja, naglašena je važnost što bržeg otkrivanja preostalih vrsta. Pretpostavlja se da će većina novootkrivenih vrsta imati malu geografsku rasprostranjenost, nalaziti se na manje istraživanim staništima te biti manjih tjelesnih dimenzija. Ovakav zaključak temelji se na činjenici da se većina kataloga vrsta bazira na vrstama raširenima na većem geografskom području te većih tjelesnih dimenzija i brojnosti (Mora i sur. 2011). U smanjenju bioraznolikosti važnu ulogu ima poljoprivreda te se korištenje agrokemikalija često ističe kao glavni razlog gubitka kopnene bioraznolikosti (Brühl i Zaller 2019), a važnu ulogu u gubitku bioraznolikosti na poljoprivrednim područjima ima i fragmentacija staništa (Médiène i sur. 2010).

Smanjenje bioraznolikosti i ostale oblike degradacije okoliša pokušava se spriječiti putem različitih legislativa. Na prostoru Europske unije važnu ulogu u očuvanju okoliša ima Zajednička poljoprivredna politika kojom se podupiru poljoprivrednici u Europskoj uniji te osigurava sigurnost opskrbe hranom u Europi. Ova politika velikim je dijelom usmjerena na očuvanje okoliša, čak tri od deset ciljeva Zajedničke poljoprivredne politike u razdoblju od 2023. do 2027. odnose se na pitanja zaštite okoliša, biološke raznolikosti i krajobraza te na klimatske promjene (EC 2022). Zajednička poljoprivredna politika također propisuje tzv. uvjete višestruke sukladnosti koji obuhvaćaju Dobre poljoprivredne okolišne uvjete (GAEC) i Obavezne zahtjeve za upravljanje (SMR). Radi se o minimalnim uvjetima upravljanja poljoprivrednim gospodarstvima kojih se poljoprivrednik treba pridržavati kako bi dobivao potpore, a odnose se na zaštitu tla, voda, staništa, zdravlja ljudi i životinja te okoliša (APPRRR, 2012). Još jedna važna mjera očuvanja bioraznolikosti na prostoru Europske unije je uspostava Nature 2000, ekološke mreže čiji je cilj očuvati ili ponovno uspostaviti povoljno stanje rijetkih vrsta te očuvati više od 200 prirodnih i poluprirodnih stanišnih tipova. Utemeljena je na Direktivi o očuvanju divljih ptica (Council Directive 79/409/EEC; 2009/147/EC) i Direktivi o

očuvanju prirodnih staništa i divlje faune i flore (Council Directive 92/43/EEC). Radi se o najvećem sustavu očuvanih područja na svijetu koji obuhvaća gotovo 20 % površine Europske unije. Cilj Nature 2000 nije zaustavljanje ljudskih aktivnosti na zaštićenim područjima, nego poticanje usklađivanja ljudskih djelatnosti s očuvanjem prirode, pri čemu su često potrebna vrlo mala ograničenja. Provedbu postupka ocjene prihvatljivosti za ekološku mrežu trebaju proći samo veći razvojni projekti ili promjene načina korištenja zemljišta (HAOP, 2020).

2.2. Agroekosustav

2.2.1. Karakteristike tla i biljnog pokrova agroekosustava

Poljoprivredne površine uvelike se razlikuju od prirodnih ekosustava. Prirodni ekosustavi relativno su homogenizirane cjeline koje se sastoje od različitih mikrostaništa, dok se agroekosustavi mogu podijeliti na tri jasno odvojene cjeline: produktivnu, prirodnu (ili poluprirodnu) te na ljudsku infrastrukturu. Istraživanja bioraznolikosti te mjere njene zaštite najčešće se odnose na poluprirodne ili prirodne površine agroekosustava, dok se na proizvodne površine gleda kao na cjelinu koja negativno utječe na bioraznolikost. Time se često zanemaruje međuovisnost tih dviju cjelina (Moonen i Bàrberi 2008). Proizvodne cjeline moderne poljoprivrede karakterizira zamjena raznolikih prirodnih biocenoza sa svega nekoliko vrsta kultiviranog bilja. Upravo su velike homogenizirane površine pod monokulturama (Slika 2.1.) jedna od najvažnijih karakteristika moderne poljoprivrede (Altieri 1999). Na ovakvim staništima onemogućen je prirodni proces sukcesije jer se svakom žetvom usjeva oranica vraća u prvobitno stanje sukcesije (Erisman i sur. 2016). Iako se razlikuju od prirodnih ekosustava, poljoprivredne površine mogu predstavljati staništa za određene vrste. Određene vrste biljaka prilagodile su se upravo ovom novom staništu. Radi se uglavnom o jednogodišnjim vrstama čiji opstanak danas ugrožavaju povećana uporaba herbicida i gnojiva, smanjenje raznolikosti usjeva, povećana gustoća usjeva i učinkovitiji probir sjemena. Za neke od tih vrsta nije poznato njihovo izvorno prirodno stanište, nego se mogu naći isključivo na poljoprivrednim površinama (Storkey i sur. 2011).

Osim vegetacije u agroekosustavu značajno je izmijenjeno i tlo. Obradom dolazi do miješanja različitih slojeva tla te nastaje karakteristični P sloj. Takva tla nazivaju se antropogena tla, a dijele se na rigosole koje karakterizira P sloj do dubine od jednog metra, hortisol s humusom bogatim P slojem koji doseže dubinu do 35 cm i hidromorfna antropogena tla nastala pomoću hidrotehničkih i agrotehničkih zahvata te kemijskim melioracijama (Šimunić i Špoljar 2007). Tla agroekosustava u intenzivnoj poljoprivredi karakteriziraju i različite promjene fizikalnih, kemijskih i bioloških značajki, koje često mogu utjecati na smanjenje plodnosti tla. Ovakve vrste promjena spadaju u prvi stupanj degradacije tala, a obuhvaćaju antropogeno zbijanje i njegove posljedice (poput poremećaja vodozračnih struktura, otežanog probijanja korijena biljke, otežane obrade), zakiseljavanje, zaslanjivanje, infekcije tla, poremećaje biogenosti tla. Svi ti procesi na kraju dovode do smanjenja prinosa, a mogu ugroziti i okolne ekosustave, posebno akvatične. Poljoprivredna tla, za razliku od prirodnih tala, ne akumuliraju organsku tvar jer se vegetacija (kulture) redovito uklanja te se na taj način iznose i hranjive tvari i minerali koje je biljka iscrpila iz tla. Ostavljanjem poljoprivrednih površina bez biljnog pokrova nakon

žetve dolazi do erozije tla vodom i vjetrom. S obzirom da slojevi tla iznimno sporo nastaju djelovanjem pedogenetskih procesa, tlo izgubljeno na ovakav način neće se obnoviti unutar jedne generacije te je takva vrsta štete ireverzibilna (Bašić 1994).

Da bi se ovakve degradacije spriječile i očuvale korisne funkcije tla u poljoprivrednoj proizvodnji, bitno je držati se načela dobre poljoprivredne prakse (Katalinić i sur. 2009). Primjerice, za očuvanje strukture tla bitno je ne provoditi obradu kada je tlo zasićeno vodom (Slika 2.2.) jer će u tom slučaju doći do zbijanja tla. Gubitak organske tvari može se spriječiti ili nadoknaditi zaoravanjem žetvenih ostataka, a bioraznolikost tla očuvati će se primjenom organskih gnojiva, komposta ili zrelog stajskog gnoja te pravodobnom i proračunatom primjenom sredstava za zaštitu bilja.



Slika 2.1. Monokultura

Izvor: Photogir, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wheat_Farm_in_Behbahan,_Iran.jpg



Slika 2.2. Otežano upijanje vode kao posljedica zbijanja tla kotačima

Izvor: <https://www.savjetodavna.hr/2015/03/05/zbijenost-i-popravak-strukture-tla/?print=print>

2.2.2. Fauna agroekosustava

Organizmi u agroekosustavu mogu se podijeliti na štetne, indiferentne i korisne. Štetni organizmi pripadaju nematodama, puževima, grinjama, kukcima, glodavcima, divljači i pticama.

Nematode su skupina beskraljeznjaka koja sadrži vrste prilagođene gotovo svim ekološkim nišama (Wyss 1997), a u štetnike pripadaju fitofagne nematode, koje se hrane sisanjem biljnih sokova. Mogu obitavati u tlu i hraniti se na površini korijena (ektoparaziti), ili se hraniti unutar biljke (endoparaziti). S obzirom da se ovi organizmi nalaze u tlu, štete na biljkama često se kasno uočavaju, biljke postupno slabe, mogu se javiti deformacije organa, neke vrste uzrokuju i simptome na listovima, a na kraju može doći do potpunog propadanja biljke.

Puževi su polifagni štetnici koji se hrane povrćem, ali štetu čine i na ratarskim usjevima, industrijskom bilju, cvijeću, jagodama te voćnjacima. Izravnu štetu čine izgrizanjem biljnih dijelova, a neizravnu ostavljanjem sluzavog traga i izmeta čime uzrokuju gubitak tržišne vrijednosti poljoprivrednih proizvoda.

Fitofagne grinje su sitni paučnjaci koji bodu biljno tkivo i sišu biljne sokove, a štete voćkama, vinovoj lozi, ratarskim kulturama, povrću i cvijeću. Simptomi napada grinja su pojava svijetlih pjega, uvijanje lista, te paučina na naličju lista.

Glodavci su mali sisavci koje karakterizira brzo razmnožavanje, a štetu mogu činiti u ratarskim usjevima, djetelištima, lucerištima, travnjacima te u vinogradima i voćnjacima, a svojom aktivnošću mogu onečistiti uskladištene proizvode u skladištima te na taj način smanjiti njihovu vrijednost i zdravstvenu ispravnost za potrošače.

Štetna divljač dijeli se na zečeve, divlje svinje i srneću divljač. U pravilu najviše štete uzrokuje u usjevima na rubovima šuma, a štete čini i na ratarskim usjevima, voćnjacima i vinogradima koje oštećuje glodanjem kore.

Ptice se hrane tek zasijanim sjemenom i tek izniklim biljkama te zrelim voćem i grožđem, a oštećuju i klipove kukuruza i glavice suncokreta. Odbijaju se vizualnim i zvučnim repelentima te mehaničkom zaštitom usjeva (npr. mrežama) (Bokulić i sur. 2015).

Najveći broj štetnika u poljoprivrednoj proizvodnji čine kukci (Bokulić i sur. 2015). Pretpostavlja se da za svaku biljnu vrstu postoji barem jedna fitofagna vrsta kukca koja se njome hrani, a više od polovice svih vrsta kukaca hrani se biljkama. Teško je procijeniti ukupne gubitke koje u poljoprivrednoj proizvodnji čine štetnici, pretpostavlja se da iznose 10 do 30 % u Europi, Japanu i Sjevernoj Americi, dok su u zemljama u razvoju znatno viši (Patole 2017). Štetni kukci u Hrvatskoj smanjuju prirod za oko 10 %, a gubici od svih štetočina, uključujući kukce, korove i bolesti, procijenjeni su na 29.2 %. Ovaj postotak za Europu iznosi 28 %, dok prosječan svjetski gubitak prinosa od strane štetnih organizama iznosi čak 42 % (Maceljski 1999).

Kukci su iznimno raznolika skupina životinja te podrazumijeva vrste različita načina života, načina hranjenja i razmnožavanja. Stork (2018) navodi da „U smislu imenovanih vrsta, kukci su dominantna skupina člankonožaca, a redovi Coleoptera, Lepidoptera i Diptera vrstama su

najbogatiji redovi.“ Sve ove karakteristike određuju hoće li neki kukac biti štetnik u poljoprivredi i ako da, kakvu će štetu izazivati i na koji način. Štetnici iz reda Thysanoptera (resičari) i Hemiptera (stjenice, lisne uši, cvrčke i njihove srodnike) imaju usne organe za bodenje i sisanje te se fitofagne vrste hrane sisanjem na biljnim organima (Slika 2.3). Ovakav način ishrane, osim što iscrpljuje biljku i uzrokuje mehaničku štetu na biljnom tkivu, pogoduje i širenju virusa. Jedan od primjera je virus žute patuljivosti ječma koju prenose lisne uši. Još jedna zajednička karakteristika ove dvije skupine je nepotpuna preobrazba, što znači da su i nezrele i odrasle jedinke slične izgledom i načinom prehrane, zbog čega štetu kod brojnih vrsta čine svi razvojni stadiji (Maceljski 1999).

Vrstama najbrojniji redovi kukaca, koji obuhvaćaju i velik broj štetnika, su Hymenoptera (opnokrilci), Lepidoptera (leptiri i moljci), Coleoptera (kornjaši) i Diptera (dvokrilci). Ove skupine pripadaju u skupinu Holometabola i zajednička karakteristika im je ličinački stadij s potpunom preobrazbom. Zbog toga što ličinke često žive i hrane se na drugačiji način nego odrasle jedinke, kod ovih skupina štetu često čine ili ličinke ili odrasle jedinke. Primjerice, kod reda Hymenoptera, Lepidoptera i Diptera gotovo uvijek štetne su samo ličinke koje izgrizaju biljno tkivo hraneći se na ili unutar biljnih organa. Odrasli oblici u pravilu ne čine štete, osim kod vrsta kod kojih ženka ovipozicijom oštećuje biljni organ u koji polaže jaje. U ove skupine pripadaju neki vrlo važni štetnici, uključujući kukuruznog moljca (*Ostrinia nubilalis* Hübn.) kojeg Maceljski (1999) navodi kao najvažnijeg štetnika hrvatske poljoprivrede, te mediteranske voćne muhe (*Ceratitis capitata* Wiedemann) koja kao iznimno polifagna vrsta napada gotovo sve voćne kulture. Štetni predstavnici opnokrilaca su osice iz skupine Symphyta čije se ličinke (pagusjenice), ovisno o vrsti, hrane lišćem ili ubušuju u biljne organe. Kod kornjaša (Coleoptera) i ličinke i imago imaju organe prilagođene grizenju i žvakanju pa štetu, ovisno o vrsti, osim ličinki mogu činiti i odrasle jedinke. Ovaj red sadrži brojne fitofagne skupine, od kojih su kao poljoprivredni štetnici najznačajnije pipe (Curculionidae), zlatice (Chrysomeloidae), klisnjaci (Elateridae), listorošci (Scarabaeidae) i sjajnici (Nitidulidae) (Slika 4). Neke vrste iz porodica Buprestidae, Cerambycidae i Scolytidae važni su štetnici drvenastih kultura (Maceljski 1999).

