

UNIVERZITET U BEOGRADU

BIOLOŠKI FAKULTET

Milan D. Plećaš

**PREDEONO-EKOLOŠKA ANALIZA  
DIVERZITETA I INTERAKCIJA SISTEMA  
ŽITNE VAŠI – PARAZITOIDI  
(HOMOPTERA; HYMENOPTERA)**

doktorska disertacija

Beograd, 2013

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF BIOLOGY

Milan D. Plećaš

**LANDSCAPE SCALE STUDY OF  
DIVERSITY AND INTERACTIONS IN  
CEREAL APHIDS – PARASITIDS  
SYSTEM (HOMOPTERA;  
HYMENOPTERA)**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2013

**Mentor:**

**dr Željko Tomanović**, redovni profesor

Univerzitet u Beogradu

Biološki fakultet

**Članovi komisije:**

**dr Aleksandar Četković**, docent

Univerzitet u Beogradu

Biološki fakultet

**dr Olivera Petrović-Obradović**, redovni profesor

Univerzitet u Beogradu

Poljoprivredni fakultet

**Datum odbrane:**

Eksperimentalni deo doktorske disertacije je urađen u okviru projekta osnovnih istraživanja (143006) i projekta integralnih interdisciplinarnih istraživanja Ministarstva prosvete i nauke (43001), u okviru Katedre za ekologiju i geografiju životinja i Katedre za zoologiju beskičmenjaka i entomologiju Biološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

Zahvaljujem se mojim mentorima prof. Željku Tomanoviću i prof. Aleksandru Četkoviću na ukazanoj šansi i poverenju, i dodatno na spremnosti da se zajedno sa mnom upuste u avanturu kroz nepoznate teritorije predeone ekologije. Bez njihovih ideja, znanja i iskustva ova avantura bi bila mnogo teža. Posebno želim da im se zahvalim na ukazanom strpljenju i na pomoći prilikom interpretacije rezultata. Zahvalnost dugujem i prof. Oliveri Petrović-Obradović na pomoći i sugestijama koje su doprinele kvalitetu ovog rada.

Želeo bih da se zahvalim kolegama iz Nemačke, dr Teja Tschardtke i dr Carsten Thies na velikoj pomoći prilikom osmišljavanja dizajna istraživanja i interpretacije rezultata. Posebnu zahvalnost dugujem dr Vesni Gagić na ogromnoj pomoći koju mi je pružila prilikom statističke obrade podataka. Bez nje bih i dalje lutao mračnim ulicama statistike. Želim da se zahvalim i dr Jasmini Krpo-Četković koja je, iako to možda nije želela, ipak indirektno učestvovala u realizaciji delova ove disertacije.

Želim da se zahvalim i *svim* mojim prijateljima koji su mi na različite načine pomogli. Cimerima iz Vesele Komune i Valinora, dr Anđeljku Petroviću i dr Vladimiru Jovanoviću što su pre mene doktorirali i na taj način me motivisali da zauzmem svoje mesto Trećeg, a posebno, Vladimiru Jovanoviću što mi je postavljao pitanja koja ponekad i nisam želeo da čujem. Zahvaljujem se Marini Janković koja je zajedno sa mnom čučala u poljima, uvek u vedrom raspoloženju, što me je svojom vožnjom podsećala da je život ipak vredan življenja i što mi je pružila brojne konstruktivne razgovore. Želim da izrazim zahvalnost i Aleksandri Penezić i Jovani Bila-Dubaić što su me prijateljski slušale kada mi je to bilo potrebno, iako možda nisu u potpunosti razumele moje očajničko trabunjanje. Želeo bih da se zahvalim i Vladimiru Farkašu, Marku Tomiću, Aljoši i Mariji Tanasković i Bogdanu i Danici Stojiljković na svim „čašicama“ prijateljskog razgovora koje su mi pružili.

NA KRAJU, HVALA MOJIM RODITELJIMA, SESTRI JELENI I NJENIM KLINCIMA NA PRUŽENOJ LJUBAVI, RAZUMEVANJU I PODRŠCI.

# PREDEONO-EKOLOŠKA ANALIZA DIVERZITETA I INTERAKCIJA SISTEMA ŽITNE VAŠI – PARAZITOIDI (HOMOPTERA; HYMENOPTERA)

## Rezime

Intenzifikacija poljoprivrede predstavlja jedan od globalnih procesa sa izrazito negativnim efektima na biodiverzitet. Održavanje visokog nivoa biodiverziteta neophodno je za obezbeđivanje ekosistemskih usluga, od kojih su neke, poput biološke kontrole štetoina, od velike važnosti u agroekosistemima. Rezultati sve većeg broja studija ukazuju na to da elementi i karakteristike kompozicije i konfiguracije poljoprivrednih predela imaju ključnu ulogu u očuvanju, odnosno, narušavanju agrobiodiverziteta. Predeono-ekološki pristup u agroekologiji proučava uticaj različitih obrazaca i procesa u savremenoj poljoprivrednoj praksi na mehanizme degradacije biodiverziteta i gubitak funkcionalnosti njegovih komponenti. Posebno je značajno upoznati obrazce i trendove u trofičkim interakcijama koje povezuju intenzivno korišćene agroekosisteme i okolna poluprirodna i prirodna staništa. U ovom istraživanju, analizirani su efekti predeonih karakteristika na diverzitet i interakcije model sistema žitne vaši – parazitoidi na području Pančevačkog rita. Istraživanje je bilo podeljeno u tri dela kako bi se ispitali efekti tri različita aspekta predeone heterogenosti. Cilj prvog dela istraživanja bio je određivanje efekta predeone kompleksnosti izražene preko procenta prirodnih i poluprirodnih staništa (heterogenost tipova staništa) na model sistem. Odabrane su dve jasno diferencirane kategorije predela: 1) kompleksni predeli (>50% poluprirodnih staništa) i 2) jednostavni predeli (<30% poluprirodnih staništa) kako bi se testirala razlika između ovih kategorija. Ukupno je analizirano 50 predeonih sektora u toku četiri godine (2008-2011). Drugi deo istraživanja bio je koncipiran da se odrede efekti predeone kompleksnosti izražene preko veličine pojedinačnih polja (heterogenost konfiguracije poljoprivrednih površina) na model sistem. Ponovo, određene su dve jasno diferencirane kategorije predela: 1) predeli sa pretežno malim poljima (<3 ha) i 2) predeli sa velikim poljima (>20 ha). Analizirano je 24 predeona sektora u toku dve godine (2008-2009). Treći deo bio je fokusiran na određivanje efekata različitog tipa ivice polja na model sistem. Kontrastirana su dva tipa ivice polja: 1) ivica sa poluprirodnom vegetacijom i 2) ivica bez poluprirodne vegetacije.

Analizirano je 12 predeonih sektora u toku dve godine (2008-2009). Dodatno, analizirana je promena brojnosti biljnih vašiju tokom sezona sa namerom da se odredi nivo parazitiranosti koji odgovara efektu uspešne biološke kontrole. U toku celokupnog istraživanja zabeležene su 4 vrste biljnih vašiju, 7 vrsta parazitoida i 9 vrsta hiperparazitoida. Rezultati prvog dela istraživanja ukazuju na to da kompleksni predeli koji sadrže veći procenat prirodnih i poluprirodnih staništa podržavaju veću brojnost biljnih vašiju kao i da imaju veći procenat parazitiranosti, diverzitet parazitoida i diverzitet hiperparazitoida. Uočena povećana brojnost biljnih vašiju u kompleksnim predelima je u suprotnosti sa početnim očekivanjima, ali je potvrđeno da kompleksni predeli podržavaju veću uspešnost parazitoida. Rezultati drugog dela istraživanja pokazuju da ne postoji jasno izražen efekat predeone kompleksnosti izražene preko veličine pojedinačnih polja na proučavani model sistem. Suprotno očekivanjima, nije uočena razlika u brojnosti biljnih vašiju i procentu parazitiranosti između predela sa malim i predela sa velikim poljima. Razlika je uočena jedino u promeni brojnosti biljnih vašiju i procentu parazitiranosti između faza generalno i između faza u zavisnosti od predela što ukazuje da je efekat biološke kontrole izraženiji u jednostavnim predelima sa velikim poljima, a da povećavanju brojnosti biljnih vašiju pogoduju kompleksni predeli sa malim poljima. Rezultati trećeg dela pokazuju da je brojnost biljnih vašiju veća na ivici polja, posebno na ivici sa poluprirodnom vegetacijom, a da tip ivice polja nema nikakav efekat na parazitiranost. Takođe, diverzitet parazitoida nije bio značajno različit u odnosu na tip i udaljenost od ivice polja. Procenjeni nivoi parazitiranosti koji odgovaraju stagnaciji brojnosti biljnih vašiju između faza ukazuju na to da se efekat uspešne biološke kontrole pojavljuje u intervalu 19-27% parazitiranosti. Primećeno je da postoji varijabilnost u stepenu ispoljavanja efekata predela na model sistem na nivou godina, ali da se određeni generalni trendovi mogu uočiti.

**Ključne reči:** biljne vaši, parazitoidi, hiperapazitoidi, agroekosistemi, predeona kompleksnost, efekat ivice, biološka kontrola

**Naučna oblast:** Ekologija

**Uža naučna oblast:** Predeona ekologija i Agroekologija

**UDK broj:** [[595.79:632.937]:[574.3:632.752]]:[633.11:712.24](043.3)

# LANDSCAPE SCALE STUDY OF DIVERSITY AND INTERACTIONS IN CEREAL APHIDS – PARASITOID SYSTEM (HOMOPTERA; HYMENOPTERA)

## Summary

Agricultural intensification and associated farming practices are among the most significant human impacts on the global environment. Increase in agricultural land-use area and the intensification of crop management are causing numerous environmental problems, including loss of biodiversity and degradation of some key ecosystem services, such as biological control. Numerous studies have emphasized the importance of landscape scale effects in these processes. To determine how agricultural intensification affects agrobiodiversity and accompanied ecological service (biological control), we examined effects of key landscape features on aphid–parasitoid complex in winter wheat agroecosystems in Pančevački rit region. Study was organized in three parts. Aim of the first part was to determine effect of landscape compositional heterogeneity defined through proportion of crop vs. non-crop land in landscape sectors. Two broadly contrasting classes were selected: complex landscapes, characterized by more than 50% of non-crop land cover (forests, fallows, pastures, hedgerows and shrubs), and simple landscapes, with much less than 30% of non-crop land. Total of 50 landscape sectors were sampled in course of four years (2008-2011). In the second part of the study, effects of configurational landscape heterogeneity of crop habitats were tested through contrasting landscape sectors dominated by small fields (field size averaging less than 3 ha) and landscape sectors dominated by large fields (field size averaging more than 20 ha). Total of 24 sectors were sampled in two years (2008-2009). In the third part, aim was to analyze edge effects of field margin types on aphid–parasitoid interactions. Two markedly different margin types were selected: one bordering on irrigation canal with permanent semi-natural shrub vegetation, and the other close to service road without semi-natural vegetation. Total of 12 fields were sampled in two years (2008-2009). Additionally, changes in aphid population growth and parasitism rates between phases were monitored to determine parasitism threshold

value for effective biological control. In total, 4 aphid species, 7 parasitoid species and 9 hyperparasitoid species were found. Results show that complex landscapes with higher proportion of non-crop land support larger aphid populations and higher parasitism rates, as well as higher diversity of both parasitoids and hyperparasitoids. Second part of the study revealed non-significant landscape effects on overall aphid abundances and parasitism rates. Contrary to initial expectation, no differences in analyzed parameters between small- and large-field landscapes were detected. Only detected effect was differential change during season in aphid population growth (stronger in small-field landscapes) and in parasitism rate (higher in large-field landscapes). Results of the third part show that larger aphid population are found near field margin, especially near margin bordering on permanent semi-natural shrub vegetation. Contrary to initial expectations, field margin type had no effect on parasitoids. Parasitism threshold value for effective biological control was estimated to be in 19-27% range. Values above this range regularly resulted in drop of aphid population densities. It was observed that there is temporal variability in the strength of landscape effects on aphid–parasitoids complex, but that general trends and conclusion how different landscape features affect model system can be proposed.

Key words: aphids, parasitoids, hyperparasitoids, landscape complexity, edge effect, biological control

Scientific field: Ecology

Specific scientific field: Landscape Ecology and Agroecology

UDC number: [[595.79:632.937]:[574.3:632.752]]:[633.11:712.24](043.3)



## Sadržaj

1. Uvod .....	1
1.1. Agroekologija .....	2
1.2. Predeona ekologija.....	3
1.3. Ekosistemske usluge i biodiverzitet u agroekosistemima.....	5
1.4. Poljoprivredna intezifikacija i ugrožavanje biodiverziteta u agroekosistemima .	12
1.5. Kratki pregled stanja poljoprivrede u Srbiji .....	16
1.6. Predeona heterogenost .....	18
1.7. Predeoni aspekti biološke kontrole u agroekosistemima.....	21
1.8. Kompleks biljnih vašiju i njihovih parazitoida na pšenici.....	23
2. Ciljevi rada i radne hipoteze .....	33
3. Materijal i metode.....	36
3.1. Opis istraživnog područja .....	37
3.2. Analizirani parametri .....	39
3.3. Dizajn istraživanja .....	40
3.4. Statističke analize .....	44
4. Rezultati.....	46
4.1. Predeoni efekti heterogenosti tipova staništa (kompoziciona heterogenost) na model sistem biljne vaši-parazitoidi .....	47
4.2. Predeoni efekti heterogenosti konfiguracije poljoprivrednih površina (veličine polja) na model sistem biljne vaši-parazitoidi .....	60
4.3. Uticaj različitog karaktera ivične zone polja na model sistem biljne vaši-parazitoidi .....	69
4.4. Parazitiranost i promena brojnosti biljnih vašiju u zavisnosti od tipa predela ....	78
5. Diskusija.....	80

5.1. Faunistički sastav model sistema biljne vaši-parazitoidi u agroekosistemima pšenice na području Pančevačkog rita .....	81
5.2. Predeoni efekti heterogenosti tipova staništa (kompoziciona heterogenost) na model sistem biljne vaši-parazitoidi .....	83
5.3. Predeoni efekti heterogenosti konfiguracije poljoprivrednih površina (veličine polja) na model sistem biljne vaši-parazitoidi .....	85
5.4. Uticaj različitog karaktera ivične zone polja na model sistem biljne vaši-parazitoidi .....	87
5.5. Nivoi parazitiranosti i efekat uspešne biološke kontrole .....	89
6. Zaključci .....	91
7. Literatura .....	96

## **1. Uvod**

## 1.1. Agroekologija

Tokom poslednjih nekoliko decenija, došlo je do postepene implementacije saznanja dobijenih na polju ekologije u okvire poljoprivrede. Na taj način je nastalo novo, multidisciplinarno polje pod imenom agroekologija. Prema Wezel & Soldat (2009), kovanica agroekologija je prvi put upotrebljena u naslovu jednog naučnog rada 1928. godine, ali je sve do '80-ih i '90-ih godina prošlog veka broj publikacija vezanih za agroekološke teme bio relativno mali. Tek u poslednjoj deceniji prošlog veka, a posebno nakon 2000. godine počinje da raste interesovanje naučne zajednice za ovo polje. Wezel & Soldat (2009) navode da je toku 2006. i 2007. godine objavljeno po 75 publikacija koje u naslovu imaju reč „agroekologija“ i naglašavaju da postoji izrazita tendencija povećavanja ovog broja.

Gliessman (2007) definiše agroekologiju kao „nauku koja koristi ekološke koncepte i principe da osmisli i omogući održive sisteme za proizvodnju hrane“. Francois *et al.* (2003) daju znatno širu perspektivu agroekologije definišući je kao „integrativnu studiju ekologije čitavog sistema za proizvodnju hrane, uključujući tu ekološke, ekonomske i sociološke aspekte“. Iz ovoga se može videti da se na jednom kraju spektra agroekologija dodiruje i preklapa sa ekologijom i zaštitom životne sredine dobijajući na taj način mogućnost da objasni ne samo agroekološke procese koji se dešavaju na malim prostornim skalama (u okviru i između poljoprivrednih polja) kao što su biološka kontrola štetočina, oprašivanje ili kruženje nutrijenata, već i procese koji se događaju na znatno većim prostornim skalama, poput fragmentacije i gubitka staništa, eutorfikacije i klimatskih promena (Tomich *et al.*, 2011). Na drugom kraju spektra agroekologija se dodiruje sa društvenim naukama koje se bave sociološkim i kulturološkim problemima. Sagledavanje i razumevanje trenutne agroekološke situacije nekog područja, a još važnije implementaciju novih metodologija i poljoprivrednih strategija i planova nije moguće uraditi bez razumevanja socioloških i kulturoloških aspekata društva datog područja (stavovi individualnih farmera, politika poljoprivrednih kombinata, agrarna politika države, dostupna tehnologija i ekonomska mogućnost njene implementacije, stavovi javnog mnjenja i sl.).