Od korisnih organizama u poljoprivredi, važnu ulogu imaju parazitoide, organizmi koji se hrane u ili na domaćinu te ga na kraju ubijaju. Najuspješniju skupinu parazitoidnih kukaca čine parazitske osice koje čine više od polovice svih poznatih vrsta opnokrilaca, a pretpostavlja se da još velik broj vrsta nije otkriven. Neke od najvažnijih porodica parazitoidnih osica su Ichneumonidae, Ceraphronidae, Chalcidoidea, Diapriidae te Platygastroidea. Neke vrste parazitiraju odrasle kukce, dok su se druge specijalizirale za jaja ili ličinke. U ovoj skupini parazitoidnih organizama razvile su se različite strategije parazitiranja. Jedan od primjera je hiperparazitizam, pojava kod koje parazitska ličinka parazitira drugu parazitsku ličinku koja je parazitirala na domaćinu. Ova strategija vrlo je raširena među parazitskim opnokrilcima te postoje cijele taksonomske skupine koje se razmnožavaju isključivo na ovaj način (Polaszek i Vilhemsén 2023). Važnost ovih organizama u regulaciji populacije štetnika odavno je prepoznata te se brojne vrste prodaju kao biološko sredstvo za suzbijanje štetnika. Na europskom tržištu uglavnom se prodaju osice iz nadporodice Ichneumonoidea i Chalcidoidea, a s obzirom na vrstu koriste se za suzbijanje lisnih uši, štitastih moljaca ili lisnih minera (Koppert 2024). Od ostalih parazitoidnih skupina kukaca, važne su i muhe gusjeničarke

(Tachinidae) koje imaju važnu ulogu u regulaciji populacije kukaca u prirodnim ekosustavima te u agroekosustavima. Sve vrste iz ove skupine muha su endoparaziti, napadaju brojne vrste iz reda Hemiptera, Lepidoptera i Coleoptera, među koje pripadaju i važni poljoprivredni štetnici. Zbog toga su se brojne vrste iz ove skupine muha koristile za biološko suzbijanje štetnika, a uspješnost suzbijanja štetnika je varirala (Tarla i sur. 2023).

Entomopatogene nematode također su važni parazitoidni organizmi koje napadaju širok spektar domaćina te se također prodaju kao sredstvo za biološko suzbijanje štetnika u vanjskim i zaštićenim prostorima. Od grabežljivih vrsta, važne su grabežljive grinje koje se koriste za suzbijanje resičara, šampinjonskih mušica (Sciaridae) te crvenog pauka (Koppert 2024).

Grabežljive stjenice roda *Orius* prodaju se za biološko suzbijanje resičara, a ličinke određenih grabežljivih muha šiškarica hrane se lisnim ušima i crvenim paucima (Koppert 2024). U agroekosustavima važnu ulogu u kontroli štetnika koji žive na tlu imaju trčci (Carabidae) (Slika 5). To su grabežljivi kornjaši koji se hrane puževima, grčicama hrušta, žičnjacima i ostalim štetnicima. Primjena insekticida negativno utječe na populacije trčaka na poljoprivrednim površinama, čime se smanjuje i njihova uloga regulacije štetnika u agroekosustavima, zbog čega se veličina njihove populacije koristi kao indikator onečišćenja agrobiocenoze. Važna skupina grabežljivih kornjaša su i božje ovčice (Coccinellidae) kod kojih se i ličinke i odrasli oblici hrane lisnim ušima, grinjama i ostalim malim kukcima. Važni prirodni neprijatelji lisnih uši su i neke vrste muha iz porodice cvjetara (Syrphidae), čije se ličinke hrane lisnim ušima, dok su odrasle jedinke oprašivači. Još jedna skupina grabežljivih muha su muhe grabljivice (Asilidae) koje aktivno love plijen (Maceljski 1999). Utjecaj prirodnih neprijatelja na regulaciju populacije štetnika može ovisiti o različitim faktorima, na primjer o svojstvima kulture koja se uzgaja. Deblji voštani sloj na listovima graška smanjuje učinkovitost bubamare *Hippodamia variegata* za suzbijanje lisnih uši zbog čega tu ulogu preuzimaju ličinke cvjetnih muha i određene svojte pauka (Rutledge i Eigenbrode 2003). Mravi mogu braniti lisne uši od prirodnih neprijatelja te time smanjiti njihovu učinkovitost (Maceljski 1999). Osim beskralježnjaka, i kralježnjaci mogu imati ulogu prirodnih neprijatelja štetnika, primjerice ptice grabljivice i insektivorne ptice mogu kontrolirati populacije kukaca i glodavaca (Dharambir Singh i sur. 2022).

Uloga kukaca kao oprašivača često privlači najveću pažnju javnosti, s obzirom da su kukci potrebni za 35 % svjetske proizvodnje usjeva, a razmnožavanje 60 do 90 % biljnih vrsta ovisi o oprašivanju kukcima (Schowalter i sur. 2018). Od oprašivača najbolje su istražene medonosne pčele i u manjoj mjeri bumbari (Kline i Joshi 2020). Kolonije bumbara prodaju se za potrebe oprašivanja vanjskih usjeva i usjeva u zaštićenim prostorima (Slika 2.4.) (Koppert 2024). Solitarne pčele čine preko 85 % svih vrsta pčela i često su učinkovitiji oprašivači od medonosnih pčela, ali su znatno slabije istražene. Divlje pčele ugrožava nestanak staništa zbog čega ženke trebaju prelaziti veće udaljenosti kako bi prikupile dovoljno hrane što dovodi do slabije ishrane ličinki (Kline i Joshi 2020). Osim pčela, važni oprašivači su i muhe, uključujući cvjetare (Syrphidae), ali i muhe iz drugih taksonomskih skupina (Orford i sur. 2015).

Osim štetnih i korisnih organizama, poljoprivredne površine predstavljaju stanište i organizmima koji izravno ne štete poljoprivrednoj proizvodnji, ali joj značajnije ni ne pridonose. To mogu biti grabežljivi kukci, poput bogomoljki i hitri čiji broj, za razliku od npr.

trčaka, nije dovoljno velik kako bi značajnije utjecale na populacije štetnika (Maceljski 1999). Od indiferentnih kornjaša, u usjevima se javljaju razne micetofagne, koprofagne i saprofagne vrste iz porodica Anthicidae, Cryptophagidae, Tenebrionidae, Scirtidae, te balegari iz porodice Scarabeoidea (Mocanu i sur. 2017).



Slika 2.3. Stjenica roda *Eurygaster*, štetnik žitarica



Slika 2.4. Kolonija bumbara
Izvor: <https://www.koppert.hr/natupol/>

2.3. Sredstva za zaštitu bilja

2.3.1. Definicija i zakonska regulativa

Sredstva za zaštitu bilja definirana su prema Uredbi (EZ) br. 1107/2009 Europskog parlamenta i Vijeća od 21. listopada 2009. o stavljanju na tržište sredstava za zaštitu bilja i stavljanju izvan snage direktiva Vijeća 79/117/EEZ i 91/414/EEZ. To su sredstvo ili sredstva koja sadrže aktivne tvari, safnere ili sinergiste i namijenjena su za zaštitu bilja ili biljnih proizvoda od svih štetnih organizama ili sprječavanje djelovanja takvih organizama, ako se kao glavna svrha ovih proizvoda smatraju higijenski ciljevi, a ne zaštita bilja ili biljnih proizvoda. Sredstva za zaštitu bilja, prema Uredbi, mogu biti i tvari koje djeluju na životne procese bilja ili služe za konzerviranje biljnih proizvoda, ako takve tvari ili proizvodi ne podliježu posebnim odredbama Zajednice o konzervansima. Sredstva za zaštitu bilja također mogu biti namijenjena uništavanju neželjenog bilja ili dijelova bilja i sprečavanju ili suzbijanju neželjenog rasta bilja, uz izuzetak algi, ako se proizvodi ne primjenjuju na tlu ili vodi radi zaštite bilja (EFSA 2024). Osnovne sastavnice sredstava za zaštitu bilja su aktivna tvar, koja utječe na ciljane štetne organizme, te dodane tvari koje mogu imati ulogu poboljšavanja djelovanja aktivne tvari ili smanjenja fitotoksičnog učinka aktivne tvari na uzgajanu kulturu. Sredstva za zaštitu bilja mogu biti u obliku različitih formulacija, ovisno o agregatnom stanju i načinu primjene, a mogu se podijeliti i prema načinu i mehanizmu djelovanja. Način djelovanja opisuje usvajanje sredstva od strane štetnog organizma i pokretljivost unutar biljke nakon usvajanja, prema toj podjeli, sredstvo može biti kontaktno ili sistematično. Kontaktna sredstva ostaju na površini biljke, a sistematične biljka apsorbira u svoj provodni sustav. Mehanizam djelovanja odnosi se na način djelovanja aktivne tvari u organizmu (Bokulić i sur. 2015). U Europskoj uniji, Europska komisija odlučuje hoće li na području EU-a biti dozvoljena uporaba određene aktivne tvari kao sredstva za zaštitu bilja. Pri donošenju odluke, Europsku komisiju savjetuje Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA) koja u suradnji s državama članicama donosi procjene o utjecaju aktivne tvari na okoliš, ljudsko zdravlje i zdravlje životinja te utjecaj na neciljne organizme (EFSA 2024).

2.3.2. Podjela sredstava za zaštitu bilja prema ciljnim organizmima

Sredstva za zaštitu bilja najčešće se dijele prema skupini organizama na koje djeluju, zoocidi su sredstva za ubijanje ili odbijanje životinja, a dijele se na više podskupina ovisno o ciljanim organizmima, fungicidi se koriste za suzbijanje gljiva, pseudogljiva i drugih uzročnika bolesti, herbicidi za suzbijanje korova, a postoje i ostala sredstva uključuju regulatore rasta biljaka i pomoćna sredstva (Bokulić i sur. 2015).

Herbicidi su kemijski spojevi namijenjeni sprječavanju rasta i uništavanju neželjenih biljnih vrsta, a mogu biti totalni (uništavaju sve biljke) ili selektivni (uništavaju određene skupine korovnih biljnih vrsta, a u prikladnim uvjetima i količinama selektivni su prema kultiviranom bilju). Mogu djelovati kontaktno pri čemu propadaju samo dijelovi biljke koji su došli u izravni kontakt sa sredstvom, ili sistematično pri čemu se herbicid provodnim sustavom prenosi po cijeloj biljci (Bokulić i sur. 2015).

Fungicidi su (Bokulić i sur. 2015) tvari ili živi organizmi kojima se suzbijaju gljive i pseudogljive, uzročnike biljnih bolesti koje dovode do gubitka 7 do 24% priroda kukuruza, soje, žitarica i ostalih usjeva namijenjenih preradi (Strange i sur., 2005, Fisher i sur. 2012 cit. Zubrod i sur. 2019). Prema kemijskom sastavu dijele se na anorganske, koji su kontaktni, te na organske koji mogu biti kontaktni ili sistemici. Biofungicidi su pripravci na osnovi mikroorganizama, uzročnika bolesti ili prirodnih spojeva biljaka (Bokulić i sur. 2015). U Hrvatskoj se koristi *Trichoderma harzianum*, biološki fungicid namijenjen zaštiti od bolesti korijena (FIS, 2024).

Sredstva za zaštitu bilja obično su namijenjena ciljanoj skupini organizama, ali osim što djeluju na štetne organizme, mogu djelovati i na korisne organizme. Zbog toga je iznimno važno da sredstvo ima selektivno, a ne univerzalno djelovanje te da uništava samo ciljanu skupinu štetnih organizama (Bokulić i sur. 2015). U procjeni rizika pesticida za okoliš postoji više nedostataka. Sredstva za zaštitu bilja primjenjuju se više puta tijekom vegetacije, uključujući zaštitu samog sjemena prije sjetve do višestrukih aplikacija tijekom rasta biljke, a procjene rizika sredstva za okoliš provode se uz pretpostavku da se primjenjuje samo jedna aplikacija pesticida, pri čemu populacija istraživanih organizama ima vremena za oporavak nakon aplikacije. Takav slučaj ne odgovara onome u stvarnosti u kojem se populacija mora suočiti s više aplikacija pesticida raspoređenih tijekom kultivacije usjeva. Zbog toga takva istraživanja ne mogu prikazati stvaran rizik koji pesticidi predstavljaju za okoliš. Još jedan nedostatak takvih istraživanja je to što se ona fokusiraju na polu prirodna staništa, a ne na same poljoprivredne površine pod usjevima. Zbog toga u državama s velikim područjima pod usjevima izostaje procjena rizika za velik dio ukupne površine teritorija (i do jedne trećine). Da bi se okoliš zaštitio, nužno je i povećati površinu poluprirodnih staništa i povećati površine pod organskom poljoprivredom te provoditi učinkovitu procjenu utjecaja pesticida na okoliš na većoj razini nego do sada (Brühl i Zaller 2019). Prema jednom istraživanju provedenom na 946 francuskih farmi, na 77 % tih farmi uporaba sredstava za zaštitu bilja mogla bi se smanjiti bez negativnih utjecaja na prinos i profit (Lechenet i sur. 2017).