## 1.2. Predeona ekologija

Predeona ekologija je jedna od najmlađih grana ekologije. Pojam „predeona ekologija“ je osmislio nemački biogeograf Karl Troll krajem '30-ih godina prošlog veka u pokušaju da objedini prostorni („horizontalni“) pristup iz geografije sa funkcionalnim („vertikalnim“) pristupom iz ekologije (Farina, 2006). Značajniji razvoj predeone ekologije kao samostalne i zaokružene discipline dešava se znatno posle perioda Drugog svetskog rata, a prekretnicu označava pojava dve istoimene knjige (Naveh & Lieberman, 1984; Forman & Godron, 1986).

Predeona ekologija se u hijerarhijskom smislu nalazi između ekosistemske ekologije i ekologije zajednica sa jedne strane i globalne ekologije sa druge strane, a takođe u nju su inkorporirani i neki elementi biogeografije. Procesi koje proučava predeona ekologija se događaju na nivou predela. Predeo se kao pojam može definisati na više načina. Detaljan pregled različitih definicija se može videti u Farina (1998), gde se može uočiti da se definicije menjaju u zavisnosti od pristupa problemu. Na taj način predeona ekologija može imati više botanički, zoološki, ekosistemski, geografski pa čak i kulturološki karakter. Ipak, kao jedna od generalizovanih definicija predela može se uzeti sledeća: „Predeli su veći delovi neke teritorije, koji se sastoje od kombinacije više jasno definisanih ekosistema i tipova zemljišnog pokrivača koji su strukturno i funkcionalno povezani“. Prostorna skala predela može obuhvatati relativno male prostorne celine veličine nekoliko kvadratnih kilometara pa sve do velikih celina veličine nekoliko desetina ili čak i stotina kvadratnih kilometara, a izabrana skala zavisi od procesa i organizama koji se proučavaju. Farina (1998) je predložio da treba izabrati onaj nivo prostorne skale koji nam omogućava da dobijemo najviše informacija o proučavanom procesu.

Problemi kojima se bavi predeona ekologija su raznovrsni i brojni, ali se može izdvojiti nekoliko procesa i elemenata koji predstavljaju centralne teme predeone ekologije. To su: narušavanje prirode, fragmentacija staništa, stvaranje koridora i konektivnost, prostorna (predeona) heterogenost i stvaranje ekotona (Farina, 1998). Nijedan od ovih procesa niti elemenata ne deluje samostalno i nezavisno od ostalih. Lokalno narušavanje staništa je u bliskoj vezi sa fragmentacijom na širem području iz

čega proističe stvaranje koridora uz koje uvek postoje i ekotonski efekti. Svaki novi prostorni obrazac koji se stvori nekim procesom sa svoje strane stvara nove procese (Farina, 1998). Posebno je bitna prostorna heterogenost predela jer ona na različite načine utiče na sve ostale elemente i procese.

Narušavanje prirode se može definisati kao diskretni događaj u vremenu koji menja predele, ekosisteme, zajednice i populacije modifikujući podlogu, fizičke uslove i dostupnost resursa (White & Picket, 1985). Ono se gotovo može smatrati osnovnim procesom koji uzrokuje mnoge druge procese poput fragmentacije staništa, migracije životinja, lokalne i regionalne ekstinkcije i sl. (Farina, 1998). Glavne karakteristike svakog narušavanja su njegov obim, trajanje i učestalost. Iako postoje brojni prirodni uzroci narušavanja, danas su najvažniji i najuticajniji oni oblici narušavanja prirode koje uzrokuje čovek. Zapravo, čitava poljoprivredna praksa je samo jedan od oblika narušavanja prirode na globalnoj skali.

Fragmentacija staništa je proces u kome se veća celina nekog staništa pretvara u više manjih, prostorno izolovanih fragmenata (EEA, 2011). Fragmentacija ima izrazito negativan uticaj na očuvanje biodiverziteta, a u poslednjih stotinu godina ovaj proces je dobio globalni karakter (Farina, 1998). Zbog toga se fragmentacija smatra jednom od osnovnih tema predeone ekologije. Deo teorijske osnove za analizu procesa fragmentacije može se naći u teoriji ostrvske biogeografije (MacArthur & Wilson, 1967) iako je za potpuno razumevanje ovog procesa potrebno uključiti i postojanje koridora i ekotona koji ne postoje u pomenutoj teoriji, a takođe, potrebno je uključiti i mnoge elemente iz teorije metapopulacija (Levins, 1969). Dva osnovna pojma prilikom proučavanja fragmentacije su matriks i fragmenti, ali potrebno je uzeti u obzir i oblik, veličinu i karakter pojedinačnih fragmenata, zatim njihove međusobne odnose i povezanost, odnosno izolovanost. Takođe, brzina i stepen fragmentacije značajno utiču na krajnji ishod u smislu stepena gubitka biodiverziteta.

Jedna od posledica fragmentacije je i stvaranje koridora – manje ili više povoljnih staništa koji povezuju fragmente. Koridori u značajnoj meri mogu ublažiti negativne efekte fragmentacije omogućavajući komunikaciju između fragmenata i migraciju životinja, ali takođe mogu predstavljati barijere za neke druge vrste ili pak puteve širenja invazivnih vrsta (Farina, 1998). Konektivnost fragmenata je bitna

karakteristika fragmentacije koja zapravo pokazuje kolika je mogućnost da se razdvojene populacije mešaju. Ona je u direktnoj vezi sa postojanjem koridora, tipom matriksa i karakteristikama samih vrsta (disperzivnost, otpornost na stres i sl.).

Heterogenost u opštem smislu se može definisati kao neujednačena, neslučajna distribucija objekata (Forman, 1995). U ekološkom smislu, heterogenost predela se može podeliti u tri tipa (Farina, 1998): 1) prostorna heterogenost, 2) vremenska heterogenost i 3) funkcionalna heterogenost. Prostorna heterogenost iskazuje raspored i zastupljenost različitih tipova staništa i zajednica u nekom predelu. Ona može biti horizontalna i vertikalna i predstavlja jednu od najznačajnijih karakteristika prilikom predeone analize. Vremenska heterogenost pokazuje šta se događa sa prostornom heterogenošću tokom vremena dok funkcionalna opisuje raznovrsnost dominantnih ekoloških interakcija (između populacija, vrsta, zajednica, itd.) i njihov relativni značaj u očuvanju funkcionalnog integriteta biodiverziteta na različitim nivoima.

Ekotoni se mogu definisati kao prelazne zone između dve zajednice (Odum & Barrett, 2005). Oni mogu nastati prirodnim putem ili usled čovekovog uticaja. Veličina, oblik, cenotički sastav i struktura, stabilnost, otpornost i permeabilnost neki su od mnogobrojnih karakteristika kojima se opisuju ekotoni. Ekotoni su izuzetno varijabilni kako u prostoru tako i u vremenu. U fragmentisanim i od strane čoveka narušenim staništima oni predstavljaju važan izvor ekološke raznovrsnosti predela (Farina, 1998).

### **1.3. Ekosistemske usluge i biodiverzitet u agroekosistemima**

Čovečanstvo koristi mnogobrojne resurse i procese koji se odigravaju unutar i između ekosistema. Svi ti resursi i procesi se jednim imenom mogu nazvati ekosistemske usluge. Prema definiciji koja je data u Milenijumskoj ekosistemskoj proceni (MEA 2003) svaka korist koju čovek ima od ekosistema je ekosistemska usluga (ili servis). Ove usluge se mogu podeliti u četiri opšte grupe: 1) usluge obezbeđivanja

prirodnih dobara („provisioning“), 2) regulatorne usluge („regulating“), 3) kulturološke usluge („cultural“) i 4) podržavajuće usluge („supporting“).

Prirodna dobra koja čovek dobija od ekosistema mogu biti raznolika. Tu se na prvom mestu nalazi hrana, životinjskog ili biljnog porekla ili dobijena od gljiva i mikroorganizama, zatim prirodni materijali poput celuloze, vune i perja, gorivo u vidu drvene mase, različite biohemijske supstance koje se koriste u proizvodnji lekova, genetički resursi koji se koriste u stvaranju gajenih sorti biljaka i životinja i na kraju voda, kako za piće tako i za ostale potrebe. Neke od regulatornih usluga su pročišćavanje vazduha, regulacija nivoa površinskih i podzemnih voda, sprečavanje erozije zemljišta, regulacija klime, regulacija patogena koji mogu ugroziti zdravlje ljudi (kolera), a zatim i niz usluga koje su značajne u poljoprivredi kao što su oprašivanje i biološka kontrola štetočina. U kulturološke usluge spadaju uticaj na stvaranje kulturoloških i socioloških razlika i osobenosti, zatim uticaj na religijsko-spiritualne i obrazovne sisteme, psihološke usluge poput stvaranja osećaja smirenosti i inspiracije, elementi kulturnog nasleđa ili rekreativni elementi i preduslovi za razvoj ekoturizma. Podržavajuće ekosistemске usluge su neophodne za realizaciju svih ostalih usluga. Njihov uticaj na čoveka, za razliku od ostalih usluga, nije direktan već indirektan, ili se događa na znatno većim vremenskim skalama te nije lako uočljiv. Neke od podržavajućih usluga su stvaranje zemljišta, primarna produkcija i kruženje nutrijenata u prirodi.

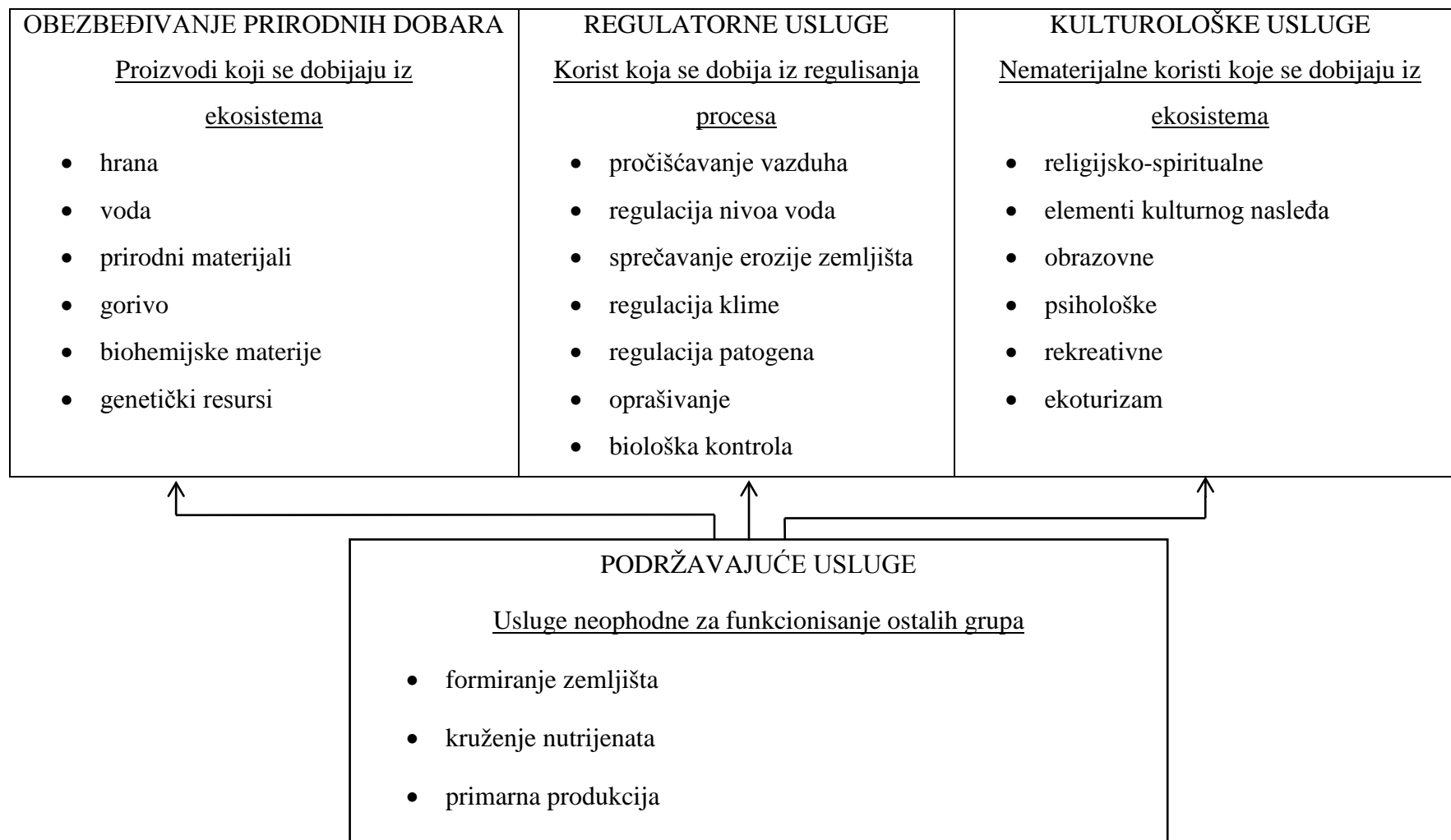
Između navedenih grupa postoji određeno preklapanje jer neke usluge mogu imati više od jedne uloge. Na primer, ekosistem istovremeno reguliše nivo i kretanje vode (regulativna usluga), a na taj način obezbeđuje i čistu vodu (prirodno dobro). Produkti životinjskog i biljnog porekla koji se koriste za ukrašavanje (prirodno dobro) često mogu imati vrednost koja je društveno definisana (kulturološka usluga) dok je sprečavanje erozije zemljišta i regulativna i usluga podrške. U tabeli 1 je dat šematski pregled grupa ekosistemskih usluga i njihovih odnosa.

Mnoge ekosisteme čovek namerno menja u cilju što većeg iskorišćavanja jedne ili više ekosistemskih usluga. Poljoprivredni sistemi predstavljaju najbolji primer toga, gde se gotovo čitav sistem podređuje samo jednog usluzi – obezbeđivanju hrane (EASAC, 2009). Ovo se najčešće radi na račun ostalih ekosistemskih usluga, smanjujući



ih ili čak i u potpunosti isključujući ih. Na ovaj način agroekosistemi gube samoregulatornu sposobnost pa je za njihovo održivo funkcionisanje potrebno konstatno intervenisanje od strane čoveka. Kruženje materije, održavanje plodnosti zemljišta i kontrola patogena i štetočina su glavni procesi koji su narušeni u agroekosistemima (Altieri, 1999). Da bi se ovi procesi nadomestili, dodaju se veštačka đubriva i pesticidi koji negativno utiču na biodiverzitet agroekosistema (videti reference unutar Stoate *et al.*, 2001). Kako je većina ekosistemskih uloga biološkog porekla, održavanje biodiverziteta unutar poljoprivrednih sistema je neophodno za njihovo funkcionisanje (Altieri, 1994).

Tabela 1. Šematski pregled grupa ekosistemskih usluga i njihovih odnosa (modifikovano prema MEA, 2003)



Prema Southwood & Way (1970), biodiverzitet u agroekosistemima zavisi od četiri grupe karakteristika samog agroekosistema:

1. raznovrsnost vegetacije u samom agroekosistemu kao i u okolini agroekosistema,
2. prisutnost različitih useva unutar agroekosistema,
3. intenzitet agrotehničkih mera i
4. stepen izolovanosti agroekosistema od okolnih prirodnih ekosistema.