Iako su prvenstveno namijenjeni uništavanju korova, herbicidi mogu indirektno utjecati na smanjenje populacije kukaca jer, osim što uništavaju korove na poljima, mogu utjecati i na biljke koje rastu uz rub polja i na taj način smanjiti izbor hrane za herbivorne kukce i oprašivače. Nedostatak hrane dovodi do smanjenja veličine i brojnosti gusjenica što negativno utječe na populacije ptica kojima se zbog toga smanjuje količina dostupne hrane za ishranu ptica (Brühl i Zaller 2019). Osim indirektnog utjecaja, određena istraživanja pokazala su da herbicidi mogu imati i izravan utjecaj na kukce i ostale životinje. Eksperimentalno je dokazano da subletalne doze glifosata, aktivne tvari čija je primjena dozvoljena u Europskoj uniji, negativno utječe na kognitivne sposobnosti medonosnih pčela (Herbert i sur. 2014), a mogu štetiti i jajima parazitskih osica roda *Trichogramma* (Bueno i sur. 2008). Velik broj istraživanja pokazuje da ovaj pesticid oštećuje ljudske stanice i DNA te utječe na endokrini sustav (Manas i sur. 2009; Thongprakaisang i sur. 2013; Martini i sur. 2016; Gill i sur. 2018).

U Europskoj uniji, 40 % od ukupne mase svih prodanih pesticida otpada na fungicide (Zubrod i sur. 2019), a u površinskim vodama na području Europe detektirane su više vrijednosti koncentracije fungicida, nego insekticida i herbicida (Stehle i Schultz 2015). Iako se masovno koriste, utjecaj fungicida na okoliš znatno je manje istraživan nego utjecaj insekticida i

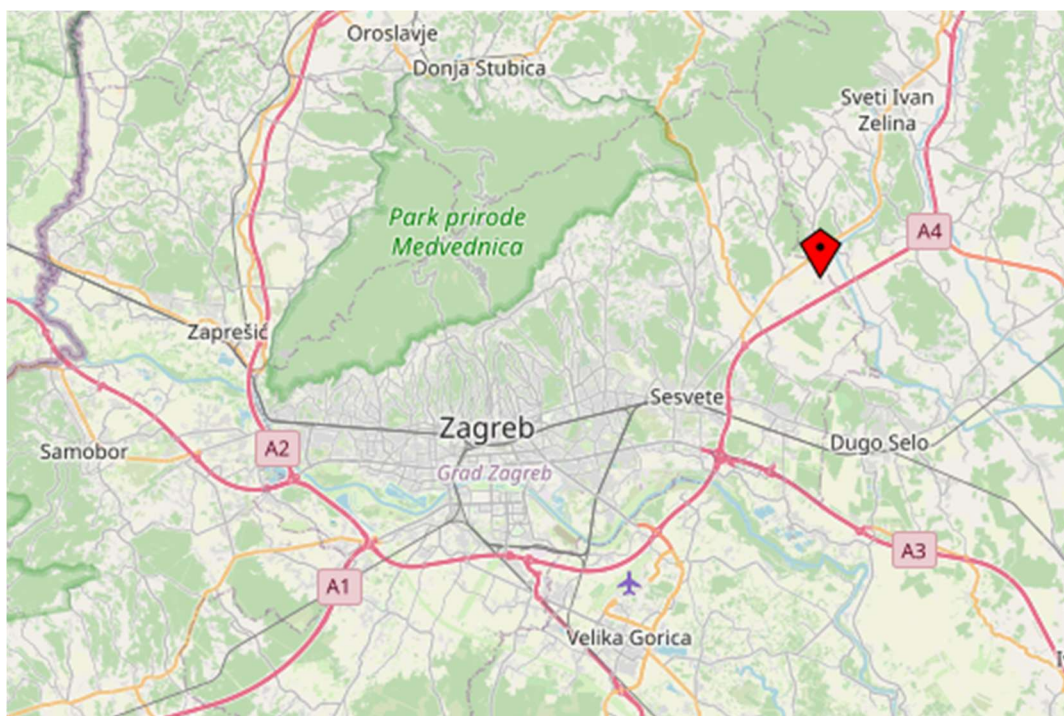
herbicida. Provedena istraživanja o utjecaju fungicida na mikroorganizme u akvatičnim ekosustavima najviše se fokusiraju na alge, bakterije i gljivice. Najveći broj istraživanja na biljkama proveden je na vodenoj leći (rod *Lemna*), a rjeđe na ostalim vodenim biljkama, većina istraživanja na člankonošcima odnosi se na rakove, a kod kralježnjaka se u pravilu istražuje utjecaj na ribe i nešto manje na vodozemce. Velika većina ovih istraživanja provedena je u laboratorijskim uvjetima (Zubrod i sur. 2019). U kopnenim ekosustavima dokazano je da fungicidi na bazi bakra i sumpora mogu smanjiti aktivnost grabežljivih kukaca u vinogradima i time narušiti prirodnu biološku regulaciju štetnika, a visoke koncentracije bakra u tlu mogu negativno djelovati na gujavice (Pennington i sur. 2018).

Zoocidi se dijele na insekticide, akaricide, nematocide, limacide, rodenticide i korvifuge. Insekticidi su sredstva za zaštitu bilja koja se koriste za suzbijanje kukaca, najbrojnije skupine štetnika u poljoprivrednoj proizvodnji. Neke skupine aktivnih tvari koje se koriste u kemijskim pesticidima su neonikotinoidi, organofosfati, karbamati, sintetski piretroidi. Mnoge od njih danas su zabranjene u Europskoj uniji zbog njihove štetnosti za ljudsko zdravlje i okoliš. Primjerice, odobrenje za korištenje organofosfatne tvari klorpirifos-metila isteklo je 31. siječnja 2020. godine, a razlog oduzimanja odobrenja je štetan utjecaj ove tvari na neurološki razvoj djece (EU 2020/17). Upotreba većine neonikotinoide u potpunosti je zabranjena 16. siječnja 2023. godine odlukom Vrhovnog suda Europske unije (Predmet C-162/21), a razlog zabrane korištenja ovih aktivnih tvari je njezina visoka štetnost za pčele. S obzirom da se u procjeni rizika za korisne organizme uglavnom provode istraživanja o utjecaju na medonosne pčele i neke korisne organizme, utjecaj pesticida na velik broj ostalih vrsta ostaje nepoznat. Primjer je istraživanje kojim je utvrđeno da koncentracije fluorpuradifurona koje se smatraju sigurnima za pčele uzrokuju simptome poput smanjene stope preživljavanja, zaostajanja u razvoju i promjene ponašanja kod ličinki zlatooke (*Chrysoperla carnea* Stephens), grabežljive vrste koja ima važnu ulogu u biološkoj regulaciji populacije štetnika (Scheibli i sur. 2022).

3. Materijali i metode

3.1. Lokacija istraživanja

Istraživanje je provedeno na području sela Lužan, koje se nalazi uz istočnu granicu Grada Zagreba, a pripada gradskoj četvrti Sesvete (Slika 3.1.). Klima je, prema Koppenovoj klasifikaciji, umjereno topla vlažna s toplim ljetom čija je srednja srpanjska temperatura zraka manja od 22°C (klimatski tip Cfb) (Ugarković i sur. 2021). Krajoblik karakterizira mozaik poljoprivrednih površina, livada i manjih i većih šumskih površina. Istraživana područja, polje tritikalea i livada, međusobno su udaljena 255 m.



Slika 3.1. Položaj sela Lužan na prostoru Grada Zagreba

Izvor: <https://www.auto-karta-hrvatske.com/luzan/>

3.2. Opis polja

3.2.1. Polje tritikalea

Polje tritikalea površine je 912,5 m² i ima oblik pravokutnog trokuta (slika 3.2.). Uz istočni rub polja nalazi se livada koja je bila pokošena pred kraj istraživanja (17. 06. 2023.), a sa zapadne strane nalazi se uređena okućnica. Uz južni rub polja nalazi se cesta, a između ruba polja i ceste proteže se tanak sloj prirodne vegetacije. 2022. na toj parceli bile su posađene tikve koje nisu bile tretirane sredstvima za zaštitu bilja niti gnojene mineralnim gnojivima, a 2021. bio je zasađen kukuruz koji je bio tretiran herbicidima. Glavni udio u biljnom pokrovu čini tritikale ili pšenoraž, žitarica nastala hibridizacijom pšenice i raži, a od ostalih biljnih vrsta prisutne su crvena mrtva kopriva (*Lamium purpureum* L.), slak (*Convolvulus* sp.) te razne vrste glavočika (Asteraceae). Najveća koncentracija divljih biljaka nalazila se uz jugozapadni rub polja. Površina nije bila tretirana sredstvima za zaštitu bilja, ali je početkom ožujka pognojena mineralnim gnojivima.



Slika 3.2. Polje tritikala

Izvor: <https://www.google.com/maps/@45.8846315,16.190795,191m/data=!3m1!1e3?entry=ttu>

3.2.2. Livada

Za istraživanje je odabran dio livade pravokutnog oblika površine 763 m². (Slika 3.3.) Uz njenu istočnu stranu nalazi se pašnjak koji služi za ekstenzivan uzgoj goveda, a u trenutku istraživanja na njemu su se nalazila dva grla. Sa zapadne strane livade nalazi se vrt koji služi za uzgoj povrća, a sa južne strane nalazi se veća površina prekrivena livadama. Uz sjever istraživanog dijela livade nalaze se okućnice (Slika 3.3). Glavninu biljnog pokrova livade čine različite vrste trava (Poaceae), te više vrsta i skupina širokolisnih biljaka, poput crvene mrtve koprive (*L. purpureum*), grahorice (*Vicia* sp.), puzajuće ivice (*Ajuga reptans* L.), kiselice (*Rumex* sp.), žabnjaka (Ranunculaceae), nekoliko vrsta iz porodice glavočika (Asteraceae) te ostale. Di Giulio i sur. (2001) definiraju ekstenzivne livade kao livade koje se ne gnoje i kose se jednom ili dva puta godišnje, prema čemu i ova istraživana livada spada u ekstenzivne livade. Košnja je uslijedila u srpnju, nakon što su prikupljeni svi uzorci za analizu, zbog čega se tijekom provođenja istraživanja u periodu od travnja do kraja lipnja povećavala visina i gustoća biljnog pokrova.



Slika 3.3. Livada (uokvirena crvenim linijama)

Izvor: <https://www.google.com/maps/@45.8877689,16.192819,191m/data=!3m1!1e3?entry=ttu>

3.3. Metode prikupljanja faune

Istraživanje je provedeno tijekom 2023. godine u travnju, svibnju i lipnju. Izlazak na teren i prikupljanje kukaca provedeno je svaki tjedan, osim u slučaju nepovoljnih vremenskih prilika. Tijekom travnja prikupljena su tri uzorka (07.04., 21.04. i 28.04.), tijekom svibnja dva (06.05. i 27.05.), dok su tijekom lipnja prikupljena četiri uzorka (03.06., 09.06., 17.06. i 23.06.).

Prilikom sakupljanja koristila se metoda kečiranja (eng. Sweep netting). Ova se metoda često koristi za uzorkovanje populacija člankonožaca na staništima s niskom vegetacijom te omogućava brzo prikupljanje raznolikih skupina člankonožaca (Spafford i Lottie 2013). Bazira se na izvođenju određenog broja zamaha na određenoj površini ili liniji kretanja nakon čega se uzorci iz kečera istresaju u posudice i pohranjuju (Slika 3.4.).

Na obje istraživane površine prilikom svakog izlaska na teren, prikupljena su 4 kompozitna uzorka koji se sastoje od 4 ponavljanja. Svako ponavljanje sadržava kukce prikupljene pomoću 20 zamaha kečerom. Kukci su determinirani do najniže moguće taksonomske razine, te su jedinke izbrojane. Od ostalih člankonožaca, prebrojane su jedinke pauka, ali nisu determinirane. Pri determinaciji uzoraka korištene su stereo lupe (s povećanjem do 30x i s povećanjem do 45x (Slika 3.5.)). Za determinaciju kukaca korišteni su ključevi (Unwin 1981, Goulet i Huber 1993) web stranice (<https://sites.google.com/view/flyguide>, <https://coletonet.de/coleo/index.htm>) te aplikacija iNaturalist.



Slika 3.4. Metoda kečiranja (sweep netting)

Izvor: <https://gemplers.com/products/gemplers-15-dia-heavy-duty-sweep-net>



Slika 3.5. Analiza uzoraka pomoću stereo lupe

3.4. Analiza podataka

3.4.1. Cenološke analize

Cenološke analize obuhvatile su analizu brojčanih vrijednosti koje prikazuju međusobne odnose rodova, vrsta i njihovih jedinki u populacijama, a prema Balogh (cit. Balarin 1974) dijele se na kvantitativne i strukturne.

Temeljem prikupljenih podataka za svako promatrano polje provedena je cenološka analiza populacije pripadnika razreda Insecta pri čemu su za svaki datum pregleda za svaki red, izračunate vrijednosti indeksa dominantnosti (D). Vrijednosti indeksa dominantnosti izračunate su i na temelju ukupnog ulova kroz cijelo razdoblje praćenja. Na temelju svih ulova u razdoblju praćenja izračunate su indeksi konstantnosti (C), a na temelju podataka o ukupnim ulovima izračunate su vrijednosti indeksa ekološke signifikantnosti (W) za svaki red. Isto je izračunato posebno za najzastupljenije sistematske kategorije nadredove, porodice ili skupine. Za svako su polje temeljem ukupnih ulova izračunati indeksi kojima se utvrđuje bioraznolikost: Shannon-Wiener indeks (H), Simpson indeks (D), Shannon indeks ujednačenosti (EH) te Sörensen-ov koeficijent (QS) kojim se utvrđuje faunistička sličnost između istraživanih polja.

Dominantnost jedinki odnosno njihova kvantitativna struktura predstavlja postotni udio vrsta jednog reda, podreda, skupine ili porodice unutar ukupnog broja jedinki na određenom polju. Indeks dominantnosti odnosno D (%) izračunava se prema sljedećoj formuli:

$$D = \frac{nA \times 100}{N}$$

gdje je:

D = dominantnost reda, podreda, skupine ili porodice (%)

nA = broj uhvaćenih jedinki reda, podreda, skupine ili porodice A

N = ukupan broj uhvaćenih jedinki svih vrsta

Temeljem izračunatog indeksa dominantnosti, pronađene sistematske kategorije klasificirane su prema Tischleru i Heydemannu (Tischler 1949; Heydemann 1955; cit. Holecová i sur. 2005) u 5 skupina:

1. eudominantne vrste: >10,1 %
2. dominantne vrste: 5,1 – 10 %
3. subdominantne vrste: 2,1 – 5 %
4. recedentne vrste: 1,1 – 2 %
5. subrecedentne vrste: <1 %

Konstantnost je strukturna karakteristika koja odražava kontinuitet prisutnosti populacije u određenom okruženju.

Indeks konstantnosti za redove, podredove, skupine ili porodice izračunat je prema sljedećoj formuli:

$$C = \frac{nsA \times 100}{Ns}$$

C = konstantnost (%)

nsA = broj uzoraka u kojima je identificiran red, podred, skupina ili porodica A

Ns = ukupan broj uzoraka

Prema Tischleru i Heydemannu (Tischler 1949; Heydemann 1955; cit. Holecová i sur. 2005), prema konstantnosti sistematske kategorije mogu se podijeliti u četiri skupine:

1. eukonstantne: 75,1 – 100 %
2. konstantne: 50,1 – 75 %
3. akcesorne: 25,1 – 50 %
4. akcidentne: 1 – 25 %

Da bi se utvrdio odnos između indeksa dominantnosti i indeksa konstantnosti, za svaku determiniranu sistematsku kategoriju izračunat je indeks ekološke signifikantnosti (W) (Varvara i sur. 2001). Radi se o sintetičkom indeksu koji prikazuje odnos između strukturnog indeksa (konstantnost, C) i indeksa produktivnosti (dominantnost, D) u zajednici, a izračunava se prema sljedećoj formuli:

$$W = (C \times D) / 100$$

gdje je :

W = indeks ekološke signifikantnosti

C = konstantnost vrste A

D = dominantnost vrste

Vrijednosti indeksa ekološke signifikantnosti dijele se u 5 skupina (Gomoiu i Skolka 2001; Dumitrescu 2003; Iordache i Borza 2008)

1. W1 subrecedentne: <0,1 %
2. W2 recedentne: 0,1 – 1 %
3. W3 subdominantne: 1,1 – 5 %
4. W4 dominantne: 5,1 – 10 %
5. W5 eudominantne: >10 %

pri čemu vrijednosti W1 podrazumijevaju slučajne, W2 i W3 dodatne, a W4 i W5 karakteristične sistematske kategorije.

Na poljima u istraživanju također su utvrđeni indeksi bioraznolikosti. Tako je različitost pronađenih i determiniranih vrsta kukaca utvrđena pomoću Shannon Wiener indeksa (H) izračunatog prema sljedećoj formuli:

$$H = - \sum_{i=1}^s \rho_i \ln \rho_i$$

gdje je:

ρ_i = omjer (n/N) jedinki jedne određene sistematske kategorije (n) i ukupnog broja jedinki svih vrsta

ln = prirodni logaritam

s = broj sistematskih kategorija

Shannon-Wiener indeks (H) je osjetljiviji na brojnost rijetkih vrsta. Vrijednost indeksa se kreće između 0,0 i 5,0. U većini slučajeva izračunata vrijednost je između 1,0 i 3,5. Vrijednosti iznad 3,0 indikacija su stabilnog staništa dok one manje od 1,0 ukazuju na onečišćenje ili degradaciju okoliša (Magurran 1988; Franin 2016).

Osim toga, različitost pronađenih vrsta je utvrđena i pomoću Simpsonovog indeksa (D) koji uzima u obzir broj prisutnih vrsta, kao i relativnu brojnost svake vrste. Kako se povećava bogatstvo i ujednačenost vrsta u smislu njihove brojnosti, tako se povećava i raznolikost. Simpsonov indeks je osjetljiviji od Shannonovog indeksa na promjene dominantnih vrsta (Durbešić 1988), a vrijednosti indeksa su između 0 i 1. Kada je vrijednost ovog indeksa veća različitost u zajednici je manja pa vrijednost 0 označava potpunu različitost zajednice. Simpsonov indeks izračunat je prema formuli:

$$D = \frac{\sum n(n-1)}{N(N-1)}$$

gdje je:

n = broj jedinki pojedine sistematske kategorije

N = ukupan broj jedinki svih sistematskih kategorija

Ujednačenost vrsta unutar zajednice pokazuje je li u zajednici prisutan manji broj vrsta s velikim brojem jedinki ili veći broj vrsta s malim brojem jedinki, ili se zajednica sastoji od vrsta s ujednačenim brojem jedinki (Durbešić 1988), a izračunava se kao Shannonov indeks ujednačenosti (EH). Kada se promatraju dvije zajednice s istim brojem vrsta veću raznolikost ima zajednica u kojoj su vrste zastupljene s podjednakim brojem jedinki, dok manju raznolikost pokazuje zajednica u kojoj određene vrste dominiraju, a druge imaju manji broj jedinki (Pielou 1974, cit. Durbešić 1988). Vrijednosti ovog indeksa su između 0 i 1 gdje 1 označava potpunu ujednačenost, odnosno veću raznolikost.

Shannonov indeks ujednačenosti izračunat je prema sljedećoj formuli:

$$E_H = \frac{H}{H_{max}} = \frac{H}{\ln S}$$

gdje je:

H = Shannon-Wiener indeks

S = ukupan broj sistematskih kategorija u uzorku

Za utvrđivanje faunističke sličnosti na istraživanim poljima korišten je Sørensen-ov koeficijent (QS) (Sørensen 1948) koji je izračunat prema sljedećoj formuli:

$$CC = \frac{2C}{S1 + S2}$$

gdje je :

CC = Sörensens-ov koeficijent

C = broj zajedničkih vrsta dva lokaliteta

S1 = ukupan broj vrsta determiniran na lokalitetu 1

S2 = ukupan broj vrsta determiniran na lokalitetu 2

3.4.2. Statistička obrada podataka

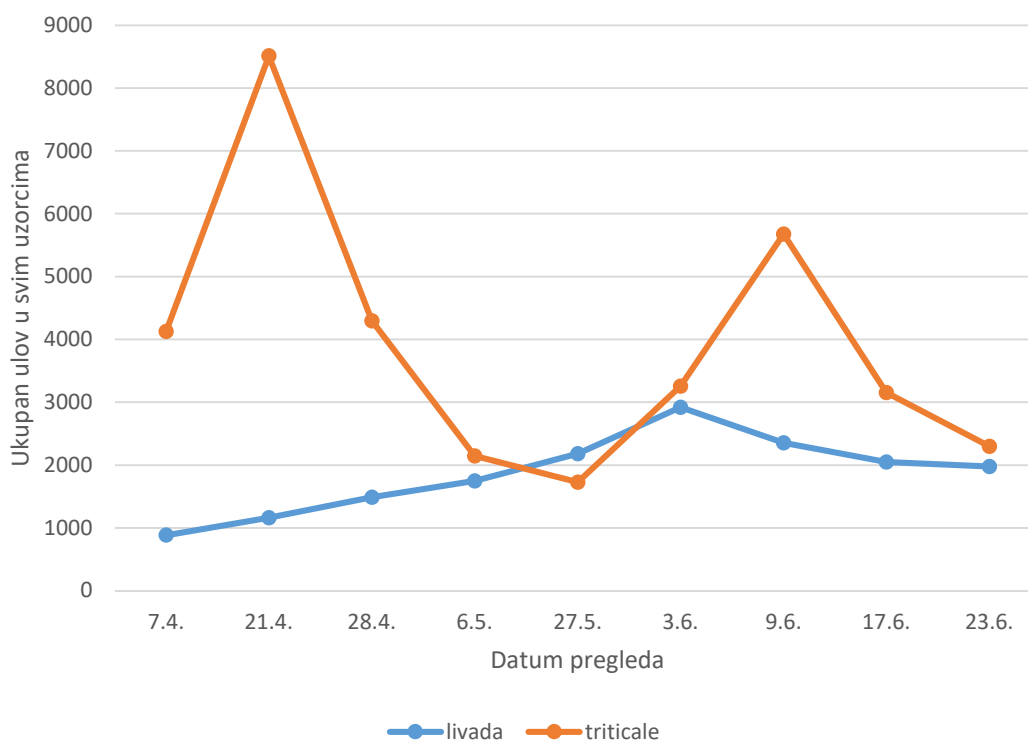
Da bi utvrdili postoji li razlika između polja provedena je analiza varijance ukupnog broja utvrđenih jedinki pripadnika razreda Insecta i razreda Aranea. Srednje vrijednosti rangirane su temeljem testa multiplih rangova po Tukey-u uz sigurnost od 95 % ($p < 0,05$). U slučajevima kada distribucija podataka nije bila ujednačena isti su transformirani uz pomoć $\text{arc.}\sin \sqrt{x}$ transformacije.

Da bi utvrdili postoji li razlika između polja provedena je analiza varijance indeksa bioraznolikosti (Shannon Wiener indeksa (H) i Simpsonovog indeksa različitosti (D) te Shannon indeksa ujednačenosti (EH)). Srednje vrijednosti rangirane su temeljem testa multiplih rangova po Tukey-u uz sigurnost od 95 % ($p < 0,05$).

Statistička obrada podataka provedena je uz pomoć ARM 9 programa (Gylling Data Management, Brookings, South Dakota)

4. Rezultati

Ukupno je tijekom istraživanja prikupljeno 53 370 člankonožaca od čega je 2 624 pripadnika razreda Arachnida i 50 746 pripadnika razreda Insecta. Ukupan ulov na površini na kojoj je zasijan tritikale bio je 36 529 jedinki a na livadi 16 841. Ulov na livadi tijekom cijelog razdoblja ulova blago je rastao do maksimuma utvrđenog 3. lipnja. Na površini pod tritikaleom utvrđena su dva maksimuma, prvi 21. travnja i drugi 9. lipnja (grafikon 4.1). Uhvaćene jedinice razvrstane su do vrste, roda ili porodice, a jedan dio nije bilo moguće identificirati dalje od poreda ili reda. Ukupan broj sistematskih kategorija do kojih su razvrstane uhvaćene jedinice je 117 od čega je ulov sa livade razvrstan u 104 kategorija, a ulov s triticala u 91 kategoriju. Rezultati ukupnog ulova svih identificiranih jedinki razvrstanih u sistematske kategorije te utvrđeni indeksi dominantnosti i indeksi konstantnosti na poljima uključenim u istraživanje prikazani su tablicom 4.1.



Grafikon 4.1. Dinamika ukupnih ulova člankonožaca na poljima uključenim u istraživanje

Tablica 4.1. Ukupni ulov svih identificiranih jedinki razvrstanih u sistematske kategorije, indeksi dominantnosti i indeksi konstantnosti pojedinih sistematskih kategorija na poljima uključenim u istraživanje

| Razred | Red | Podred | Nadporodica / porodica | podporodica | Rod /Vrsta | Ukupni nalaz | | Dominantnost | | Konstantnost | | |
|--------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------|------------|------------------------------------|-----------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------|
| | | | | | | Triticale | Livada | Triticale | Livada | Triticale | Livada | |
| Arachnida- ukupno | | | | | | 1407 | 1214 | 3,85 | 7,21 | 97,22 | 100,00 | |
| Arachnida | Araneae | | | | | 1407 | 1210 | 3,85 | 7,19 | 97,22 | 100,00 | |
| | Ixodidae | | | | | 0 | 4 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 8,33 | |
| Insecta- ukupno | | | | | | 35122 | 15627 | 96,15 | 92,79 | 100,00 | 100,00 | |
| Insecta | Ephemeroidea | Ephemeroidea- ukupno | | | | 1 | 0 | 0,00 | 0,00 | 2,78 | 0,00 | |
| | Dermaptera | Dermaptera- ukupno | | | | 0 | 1 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 2,78 | |
| | Orthoptera | Orthoptera -ukupno | | | | 49 | 191 | 0,13 | 1,13 | 55,56 | 77,78 | |
| | | Ensifera | Ensifera- nedetr. | | | | 30 | 78 | 0,08 | 0,46 | 38,89 | 69,44 |
| | | | Gryllidae | | | <i>Oecanthus pellucens Scopoli</i> | 2 | 0 | 0,01 | 0,00 | 5,56 | 0,00 |
| | | Caelifera | Acrididae | | | | 17 | 113 | 0,05 | 0,67 | 27,78 | 44,44 |
| | Psocoptera | Psocoptera- ukupno | | | | 33 | 13 | 0,09 | 0,08 | 41,67 | 22,22 | |
| | Hemiptera | Hemiptera-ukupno | | | | 25619 | 7145 | 70,13 | 42,43 | 100,00 | 100,00 | |
| | | Auchenorrhyncha | Auchenorrhyncha – nedeterm. | | | | 3385 | 2540 | 9,27 | 15,08 | 94,44 | 100,00 |
| | | | Cercopidae | | | | <i>Cercopis sp.</i> | 22 | 3 | 0,06 | 0,02 | 27,78 |
| | | Heteroptera | Heteroptera- nedetr. | | | | 326 | 1288 | 0,89 | 7,65 | 91,67 | 100,00 |
| | | | Pentatomoidea- nedetr. | | | | 183 | 100 | 0,50 | 0,59 | 50,00 | 41,67 |
| | | | Pentatomidae | | | | <i>Eurygaster sp.</i> | 29 | 15 | 0,08 | 0,09 | 41,67 |
| | | Stenorrhyncha | Aphidoidea | | | | 21653 | 3184 | 59,28 | 18,91 | 100,00 | 100,00 |
| | | | Psylloidea | | | | 8 | 12 | 0,02 | 0,07 | 13,89 | 27,78 |
| | | Hymenoptera | Hymenoptera-ukupno | | | | 988 | 1582 | 2,70 | 9,39 | 100,00 | 100,00 |
| | | | Symphyta | Symphyta- nedetr. | | | | 3 | 61 | 0,01 | 0,36 | 8,33 |
| | Cepidae | | | | | 3 | 2 | 0,01 | 0,01 | 5,56 | 5,56 | |
| | Tenthredinidae - nedeter. | | | | | 0 | 1 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 2,78 | |