Elementi biodiverziteta mogu biti klasifikovani prema ulozi koji imaju u funkcionisanju agroekosistema. To je šematski prikazano na slici 1. Imajući ovo u vidu, biodiverzitet agroekosistema se prema funkciji može podeliti na (Swift & Anderson, 1993):

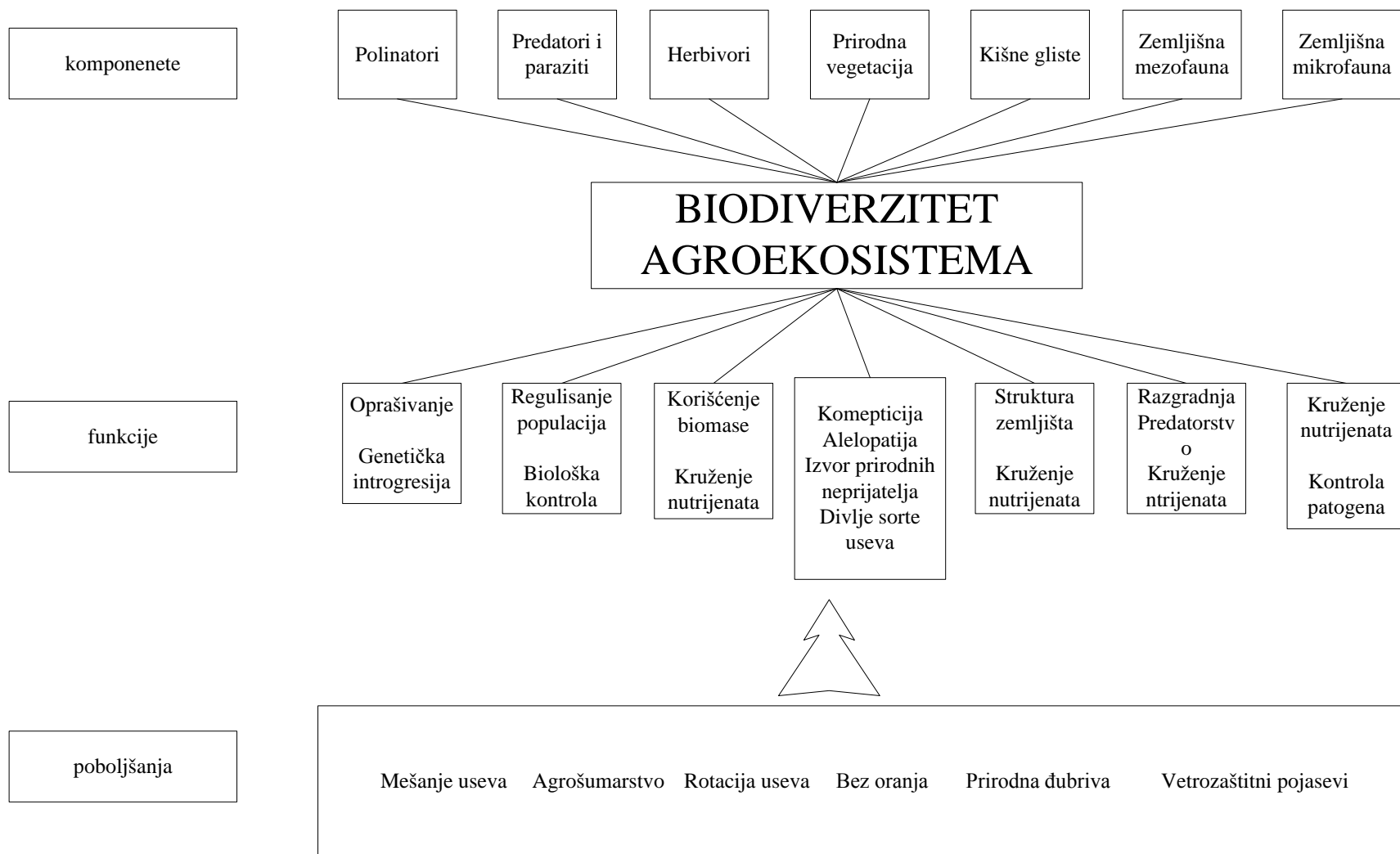
- produktivne elemente: usevi i ostale biljke i životinje izabrane od strane čoveka koji određuju primarnu funkciju agroekosistema,
- biološke resurse: organizmi koji doprinose primarnoj funkciji agroekosistema (proizvodnja dobara) putem polinacije, biološke kontrole, kruženju nutrijenata i sl.,
- neželjene elemente: korovi, štetočine i patogeni čiji negativni uticaj čovek teži da smanji.

Prema Vandermeer & Perfecto (1995), moguće je izdvojiti dve jasno definisane komponente ekosistema. Prva komponenta, planirani biodiverzitet, je biodiverzitet vezan za useve i stoku koji je sa namerom ubačen u agroekosistem od strane čoveka. Ovaj biodiverzitet će zavistiti od obima i tipa agrotehničkih mera, kao i od prostorno-vremenske organizovanosti agrosistema. Druga komponenta je priključeni biodiverzitet. On nije planiran od strane čoveka i uključuje sve žive organizme iz zemljišta i okolnih prirodnih i poluprirodnih ekosistema. Na primer, drveće koje se koristi za stvaranje

senke koja je potrebna određenim biljkama (biljka kafe) uključeno je u planirani biodiverzitet. Takođe, to drveće može biti izvor hrane (nektar cvetova) ili mesta za genžđenje osa koje su predatori ili parazitoidi štetočina. Ose u tom slučaju predstavljaju priključeni diverzitet. Drveće na taj način ima direktnu funkciju (stvaranje senke) i indirektnu funkciju (privlačenje osa) (Vandermeer & Perfecto, 1995).

Do skora je glavna, ako ne i jedina uloga poljoprivrede bila obezbeđivanje hrane i drugih prirodnih dobara čovečanstvu. Ideja da individualni poljoprivrednici mogu imati važnu ulogu u zaštiti prirode i smanjivanju negativnog uticaja čoveka na prirodu, nije bila prisutna ni među poljoprivrednicima, političarima i stručnjacima koji prave strategije razvoja, niti je bila prisutna u javnom mnjenju. Međutim, sa povećanjem obima poljoprivrede da bi se zadovoljile potrebe rastućeg čovečanstva i sa sve evidentnijim uništavanjem prirodne sredine na globalnoj skali postalo je jasno da se moraju napraviti novi modeli poljoprivrede koji će omogućiti održavanje biodiverziteta (Ryszkowski & Karg, 2007).

Kako su ekološke usluge direktno vezane za biodiverzitet, od ključnog je značaja da se u agroekosistima indentifikuju komponente biodiverziteta koje su odgovorne za funkcionisanje ključnih ekosistemskih uloga i da se zatim primene strategije oporavljanja, održavanje i povećavanja agrobiodiverziteta. Na taj način se, povećanjem funkcionalnog biodiverziteta u agroekosistemima, može ostvariti ekološki održiva poljoprivredna produkcija (Altieri, 1999).



Slika 1. Šematski prikaz komponenti, funkcija i poboljšanja biodiverziteta u agroekosistemima (prema Altieri, 1994, modifikovano)

#### 1.4. Poljoprivredna intenzifikacija i ugrožavanje biodiverziteta u agroekosistemima

Ekonomski i tehnološki podsticaji da se poveća poljoprivredna proizvodnja u periodu nakon Drugog svetskog rata, posebno na području Evrope i Severne Amerike, doveli su do izuzetne intenzifikacije poljoprivrede (Gardner, 1996; Krebs *et al.*, 1999) što je u poslednjih nekoliko decenija dovelo do globalnog smanjivanja biodiverziteta u poljoprivrednim područjima (Benton *et al.*, 2003). Na području Evrope poljoprivreda predstavlja glavni tip upotrebe zemljišta, gde se oko 34% ukupne teritorije koristi za proizvodnju useva, a oko 14% za pašnjake (Reidsma *et al.*, 2006).

Promene u strukturi i funkcionisanju predela do kojih dovodi postepena intenzifikacija poljoprivrede mogu biti lagane i teško primetne u manjim vremenskim okvirima (Woltz *et al.*, 2012a). U početku će poljoprivredno zemljište predstavljati samo mali procenat ukupne površine nekog predela i u takvim predelima će prirodna staništa formirati matriks, odnosno dominantni tip zemljišnog pokrivača. U takvim situacijama neke od ekoloških usluga, poput biološke kontrole štetočina, mogu i dalje biti na visokom, relativno nenarušenom nivou. Međutim, kako postoji stalni ekonomski pritisak ka intenzifikaciji poljoprivrede, vremenom se udeo poljoprivrednog zemljišta u predelu povećava i ono postaje dominantni tip zemljišnog pokrivača, odnosno matriks. Takva promena može dovesti do smanjenja biodiverziteta i narušavanja ekoloških usluga, poput slabljenja biološke kontrole štetočina. U kom će trenutku procesa intenzifikacije poljoprivrede u nekom predelu doći do slabljenja biološke kontrole zavisi u velikoj meri, između ostalog, i od biologije štetočina i njihovih prirodnih neprijatelja (Woltz *et al.*, 2012a).

Intenzifikacija poljoprivrede se može okarakterisati kroz tri glavna procesa (Firbank *et al.*, 2008). Iako postoji određeni stepen interakcija između njih, moguće je ove procese gledati zasebno jer svaki od njih deluje na različitoj skali. Ti procesi su:

1. transformacija prirodnih i poluprirodnih staništa u agroekosisteme,

2. transformacija već postojećih poljoprivrednih predela menjajući njihovu namenu i modifikujući unutar njih prostorne i funkcionalne odnose između pojedinačnih polja i odnose ka preostalim poluprirodnim staništima,
3. menjanje sistema upravljanja pojedinačnih polja, odnosno povećavanje upotrebe pesticida, herbicida, veštačkih đubriva i ostalih agrotehničkih mera.

Transformacija prirodnih i poluprirodnih staništa u agroekosisteme je zapravo prvi proces koji dovodi do početnog narušavanja biodiverziteta nekog predela. Tek kada se agroekosistemi ubace unutar prirodnih ekosistema nekog predela i dovedu do fragmentacije originalnih staništa počinju negativno da deluju druga dva procesa intenzifikacije poljoprivrede. Upravo je zbog ovoga fokus naučne zajednice stavljen na ovaj prvi proces. On se najjednostavnije može izraziti preko odnosa udela prirodnih staništa i agroekosistema u nekom predelu, odnosno preko procentualne zastupljenosti bilo preostalih prirodnih staništa, bilo obradivih površina.

U područjima čija je prvenstvena namena poljoprivredna proizvodnja, obradive površine su dominantni tip namene zemljišta. Iako u ovakvim područjima može postojati više vrsta useva koji mogu imati različite uticaje na pojedinačne vrste (Duelli *et al.*, 1999; Burel *et al.*, 2004), može se smatrati da su sva poljoprivredna staništa kratkotrajna, nestabilna i pod jakim pritiskom agrotehničkih mera (Landis & Marino, 1999). Prema tome, agroekosistemi su manje povoljna staništa u odnosu na preostale fragmente prirodnih i poluprirodnih staništa pa je stoga i veći biodiverzitet u fragmentima nego u poljima (Duelli *et al.*, 1999; Duelli & Obrist, 2003; Kruess, 2003; Schmidt & Tschardtke, 2005a). Da bi vrste opstale u poljoprivrednim predelima, moraju imati mogućnost da migriraju između poljoprivrednih i poluprirodnih staništa u zavisnosti od dinamike žetve i setve (Wissinger, 1997). Poluprirodna staništa, poput živica, utrina, šumaraka i vegetacije uz kanale i puteve, predstavljaju relativno stabilna staništa sa manjim stepenom narušavanja od okolnih agroekosistema i imaju funkciju rezervoara za biljke i životinje (de Snoo, 1999; Lee *et al.*, 2001; Marshall & Moonen, 2002; Duelli & Obrist, 2003; van Buskirk & Willi, 2004; Schmidt & Tschardtke, 2005a,b; Grüebler *et al.*, 2008; Steingröver *et al.*, 2010;

Thomson & Hoffmann, 2010; Tschardtke *et al.*, 2011; Al Hassan *et al.*, 2013). Zbog toga predeli koji imaju veći procenat poluprirodnih staništa imaju i veći biodiverzitet u odnosu na predele sa velikim procentom agroekosistema (Steffan-Dewenter 2002, 2003; Kruess, 2003; Weibull & Östman, 2003; Weibull *et al.*, 2003; Purtauf *et al.*, 2005; Schmidt *et al.*, 2005; Holzschuh *et al.*, 2010).

Drugi proces koji utiče na gubitak biodiverziteta u poljoprivrednim predelima je transformacija samog poljoprivrednog zemljišta. Ova transformacija se ogleda prvenstveno u povećavanju veličine polja što se postiže spajanjem pojedinačnih polja. Ova praksa je vrlo izražena u zemljama centralne i zapadne Evrope (Stoate *et al.*, 2001). Povećavanje veličine pojedinačnih polja dovodi do stvaranja „prostornih blokova“ u kojima je prisutna samo jedna vrsta useva. Time se postiže specijalizacija poljoprivrednih celina čime se povećava proizvodnja ekonomski značajnih kultura ujedno postižući da poljoprivredni predeli postaju uniformni sa dominacijom jedne ili svega nekoliko vrsta useva. Raznovrsnost useva je neophodna za ekološke potrebe mnogih vrsta (videti reference unutar Stoate *et al.*, 2001) pa se njen gubitak može negativno odraziti na biodiverzitet celog predela. Treba istaći da proces uvećavanja polja retko kad ide sam, odnosno nezavisno od smanjenja i gubitka poluprirodnih staništa te se i njihovi efekti na gubitak biodiverziteta teško mogu razdvojiti (Firbank *et al.*, 2008).

Treći proces koji predstavlja intenzifikaciju poljoprivrede je povećavanje upotrebe agrotehničkih mera u poljima. Postoji čitav niz agrotehničkih mera koje su u upotrebi, ali se može izdvojiti nekoliko koje imaju najjači uticaj na gubitak biodiverziteta. To su: upotreba pesticida, veštačkih đubriva i oranje.

Pesticidi su raznovrsna grupa jedinjenja čija je funkcija smanjivanje brojnosti korova (herbicidi), štetnih insekata (insekticidi), sitnih sisara (rodenticidi) ili patogenih gljiva (fungicidi). Osim smanjivanja brojnosti ciljnih grupa oni vrlo često imaju efekte, direktne ili indirektne, na širi dijapazon organizama (Geiger *et al.*, 2010; Tschardtke *et al.*, 2012). Intenzivna upotreba neselektivnih herbicida, poput glikofosfata, dovodi do promene u florističkom stastavu i strukturi ne samo poljoprivrednih polja, već i okolnih



poluprirodnih staništa poput živica što negativno utiče na zajednicu beskičmenjaka u tim staništima (Moreby *et al.*, 1994; Moreby, 1997; Haughton *et al.*, 1999). Insekticidi deluju direktno ne samo na štetne insekte u poljima nego i na mnogobrojne druge insekte u široj okolini polja koji mogu imati i korisne funkcije poput biološke kontrole ili oprašivanja. Posebno su opasni organo-fosfatni i piretroidni insekticidi širokog spektra delovanja, poput dimetoata koji je i dalje u širokoj upotrebi (Potts, 1997). Pokazano je da intenzivna upotreba insekticida negativno deluje na mnoge grupe korisnih insekata i drugih beskičmenjaka u okviru poljoprivrednih predela (Moreby *et al.*, 1994; Greig-Smith *et al.*, 1995; de Snoo, 1999; Lee *et al.*, 2001; Stoate *et al.*, 2001; Cortet *et al.*, 2002; Pimentel, 2005; Brittain *et al.*, 2010; i reference unutar njih). Utvrđeno je da fungicidi koji se koriste u poljoprivredi takođe mogu imati negativni uticaj na beskičmenjake u agroekosistemima (Sotherton *et al.*, 1987; Reddersen *et al.*, 1998), a da rodenticidi mogu imati uticaj i na još neke grupe životinja kao što su sove (Shawyer, 1987, prema Stoate *et al.*, 2001).

Upotreba veštačkih đubriva u poljoprivredi je u konstantnom porastu od sredine prošlog veka, iako je u pojedinim državama zabeleženo i smanjenje njihove upotrebe u poslednje dve decenije (Stoate *et al.*, 2001). Stalna i dugotrajna upotreba veštačkih đubriva u poljima uzrokuje njihovo nagomilavanje u poluprirodnim staništima koja se nalaze na ivici ili u blizini polja što izaziva promenu florističkog sastava i strukture tih staništa. Povećana koncentracija nutrijenata u zemljištu pogoduje razvoju jednogodošnjih korova pa se oni u većem procentu javljaju u ivičnim staništima (Boatman *et al.*, 1994). Na taj način ivična staništa mogu predstavljati rezervoare korovskih vrsta, pa ih stoga poljoprivrednici često uzoravaju ili čak i u potpunosti uklanjaju (Boatman, 1989).

Intenzitet i način oranja su takođe značajani uzročnici narušavanja biodiverziteta pre svega zemljišne faune. Hatten *et al.* (2007a,b) i Shrestha & Parajuleeb (2009) su utvrdili da postoji razlika u ukupnom diverzitetu i relativnoj zastupljenosti vrsta iz familije Carabidae između farmi koje koriste različite tipove oranja, dok su Higginbotham *et al.* (2000) pokazali da organske farme i farme koje imaju minimalno narušavanje zemljišta oranjem imaju veću brojnost zemljišnih glista.

## 1.5. Kratki pregled stanja poljoprivrede u Srbiji

Poljoprivredno zemljište u Srbiji obuhvata oko 65% njene ukupne površine (Cooper *et al.*, 2010), odnosno oko 5,1 miliona hektara i podeljeno je između pet osnovnih poljoprivrednih delatnosti. U tabeli 2 je dat prikaz osnovnih delatnosti i njihova zastupljenost. Može se videti da se najveći deo poljoprivrednog zemljišta koristi kao obradivo zemljište za proizvodnju ekonomski značajnih useva.

Tabela 2. Prikaz osnovnih poljoprivrednih delatnosti u 2010. godini (Milojić, 2011)

	<b>Poljoprivredna delatnost</b>	<b>Površina u hiljadama hektara</b>	<b>Zastupljenost</b>
1.	Obradive površine	3295	65%
2.	Pašnjaci	836	16%
3.	Livade	624	12%
4.	Voćnjaci	240	5%
5.	Vinogradi	57	1%

Prema načinu upotrebe poljoprivrednog zemljišta moguće je definisati tri tipa regiona (Cooper *et al.*, 2010):

1. nizijski regioni ili regioni u dolinama većih reka koji se karakterišu proizvodnjom useva i gajenjem stoke,
2. brdski regioni koji se karakterišu gajenjem stoke, voćarstvom i vinogradarstvom,
3. planinski regioni koji se karakterišu gajenjem stoke na pašnjacima.

U tabeli 3 je dat prikaz osnovnih tipova useva i njihova zastupljenost. Dominatni tip useva u Srbiji predstavljaju žitarice, sa oko 55-60% ukupne zastupljenosti u zavisnosti od godine. Najzastupljenije su kukuruz (65%) i pšenica (26%) dok su ostale žitarice poput ječma, ovsa i raži zastupljene sa manje od 10%.