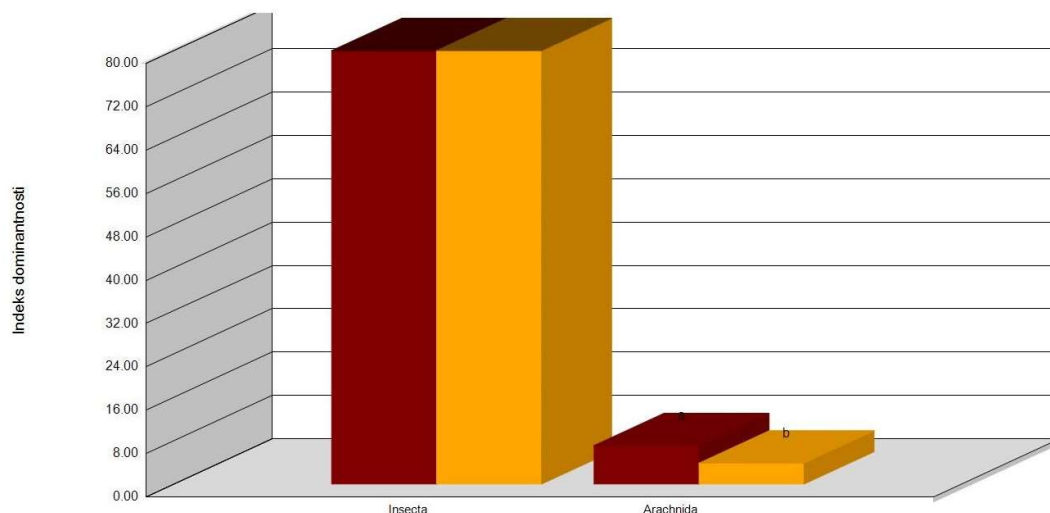
| | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|---------------|-------|
| | | | | <i>Dolerus sp.</i> | 1 | 1 | 0,00 | 0,01 | 2,78 | 2,78 | |
| | | | | <i>Macrophya sp.</i> | 1 | 0 | 0,00 | 0,00 | 2,78 | 0,00 | |
| | Apocrita | Apocrita-nedeterm. | | | 189 | 177 | 0,52 | 1,05 | 80,56 | 86,11 | |
| | | Ichneumonoidea | | | 287 | 375 | 0,79 | 2,23 | 91,67 | 86,11 | |
| | | Chalcidoidea | | | 135 | 301 | 0,37 | 1,79 | 91,67 | 83,33 | |
| | | Mymaridae | | | 94 | 161 | 0,26 | 0,96 | 80,56 | 88,89 | |
| | | Cynipoidea | | | 6 | 18 | 0,02 | 0,11 | 13,89 | 27,78 | |
| | | Diapriidae | | | 1 | 10 | 0,00 | 0,06 | 2,78 | 22,22 | |
| | | Bethylidae | | | 1 | 2 | 0,00 | 0,01 | 2,78 | 5,56 | |
| | | Apoidea | Apoidea – nedetrm. | | | 0 | 6 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 11,11 |
| | | | <i>Eucera sp.</i> | | | 1 | 0 | 0,00 | 0,00 | 2,78 | 0,00 |
| | | | <i>Anthidium sp.</i> | | | 0 | 1 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 2,78 |
| | | | <i>Apis mellifera</i> L. | | | 0 | 2 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 5,56 |
| | | | <i>Polistes sp.</i> | | | 2 | 1 | 0,01 | 0,01 | 5,56 | 2,78 |
| | | Formicidae | Formicidae-nedetermin. | | | 2 | 1 | 0,01 | 0,01 | 5,56 | 2,78 |
| | | | Formicinae | | | 261 | 441 | 0,71 | 2,62 | 72,22 | 91,67 |
| | Myrmicinae | | | | 0 | 21 | 0,00 | 0,12 | 0,00 | 25,00 | |
| | Dolichoderinae | | | | 1 | 0 | 0,00 | 0,00 | 2,78 | 0,00 | |
| | Coleoptera-ukupno | | | | 3610 | 1187 | 9,88 | 7,05 | 100,00 | 100,00 | |
| | | | Coleoptera-nedetrm. | | 18 | 56 | 0,05 | 0,33 | 22,27 | 63,89 | |
| | Adephaga | Carabidae | | Carabidae-nedetermin. | 2 | 0 | 0,01 | 0,00 | 5,56 | 0,00 | |
| | | | <i>Clivina sp.</i> | | | 0 | 1 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 2,78 |
| | | | <i>Microlestes sp.</i> | | | 0 | 1 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 2,78 |
| | | | <i>Diachromus germanus</i> L. | | | 0 | 1 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 2,78 |
| | | | <i>Drypta dentate</i> Rossi | | | 0 | 1 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 2,78 |
| | Polyphaga | | Polyphaga-nedeterm.. | | 3135 | 271 | 8,58 | 1,61 | 80,56 | 97,22 | |
| | | Staphilinoidea | | | 9 | 87 | 0,02 | 0,52 | 13,89 | 55,56 | |
| | | Scaraabeidae | Cetoniinae | <i>Oxythyrea funesta</i> Poda | 0 | 15 | 0,00 | 0,09 | 0,00 | 22,22 | |

| | | | | | | | | | | |
|--|--|-------------------------|-------------------------------------|---|-----|------|------|-------|-------|-------|
| | | | <i>Tropinota hirta</i> | 0 | 1 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 2,78 | |
| | | Cantharidae | <i>Rhagonycha fulva</i> Scopoli | 4 | 50 | 0,01 | 0,30 | 11,11 | 5,56 | |
| | | | <i>Ragonycha sp.</i> | 31 | 2 | 0,08 | 0,01 | 27,78 | 5,56 | |
| | | | <i>Cantharis sp.</i> | 3 | 3 | 0,01 | 0,02 | 5,56 | 16,67 | |
| | | Elateridae | | 30 | 118 | 0,08 | 0,07 | 27,78 | 61,11 | |
| | | Dermestidae | <i>Anthrenus spp.</i> | 0 | 1 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 2,78 | |
| | | Mordellidae | | 2 | 9 | 0,01 | 0,05 | 5,56 | 13,89 | |
| | | Oedmeridae | Oedmerinae | <i>Oedmera sp.</i> | 2 | 17 | 0,01 | 0,10 | 2,78 | 33,33 |
| | | Cleriidae | Clerinae | <i>Trichodes sp.</i> | 0 | 4 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 5,56 |
| | | Melyridae | Melyridae-nedetrmin. | 0 | 16 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 16,67 | |
| | | | Malachiinae | Malachiinae-nedeterm. | 2 | 0 | 0,01 | 0,00 | 5,56 | 0,00 |
| | | | | <i>Malachius sp.</i> | 0 | 11 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 22,22 |
| | | | | <i>Ebaeus flavicornis</i> | 1 | 0 | 0,00 | 0,00 | 2,78 | 0,00 |
| | | Dasytinae | <i>Dolichosoma lineare</i> Stephens | 10 | 5 | 0,03 | 0,03 | 16,67 | 8,33 | |
| | | Cerambicidae | Cerambicinae | <i>Phytoecia sp.</i> | 0 | 4 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 11,11 |
| | | | | <i>Stenopterus rufus</i> L. | 0 | 1 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 2,78 |
| | | | Lamiinae | | 6 | 4 | 0,02 | 0,02 | 11,11 | 8,33 |
| | | Chrysomelidae | Chrysomelidae - nedetrmin. | 12 | 1 | 0,03 | 0,01 | 27,78 | 2,78 | |
| | | | Alticinae | Alticinae-nedetermin. | 35 | 122 | 0,10 | 0,72 | 47,22 | 80,56 |
| | | | | <i>Phyllotreta sp.</i> | 45 | 35 | 0,12 | 0,21 | 33,33 | 33,33 |
| | | | Chrysomelinae | <i>Fasta fastuosa</i> (<i>Chrysolina fastuosa</i> Scopoli) | 0 | 1 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 2,78 |
| | | | Cryptocephalinae | <i>Cryptocephalus sp.</i> | 1 | 6 | 0,00 | 0,04 | 2,78 | 16,67 |
| | | | | <i>Clytra sp.</i> | 0 | 1 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 2,78 |
| | | <i>Labidostomis sp.</i> | | 2 | 2 | 0,01 | 0,01 | 5,56 | 2,78 | |

| | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|---------------|--|--|----|-----|------|------|-------|-------|
| | | | | | <i>Cassida sp.</i> | 0 | 14 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 22,22 |
| | | | Cassidinae | | <i>Hypocassida sp.</i> | 1 | 0 | 0,00 | 0,00 | 2,78 | 0,00 |
| | | | | | <i>Hispa atra L.</i> | 0 | 32 | 0,00 | 0,19 | 0,00 | 47,12 |
| | | | Eumolpinae | | <i>Pachneporus vilosus</i> Duftschmidt | 1 | 12 | 0,00 | 0,07 | 2,78 | 27,78 |
| | | | Bruchinae | | | 24 | 32 | 0,07 | 0,19 | 38,89 | 36,11 |
| | | | Criocerinae | | <i>Oulema sp.</i> | 57 | 4 | 0,16 | 0,02 | 38,89 | 11,11 |
| | | | Galerucinae | | <i>Ophraella communa</i> LeSage | 4 | 3 | 0,01 | 0,02 | 5,56 | 8,33 |
| | | | Donacinae | | <i>Donacia sp.</i> | 0 | 1 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 2,78 |
| | | | Curculionidae | | | 60 | 159 | 0,16 | 0,94 | 61,11 | 88,89 |
| | | | Nitidulidae | | <i>Glischrochilus quadrisignatus</i> Say | 1 | 0 | 0,00 | 0,00 | 2,78 | 0,00 |
| | | | Coccinellidae | | Coccinellidae – nedetmin | 23 | 6 | 0,06 | 0,04 | 19,44 | 13,89 |
| | | | | | <i>Coccinella septempunctata</i> L. | 20 | 2 | 0,05 | 0,01 | 41,67 | 5,56 |
| | | | | | <i>Harmonia axyridis</i> Pallas | 9 | 1 | 0,02 | 0,01 | 13,89 | 2,78 |
| | | | | | <i>Hippodamia variegata</i> Goeze | 5 | 0 | 0,01 | 0,00 | 11,11 | 0,00 |
| | | | | | <i>Tytthaspis sedecimpunctata</i> L. | 45 | 67 | 0,12 | 0,40 | 30,56 | 52,78 |
| | | | | | <i>Subcoccinella vigintiquatuorpu- nctata</i> L. | 2 | 1 | 0,01 | 0,01 | 5,56 | 2,78 |
| | | | | | <i>Psyllobora vigintiduopunc- tata</i> L. | 0 | 1 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 2,78 |
| | | | | | <i>Propylea quatordecimpu- nctata</i> L. | 6 | 1 | 0,02 | 0,01 | 16,67 | 2,78 |
| | | | | | <i>Platynaspis luteorubra</i> Goeze | 1 | 0 | 0,00 | 0,00 | 2,78 | 0,00 |
| | | | | | <i>Pleurophorus sp.</i> | 1 | 4 | 0,00 | 0,02 | 2,78 | 8,33 |