Tabela 3. Prikaz osnovnih tipova useva u 2010. godini (Milojić, 2011)

	<b>Tip useva</b>	<b>Površina u hiljadama hektara</b>	<b>Zastupljenost</b>
1.	Žitarice	1894	57%
2.	Krmno bilje	460	14%
3.	Industrijsko bilje	439	13%
4.	Povrće	273	8%
5.	Neobrađene oranice	226	7%
6.	Rasadnici	1	<1%

Vrlo bitna karakteristika poljoprivredne prakse u Srbiji, koja se razlikuje u odnosu na razvijenije zemlje Evrope, je postojanje malih poljoprivrednih parcela koje su pod kontrolom individualnih poljoprivrednika. Prema cenzusu iz 2002. godine, u Srbiji postoji 778 900 privatnih poljoprivrednih domaćinstava. Njihova ukupna površina iznosi oko 80% svih poljoprivrednih površina u Srbiji što znači da je svega 20% pod direktnom državnom upravom (Cooper *et al.*, 2010). Iako je udeo privatne poljoprivredne proizvodnje veliki, površina kojom raspolažu pojedinačni poljoprivrednici je relativno mala. U proseku, jedno domaćinstvo ima oko 3,6 ha površine pod poljoprivredom, a od toga oko 2,5 ha pod obradivim površinama. Samo manji broj domaćinstava ima nešto veće poljoprivredne posede. Svega 25% domaćinstava ima poljoprivredne površine veće od 5 ha, a manje od 5% ima površine veće od 10 ha (Cooper *et al.*, 2010). Dodatno, većina domaćinstava proizvodi i gaji više od jedne vrste useva, u proseku četiri useva, te se time veličina pojedinačnih parcela još smanjuje. Nivo mehanizacije i agrotehničkih mera je na ovakvim

poljoprivrednim površinama mali pa je mala i proizvodnja. Ovakvim načinom proizvodnje niskog intenziteta i na malim parcelama, domaćinstva su većinski orjentisana na proizvodnju za sopstvene potrebe sa vrlo malim viškom koji se prosleđuje u prodaju. Međutim, primećuje se sve veće interesovanje privatnih domaćinstava za komercijalnu proizvodnju useva koji će biti distribuirani u prodaju. Ovo se na jedan način može postići intenzifikacijom poljoprivredne prakse (ukrupnjavanje pojedinačnih parcela, bolja mehanizacija, nove tehnologije, fokusirana proizvodnja) kako bi se povećala proizvodnja ili se proizvodnja može orjentisati ka organskoj ili visokokvalitetnoj poljoprivredi (Cooper *et al.*, 2010).

## **1.6. Predeona heterogenost**

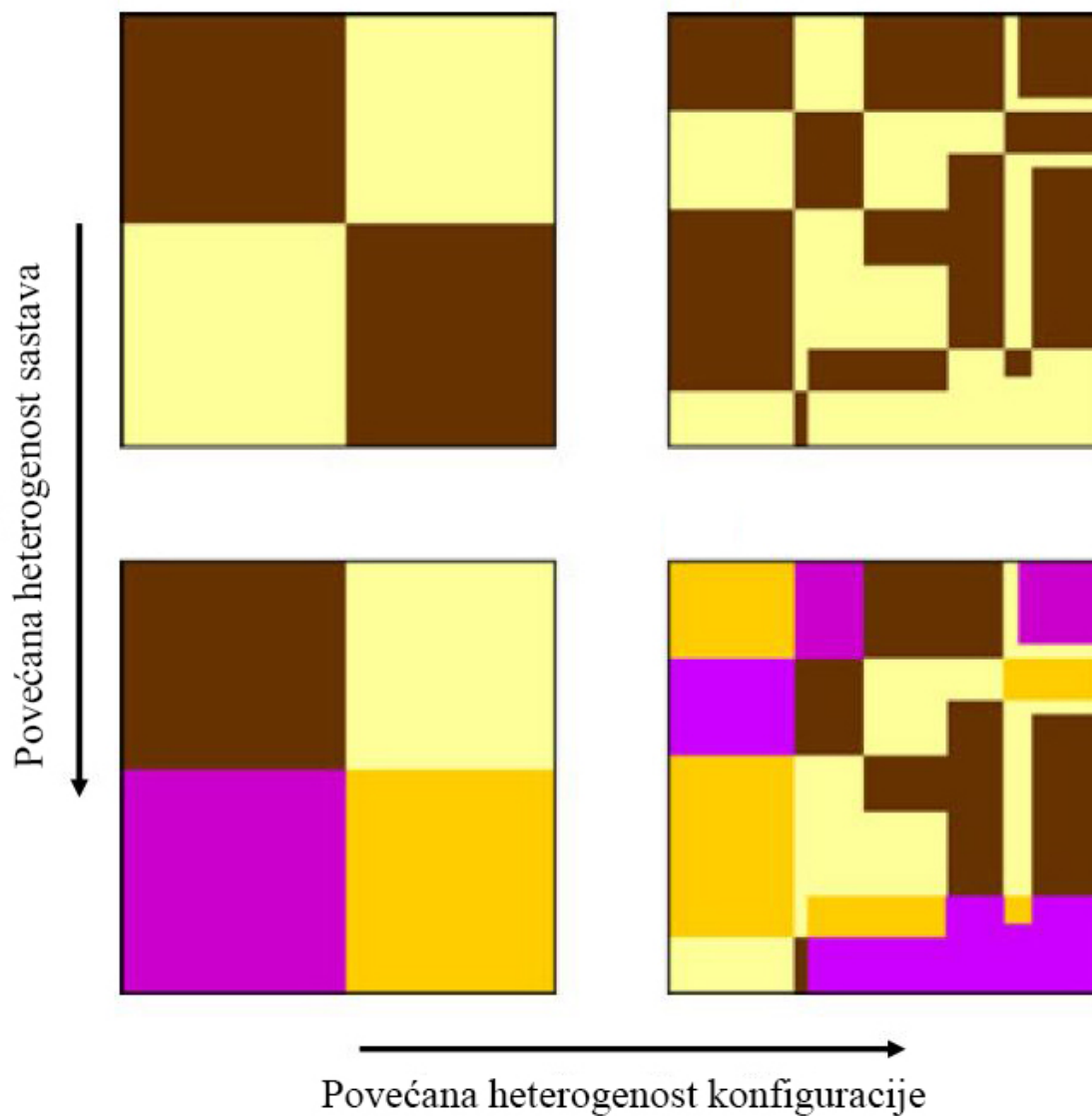
Tokom poslednje dve decenije, studije u okviru predeone ekologije, posebno agroekologije su fokusirane na nekoliko različitih aspekata predela, poput kompleksnosti, heterogenosti i varijabilnosti predela. Vrlo često značenje ovih pojmova nije precizno definisano ili se isti aspekti vode pod drugim imenom u različitim studijama. Zbog toga su Fahrig *et al.* (2011) dali predlog sistematizacije pojmova jasno definišući pojedinačne aspekte predela.

Prvenstveno treba razdvojiti značenje strukturne od funkcionalne heterogenosti predela. Strukturna heterogenost se odnosi na karakterizaciju elemenata predela i tipova staništa isključivo prema njihovim fizičkim karakteristikama. U nekom predelu se na osnovu ovog kriterijuma mogu izdvojiti šumska staništa, otvorena staništa, vodene površine, urbane površine i sl. Funkcionalna heterogenost predela uzima u obzir u funkciju, odnosno ulogu određenog staništa u biologiji ciljne grupe organizama. Za razliku od strukturne, funkcionalna heterogenost je specifična za svaku grupu organizama. Na primer, dva otvorena livadska staništa, jedno sa velikim brojem entomofilnih, a drugo sa velikim

brojem anemofilnih vrsta biljaka, iako predstavljaju isti strukturni element, mogu biti različito funkcionalno značajna za insekte oprašivače i za insekte herbivore. Određivanje funkcionalnih tipova staništa nije uvek lako jer je potrebno znati biologiju ciljne grupe organizama da bi se odredili za njih relevantni tipovi staništa. Funkcionalni tipovi staništa se na osnovu uticaja na ciljnu grupu organizama mogu podeliti na funkcionalno pozitivna, negativna ili neutralna.

I strukturna i funkcionalna heterogenost se dalje mogu podeliti na osnovu prostorne organizacije elemenata na heterogenost sastava i heterogenost konfiguracije predela. Heterogenost sastava pokazuje koliko različitih tipova (strukturnih ili funkcionalnih) ima u nekom predelu. U tom smislu, kompleksniji predeli su oni koji imaju veću heterogenost sastava, odnosno veći broj različitih staništa. Kako su broj i raznovrsnost poljoprivrednih staništa u nekom predelu mali, opšte je prihvaćeno stanovište da povećana heterogenost sastava proizilazi iz prirodnih i poluprirodnih staništa u okviru predela. U tom slučaju se heterogenost sastava najčešće zapravo posredno izražava preko procenta prirodnih i poluprirodnih staništa. Ovaj pristup je iskorišćen u velikom broju studija (Marino & Landis, 1996; Menalled *et al.*, 1999, 2003; Thies & Tschardtke, 1999; Tschardtke, 2000; Kruess, 2003; Steffan-Dewenter, 2003; Costamagna *et al.*, 2004; Bianchi *et al.*, 2005, 2006; Thies *et al.*, 2003, 2005, 2011; Weibull & Östman, 2003; Weibull *et al.*, 2003; Purtauf *et al.*, 2005; Roschewitz *et al.*, 2005; Schmidt & Tschardtke, 2005b; Tschardtke *et al.*, 2005, 2007; Brewer *et al.*, 2008; Schmidt *et al.*, 2008; Vollhardt *et al.*, 2008; Holzschuh *et al.*, 2010; Perović *et al.*, 2010; Chaplin-Kramer *et al.*, 2011; Gagic *et al.*, 2011, 2012; Winqvist *et al.*, 2011; Caballero-López *et al.*, 2012; Jonsson *et al.*, 2012; Rand *et al.*, 2012; Woltz *et al.*, 2012a,b; Al Hassan *et al.*, 2013; Rusch *et al.*, 2013; Veres *et al.*, 2013). Heterogenost konfiguracije predela pokazuje kakvi su prostorni odnosi pojedinačnih elemenata bez obzira na tip elemenata. Neke od karakteristika heterogenosti konfiguracije su veličina pojedinačnih polja, postojanje i prostorna organizovanost koridora i ukupna dužina ivica. Samo nekoliko studija se bavi ovim aspektom heterogenosti predela, često preklapajući je delom sa heterogenošću sastava (Marino & Landis, 1996; Menalled *et al.*, 1999, 2003; Costamagna *et al.*, 2004; Holzschuh *et al.*, 2010; Al Hassan *et al.*, 2012;

Woltz *et al.*, 2012b). Na slici 2 je dat šematski prikaz heterogenosti sastava i konfiguracije predela.



Slika 2. Šematski prikaz heterogenosti sastava i konfiguracije predela (prema Fahrig *et al.* (2011), modifikovano).

## 1.7. Predeoni aspekti biološke kontrole u agroekosistemima

Biološka kontrola je jedna od najvažnijih regulatornih ekosistemskih usluga. Da bi se biološka kontrola odvijala potrebno je da postoji očuvana i stabilna zajednica prirodnih neprijatelja. U prirodnim ili u blago narušenim ekosistemima, gde su negativni uticaji čovekove aktivnosti minimalni, postojanje ovakvih stabilnih zajednica je moguće, međutim u agroekosistemima, gde su negativni uticaji vrlo izraženi, očuvanje biološke kontrole može biti otežano i pod uticajem je mnogih faktora kako na lokalnom tako i na predeonom nivou.

Prilikom intenzifikacije poljoprivrede dolazi do pojednostavljivanja predela, najčeće kroz procese gubljenja i fragmentacije prirodnih staništa. Na taj način predeo postaje mozaik pojedinačnih i ograničenih staništa (Tscharntke *et al.*, 2002). Da bi se održala biološka kontrola u ovakvim predelima potrebno je sačuvati postojeće prirodne neprijatelje (Landis *et al.*, 2000, van Emden, 2003). Usled fragmentacije staništa pojedinačne vrste su podložne lokalnim i regionalnim smanjivanjima brojnosti populacija ili čak i nestanku čitavih populacija što vodi ukupnom smanjenju diverziteta (Harrison & Bruna, 1999; Tscharntke & Brandl, 2004). Smanjivanje fragmenata i povećavanje razdaljine između njih narušava metapopulacionu dinamiku sa jedne strane povećavajući rizik nestajanja lokalnih subpopulacija, a sa druge strane smanjujući mogućnost migracije između subpopulacija (Hanski, 1999; Hanski & Ovaskainen, 2000). Usled smanjivanja dostupnih resursa i energije na višim trofičkim nivoima (Pimm & Lawton, 1977; Tscharntke *et al.*, 2005; van Nouhuys, 2005), predatori i parazitoidi su generalno osetljiviji na efekte fragmentacije u odnosu na njihov plen (Holt *et al.*, 1999; Thies *et al.*, 2008). Posebno su ugrožene vrste koje su specijalisti jer su u većoj meri zavisne od svog plena koji je takođe pod negativnim uticajima fragmentacije, dok su generalisti u mogućnosti da koriste širi opseg plena u različitim tipovima staništa te mogu da kompenzuju nestanak jedne vrste plena ili jednog tipa staništa (Golden & Crist, 1999; Tscharntke *et al.*, 2005a,b; Rand & Tscharntke, 2007).

Poljoprivredni predeli mogu biti izrazito jednostavni, kada gotovo da ne postoje preostali fragmenti prirodnih staništa, do vrlo kompleksnih, gde su u velikom procentu prisutna prirodna i poluprirodna staništa. Ova staništa mogu biti ostaci prvobitne vegetacije poput šuma, livada i vegetacije uz vodena tela (reke, kanali, bare) kao i njihovi degradacioni stupnjevi šibljac, živice, utrine i pašnjaci ili mogu biti različiti progradacioni stupnjevi obradivih površina poput ugara i obraslih ivica polja. Sva ova staništa su stabilnija i raznovrsnija od okolnih poljoprivrednih staništa. Prirodni neprijatelji (predatori i parazitoidi) u njima mogu pronaći dodatne izvore hrane u vidu nektara i polena, alternativne domačine i plen, utočište u periodima intenzivne poljoprivredne aktivnosti (tokom prskanja ili žetve) ili skloništa za prezimljavanje (Thomas *et al.*, 1992; Jervis *et al.*, 1993; Starý, 1993; Corbett *et al.*, 1996; Landis *et al.*, 2000; Tylianakis *et al.*, 2004; Cronin & Reeve, 2005; Bianchi *et al.*, 2006).

Prirodni i poluprirodni elementi predela mogu imati i lokalni uticaj na efikasnost biološke kontrole utičući na populacije prirodnih neprijatelja u njihovoj blizini. Između poljoprivrednih ekosistema i ivičnih poluprirodnih staništa postoji stalno kretanje, odnosno „prelivanje“ organizama (Tschardtke *et al.*, 2005). Ovo kretanje je najčešće dvosmerno i može imati izraženu temporalnu dinamiku. U toku proleća, predatori i parazitoidi se kreću iz ivičnih staništa u kojima su proveli zimu ka poljima u kojima se nalazi njihov plen, odnosno domačini (Kragten & de Snoo, 2004; Thies *et al.*, 2005). Tokom sezone prirodni neprijatelji se mogu vraćati nazad u ivična staništa ili mogu prelaziti i u druga okolna poljoprivredna polja (Madeira *et al.*, 2013), sve do kraja sezone kada se povlače u skloništa za prezimljavanje. Disperzivna moć prirodnih neprijatelja nije ista (van Nouhuys, 2005) te je i njihova kolonizacija dubljih delova polja ograničena. Stoga se najveća brojnost prirodnih neprijatelja i efikasnost biološke kontrole može očekivati u ivičnim delovima polja. Ovaj pozitivni „ivični efekat“ je potvrđen u mnogim studijama (Altieri & Schmidt, 1986; Corbett & Rosenheim, 1996; Thies & Tschardtke, 1999; Nicholls *et al.*, 2001; Tschardtke *et al.*, 2002).



## 1.8. Kompleks biljnih vašiju i njihovih parazitoida na pšenici

Pšenica (*Triticum aestivum*) predstavlja biljku domaćina za veliki broj vrsta biljnih vašiju. Blackman & Eastop (2006) navode preko 45 vrsta biljnih vašiju iz 19 rodova koji se mogu naći na travama širom sveta. Neke od ovih vrsta imaju rasprostranjenje ograničeno samo na pojedinačne kontinente, poput *Carolinaia rhois* (Monell, 1879) u Severnoj Americi (Remaudiere & Viveros, 1992) ili su im za ciklus razvića potrebne i druge biljke domaćini, poput *Cavariella aquatica* (Gillette & Bragg, 1916) čiji su primarni domaćini vrbe (*Salix* spp.) (Blackman & Eastop, 2006). Imajući u vidu geografsku distribuciju pojedinačnih vrsta biljnih vašiju i njihovih zahteva za klimatskim uslovima i dostupnost primarnih i sekundarnih biljaka domaćina, za očekivati je formiranje regionalno specifičnih kompleksa biljnih vašiju i parazitoida. Starý (2006) i Starý & Havelka (2008) navode za Češku 5 vrsta biljnih vašiju za pšenicu. Slična je situacija i za Srbiju. U višegodišnjoj studiji na području okoline Beograda (Petrović, 1996) je zabeleženo 10 vrsta biljnih vašiju, od kojih su neke vrste vrlo sporadično nalažene dok su 5 vrsta bile najzastupljenije. Tomanović & Brajković (2001) daju rezultate desetogodišnjeg istraživanja agroekosistema južnog dela Panonske nizije tokom kojeg su zabeležili prisustvo parazitoida kod 6 vrsta biljnih vašiju na žitaricama, uključujući pored pšenice još i ječam, ovas, raž, kukuruz i proso, dok Tomanović *et al.* (2008) u studiji diverziteta žitnih vašiju i njihovih parazitoida i predatora navode komplekse parazitoida 4 vrste žitnih vašiju. Žikić *et al.* (2012), u najnovijem pregledu tritrofičkih interakcija za prostor Srbije i Crne Gore, beleže prisustvo parazitoida kod 8 vrsta biljnih vašiju vezanih za pšenicu. Na slici 3 je dat šematski prikaz tritrofičkih odnosa kompleksa biljka-biljna vaš-parazitoid za pšenicu.