| | | | | | | | | | | | |
|-------------|---------------------|------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Neuroptera | Neuroptera- ukupno | | | | 7 | 5 | 0,02 | 0,03 | 11,11 | 11,11 | |
| | Hemeroptera | | | | 7 | 5 | 0,02 | 0,03 | 11,11 | 11,11 | |
| Lepidoptera | Lepidoptera- ukupno | | | | 55 | 140 | 0,15 | 0,83 | 63,89 | 80,56 | |
| | | | Lepidoptera nedetmin. | | 55 | 138 | 0,15 | 0,82 | 63,89 | 75,00 | |
| | | Zyganeidae | | <i>Zygaena sp.</i> | 0 | 2 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 5,56 | |
| Diptera | Diptera- ukupno | | | | 4760 | 5363 | 13,03 | 31,84 | 100,00 | 100,00 | |
| | | | Diptera- nedetmin. | | 81 | 23 | 0,22 | 0,14 | 72,22 | 27,78 | |
| | Nematocera | | | Nematocera – nedetmin. | | 2424 | 2458 | 6,64 | 14,60 | 100,00 | 100,00 |
| | | | Bibionidae | | <i>Biblio sp.</i> | 2 | 251 | 0,01 | 1,49 | 5,56 | 22,22 |
| | | | Scatopsidae | | | 28 | 6 | 0,08 | 0,04 | 33,33 | 13,89 |
| | | | Sciaroidea | | | 175 | 524 | 0,48 | 3,11 | 91,67 | 100,00 |
| | | | Culicidae | | | 4 | 14 | 0,01 | 0,08 | 11,11 | 22,22 |
| | | | Psychodidae | | | 7 | 26 | 0,02 | 0,15 | 13,89 | 38,89 |
| | | | Tipulomorpha | Tipulomorpha- nedetmin. | | 23 | 12 | 0,06 | 0,07 | 30,56 | 19,44 |
| | | | | Tipulinae | <i>Nephrotoma sp.</i> | 58 | 8 | 0,16 | 0,05 | 30,56 | 11,11 |
| | | | Limoniidae | <i>Limonia sp.</i> | 12 | 0 | 0,03 | 0,00 | 11,11 | 0,00 | |
| | Brachycera | | | Brachycera nedetmin. | | 3 | 1 | 0,01 | 0,01 | 8,33 | 2,78 |
| | | | Stratiomyidae | | | 6 | 4 | 0,02 | 0,02 | 11,11 | 8,33 |
| | | | Rhagonidae | Rhagonidae- nedetmin. | | 2 | 2 | 0,01 | 0,01 | 5,56 | 5,56 |
| | | | | | <i>Rhagio sp.</i> | 6 | 0 | 0,02 | 0,00 | 8,33 | 0,00 |
| | | | Asilidae | | | 0 | 1 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 2,78 |
| | | | Empidoidea | | | 599 | 346 | 1,64 | 2,05 | 86,11 | 91,67 |
| | | | Phoridae | | | 19 | 42 | 0,05 | 0,25 | 38,89 | 52,78 |
| | | | Lonchopteriidae | | | 4 | 25 | 0,01 | 0,15 | 11,11 | 16,67 |
| | | | Syrphidae | Syrphidae- nedetmin. | | 21 | 1 | 0,06 | 0,01 | 50,00 | 2,78 |
| | | | | <i>Melanostoma sp.</i> | 7 | 31 | 0,02 | 0,18 | 16,67 | 36,11 | |
| | | | | <i>Episyrphus balteatus</i> De Geer | 1 | 1 | 0,00 | 0,01 | 2,78 | 2,78 | |
| | | | | <i>Sphaerophoria sp.</i> | 1 | 2 | 0,00 | 0,01 | 2,78 | 2,78 | |
| | Pipunculidae | | | 7 | 12 | 0,02 | 0,07 | 11,11 | 11,11 | | |
| | Acalypterae | | | 1210 | 1527 | 3,31 | 9,07 | 100,00 | 100,00 | | |
| | Calypterae | | | 60 | 46 | 0,16 | 0,27 | 80,56 | 75,00 | | |

Prosječni indeks dominantnosti razreda Arachnida iznosi na livadi 7,21 % i signifikantno je viši od indeksa dominantnosti na površini pod tritikaleom koji iznosi 3,85 %. Istovremeno pripadnici razreda Insecta zastupljeni su na livadi sa 92,79 % i na površini pod tritikaleom sa 96,15 % pri čemu se indeksi dominantnosti signifikantno ne razlikuju (grafikon 4.2).



Grafikon 4.2. Prosječni indeksi dominantnosti razreda Insecta i Arachnida na livadi (tamno smeđe) i na površini pod tritikale-om (narančasto)

Ukupni ulovi na livadi bili su niži (tablica 4.2), no iz rezultata statističke analize ukupnih ulova vidljivo je da su ulovi na površini pod tritikaleom bili viši samo za redove Hemiptera i Coleoptera dok su ulovi redova Orthoptera, Hymenoptera i Lepidoptera bili viši na livadi. Ulovi ostalih redova nisu se statistički opravdano razlikovali. Iz indeksa dominantnosti pojedinih redova prikazanih tablicom 4.3. vidljivo je da su na livadi indeksi dominantnosti redova Aranea, Orthoptera, Hymenoptera, Lepidoptera i Diptera signifikantno viši u odnosu na indekse dominantnosti utvrđene na površini pod tritikaleom. Jedino je indeks dominantnosti reda Hemiptera utvrđen na površini pod tritikaleom signifikantno viši u odnosu na livadu.

Tablica 4.2. Rezultati statističke analize ukupnih ulova za pojedine redove

| Red | Prosječna brojnost/uzorku ± SD | | HSD $p=5\%^{**}$ |
|------------|--------------------------------|---------------------|------------------|
| | Livada | Tritikale | |
| Aranea | 302,50 ± 78,42 | 351,75 ± 20,12 | ns |
| Ixodida | 1,00 ± 1,41 | 0,00 ± 0,00 | ns |
| Ephemera | 0,00 ± 0,00 | 0,25 ± 0,50 | ns |
| Dermaptera | 0,25 ± 0,50 | 0,00 ± 0,00 | ns |
| Orthoptera | 47,73 ± 5,93 a | 11,95 ± 4,10 b | 21,26 |
| Psocoptera | 3,25 ± 2,36 | 8,26 ± 2,50 | ns |
| Hemiptera | 1 786,25 ± 218,24 b | 6 404,75 ± 779,59 a | 915,08 |

| | | | |
|-------------|------------------|-------------------|--------|
| Hymenoptera | 395,50 ± 75,31 a | 247,00 ± 12,08 b | 130,03 |
| Coleoptera | 296,75 ± 59,13 b | 902,50 ± 105,46 a | 261,01 |
| Neuroptera | 1,00 ± 0,25 | 1,63 ± 0,15 | ns |
| Lepidoptera | 35,00 ± 14,17 a | 13,75 ± 7,93 b | 15,06 |
| Diptera | 1 324,92 ± 0,08 | 1 186,84 ± 0,04 | ns |

*vrijednosti označene istim slovom unutar reda statistički se značajno ne razlikuju

** HSD temeljem testa po Tukey-u na razini signifikantnosti od 5%

Tablica 4.3. Rezultati statističke analize indeksa dominantnosti za pojedine redove

| Red | Indeks dominantnosti ± SD | | HSD $p=5\%$ ** |
|-------------|---------------------------|----------------|----------------|
| | Livada | Tritikale | |
| Aranea | 7,10 ± 0,88 a* | 3,88 ± 0,45 b | 2,053 |
| Ixodida | 0,02 ± 0,03 | 0,00 ± 0,00 | ns |
| Ephemerida | 0,00 ± 0,00 | 0,01 ± 0,01 | ns |
| Dermaptera | 0,01 ± 0,01 | 0,00 ± 0,00 | ns |
| Orthoptera | 1,14 ± 0,83 a | 0,13 ± 0,47 b | 0,308 |
| Psocoptera | 0,08 ± 0,06 | 0,09 ± 0,03 | ns |
| Hemiptera | 42,56 ± 1,53 b | 69,96 ± 3,18 a | 6,45 |
| Hymenoptera | 9,37 ± 1,08 a | 2,72 ± 0,30 b | 2,121 |
| Coleoptera | 7,04 ± 0,74 | 9,99 ± 1,90 | ns |
| Neuroptera | 0,03 ± 0,01 | 0,02 ± 0,01 | ns |
| Lepidoptera | 0,82 ± 0,25 a | 0,15 ± 0,08 b | 0,336 |
| Diptera | 31,82 ± 2,67 a | 13,06 ± 1,03 b | 2,923 |

*vrijednosti označene istim slovom unutar reda statistički se značajno ne razlikuju

** HSD temeljem testa po Tukey-u na razini signifikantnosti od 5%

Indeksi ekološke signifikantnosti izračunati za sve redove i za niže sistematske kategorije koje su razvrstane kao dominantne i eudominantne (odnosno imaju indeks dominantnosti iznad 5 %) te kategorija u koju su razvrstani prikazani su tablicom 4.4. pokazuje da su na livadi redovi Psocoptera, Neuroptera, Dermaptera, Ixodida razvrstani u klasu W1 što podrazumijeva slučajne vrste. Na površini pod tritikaleom slučajne vrste su Orthoptera, Psocoptera i Neuroptera. Dodatne vrste razvrstane u klase W2 i W3 na površini pod tritikaleom su red Aranea, Heteroptera, Hymenoptera, Lepidoptera i Acalypterae iz reda Diptera. Na livadi dodatne vrste su Orthoptera, podred Polyphaga (nedeterminirane vrste) iz reda Coleoptera te Lepidoptera. Ostale sistematske kategorije (W4 i W5) su karakteristične za oba staništa. Sistematske kategorije Auchenorrhyncha i Nematocera na livadi su eudominantne, a na površini pod

tritikaleom dominantne. Jedino su sistematske kategorije Aphidioidea i Diptera eudominantne na obje površine.

Tablica 4.4. Indeksi ekološke signifikantnosti redova i dominantnih i eudominantnih nižih sistematskih kategorija

| Red | Niža kategorija | sist. | Tritikale | | Livada | |
|-------------|--------------------|-------|---|--------|---|-------|
| | | | Indeks ekološke signifikantnosti (W) | Klasa* | Indeks ekološke signifikantnosti (W) | Klasa |
| Aranea | | | 3,74 | W3 | 7,19 | W4 |
| Ixodida | | | 0 | - | 0,0017 | W1 |
| Ephemerida | | | 0 | - | 0 | - |
| Dermaptera | | | 0 | - | 0,0003 | W1 |
| Orthoptera | | | 0,07 | W1 | 0,88 | W2 |
| Psocoptera | | | 0,04 | W1 | 0,018 | W1 |
| Hemiptera | | | 70,13 | W5 | 42,43 | W5 |
| | Heteroptera | | 0,82 | W2 | 7,65 | W4 |
| | Auchenorrhyncha | | 8,75 | W4 | 15,08 | W5 |
| | Aphidoidea | | 59,28 | W5 | 18,91 | W5 |
| Hymenoptera | | | 2,70 | W3 | 9,39 | W4 |
| Coleoptera | | | 9,88 | W4 | 7,05 | W4 |
| | Polyphaga | | 6,91 | W4 | 1,56 | W3 |
| Neuroptera | | | 0,002 | W1 | 0,003 | W1 |
| Lepidoptera | | | 0,1 | W2 | 0,67 | W2 |
| Diptera | | | 13,03 | W5 | 31,84 | W5 |
| | Nematocera | | 6,64 | W4 | 14,60 | W5 |
| | Acalyptratae | | 3,31 | W3 | 9,07 | W4 |

*Klasa: W1-subrecedentne $W < 0,1$; W2-recedentne $W = 0,1-1,0$; W3 –subdominantne $W = 1,1-5$; W4- dominantne $W = 5,1-10$; W5- eudominantne $W = > 10$

Iz rezultata statističke analize Shannon-Wienerovog indeksa (H), Simpsonovog indeksa (D) i Shannonovog indeksa ujednačenosti (E_H) (tablica 4.5) vidljivo je da su Shannon-Wiener indeks i Simpsonov indeks signifikantno viši na livadi u odnosu na tritikale, a istovremeno nisu prisutne signifikantne razlike između Shannonovog indeksa ujednačenosti za oba polja.

Tablica 4.5. Rezultati statističke analize Shannon-Wienerovog indeksa (H), Simpsonovog indeksa (D) i Shannonovog indeksa ujednačenosti (E_H) na istraživanim poljima

| | Prosječna vrijednost indeksa ± SD | | |
|-----------|-----------------------------------|--------------------|--|
| | Shannon Wiener indeks (H) | Simpson indeks (D) | Shannonov indeks ujednačenosti (E _H) |
| Livada | 2,86 ± 0,01 a | 0,88 ± 0,01 a | 0,67 ± 0,02 |
| Tritikale | 1,55 ± 0,05 b | 0,63 ± 0,06 b | 0,37 ± 0,07 |
| | 0,544 | 0,082 | ns |

Livada i tritikale preklapaju se u 82 % pronađenih vrsta, odnosno Sørensenov indeks različitosti iznosi za ova dva polja 0,82.

5. Rasprava

Na livadi je zabilježen rast brojnost jedinki u uzorcima do 03.06., a potom lagani pad, dok je kod površine pod tritikaleom zabilježen nagli pad 27.05., a potom opet nagli rast. Prilikom kečiranja prikuplja se i biljni materijal u vidu otpalih cvjetova, prašnika i sjemenki. 27.05. tritikale je odbacivao prašnike te je masa prašnika zauzimala velik udio u volumenu cjelokupnog uzorka zbog čega je došlo do raspadanja manjih jedinki člankonožaca, uključujući Nematocere i lisne uši, što je moguće objašnjenje naglog pada brojnosti. Methven i sur. (1995) navode da bi nakon svakih nekoliko zamaha kečer trebao isprazniti kako bi se izbacio biljni materijal jer u suprotnom može doći do oštećenja kukaca i ostalih uhvaćenih organizama. To u ovom istraživanju nije bilo moguće jer bi se izbacivanjem biljnog materijala izbacili i člankonošci. Zbog velike količine biljnog materijala nije bilo moguće izbrojati resičare (Thysanoptera) i skokunce (Collembola) te su oni isključeni iz ovog istraživanja. Spafford i Lortie (2013) navode da samo kečiranje nije dovoljno pouzdana metoda za procjenu cjelokupnog sastava populacije člankonožaca na nekom području, ali je pouzdana za istraživanje pauka (Aranea), resokrilaca (Thysanoptera) i rjeđih vrsta kukaca.

Iako je na površini pod tritikaleom prikupljen znatno veći broj člankonožaca nego na livadi, rezultati pokazuju da su jedino pripadnici reda Hemiptera i razreda Arachnida brojniji na toj lokaciji u odnosu na livadu. Brojnosti Hemiptera na ovom staništu najviše pridonose lisne uši (Aphidoidea) koje čine skoro 60 % ukupnog ulova na ovoj lokaciji. Iako su lisne uši također najbrojniji organizmi na livadi, na njoj čine tek 18,9 % ukupnog ulova. Jedno od mogućih objašnjenja znatno većeg broja ovih kukaca na površini pod tritikaleom je uporaba mineralnih gnojiva. Mineralna gnojiva mogu utjecati na povećanje populacija lisnih uši na više načina, putem privremenog povećanja hranjiva u biljci te povećanjem mase vegetativnih organa biljke (Garratt i sur. 2009).

Na površini pod tritikaleom zabilježen je i veći broj grabežljivih božjih ovčica (*Coccinella septempunctata* L., *Hippodamia variegata* Goeze, *Harmonia axyridis* Pallas, *Propylea quatordecimpunctata* L.) u odnosu na livadu. Prijašnja istraživanja potvrđuju korelaciju brojnosti vrsta *Coccinella septempunctata* i *Propylea quatordecimpunctata* s populacijama lisnih uši (Honěk 1983; Elliott i Kieckhefer 2000). Kao staništa lisnih uši, poljoprivredne površine mogu pozitivno djelovati na populacije cvjetnih muha (Syrphidae) pružajući izvor hrane njihovim grabežljivim ličinkama (Madureira i sur. 2022). Nedeterminirane Syrphidae kategorija su koja obuhvaća ličinke i kukuljice prikupljene kečiranjem s vegetacije, a njihov broj veći je na tritikaleu, što pokazuje pozitivnu korelaciju brojnosti grabežljivih ličinki ove skupine s populacijama lisnih uši, što je u skladu s rezultatima istraživanja kojeg je proveo Honěk (1983).

Duelli i Obrist (1998) navode da je raznolikost vrsta stjenica (Heteroptera) dobar indikator sveukupne raznolikosti kukaca na određenom staništu. U ovom istraživanju, stjenice nisu determinirane do vrste, ali rezultati pokazuju da je brojnost pripadnika rodova *Eurygaster* i *Aelia* bila veća na tritikaleu, no dominantnost roda *Eurygaster* bila je skoro ista i na tritikaleu i na livadi. Prisutnost štetnih vrsta stjenica i na poljoprivrednoj površini i na poluprirodnim staništima potvrđena je i u istraživanju Laterza i sur. (2023) Isti autori navode da poluprirodna staništa pružaju alternativne izvore hrane, mjesta za prezimljenje i razmnožavanje te omogućuju

prezimljenje većeg broja jedinki, zbog čega poljoprivredne površine u kompleksnim krajolicima s brojnim poluprirodnim staništima mogu biti ugroženije od napada štetnika. Osim održavanja populacija fitofagnih kukaca, takva staništa također mogu podržavati veće populacije parazitoidnih i grabežljivih organizama (Schaefer i Panizzi 2000; González i sur. 2017; González i sur. 2020; cit. Laterza i sur. 2023). Nedeterminirani pripadnici nadporodice Pentatomoidea također su imali veću brojnost na tritikaleu, a obuhvaćali su nimfe koje nisu mogle biti determinirane do niže sistematske kategorije. Pretpostavka je da su dio tog broja činile nimfe žitnih stjenica (*Eurygaster* sp. i *Aelia* sp.) s obzirom da su u razdoblju prikupljanja uzoraka uočene nimfe stjenica kako se hrane na klasovima što je karakteristika ovih rodova.

Populacija Orthoptera znatno je veća na livadi, nego na površini pod tritikaleom. U ovaj red pripadaju uglavnom herbivorne vrste koje ovise o sastavu vegetacije i mikroklimatskim uvjetima, zbog čega su njihove populacije manje na poljima žitarica zbog homogenosti vegetacije (Kovács-Hostyánszki i sur. 2011).

Na livadi je zabilježen i veći broj mrava (Formicidae), što je u skladu s istraživanjem Scharnhorsta i sur. (2021). Prijašnja istraživanja populacija pauka (Aranea) uglavnom su provedena pomoću zamki koje se postavljaju u tlo i služe za prikupljanje faune koja se kreće po površini tla (*pitfall* i *funnel* zamke), a rezultati su varirali. Batary i sur. (2008) utvrdili su da agrotehnički zahvati na poljima žitarica negativno utječu na raznolikost vrsta pauka, a drugi autori (Clough i sur. 2005, cit. Batary i sur. 2008) nisu otkrili negativan utjecaj površina pod žitaricama na pauke, ali su utvrdili pozitivan utjecaj poluprirodnih staništa. Gotovo jednak broj pauka na tritikaleu i na livadi možda su posljedica migracije populacija između dva staništa (*spillover* efekt) (Batary i sur. 2008).

Shannon-Wiener indeks pokazuje veću bioraznolikost livade i veću stabilnost tog staništa u odnosu na tritikale. Shannonov indeks ujednačenosti nešto je veći za livadu nego za tritikale, čemu vjerojatno doprinosi velik udio lisnih uši na površini pod tritikaleom, dok su na livadi populacije ujednačenije, no ta razlika nije statistički signifikantna. Ove podatke koji se odnose na bioraznolikost cijele zajednice člankonožaca na ova dva staništa nije bilo moguće u potpunosti usporediti sa sličnim istraživanjima, jer se ona u pravilu fokusiraju na određene skupine članokonožaca te se pri njihovom prikupljanju koriste drugačije metode, specifično namijenjene prikupljanju tih skupina.

Sörensov indeks pokazuje da se površina pod tritikaleom i livada poklapaju u 82 % pronađenih vrsta. Do ove pojave možda je došlo zbog blizine polja tritikalea okolnim livadama zbog čega je moguće da je došlo do migracije populacija člankonožaca na tritikale i obratno. Ova pojava javlja se kod porodice Aranea (Batary i sur. 2008) i kod odraslih jedinki porodice Syrphidae (Gabriel i sur. 2010), a poluprirodna staništa mogu podržavati populacije štetnika (Laterza i sur. 2023), ali i predatora i parazitoida (Schaefer i Panizzi 2000; González i sur. 2017, González i sur. 2020; cit. Laterza i sur. 2023).

6. Zaključci

Rezultati istraživanja pokazali su da se površina pod tritikaleom i livada razlikuju u brojnosti i dominantnosti pojedinih skupina člankonožaca; redovi Hemiptera i Coleoptera statistički su značajno brojniji na tritikaleu nego na livadi, dok su na livadi brojniji pripadnici reda Orthoptera, Hymenoptera, Lepidoptera i Diptera.

Na obje površine najbrojniji i najdominantniji red je Hemiptera, ali na površini pod tritikaleom vidljiva je znatno veća brojnost i dominantnost lisnih uši (Aphidoidea) u odnosu na livadu. Znatno veće populacije lisnih uši na tritikaleu vjerojatno su posljedica gnojidbe mineralnim gnojivima, koja povećanjem mase vegetativnih organa i hranjiva u biljci pogoduje razvoju lisnih uši.

Vrijednost Shannon-Wiener indeksa bioraznolikosti statistički je značajno viši na livadi što označava veću raznolikost vrsta i veću stabilnost ovog staništa u odnosu na površinu pod tritikaleom. Sörensov koeficijent iznosi 0,82 što pokazuje preklapanje 82 % vrsta na ova dva staništa. Ovaj podatak može se objasniti migracijom populacija člankonožaca s jednog staništa na drugo. Ove rezultate, koji se odnose na cijelu zajednicu člankonožaca, nije bilo moguće precizno usporediti s ostalim istraživanjima, jer se ona u pravilu fokusiraju na određene skupine člankonožaca, a pri prikupljanju faune često su korištene drugačije metode.

Ovakva istraživanja će, zbog daljnjeg širenja poljoprivrednih površina i njihovog utjecaja na bioraznolikost, sve više dobivati na važnosti. Zbog toga ih je potrebno nastaviti provoditi u budućnosti i pri tome koristiti odgovarajuće metode prikupljanja kako bi se dobili što precizniji rezultati.

7. Literatura

1. APPRRR - Agencija za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju (2012) Vodič kroz višestruku sukladnost, Ministarstvo poljoprivrede https://www.iusinfo.hr/Appendix/DDOKU_HR/DDHR20110705N75_34_1.pdf - pristup 15.07.2024.
2. Altieri M.A. (1999) The ecological role of biodiversity in agroecosystems, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74, 1–3, 19-31 doi: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00028-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00028-6).
3. Balarin I. (1974) Fauna Heteroptera na krmnim leguminozama i prirodnim livadama u SR Hrvatskoj, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet poljoprivrednih znanosti, Doktorska disertacija.
4. Bašić F. (1994) Klasifikacija oštećenja tala Hrvatske, *Agronomski glasnik*, 3-4/94, 291-310
5. Batary P., Kovács-Hostyánszki A., Báldi A. (2008) Management effects on carabid beetles and spiders in Central Hungarian grasslands and cereal fields, *Community Ecology*, 9(2), 247-254 doi: 10.1556/ComEc.9.2008.2.14.
6. Bokulić A., Budinščak Ž., Čelig D., Deždek B., Hamel D., Ivić D., Novak M., Mrnjavčić Vojvoda A., Nikl N., Novak N., Novaković V., Pavunić Miljanović Z., Peček G., Poje I., Prpić I., Rehak T., Ševar M., Šimala M., Turk R. (2015) Priručnik za sigurno rukovanje i primjenu sredstava za zaštitu bilja, Ministarstvo poljoprivrede, Zagreb
7. Brühl C.A., Zaller J.G. (2019) Biodiversity Decline as a Consequence of an Inappropriate Environmental Risk Assessment of Pesticides, *Frontiers in Environmental Science*, 7, 177 doi: 10.3389/fenvs.2019.00177
8. Clough Y., Kruess A., Kleijn D., Tscharrntke T. (2005) Spider diversity in cereal fields: Comparing factors at local, landscape and regional scales, *Journal of Biogeography*, 32, 11, 32 doi: 10.1111/j.1365-2699.2005.01367.x.
9. Dankowicz Z. R., Dankowicz E. (2019) Field/Photo ID for Flies, <https://sites.google.com/view/flyguide> - pristup 2024.
10. Duelli P., Obrist M.K. (1998) In search of the best correlates for local organismal biodiversity in cultivated areas, *Biodiversity and Conservation*, 7, 297–309 doi: 10.1023/A:1008873510817
11. Dumitrescu I. (2003) *Ecologie generală*, Editura Universitas, Petrosani
12. Durbešić P. (1988) Upoznavanje i istraživanje kopnenih člankonožaca, Mala ekološka biblioteka, Hrvatsko ekološko društvo, dr. A. Pelivan, Zagreb.
13. DZS - Državni zavod za statistiku <https://podaci.dzs.hr/2023/hr/75168> - pristup 12.07.2024.
14. EFSA (2024) - European food safety and authority <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/pesticides>. - pristup 10.07.2024.
15. Elliott N., Kieckhefer R.W. (2018) Response by coccinellids to spatial variation in cereal aphid density, *Population Ecology*, 42, 1, 81-90 doi: 10.1007/s101440050012
16. Erisman J.W., Eekeren N., Wit J., Koopmans C., Cuijpers W., Oerlemans N., Koks B. (2016) Agriculture and biodiversity: a better balance benefits both, *AIMS Agriculture and Food*, 1(2), 157-174 doi: 10.3934/agrfood.2016.2.157

17. European Commission (2022) Factsheet – a greener and fairer CAP https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2022-02/factsheet-newcap-environment-fairness_en_0.pdf - pristup 13.07.2024.
18. European Commission (2023) Approved 28 CAP, Strategic Plans (2023-2027), Summary overview for 27 Member States, Facts and figures, <https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-06/approved-28-cap-strategic-plans-2023-27.pdf> - pristup 15.07.2024.
19. FAO (2021) Land use statistics and indicators statistics, Global, regional and country trends 1990–2019, FAOSTAT Analytical Brief Series No. 28, Rome.
20. FAO (2023) Land use statistics and indicators 2000–2021, Global, regional and country trends, FAOSTAT Analytical Briefs Series No.71, Rome. <https://doi.org/10.4060/cc6907en>
21. FIS - Fitosanitarni informacijski sustav <https://fis.mps.hr/fis/javna-trazilica-szb/pregled/1624> - pristup 11.07.2024.
22. Franin K. (2016) Fauna stjenica (Insecta: Heteroptera) u ekološkoj infrastrukturi vinograda. Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, 95
23. Gabriel D., Sait S.M., Hodgson J.A., Schmutz U., Kunin W.E., Benton T.G. (2010) Scale matters: the impact of organic farming on biodiversity at different spatial scales, *Ecology Letters*, 858–869 doi: 10.1111/j.1461-0248.2010.01481.x
24. Garratt M.P.D., Wright D.J., Leather S.R. (2010) The effects of organic and conventional fertilizers on cereal aphids and their natural enemies, *Agricultural and Forest Entomology*, 12, 3, 307-318 doi: 10.1111/j.1461-9563.2010.00480.x
25. Gill J. P. K., Sethi N., Mohan A., Datta S., Girdhar M. (2018) Glyphosate toxicity for animals, *Environmental chemistry letters*, 16, 401-426 <https://doi.org/10.1007/s10311-017-0689-0>
26. Gill H.K., Garg H. (2014) Pesticide: environmental impacts and management strategies, In: *Pesticides-toxic aspects* (Larramendy M.L. i Soloneski S., Ur.), InTech, Rijeka doi: 10.5772/57399
27. Gomoiu T.M., Skolka M. (2001) *Ecologie, Metodologii pentru studii ecologice*, Universitatea „Ovidius”, Constanța
28. Goulet H., Huber J.T. (1993) *Hymenoptera of the world: A identification guide to families*, Agriculture Canada, Research Branch, IV Series, Ottawa
29. Gylling Data Management Inc. (2024) (ARM 2024 ® GDM Software, Revision 2024.4, March 18, 2024 (B = 27997); Gylling Data Management Inc.: Brookings, SD, USA, 2019
30. HAOP - Hrvatska agencija za okoliš i prirodu <https://www.haop.hr/hr/tematska-podrucja/odrzivo-koristenje-prirodnih-dobara-i-ekoloska-mreza/ekoloska-mreza/upravljanje> - pristup 15.07.2024.
31. Herbert L.T., Vázquez D.E., Arenas A., Farina W.M. (2014) Effects of field-realistic doses of glyphosate on honeybee appetitive behaviour, *The Journal of Experimental Biology*, 217 (19), 3457–3464, doi: <https://doi.org/10.1242/jeb.109520>
32. Holecová M., Némethová D., Kúdela M. (2005) Structure and function of weevil assemblages (Coleoptera, Curculionoidea) in epigeon of oak-hornbeam forests in sw Slovakia, *Ekológia (Bratislava)*, 24, 179–204