Ekonomski najznačajnije vrste biljnih vašiju pšenice u Srbiji su velika žitna vaš (*Sitobion avenae*), ružina vaš (*Metopolophium dirhodum*) i sremzina vaš (*Rhopalosiphum padi*) (Petrović, 1992).

Velika žitna vaš (*S. avenae*) je monoecična vrsta, čije su primarne biljke domaćini divlje trave (fam. Poaceae) odakle tokom proleća kolonizuju sekundarne biljke domaćine –

žitarice. Ova vrsta ima holociklični ili anholociklični životni ciklus. U regionima sa oštrijom zimom se pred kraj sezone polažu oplođena jaja koja će prezimeti do sledeće sezone, a u područjima sa blažom klimom partenogenetske jedinke mogu postojati tokom cele godine. Ova vrsta preferira ishranu na gornjim mladim listovima pšenice ili na klasu. Rasprostranjena je u Evropi, Mediteranu, Bliskom Istoku, centralnoj Aziji, Indiji, Nepal, Pakistanu, Africi i na oba Američka kontinenta (Blackman & Eastop, 2006).

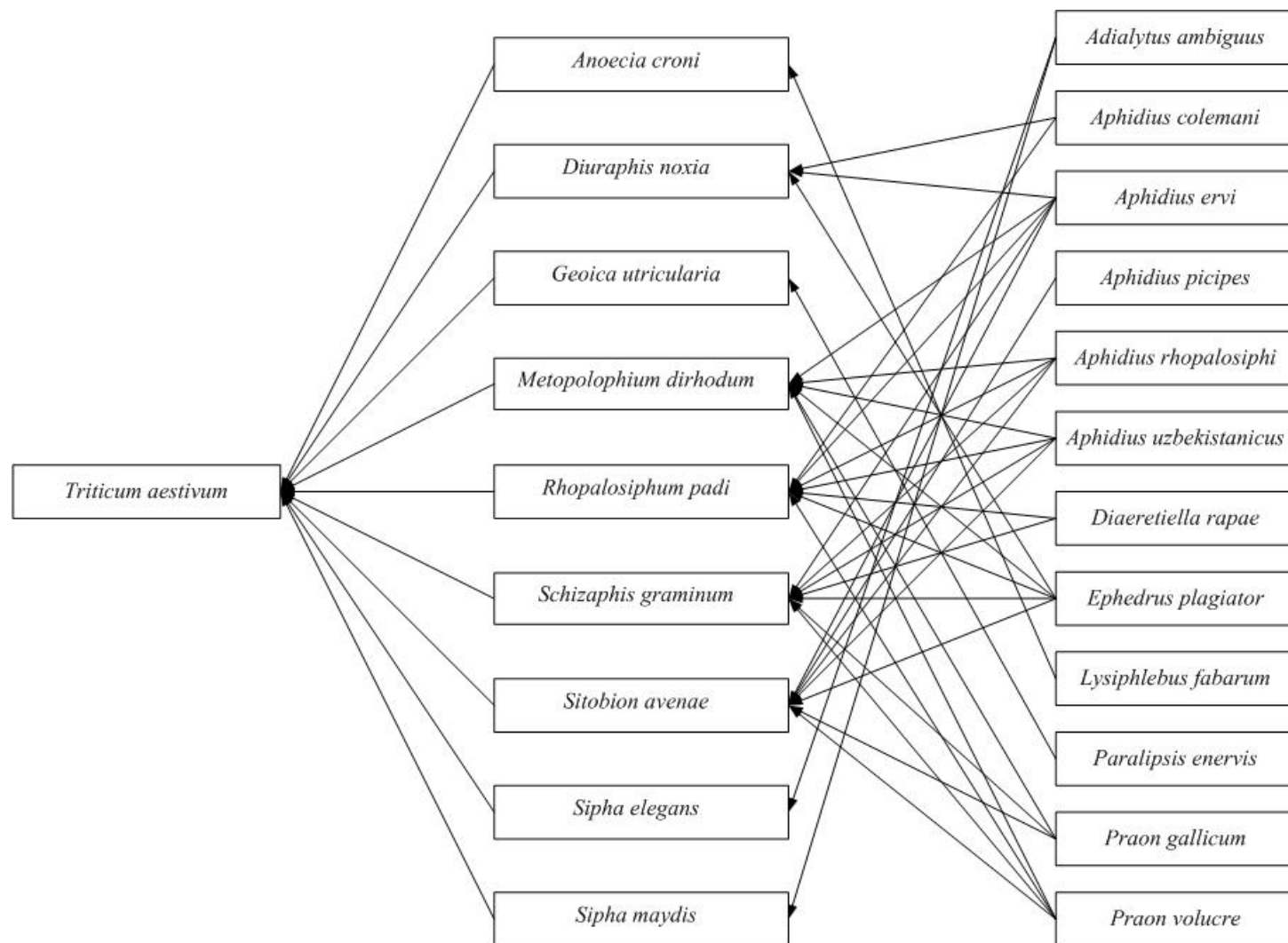
Ružina vaš (*M. dirhodum*) je heteroecična vrsta, sa primarnim biljkama domaćinima iz porodice ruža (fam. Rosaceae, najčešće *Rosa* sp.) na kojima i prezimljuju. Sekundarni domaćin za ovu vrstu su žitarice, obično pšenica, koju kolonizuju u proleće. Najčešće su holociklične jer se u toku jeseni formiraju seksualne forme, odnosno oviparne ženke koje posle kopulacije polažu jaja koja prezimljavaju. Anholociklični oblici su uobičajeni samo u zapadnoj Evropi. Ova vrsta je široko rasprostranjena u umerenim zonama celog sveta (Blackman & Eastop, 2006).

Sremzina vaš (*R. padi*) je heteroecična vrsta čiji je primarni domaćin sremza (*Prunus padus*), a sekundarni domaćini širok spektar biljaka iz porodice Poaceae, ali i mnogih drugih porodica monokotila (Cyperaceae, Iridaceae, Juncaceae i Typhaceae), kao i neke dikotile (*Capsella*, *Stellaria*). U regionima sa hladnijim zimama je ova vrsta holociklična i prezimljuje na sremzi, dok se na travama razmnožava partenogenetski, a u toplijim regionima mogu biti anholociklični kada partenogenetsko razmnožanje traje tokom cele godine. Smatra se da je ova vrsta izvorno imala holarktičko rasprostranjenje ili čak samo nearktičko rasprostranjenje, dok je danas široko rasprostranjena u umerenim zonama celog sveta (Blackman & Eastop, 2006).

Aphidiinae su solitarne parazitske ose koje pripadaju redu Hymenoptera. Nekada su bile izdvojene na nivo zasebne familije Aphidiidae, ali se danas nalaze u okviru familije Braconidae kao jedna od potfamilija (Stary, 1988). To su sitni insekti veličine od jednog do nekoliko milimetara. Boja tela im je obično tamna, crne ili mrke boje sa mestimičnim svetlije obojenim, žutim, narandžastim ili smeđim delovima tela. Retko kada u potpunosti preovlađuju svetle boje tela. Sve vrste su isključivi visokospecijalizovani endoparazitoidi

biljnih vašiju po čemu su i dobili ime (Starý, 1970). Pošto parazitirana vaš ne uquine odmah po polaganju jaja u nju, već nastavlja da živi i razvija se dok se uporedo u njoj razvija larva parazitske ose, svrstavaju se u grupu koinobionata (Gauld & Bolton, 1988; Quicke, 1997).

Ženka parazitske ose polaže jaja najčešće u II ili III stadijum larve biljne vaši, a ređe u I i IV stadijum ili u odraslu jedinku (Starý, 2006). Nakon polaganja jaja, larva biljne vaši obično živi normalno, hrani se i presvlači se još jedanput ili dvaput, ali je u većini slučajeva reprodukcija vaši domaćina onemogućena. Kod larve parazitoida se mogu uočiti četiri razvojna stupnja. IV stupanj larve parazitoida počinje da se hrani direktno unutrašnjim organima domaćina dovodeći pri tome do njegove smrti. U tom periodu larva parazitoida može naterati domaćina na specifično ponašanje, poput napuštanja kolonije biljnih vašiju (Starý, 2006). Nakon smrti domaćina od njegovog tela ostaje samo kutikla koja se naziva „mumija“. U zavisnosti od grupe parazitoida, larva može napraviti kokon unutar mumije kao kod rodova *Aphidius*, *Lysiphlebus*, *Trioxys* i dr. ili može napraviti kokon ispod mumije kao kod rodova *Praon*, *Areopraon*, *Dyscritulus* i dr. (Starý, 1974). Izgled i obojenost mumije, kokona kao i položaj i izgled otvora koji osa pravi prilikom izlaska mogu biti taksonomski karakteri za određivanje taksonomskih grupa.



Slika 3. Šematski prikaz tritofičkih odnosa kompleksa biljka-biljna vaš-parazitoid za pšenicu (modifikovano prema Tomanović, 1998; Tomanović & Brajković, 2001; Starý, 2006; Tomanović *et al.*, 2008; Žikić *et al.*, 2012)

Razviće od ovipozicije do izleganja traje u proseku oko dve nedelje, ali može biti pod uticajima spoljašnjih uslova, pre svega temperature. Životni vek odraslih jedinki je oko dve do tri nedelje i zavisi kako od spoljašnjih uslova tako i od dostupnosti hrane (nektara) i vode (Starý, 2006). Razmnožavanje je kod većine grupa seksualno, mada se kod nekih vrsta može javiti i partenogenetsko razmnožavanje u nekom obliku. Reproductivni potencijal je varijabilan, od nekoliko desetina do nekoliko stotina jaja po ženki, iako se sva jaja ne moraju uvek položiti, a sam broj jaja može varirati i u okviru jedne vrste (Starý, 2006). Disperzivna moć parazitoida nije velika i manja je od disperzivnosti biljnih vašiju domaćina (Thies *et al.*, 2005). Osim aktivnim letom parazitoidi se mogu prenositi na veće udaljenosti pasivnim transportom putem vetra ili pak dok su još u larvenom stupnju unutar vaši (Starý, 2006). Većina parazitskih osa iz potfamilije Aphidiinae prezimljuje unutar mumificiranog domaćina u stadijumu prepupe (Starý, 1970).

Spektar domaćina parazitskih osa iz potfamilije Aphidiinae obuhvata isključivo vrste biljnih vašiju iz nadfamilije Aphidoidea (Starý, 2006). Broj i odnos prema vrstama domaćina zavisi od grupe parazitoida, ali se može definisati pet glavnih obrazaca (Starý, 2006):

- 1) vrste koje parazitiraju na samo jednoj vrsti biljne vaši,
- 2) vrste koje parazitiraju na dve ili više vrsta u okviru istog roda biljnih vašiju,
- 3) vrste koje parazitiraju na dva ili više rodova u okviru jedne potfamilije biljnih vašiju,
- 4) vrste koje parazitiraju na dva ili više rodova u okviru jedne familije biljnih vašiju i
- 5) vrste koje parazitiraju na više rodova u okviru nekoliko familija biljnih vašiju.

Većina vrsta spada u grupu 2, 3 i 4, odnosno predstavljaju oligofagne vrste dok samo manji broj spada u grupu 1 (monofagne vrste) ili u grupu 5 (polifagne vrste).

U svetu je poznato preko 400 vrsta u okviru potfamilije Aphidiinae sa preko 60 rodova (Starý, 1988). Oko 240 vrsta živi na prostoru Palearktika (Tobias & Kiriak, 1986). Najšire rasprostranjeni su rodovi *Aphidius* Nees, *Ephedrus* Halidaz, *Praon* Haliday, *Lysiphlebus* Forster, *Diaeretiella* Starý i *Trioxys* Haliday.

Kompletan spisak vrsta parazitoida koji su vezane za žitne vaši na prostoru Evrope obuhvata oko 20 vrsta (Powell, 1982; Tomanović & Brajković, 2001; Sigsgaard, 2002; Starý, 2006; Lumbierres *et al.*, 2007; Starý & Havelka, 2008; Tomanović *et al.*, 2008, Žikić *et al.*, 2012). Identifikacija pojedinih taksona može biti teška ili problematična, pa se u nekim radovima rezultati daju samo na nivou roda, naročito u slučaju roda *Aphelinus*, a u manjoj meri *Praon* i *Aphidius* (Sigsgaard, 2002; Starý, 2006; Lumbierres *et al.*, 2007). U tabeli 4 je dat uporedni prikaz izabranih rodova i vrsta koje se u njima navode.

Tabela 4. Uporedni prikaz izabranih radova sa područja Evrope i vrsta parazitoida koje se u njima navode

	Powell, 1982	Kavallieratos <i>et al.</i> , 2001	Tomanović & Brajković, 2001	Sigsgaard, 2002	Stary, 2006	Lumbierres <i>et al.</i> , 2007	Stary & Havelka, 2008	Tomanović <i>et al.</i> , 2008	Žikić <i>et al.</i> , 2012
<i>Adalytus ambiuguus</i>			+			+		+	+
<i>Aphelinus sp.</i>				+		+			
<i>A. abdominalis</i>	+								
<i>Aphidius sp.</i>				+					
<i>A. avenae</i>		+	+					+	
<i>A. colemani</i>					+				
<i>A. ervi</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>A. frumentarius*</i>	+								
<i>A. matricarie</i>	+	+				+			
<i>A. picipes**</i>	+				+		+		
<i>A. rhopalosiphi</i>	+		+	+	+	+	+	+	+
<i>A. uzbekistanicus</i>	+	+	+		+	+		+	
<i>Diaeretiella rapae</i>		+			+	+	+		
<i>Ephedrus plagiator</i>	+		+	+	+		+	+	+
<i>Lysiphlebus fabarum</i>		+	+						+
<i>L. testaceipes</i>		+				+			
<i>Paralipsis enervis</i>									+
<i>Praon sp.</i>				+	+				
<i>P. gallicum</i>			+		+	+	+	+	+
<i>P. volucre</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Toxares deltiger</i>	+								
<i>Trioxys auctus</i>							+		
<b>Ukupno</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>5+</b>	<b>9+</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>

\*sinonimizirano sa *A. rhopalosiphi*

\*\*sinonimizirano sa *A. avenae*

Razlike u broju i sastavu vrsta postoje na regionalnom nivou, ali ukupan broj po pojedinim evropskim zemljama uglavnom se kreće oko 8-10. Tako različiti autori navode oko 10 vrsta za prostor Španije (Lumbierres *et al.*, 2007), Češke (Starý, 2006) i Britanije (Powell, 1982; jedna od vrsta navedenih za Britaniju je kasnije sinonimizirana - prema: Kos *et al.*, 2011); Kavallieratos *et al.* (2001) navode 8 vrsta za Grčku, Tomanović & Brajković (2001), Tomanović *et al.* (2008) i Žikić *et al.* (2012) su na području Srbije zabeležili 9, odnosno 8 vrsta, dok Sigsgaard (2002) za Dansku navodi svega 5 vrsta.

Nekoliko vrsta parazitoida su ključne u ovim trofičkim kompleksima; te vrste su zastupljene širom Evrope najčešće kao visoko dominantne: *A. ervi*, *A. rhopalosiphi*, *A. uzbekisatnicus*, *E. plagiator* i *P. volure*.

*Aphidius ervi* Haliday je vrsta koja je danas široko rasprostranjena na području zapadnog Palearktika, Nearktika, Australije i tropskog dela Afrike (van Achterberg, 2013a). Ovo je polifagna vrsta koja najčešće parazitira biljne vaši iz rodova *Acyrtosiphon*, *Macrosiphum* i *Myzis*. Zbog toga se koristi kao vrlo efikasan agens u biološkoj kontroli biljnih vašiju, posebno za vrste *Acyrtosiphon pisum*, *Macrosiphum euphorbiae* i *Myzus persicae* (Kos *et al.*, 2009). U agroekosistemima predstavlja jednu od najznačajnijih vrsta u parazitskim spektrima žitnih vašiju. Prezimljuju u poljima lucerke, gde parazitiraju lucerkinu vaš, *Acyrtosiphon pisum*, da bi u proleće prešli u polja žitarice. Nakon završene vegetacijske sezone žitarica, vraćaju se u polja lucerke (Tomanović, 1998).

*Aphidius rhopalosiphi* de Stefani-Perez je polifagna vrsta koja parazitira na vrstama biljnih vašiju iz rodova *Sitobion*, *Metopolophium*, *Diuraphis*, *Schizaphis* i *Rhopalosiphum*. Rasprostranjena je u većini zemalja zapadne, južne, centralne i jugoistočne Evrope kao i na Britanskim ostrvima, u Finskoj i u delovima Rusije (van Achterberg, 2013b). Koristi se kao agens u biološkoj kontroli i na taj način je introdukovan u Južnu Ameriku (Kos *et al.*, 2011) i Novi Zeland (Farrell & Stufkensa, 1990).

*Aphidius uzbekisatnicus* Luzhetskii je vrsta koja najčešće parazitira biljne vaši iz roda *Sitobion* (Tomanović *et al.*, 2013), mada se može naći i na vrstama *Schizaphis*

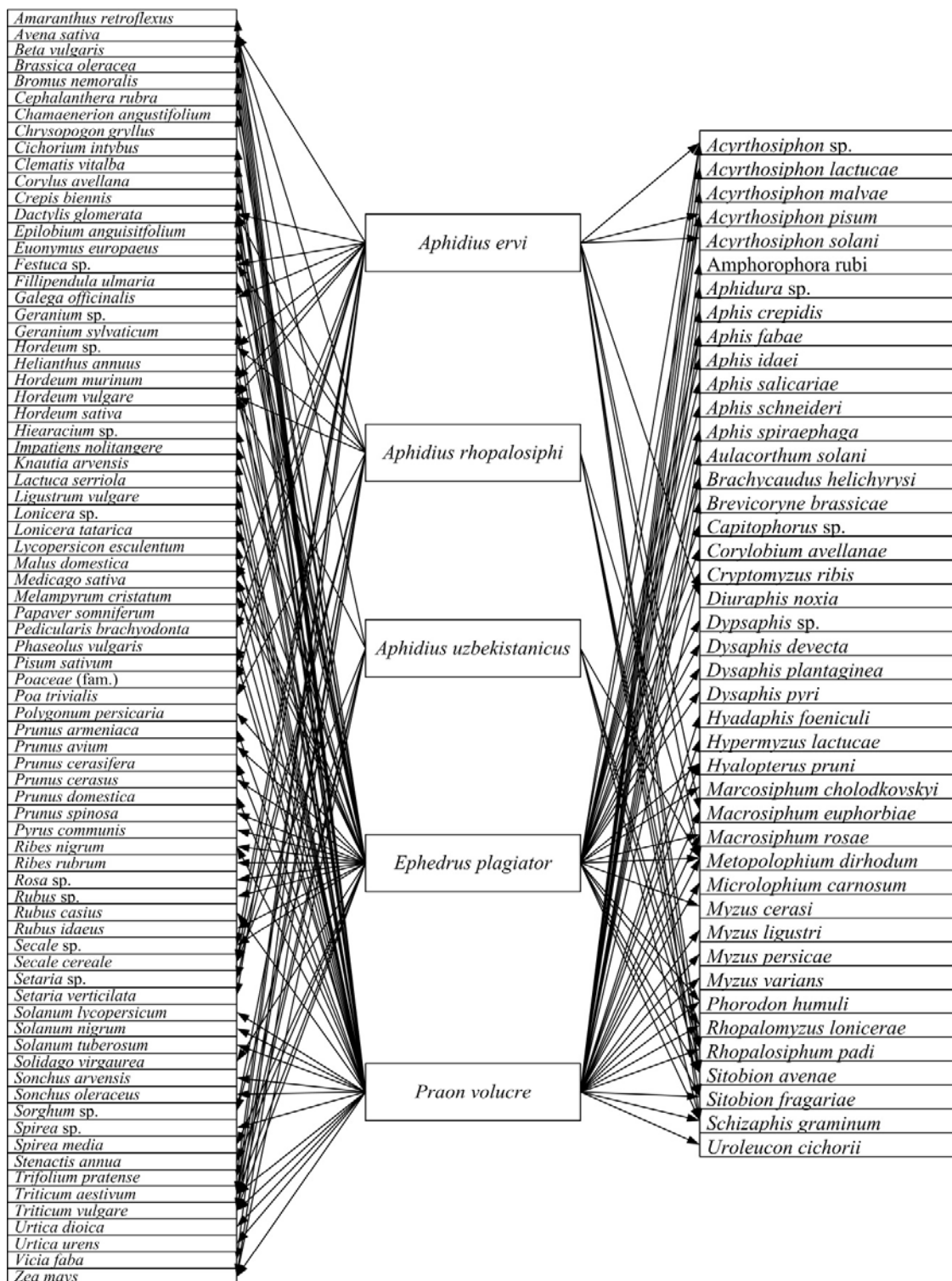


*graminum* i *Diuraphis noxia* kao i na vrstama iz roda *Metopolophium* (Gruber *et al.*, 1994; Kos *et al.*, 2011). Često se javlja simpatrički sa vrstom *A. rhopalosiphi* sa kojom ima i velike morfološke sličnosti (Tomanović *et al.*, 2013). Prema van Achterberg, (2013c) ova vrsta je rasprostranjena u zemljama centralne, južne i jugoistočne Evrope, kao i na Britanskim ostrvima. Kao agens u biološkoj kontroli biljnih vašiju, *A. uzbekistanicus* je introdukovan u Sjedinjene Američke Države (Brewer & Elliot, 2004).

*Ephedrus plagiator* Nees je polifagna vrsta sa oko 125 vrsta biljnih vašiju domaćina na svetskom nivou (Gardenfors, 1986), dok Tomanović *et al.* (2009) za Srbiju i Crnu Goru navodi 30 vrsta domaćina. Rasprostranjena je na području čitave Evrope i Azije, a introdukovana je i u Sjedinjene Američke Države (Brewer *et al.*, 2001) kao i u Čile i Brazil (Starý, 1993; Starý *et al.*, 2007).

*Praon volucre* Haliday je polifagna vrsta koja parazitira preko 90 vrsta biljnih vašiju (Carver, 1984) među kojima su najčešće vrste iz rodova *Acyrtosiphon*, *Brachycaudus*, *Macrosiphum*, *Sitobion* i *Uroleucon* (Sanchis *et al.*, 1995). Ova vrsta je izvorno imala palearktičko rasprostranjenje, mada je kao agens biološke kontrole introdukovana u Južnu Ameriku (de Conti *et al.*, 2008; Starý, 1993), Severnu Ameriku (Johnson, 1987) i Australiju (Carver, 1984). Mumifikacija roda *Praon* je specifična i razlikuje se od rodova *Aphidius* i *Ephedrus* po tome što larve parazitoida prave kokon ispod same mumije biljne vaši (Mescheloff & Rosen, 1988).

Na slici 4 je dat šematski prikaz tritrofičkih odnosa kompleksa biljka-biljna vaš-parazitoid za ovih pet najznačajnijih parazitoida u žitnim poljima u Srbiji.



Slika 4. Šematski prikaz tritrofičkih odnosa kompleksa biljka-biljna vaš-parazitoid za pet najznačajnijih parazitoida u žitnim poljima u Srbiji (modifikovano prema Tomanović, 1998; Tomanović & Brajković, 2001; Tomanović *et al.*, 2008; Žikić *et al.*, 2012)

## **2. Ciljevi rada i radne hipoteze**

Imajući u vidu da do sada nisu rađena predeona istraživanja u agroekosistemima na području Srbije, posebno ne na model sistemu biljne vaši-parazitoidi u pšenici, a da literaturni rezultati pokazuju značajnu varijabilnost efekata predeonih karakteristika na ovaj i slične proučavane model sisteme, kao i takođe da postoje osobenosti poljoprivredne prakse u Srbiji koje su lokalnog karaktera te nisu mogle biti obuhvaćene u prethodnim istraživanjima, uočava se potreba da se prouče i kvantifikuju efekti predeonih karakteristika na pomenuti model sistem u regionalno-specifičnim uslovima u agroekosistemima Srbije.

Cilj ovog istraživanja je utvrđivanje postojanja efekata različitih karakteristika predela na komponente model sistema biljne vaši-parazitoidi u pšenici na prostoru Pančevačkog rita, kao i karakterizacija i kvantifikacija ovih efekata, sa osvrtom na njihovu temporalnu promenljivost. U svrhu toga definisani su sledeći radni ciljevi i hipoteze:

1. Odrediti efekte predeone kompleksnosti izražene preko procenta prirodnih i poluprirodnih staništa u predelu (heterogenost tipova staništa) na model sistem biljne vaši-parazitoidi u poljima pšenice. Početna hipoteza je da je u kompleksnim predelima sa većim procentom prirodnih i poluprirodnih staništa diverzitet parazitoida i procenat parazitiranosti veći, a da je brojnost biljnih vašiju manja usled jačeg efekta biološke kontrole.
2. Odrediti efekte predeone kompleksnosti izražene preko veličine pojedinačnih polja u predelu (heterogenost konfiguracije poljoprivrednih površina) na model sistem biljne vaši-parazitoidi u poljima pšenice. Početna hipoteza je da je u kompleksnim predelima sa većim brojem manjih polja diverzitet parazitoida i procenat parazitiranosti veći, a da je brojnost biljnih vašiju manja usled jačeg efekta biološke kontrole.
3. Odrediti efekte različitog tipa ivice polja na model sistem biljne vaši-parazitoidi-hiperparazitoidi u poljima pšenice. Početne hipoteze su da će ivice sa poluprirodnom vegetacijom imati veći diverzitet parazitoida i procenat parazitiranosti, a manju brojnost biljnih vašiju usled jačeg efekta biološke

kontrole i da će ovaj efekat biti jače izražen na ivici polja u odnosu na unutrašnjost polja.

4. Odrediti nivo parazitiranosti koji odgovara uspešnom efektu biološke kontrole, odnosno efektu smanjivanja brojnosti biljnih vašiju u zavisnosti od tipa predela.

### **3. Materijal i metode**

### 3.1. Opis istraživnog područja

Istraživanje je rađeno na području šireg prostora Pančevačkog rita, uključujući levu obalu Tamiša i područje severno od kanala Dunav-Karaš-Tamiš u okolini Čente i obuhvatalo je površinu 25x35 km. Pančevački rit predstavlja aluvijalnu ravan, nadmorske visine 69,5-79 m, koja je sa južne i zapadne strane oivična Dunavom, sa istočne strane Tamišom, a na severu sa kanalom „Karaš“. Po geografskom položaju nalazi se na području jugozapadnog Banata, a na prostoru je Grada Beograda, između 44°50' i 45°06' severne geografske širine i 20°17' i 20°38' istočne geografske dužine.

Geološka podloga Pančevačkog rita je izgrađena od kvartarnih i pleistocenskih sedimenata koji se mogu podeliti u tri grupe: sedimenti starijeg kvartara i pleistocenski sedimenti, eolski sedimenti i recentni sedimenti površinskih tokova. Najstariji kvartarni sedimenti su peskovito-šljunkoviti slojevi. Preko njih je nataložen sitni peskoviti materijal, les, koji je radom vetra donet na ovo područje u deluvijumu. Sledeći sloj debljine 2-5 m je sačinjen od sitnozrnog peska šute boje. Naredni, mlađi sloj čini peskovita glina dok su površinski nanosi pod dejstvom vode i vegetacije pretvoreni u ritske crnice debljine do 2 m (Stanković-Kalezić, 2006).

Formiranje zemljišta na području Pančevačkog rita je bilo pod jakim uticajem vodnog režima Dunava i Tamiša. Nagomilavanje organskih materija i njihovim razlaganjem u anaerobnim uslovima kao i neprekidno nanošenje finog mulja formirali su zemljište različitih teksturnih klasa. Dominira glina sa 85,2%, a slede peskuša 9,7% i ilovača 5,1%. Prisutno je 5 osnovnih tipova zemljišta i 23 varijeteta (Vidojević, 2001). To su: aluvijum (59%), ritska crnica (24,5%), livadsko zemljište (9,5%), černozem (4,3%), peskuša (0,5%) i ostali tipovi zemljišta (2,2%). Aluvijum predstavlja dominantni tip zemljišta ovog područja, peskovito ilovaste je strukture i manje je potencijalne plodnosti u odnosu na ostale tipove zemljišta.

Područje Vojvodine karakteriše kontinentalna klima (Živković, 1972), ali Pančevački rit, zbog specifičnog geografskog položaja, ima izrazito kontinentalnu panonsku klimu, sa toplim letima, ostrim zimama i malom količinom padavina.

Područje Pančevačkog rita je do 30-ih i 40-ih godina 20. veka bilo većinom pod močvarama, ali je intenzivnim hidromelioracionim zahvatima pretvoreno u prvenstveno poljoprivredno zemljište (Šabić et al., 2010). Danas se najveći deo prostora Pančevačkog rita nalazi pod poljoprivrednim kulturama, dok je samo manji deo u okviru urbanih naselja koja se nalaze u južnom delu (Borča, Ovča, Krnjača) i nekolicine manjih naselja (Besni Fok, Padniska skela, Dunavac, Kovilovo i dr.) čija je glavna delatnost opsluživanje okolnih poljoprivrednih polja. Uz obale reka i većine većih kanala se nalazi pojas plantažnih šuma topole. Oko 70 % poljoprivrednih površina Pančevačkog rita je u vlasništvu prehrambenog kombinata Beograd (PKB), organizovanog u devet gazdinstava. Preostali deo poljoprivrednih površina pripada individualnim vlasnicima. Prema podacima PKB-a, gaji se 13 poljoprivrednih kultura na površini od 21500 ha. Njihov spisak i detaljni pregled proizvodnje je dat u tabeli 5. Najveću proizvodnju u tonama imaju šećerna repa, kukuruz, pšenica i lucerka.

Tabela 5. Prikaz proizvodnje poljoprivrednih kultura na području PKB-a u tonama i procentima; višegodišnji prosek (prema <http://www.pkb-sr.com/proizvodnja.htm>)

Kultura		Obim proizvodnje	
		Ukupno tona	%
1	Šećerna repa	125 000	36,2
2	Kukuruz silažni	120 000	34,7
3	Pšenica	28 000	8,1
4	Kukuruz merkantilni	25 000	7,2
5	Lucerka - seno	20 000	5,8
6	Ječam	9 000	2,6
7	Soja	8 000	2,3
8	Kukuruz semeni	3 500	1,0
9	Uljana repica	3 000	0,8
10	Kukuruz šećerac	1 500	0,4
11	Grašak konzumni	1 200	0,3
12	Suncokret merkantilni	1 000	0,2
13	Suncokret semeni	300	<0,1



### 3.2 Analizirani parametri

U toku istraživanja analizirani su sledeći parametri:

- Brojnost biljnih vašiju;
- Promena brojnosti biljnih vašiju između vegetacijskih faza pšenice;
- Brojnost parazitoida
- Procenat parazitiranosti biljnih vašiju;
- Diverzitet parazitoida;
- Brojnost hiperparazitoida
- Procenat hiperparazitiranosti
- Diverzitet hiperparazitoida.