33. Honěk A. (1983) Factors affecting the distribution of larvae of aphid predators (Col., Coccinellidae and Dipt., Syrphidae) in cereal stands, *Journal of Applied Entomology*, 95, 1-5, 336-345 doi: 10.1111/j.1439-0418.1983.tb02652.x
34. Iordache M., Borza I. (2008) *Ecologie și protecția mediului. Tematici aplicative*. Editura Eurobit, Timișoara
35. Katalinić I., Krnić S., Brstilo M., Poljak F., Rakić M., Buković Šošić B., Lukšić M., Pavlović D., Bičak L., Danjek I., Jukić I., Pejaković D., Zagorec D. (2009) Načela dobre poljoprivredne prakse, *Ministarstvo poljoprivrede ribarstva i ruralnog razvoja, Zagreb* https://www.savjetodavna.hr/wp-content/uploads/2024/06/nacela_dobre_poljoprivredne-prakse.pdf - pristup 18.07.2024.
36. Koppert <https://www.koppert.hr/> - pristup 09.07.2024.
37. Kovács-Hostyánszki A., Kőrösi A., Orcib K.M., Batáryc P., Báldib A. (2011) Set-aside promotes insect and plant diversity in a Central European country, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 141, 296– 301 doi: 10.1016/j.agee.2011.03.004
38. Laterza I., Dioli P., Tamburini G. (2023) Semi-natural habitats support populations of stink bug pests in agricultural landscapes, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 342 doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108223>.
39. Lechenet M., Dessaint F., Py G., Makowski D., Munier-Jolain, N. (2017) Reducing pesticide use while preserving crop productivity and profitability on arable farms, *Nature Plants*, 3, 17008 doi: 10.1038/nplants.2017.8
40. Lompe A. (2002) Die Käfer Europas, Ein Bestimmungswerk im Internet <https://coletonet.de/coleo/index.htm> - pristup 2024.
41. Madureira M., Rodrigues I., Villa M., Pereira J.A. (2022) The surrounding landscape shapes the abundance of *Sphaerophoria scripta* and *Melanostoma mellinum* (Diptera: Syrphidae) in Portuguese vineyards, *Agricultural and Forest Entomology*, 25, 2, 206-216 doi: 10.1111/afe.12544
42. Magurran A.E. (1988) *Ecological diversity and its measurement*. Chapman and Hall, London, 179
43. Manas F., Peralta L., Raviolo J., Ovando H.G., Weyers A., Ugnia L., Gorla N. (2009) Genotoxicity of glyphosate assessed by the comet assay and cytogenetic tests, *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 28(1), 37–41
44. Martini C.N., Gabrielli M., Codesido M.M., Del Vila M.C. (2016) Glyphosate-based herbicides with different adjuvants are more potent inhibitors of 3T3-L1 fibroblast proliferation and differentiation to adipocytes than glyphosate alone, *Comparative Clinical Pathology*, 25(3), 607–613
45. Médiène S., Valantin-Morison M., Sarthou J.P., Tourdonnet S., Gosme M., Bertrand M., Roger-Estrade J., Aubertot J.N., Rusch A., Motisi N., Pelosi C., Doré T. (2011) Agroecosystem management and biotic interactions: a review, *Agronomy for Sustainable Development*, 31, 491–514 doi 10.1007/s13593-011-0009-1
46. Methven K., Jeffords M., Weinzierl R., McGiffen K. (1995) How to collect and preserve insects, *Illinois Natural History Survey Special Publication* 17, 76
47. Mocanu I., Tălmăciu M., Tălmăciu N. (2017) The structure and abundance of invertebrate fauna in wheat crop. *Current Trends in Natural Sciences*, 6(12), 190-196

48. Moonen A.C., Bàrberi P. (2008) Functional biodiversity: An agroecosystem approach, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 127, 1–2, 7–21 doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.02.013>
49. Mora C., Tittensor D.P., Adl S., Simpson A.G.B., Worm B. (2011) How Many Species Are There on Earth and in the Ocean? *PLOS Biology* doi:10.1371/journal.pbio.1001127
50. Kline O., Joshi N.K. (2020) Mitigating the Effects of Habitat Loss on Solitary Bees in Agricultural Ecosystems, *Agriculture*, 10(4), 115 doi: <https://doi.org/10.3390/agriculture10040115>
51. Orford K.A., Vaughan I.P., Memmott J. (2015) The forgotten flies: the importance of non-syrphid Diptera as pollinators, *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282, 20142934 doi: <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2014.2934>
52. Patole S.S. (2017) Review on Beetles (Coleopteran): An Agricultural Major Crop Pests of the World, *International Journal of Life-Sciences Scientific Research*, 3(6), 1424–1432 doi: 10.21276/ijlssr.2017.3.6.1
53. Pennington T., Reiff J.M., Theiss K., Entling M.H. Hoffmann C. (2018) Reduced fungicide applications improve insect pest control in grapevine, *BioControl*, 63, 687–695 doi: [https://doi.org/10.1007/s10526-018-9896-2\(0123456789](https://doi.org/10.1007/s10526-018-9896-2(0123456789)
54. Polaszek A., Vilhensen L. (2023) Biodiversity of hymenopteran parasitoids, *Current Opinion in Insect Science*, 56, 101026 doi: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2023.101026>
55. Presuda od 19. siječnja 2023. Pesticide Action Network Europe i drugi, C-162/21, ECLI:EU:C:2023:30, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=ecli:ECLI%3AEU%3AC%3A2023%3A30> - pristup 18.07.2024.
56. Dharambir Singh P., Delu V., Yodha K., Dahiya T., Kour A., Punia N. (2022) Role of birds in agroecosystem: A review on agricultural and economic ornithology, *The Pharma Innovation Journal*, 2300–2314.
57. Rawat U.S., Agarwal N.K. (2015) Biodiversity: Concept, threats and conservation, *Environment Conservation Journal*, 16(3), 19–28
58. Rutledge C.E., Eigenbrode S.D. (2003) Epicuticular wax on pea plants decreases instantaneous search rate of *Hippodamia convergens* larvae and reduces attachment to leaf surfaces, *The Canadian Entomologist*, 135(1), 93–101 doi:10.4039/n02-044
59. Sánchez-Bayo F., Wyckhuys K.A.G. (2019) Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers, *Biological Conservation*, 232, 8–27 doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>
60. Scheibli L., Elsenhans T., Wolf H., Stemme T. Pffeffer S.E. (2023) Influence of the pesticide flupyradifurone on mobility and physical condition of larval green lacewings, *Scientific Reports*, 13, 19804 doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-46135-7>
61. Scharnhorst V.S., Fiedler K., Frank T., Moser D., Rabl D., Brandl M., Hussain R.I., Walcher R., Maas B. (2021) Ant community composition and functional traits in new grassland strips within agricultural landscapes, *Ecology and Evolution*, 11(12), 8319–8331 doi: 10.1002/ece3.7662
62. Schowalter T.D., Noriega J.A., Tschardtke T. (2018) Insect effects on ecosystem services—Introduction, *Basic and Applied Ecology*, 26, 1–7 doi: <https://doi.org/10.1016/j.baae.2017.09.011>

63. Schwarzmüller F., Kastner T. (2022) Agricultural trade and its impacts on cropland use and the global loss of species habitat, *Sustainability Science*, 17, 2363–2377
64. Sluijs J.P. (2020) Insect decline, an emerging global environmental risk, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 46, 39-42 doi: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2020.08.012>
65. Sørensen, T. (1948) A Method of Establishing Groups of Equal Amplitudes in Plant Sociology Based on Similarity of Species Content and Its Application to Analyses of the Vegetation on Danish Commons. *Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, Biologiske Skrifter*, 5, 1-34.
66. Stehle S., Schulz R. (2015) Pesticide authorization in the EU—environment unprotected? *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 19632–19647 doi: 10.1007/s11356-015-5148-5
67. Stork N.E. (2018) How Many Species of Insects and Other Terrestrial Arthropods Are There on Earth? *Annual Review of Entomology*, 63, 31–45 doi: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043348>
68. Storkey J., Meyer S., Still K., Leuschner C. (2011) The impact of agricultural intensification and land-use on the European arable flora, *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* doi: 279. 1421-9. 10.1098/rspb.2011.1686.
69. Spafford R.D., Lortie C.J. (2013) Sweeping beauty: is grassland arthropod community composition effectively estimated by sweep netting? *Ecology and Evolution*, 3(10), 3347–3358 doi: 10.1002/ece3.688
70. Šimunić I., Špoljar A. (2007) Tloznanstvo i popravak tla (II dio) (skripta), Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, Križevci
71. Tarla S., Atay T., Kara K., Tarla G. (2023) Tachinid (Diptera: Tachinidae) parasitoids reared from some hemipterous hosts from Türkiye, *The Turkish Journal of Entomology*, 47(2), 215-223 doi: 10.16970/entoted.1205259
72. Thongprakaisang S., Thiantanawat A., Rangkadilok N., Tawit Suriyo T., Satayavivad J. (2013) Glyphosate induces human breast cancer cells growth via estrogen receptors, *Food and Chemical Toxicology*, 59, 129–136 doi: 10.1016/j.fct.2013.05.057
73. Tihelka E., Cai C., Giacomelli M., Lozano-Fernandez J., Rota-Stabelli O., Huang D., Engel M.S., Donoghue P.C.J., Pisani D. (2021) The evolution of insect biodiversity, *Current Biology*, 19, 1299-1311 doi: 10.1016/j.cub.2021.08.057
74. Ugarković D., Matijević M., Tikvić I., Popić K. (2021) Neka obilježja klime i klimatskih elemenata na području grada Zagreba, *Šumarski List*, 145(9-10), 479-488.
75. UN (1992) Convention on Biological Diversity, June 5, 1992, 1760 U.N.T.S., 79, 143, 31 I.L.M. 818
76. Unwin W.D. (1981) A key to the families of British Diptera, *Field Studies* 5, 513-533
77. Uredba (EZ) br. 1107/2009 Europskog parlamenta i Vijeća od 21. listopada 2009. o stavljanju na tržište sredstava za zaštitu bilja i stavljanju izvan snage direktiva Vijeća 79/117/EEZ i 91/414/EEZ - <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=celex%3A32009R1107> - pristup 18.07.2024.
78. van Dijk M., Morley T., Rau M.L., Saghai Y. (2021) A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010–2050, *Nature Food* 2, 494–501 doi: <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00322-9>

79. Varvara M.D., Zamfirescu S., Neascu P. (2001) *Lucrări practice de ecologie: manual*, Universitatea "Al. I. Cuza" Iasi, Facultatea de Biologie, 152
80. Weisser W.W., Siemann E. (2004) The Various Effects of Insects on Ecosystem Functioning, In: Weisser W.W., Siemann E. (Ur.) *Insects and Ecosystem Function*, Ecological Studies, 173, Springer, Berlin, Heidelberg doi: 10.1007/978-3-540-74004-9_1
81. Wyss U. (1997) Root Parasitic Nematodes: An Overview, In: Cellular and molecular aspects of plant-nematode interactions, *Developments in Plant Pathology*, (Fenoll C., Grundler F.M.W., Ohl S.A., Ur.), 10, 5-22 Springer, Dordrecht doi: 1007/978-94-011-5596-0_2
82. Zubrod J.P., Bundschuh M., Arts G., Brühl C.A., Imfeld G., Knäbel A., Payraudeau A., Rasmussen J.J., Rohr J., Scharmüller A., Smalling K., Stehle S., Schulz R., Schäfer R.B. (2019) Fungicides: An Overlooked Pesticide Class? *Environmental Science & Technology journal*, 53, 3347–3365

Životopis

Petra Marija Rajković rođena je 27.01.2000. u Zagrebu. 2014. godine upisuje Žensku opću gimnaziju Družbe sestara milosrdnica s pravom javnosti u Zagrebu gdje je maturirala 2018. godine. Iste godine upisuje preddiplomski sveučilišni studij Agroekologija na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu kojeg završava 2021. godine i stječe titulu sveučilišne prvostupnice inženjerke agroekologije (univ.bacc.ing.agr) te upisuje diplomski sveučilišni studij Agroekologija. Na fakultetu je sudjelovala u izvannastavnim aktivnostima Vrtlarska i Entomološka grupa, a bila je aktivna i u Udruzi studenata biologije (BIUS). Govori engleski jezik (stupanj C1), a na računalu se služi programima MS Word, MS Excel i MS PowerPoint.