Brojnost biljnih vašiju je određivana brojanjem svih individua (larve, beskrilne i krilate odrasle jedinke i mumije) na slučajnom uzorku od 100 stabljika ozime pšenice duž transeka 30 m dužine sa po četiri poduzorka od 25 stabljika na svakih 10 m transeka. Vaši su sakupljane sa čitave stabljike pšenice. Ukoliko je stabljika bila oštećena, napadnuta gljivama ili sa nerazvijenim klasom, odbacivana je i po principu slučajnosti je uzimana druga stabljika kako bi se izbegla umanjena procena brojnosti vašiju. Nakon indentifikacije vrste i brojanja, vaši su sakupljane u plastične kutije razdvojene po vrstama, prekrivane tkaninom i ostavljene u laboratoriji do završetka mumifikacije i izleganja parazitoida i hiperparazitoida. Uzorkovanje je u toku svake godine istraživanja vršeno u dve karakteristične faze ravoja pšenice (u daljem tekstu *faza*). Prvo uzorkovanje je rađeno u fazi cvetanja pšenice kada je intenzivna kolonizacija polja biljnim vašima, u periodu od sredine do kraja maja, dok je drugo uzorkovanje bilo početkom juna u fazi „mlečnog zrna“ kada je reprodukcija biljnih vašiju najintenzivnija. Promena brojnosti biljnih vašiju između sezona računata je kao

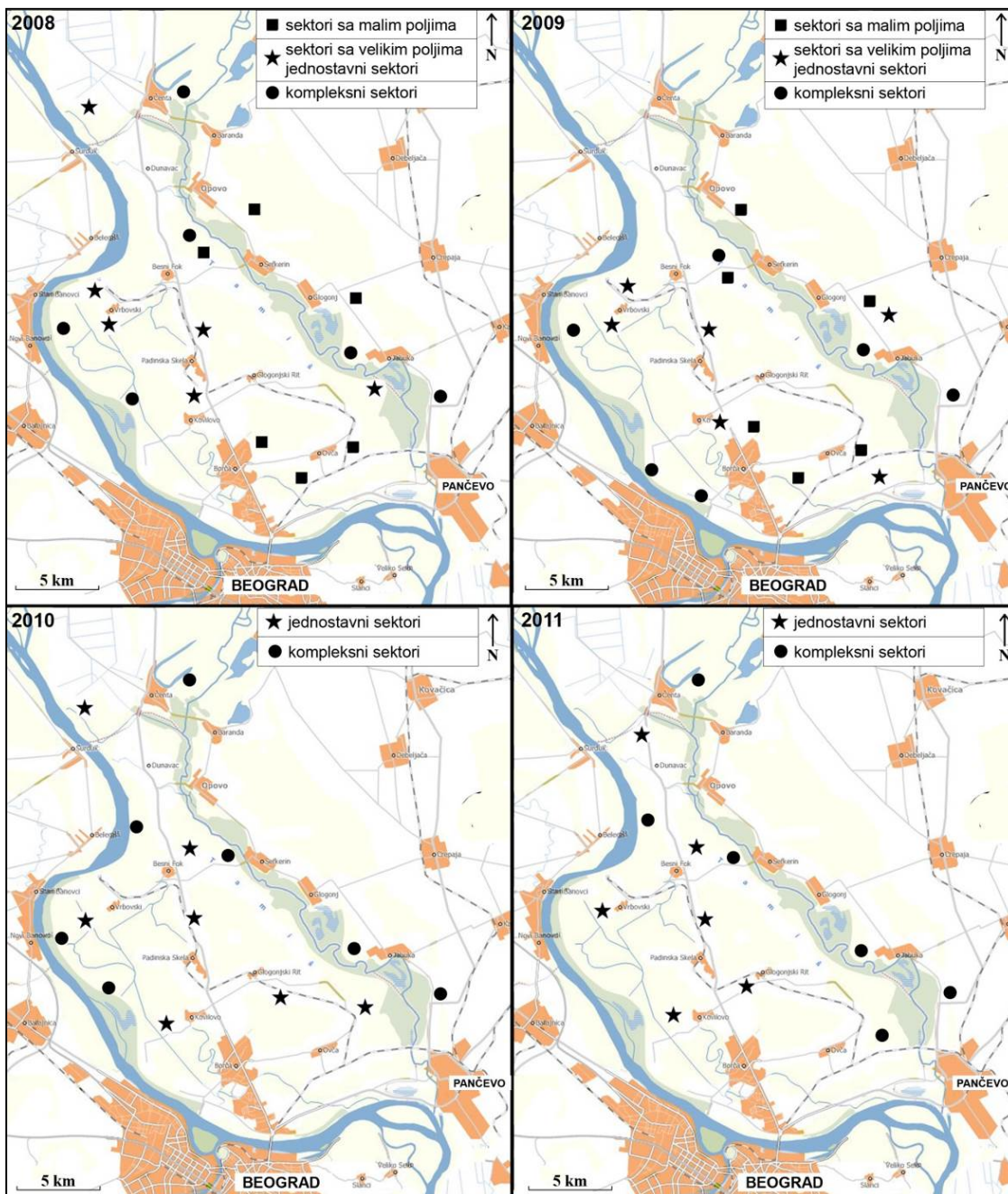
razlika između  $\log_{10}(x+1)$ -transformisane brojnosti biljnih vašiju u fazi cvetanja i  $\log_{10}(x+1)$ -transformisane brojnosti biljnih vašiju u fazi „mlečnog zrna“.

Nakon izleganja parazitoida i hiperparazitoida, vršena je identifikacija parazitoida pomoću identifikacionih ključeva (Starý, 1973; Powell, 1982; Gärdenfors, 1986; Tomanović *et al.*, 2003, 2009, 2012; Kavallieratos *et al.*, 2005). Identifikaciju hiperparazitoida je uradio Aleksandar Stojanović (Prirodnjački muzej u Beogradu). Procenat parazitiranosti i hiperparazitiranosti je određivan samo za vrstu *S. avenae* jer je učestalost parazitiranosti drugih vrsta bila previše mala da bi se mogle uraditi smislene statističke analize ili pak parazitiranost uopšte nije bila detektovana. Procenat parazitiranosti je računat kao odnos mumificiranih *Sitobion avenae* jedinki prema ukupnom broju jedinki ove vrste, dok je procenat hiperparazitiranosti računat kao odnos broja izleglih hiperparazitoida i ukupnog broja izleglih parazitoida i hiperparazitoida. Diverzitet parazitoida i hiperparazitoida je izražen pomoću ukupnog broja vrsta i Šenonovog indeksa diverziteta

### 3.3. Dizajn istraživanja

Istraživanje je rađeno tokom četiri uzastopne godine (2008-2011) na po 18 sektora u 2008. i 2009. godini, 14 sektora u 2010. godini i 12 sektora u 2011. godini (slika 5). Svaki sektor se sastojao od centralnog polja ozime pšenice u kojem je vršeno uzorkovanje i okolnog prostora u poluprečniku od 750 m oko centralnog polja u kojem je vršena procena predeonih parametara. Prema Thies *et al.* (2005), utvrđeno je da je poluprečnik od 750 m odgovarajući za merenje efekta predeonih elemenata na biljne vaši i parazitoide. Sektori u okviru jedne godine istraživanja su bili nepreklapajući i bez jasne sever-jug i istog-zapad pravilnosti u rasporedu kako bi se izbegla prostorna autokorelacija abiotičkih faktora. Istraživanje je podeljeno u tri dela da bi se dobili odgovori na pitanja postavljena u okviru ciljeva istraživanja.

Slika 5. Širi prikaz istraživanog područja sa rasporedom sektora po godinama



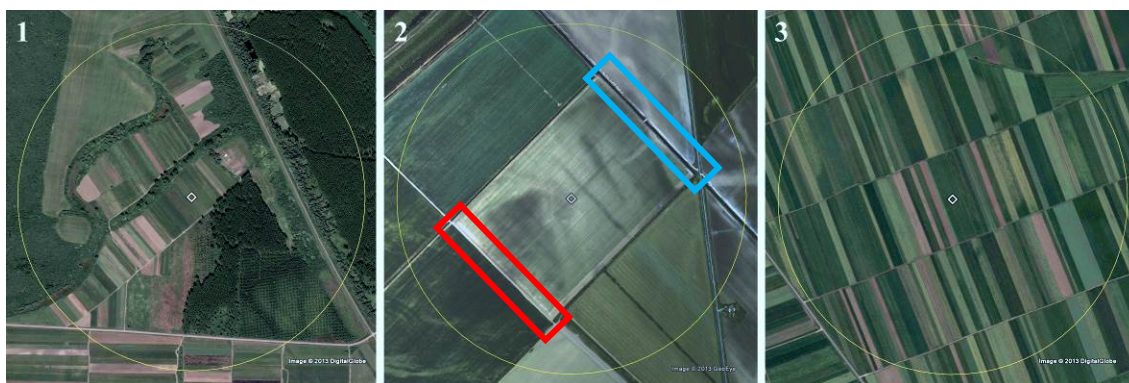
Prvi deo istraživanja je bio koncipiran sa namerom da se testira efekat kompleksnosti predela koja je izražena preko procenta prirodnih i poluprirodnih staništa u predelu (heterogenost tipova staništa). U poluprečniku 750 m oko svakog polja na kome je vršeno uzorkovanje biljnih vašiju rađena je procena procenta zemljišta koje nije pod poljoprivrednim kulturama. Ovo je urađeno pomoću analize satelitskih snimaka

dobijenih pomoću Google Maps i vizuelnom inspekcijom na terenu. Zemljište koje nije pod poljoprivrednim kulturama je bilo prekriveno prirodnim ili poluprirodnim tipom vegetacije (šume, živice, žbunje, utrine, pašnjaci, zeljasta vegetacija uz puteve i kanale i slično). Na osnovu ovog parametra svi uzorkovani sektori su svrstani u jednu od dve jasno razdvojene kategorije: 1) kompleksni predeli sa više od 50% poluprirodnih staništa i 2) jednostavni predeli sa znatno manje od 30% poluprirodnih staništa (slika 6). Istraživanje u okviru ovog dela studije je rađeno tokom sve četiri godine sa po 12 sektora (6 kompleksnih + 6 jednostavnih) tokom 2008, 2009, i 2011. i 14 sektora (7 kompleksnih + 7 jednostavnih) u 2010. godini. Uzorkovanje biljnih vašiju je vršeno u polju pšenice u centru svakog sektora na transektu udaljenom 10 m od ivice polja i vršeno je u obe faze.

U drugom delu istraživanja kompleksnost predela je bila izražena preko veličine pojedinačnih polja u istraživanim sektorima (heterogenost konfiguracije poljoprivrednih površina). Svi sektori su svrstani u dve jasno razdvojene kategorije: 1) predeli sa pretežno malim poljima čija površina nije prelazila 3 ha i 2) predeli sa velikim poljima čija je površina bila preko 20 ha (slika 6). U toku 2008. i 2009. godine je uzorkovano po 12 sektora (6 sa malim poljima + 6 sa velikim poljima). Uzorkovanje biljnih vašiju je vršeno u polju pšenice u centru svakog sektora na transektu udaljenom 10 m od ivice polja i vršeno je u obe faze. Da bi se eliminisao efekat kompleksnosti predela koja je izražena preko procenta poluprirodnih staništa, svi sektori su bili izabrani iz grupe jednostavnih predela sa manje od 30% poluprirodnih staništa. Inspekcijom na terenu je utvrđeno da je zeljasta vegetacija na ivicama polja i između polja u oba tipa sektora bila gotovo u potpunosti odsutna.

Treći deo istraživanja je bio osmišljen da odredi efekte različitog tipa ivice polja na biljne vaši i njihove parazitoide. Da bi se eliminisao efekat kompleksnosti predela (različite veličine polja i različitog procenta poluprirodnih staništa) sva polja su izabrana iz grupe velikih polja (preko 20 ha) u jednostavnim predelima (manje od 30% poluprirodnih staništa). Sva polja su imala barem uz jednu ivicu irigacioni kanal koji se karakteriše stalnom zeljastom i žbunastom vegetacijom, a uz drugu ivicu zemljani put koji nije imao vegetaciju. Na taj način su definisana dva tipa ivice polja: 1) ivica sa poluprirodnom vegetacijom i 2) ivica bez poluprirodne vegetacije (slika 6). U toku

2008. i 2009. godine je uzorkovano po 6 polja. Uzorkovanje u svakom polju je rađeno u okviru četiri transekta. Dva transekta su bila udaljena 1 i 10 m od ivice sa poluprirodnom vegetacijom, a dva su bila na 1 i 10 m od ivice bez poluprirodne vegetacije. Kao i u prethodnim delovima istraživanja, uzorkovanje je rađeno u obe faze razvoja pšenice.



**1) Kompleksni predeli**

**2) Jednostavni predeli/predeli sa velikim poljima**

**3) Jednostavni predeli/predeli sa malim poljima**

**\*krug označava poluprečnik od 750 m oko polja**

**\*\*plavi pravougaonik označava ivicu sa poluprirodnom vegetacijom**

**crveni pravougaonik označava ivicu bez poluprirodne vegetacije**

Slika 6. Prikaz različitih tipova predeonih sektora.

### 3.4. Statističke analize

Za svaki od analiziranih parametara je urađena osnovna deskriptivna statistika po tipu predela, fazi i godini. Za parametre brojnost biljnih vašiju, brojnost parazitoida i brojnost hiperparazitoida urađena je dodatna deskriptivna statistika po vrstama.

Za analizu brojnosti biljnih vašiju, brojnosti parazitoida, procenta parazitiranosti i diverzitet parazitoida izražen preko broja vrsta i Šenonovog indeksa diverziteta korišćen je generalizovani linearni model mešanih efekata (eng. *generalized linear mixed effects models*, GLMM) pomoću *lmer* funkcije u okviru R paketa *lme4* (Bates *et al.*, 2012). Kao fiksni efekti korišćeni su predeoni parametri (kompleksnost predela izražena preko procenta poluprirodnih staništa i preko veličine polja, tip i udaljenost od ivice polja) i faza (cvetanje pšenice i „mlečno zrno“). U analizi diverziteta parazitoida, faza nije korišćena kao fiksni efekat jer su podaci objedinjeni po godinama usled malog broja vrsta. Kao slučajni efekat u svim pomenutim analizama korišćena su pojedinačna polja da bi se uračunala međusobna zavisnost višestrukih uzoraka u okviru istog polja. Kako su analizirani parametri imali različite raspodele vrednosti, u analizama brojnosti biljnih vašijui brojnosti parazitoida korišćena je Poasonova raspodela uključena preko *family* parametra u okviru GLMM analiza, za procenat parazitiranosti je korišćena binomna raspodela, a za broj vrsta parazitoida i Šenoneov indeks diverziteta normalana raspodela sa logaritamskom  $x+1$  transformacijom vrednosti analiziranog parametra.

Osnovne pretpostavke GLMM modela su validirane preko ispitivanja grafičkog prikaza fitovanih u odnosu na dobijene rezidualne. Sve GLMM analize su rađene sa potpunim modelima, bez simplifikacije neznačajnih interakcija da bi se izbegla ugrađena sklonost ka pogrešnoj proceni parametara tokom postepene regresije (Whittingham *et al.*, 2006; Hegyi & Garamszegi, 2011). Metoda Markovljevi lanci Monte Karlo (eng. *Markov Chain Monte Carlo method*, MCMC) (*pvals.fnc* funkcija u R paketu "languageR" (Baayen, 2011)) sa 10 000 iteracija je korišćena za procenjivanje nivoa značajnosti uticaja fiksnih efekata na ukupan broj vrsta parazitoida i Šenonov indeks diverziteta parazitoida. Ovo je urađeno zbog nedostatka unapred definisanog testa značajnosti u okviru *lmer* funkcije za normalnu raspodelu vrednosti analiziranih parametara.

Uticaj predeonih parametara na procenat hiperparazitiranosti, ukupan broj vrsta hiperparazitoida i Šenonov indeks diverziteta hiperparazitoida je analiziran pomoću Kruskal-Wallis neparametarskog testa (Kruskal & Wallis, 1952) samo u prvom i drugom delu istraživanja. Zbog malog broja individua hiperparazitoida u fazi cvetanja pšenice, u svim analizama su korišćene objedinjene vrednosti za obe faze.

Sve navedene analize su rađene odvojeno po godinama. Uticaj parazitiranosti na promenu brojnosti biljnih vašiju između faza je analiziran pomoću linearne regresije. Analize su rađene zasebno za svaki tip predela (kompleksni predeli, jednostavni predeli sa velikim poljima i predeli sa malim poljima) sa podacima koji su bili objedinjeni po godinama, kao i jedna analiza u kojoj su podaci bili objedinjeni i po godini i po tipu predela (analiza na nivou čitavog područja Pančevačkog rita). Nivo parazitiranosti odgovoran za stagnaciju brojnosti biljnih vašiju je procenjivan pomoću koeficijenata regresije. Sve analize su rađene u statističkom programu R v2.15.1 (R Development Core Team, 2012).

## **4. Rezultati**



#### 4.1. Predeoni efekti heterogenosti tipova staništa (kompoziciona heterogenost) na model sistem biljne vaši-parazitoidi

U toku četvorogodišnjeg istraživanja ukupno je sakupljeno 8 807 jedinki biljnih vaši. U tabeli 6 se nalaze prikazane brojnosti pojedinačnih vrsta vaši za svaku od godina, podeljene po fazama i tipu predela. Nađene su četiri vrste biljnih vašiju u okviru jedne familije, Aphididae: *Sitobion avenae* (Fabricius, 1775), *Metopolophium dirhodum* (Walker, 1849), *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus, 1758) i *Sipha maydis* Passerini, 1860. Velika žitna vaš, *S. avenae*, bila je najzastupljenija vrsta biljne vaši u sve četiri godine (2008: 82,8%, 2009: 95,2%, 2010: 95,7% i 2011: 87,0%), zatim *M. dirhodum* i *R. padi*, dok je vrsta *S. maydis* pronađena samo u toku 2011. godine (tabela 7).

Sakupljeno je ukupno 448 jedinki parazitoida. U tabeli 8 se nalaze prikazane brojnosti pojedinačnih vrsta parazitoida za svaku od godina, podeljene po fazama i tipu predela. Nađeno je sedam vrsta parazitoida iz dve familije: 1) Braconidae: *Aphidius ervi* Haliday, 1834, *A. uzbekistanicus* Luzhetskii, 1960, *A. rhopalosiphii* de Stefani-Perez, 1902, *Praon volucre* (Haliday), *P. abjectum* (Haliday, 1833) i *Ephedrus plagiator* (Nees, 1811); 2) Aphelinidae: *Aphelinus varipes* (Foerster, 1841). Najzastupljenija vrsta u sve četiri godine je bila *A. ervi* (2008: 84,9%, 2009: 50,0%, 2010: 90,0%, 2011: 53,8%), zatim *A. uzbekistanicus* i *A. rhopalosiphii*, dok su *P. abjectum* i *A. varipes* bile prisutne samo sa po jednom jedinkom u ukupnom uzorku i zbog toga su izuzete iz svih analiza (tabela 9).

Brojnost hiperparazitoida je bila relativno mala. Sakupljeno je ukupno 128 jedinki. U tabeli 10 se nalaze prikazane brojnosti pojedinačnih vrsta hiperparazitoida za svaku od godina, podeljene po fazama i tipu predela. Nađeno je devet vrsta iz četiri familije: 1) Figitidae: *Alloxysta brevis* (Thomson, 1862), *A. victrix* (Westwood, 1833) i *Phaenoglyphis villosa* (Hartig, 1841); 2) Pteromalidae: *Asaphes suspensus* (Nees, 1834), *Asaphes vulgaris* Walker, 1834, *Coruna clavata* Walker, 1833 i *Pachyneuron aphidis* (Bouche, 1834); 3) Megaspilidae: *Dendrocerus carpenteri* (Curtis, 1829); 4) Encyrtidae: *Syrphophagus aphidivorus* (Mayr, 1876). Najzastupljenija vrsta u sve četiri

godine je *D. carpenteri*, dok je vrsta *C. clavata* bila zabeležena samo u 2011. godini (tabela 11).

Tabela 6. Prikaz brojnosti pojedinačnih vrsta biljnih vašiju za svaku od godina, podjeljeno po fazama i tipu predela

Godina	Faza	Kompleksni predeli				Jednostavni predeli				Ukupno			
		<i>S. avenae</i>	<i>M. dirhodum</i>	<i>R. padi</i>	<i>S. maydis</i>	<i>S. avenae</i>	<i>M. dirhodum</i>	<i>R. padi</i>	<i>S. maydis</i>	<i>S. avenae</i>	<i>M. dirhodum</i>	<i>R. padi</i>	<i>S. maydis</i>
2008	WF	735	275	23	0	423	48	12	0	1158	323	35	0
	MR	534	80	0	0	557	29	0	0	1091	109	0	0
Ukupno		<b>1269</b>	<b>355</b>	<b>23</b>	<b>0</b>	<b>980</b>	<b>77</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>2249</b>	<b>432</b>	<b>35</b>	<b>0</b>
2009	WF	776	10	1	0	365	2	25	0	1141	12	26	0
	MR	292	19	1	0	133	18	2	0	425	37	3	0
Ukupno		<b>1068</b>	<b>29</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>498</b>	<b>20</b>	<b>27</b>	<b>0</b>	<b>1566</b>	<b>49</b>	<b>29</b>	<b>0</b>
2010	WF	467	11	0	0	126	3	0	0	593	14	0	0
	MR	454	13	8	0	190	19	1	0	644	32	9	0
Ukupno		<b>921</b>	<b>24</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>316</b>	<b>22</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1237</b>	<b>46</b>	<b>9</b>	<b>0</b>
2011	WF	561	18	0	0	73	0	0	0	634	18	0	0
	MR	1878	103	0	261	233	28	0	0	2111	131	0	261
Ukupno		<b>2439</b>	<b>121</b>	<b>0</b>	<b>261</b>	<b>306</b>	<b>28</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2745</b>	<b>149</b>	<b>0</b>	<b>261</b>
Ukupno		<b>5697</b>	<b>529</b>	<b>33</b>	<b>261</b>	<b>2100</b>	<b>147</b>	<b>40</b>	<b>0</b>	<b>7797</b>	<b>676</b>	<b>73</b>	<b>261</b>

7. Prikaz procentualne zastupljenosti vrsta biljnih vašiju po godinama

<b>Godina</b>	<b><i>S. avenae</i></b>	<b><i>M. dirhodum</i></b>	<b><i>R. padi</i></b>	<b><i>S. maydis</i></b>
<b>2008</b>	82,8 %	15,9 %	1,3 %	0,0 %
<b>2009</b>	95,2 %	3,0 %	1,8 %	0,0 %
<b>2010</b>	95,7 %	3,6 %	0,7 %	0,0 %
<b>2011</b>	87,0 %	4,7 %	0,0 %	8,3 %

Tabela 9. Prikaz procentualne zastupljenosti vrsta parazitoida po godinama

<b>Godina</b>	<b><i>A. ervi</i></b>	<b><i>A. rhopalosiphi</i></b>	<b><i>A. uzbekistanicus</i></b>	<b><i>P. volucre</i></b>	<b><i>P. abiectum</i></b>	<b><i>E. plagiator</i></b>	<b><i>Ap. varipes</i></b>
<b>2008</b>	84,9 %	3,0 %	11,6 %	0,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
<b>2009</b>	50,0 %	4,2 %	40,6 %	3,1 %	1,0 %	1,0 %	0,0 %
<b>2010</b>	90,0 %	0,0 %	6,7 %	0,0 %	0,0 %	3,3 %	0,0 %
<b>2011</b>	53,8 %	5,4%	37,6 %	0,0 %	0,0 %	2,1 %	1,1 %

Tabela 8. Prikaz brojnosti pojedinačnih vrsta parazitoida za svaku od godina, podeljeno po fazama i tipu predela

Godina	Faza	Kompleksni predeli							Jednostavni predeli							Ukupno						
		<i>A. ervi</i>	<i>A. rhopalosiphi</i>	<i>A. uzbekistanicus</i>	<i>P. volucre</i>	<i>P. abiectum</i>	<i>E. plagiator</i>	<i>Ap. varipes</i>	<i>A. ervi</i>	<i>A. rhopalosiphi</i>	<i>A. uzbeki</i>	<i>P. volucre</i>	<i>P. abiectum</i>	<i>E. plagiator</i>	<i>Ap. varipes</i>	<i>A. ervi</i>	<i>A. rhopalosiphi</i>	<i>A. uzbekistanicus</i>	<i>P. volucre</i>	<i>P. abiectum</i>	<i>E. plagiator</i>	<i>Ap. varipes</i>
2008	WF	48	0	3	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	60	0	3	0	0	0	0
	MR	52	5	6	1	0	0	0	57	1	14	0	0	0	0	109	6	20	1	0	0	0
Ukupno		100	5	9	1	0	0	0	69	1	14	0	0	0	0	169	6	23	1	0	0	0
2009	WF	3	2	3	0	0	0	0	5	0	1	1	0	0	0	8	2	4	1	0	0	0
	MR	21	2	29	0	1	1	0	19	0	6	2	0	0	0	40	2	35	2	1	1	0
Ukupno		24	4	32	0	1	1	0	24	0	7	3	0	0	0	48	4	39	3	1	1	0
2010	WF	38	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	38	0	2	0	0	2	0
	MR	14	0	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	16	0	2	0	0	0	0
Ukupno		52	0	3	0	0	2	0	2	0	1	0	0	0	0	54	0	4	0	0	2	0
2011	WF	7	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	4	0	0	0	0
	MR	38	3	31	0	0	2	1	5	2	0	0	0	0	0	43	5	31	0	0	2	1
Ukupno		45	3	35	0	0	2	1	5	2	0	0	0	0	0	50	5	35	0	0	2	1
Ukupno		221	12	79	1	1	5	1	100	3	22	3	0	0	0	321	15	101	4	1	5	1

Tabela 10. Prikaz brojnosti pojedinačnih vrsta hiperparazitoida za svaku od godina, podjeljeno po fazama i tipu predela

Godina	Faza	Kompleksni predeli									Jednostavni predeli									Ukupno									
		<i>A. brevis</i>	<i>A. victrix</i>	<i>As. suspensusus</i>	<i>As. vulgaris</i>	<i>C. clavata</i>	<i>D. carpenteri</i>	<i>P. aphidis</i>	<i>Ph. villosa</i>	<i>S. aphidivorus</i>	<i>A. brevis</i>	<i>A. victrix</i>	<i>As. suspensusus</i>	<i>As. vulgaris</i>	<i>C. clavata</i>	<i>D. carpenteri</i>	<i>P. aphidis</i>	<i>Ph. villosa</i>	<i>S. aphidivorus</i>	<i>A. brevis</i>	<i>A. victrix</i>	<i>As. suspensusus</i>	<i>As. vulgaris</i>	<i>C. clavata</i>	<i>D. carpenteri</i>	<i>P. aphidis</i>	<i>Ph. villosa</i>	<i>S. aphidivorus</i>	
2008	WF	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	MR	0	0	1	0	0	6	2	1	2	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	1	0	0	13	2	1	2	
Ukupno		0	1	1	0	0	6	2	2	2	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	1	1	0	0	13	2	2	2	
2009	WF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	MR	6	0	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	7	0	0	0	0	7	0	0	0	
Ukupno		6	0	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	7	0	0	0	0	7	0	0	0	
2010	WF	0	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	4	0	0	0	
	MR	2	0	0	2	0	10	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	10	0	2	1	
Ukupno		2	0	0	4	0	13	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	4	0	14	0	2	1	
2011	WF	4	2	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	5	2	1	0	0	0	0	2	0	
	MR	12	0	19	1	5	4	9	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	19	1	5	4	9	4	6	
Ukupno		16	2	20	1	5	4	9	5	6	1	0	0	0	0	0	0	1	0	17	2	20	1	5	4	9	6	6	
Ukupno		24	3	21	5	5	29	11	9	9	2	0	0	0	0	9	0	1	0	26	3	21	5	5	38	11	10	9	

Tabela 11. Prikaz procentualne zastupljenosti vrsta hiperparazitoida po godinama

<b>Godina</b>	<b><i>A. brevis</i></b>	<b><i>A. victrix</i></b>	<b><i>As. suspensus</i></b>	<b><i>As. vulgaris</i></b>	<b><i>C. clavata</i></b>	<b><i>D. carpenteri</i></b>	<b><i>P. aphidis</i></b>	<b><i>Ph. villosa</i></b>	<b><i>S. aphidivorus</i></b>
<b>2008</b>	0,0 %	4,8 %	4,8 %	0,0 %	0,0 %	61,9 %	9,5 %	9,5 %	9,5 %
<b>2009</b>	50,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	50,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
<b>2010</b>	8,7 %	0,0 %	0,0 %	17,4 %	0,0 %	60,9 %	0,0 %	8,7 %	4,3 %
<b>2011</b>	24,3 %	2,8 %	28,6 %	1,4 %	7,1 %	5,7 %	12,8 %	8,6 %	8,6 %

Analize efekta predeone kompleksnosti izražene preko procenta poluprirodnih staništa (heterogenost tipova staništa) (HS) u krugu poluprečnika 750 m na brojnost biljnih vašiju pokazala je konstantan trend povećane brojnosti biljnih vašiju u kompleksnim predelima, sa značajnim efektom u 2010. i 2011. godini. Razlika u brojnosti vaši između vegetacijskih faza (VF) pšenice je bila značajna u tri godine. Tokom 2008. i 2009. došlo je do smanjenja brojnosti vaši između faza, dok je u 2011. zabeležen značajni porast brojnosti vaši. Značajna interakcija faktora faze i predeone kompleksnosti je utvrđena za dve godine. U toku 2008. brojnost biljnih vašiju se smanjila između faza u kompleksnim predelima, dok se u jednostavnim predelima povećala. U toku 2010. brojnost se u kompleksnim predelima nije menjala, za razliku od jednostavnih gde je opet zabeležen delimični rast. Rezultati analiza za svaku od godina su dati u tabeli 12. Na slici 7 je dat uporedni grafički prikaz brojnosti biljnih vašiju između faza za svaku godinu.

Analize efekta predeone kompleksnosti (KR) na procenat parazitiranosti je pokazala značajne razlike između predela u toku dve godine, 2008. i 2010. kada je veća parazitiranost bila u kompleksnim predelima. Faza je imala značajan efekat na procenat parazitiranosti u toku tri godine, 2008, 2009. i 2011, kada je zabeleženo povećanje parazitiranosti u drugoj fazi. Interakcija dva faktora, procenta parazitiranosti i faze, nije bila značajna ni u jednoj od godina. Rezultati analiza za svaku od godina su dati u tabeli 13. Na slici 8 je dat uporedni grafički prikaz procenta parazitiranosti između faza za svaku godinu.

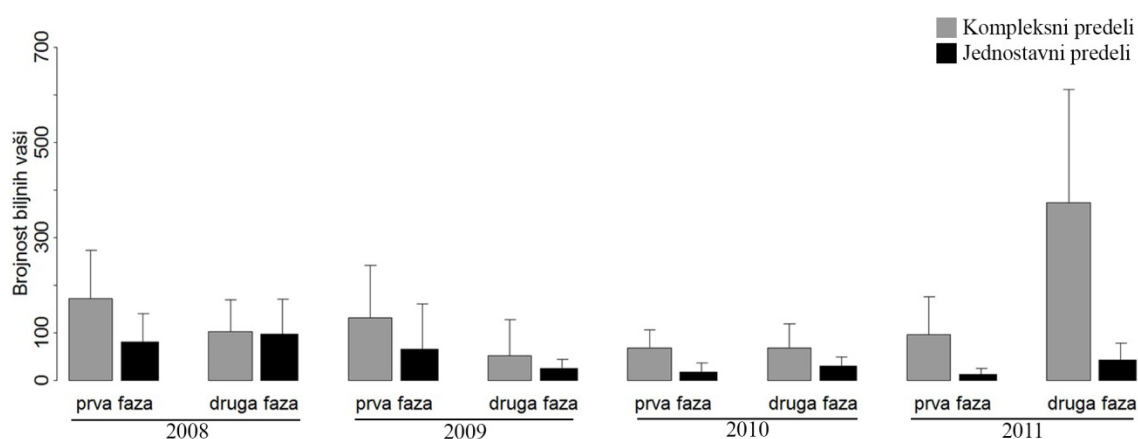


Tabela 12. Rezultati GLMM analize brojnosti biljnih vašiju u odnosu na heterogenost tipova staništa (HS) i vegetacijsku fazu (VF).

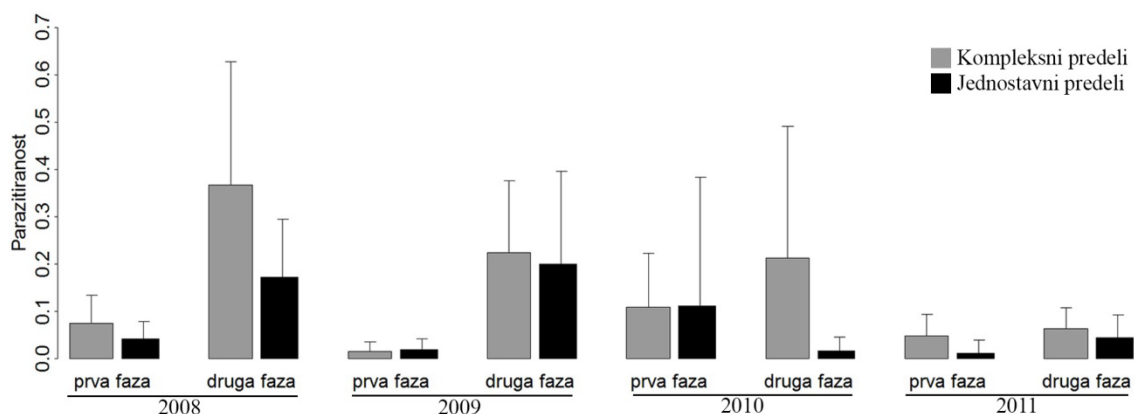
	<b>Brojnost biljnih vaši</b>	
	<b>Est.±S.E.</b>	<b>P</b>
<b>2008</b>		
heterogenost tipova staništa (HS)	-0,09±0,30	0,77
vegetacijska faza (VF)	0,52±0,05	<0,01
HS ×VF	-0,71±0,08	<0,01
<b>2009</b>		
heterogenost tipova staništa (HS)	-0,86±0,50	0,09
vegetacijska faza (VF)	0,92±0,07	<0,01
HS ×VF	0,02±0,12	0,89
<b>2010</b>		
heterogenost tipova staništa (HS)	-0,85±0,23	<0,01
vegetacijska faza (VF)	0,01±0,06	0,92
HS ×VF	-0,49±0,13	<0,01
<b>2011</b>		
heterogenost tipova staništa (HS)	-2,29±0,39	<0,01
vegetacijskih faza (VF)	-1,35±0,05	<0,01
HS ×VF	0,08±0,14	0,57

Tabela 13. Rezultati GLMM analize procenta parazitiranosti u odnosu na heterogenost tipova staništa (HS) i vegetacijsku fazu (VF).

	Procenat parazitiranosti	
	Est.±S.E.	P
<b>2008</b>		
heterogenost tipova staništa (HS)	-0,78±0,34	0,02
vegetacijska faza (VF)	-1,50±0,18	<0,01
HS ×VF	-0,09±0,33	0,78
<b>2009</b>		
heterogenost tipova staništa (HS)	0,06±0,36	0,85
vegetacijska faza (VF)	-2,78±0,34	<0,01
HS ×VF	-0,16±0,59	0,78
<b>2010</b>		
heterogenost tipova staništa (HS)	-1,41±0,52	<0,01
vegetacijska faza (VF)	0,03±0,23	0,88
HS ×VF	-0,69±0,89	0,43
<b>2011</b>		
heterogenost tipova staništa (HS)	0,33±0,45	0,47
vegetacijska faza (VF)	-0,83±0,24	<0,01
HS ×VF	-0,02±0,83	0,98



Slika 7. Grafički prikaz brojnosti biljnih vašiju u odnosu na heterogenost tipova staništa (kompleksni i jednostavni predeli) i vegetacijsku fazu po godinama.



Slika 8. Grafički prikaz procenta parazitiranosti u odnosu na heterogenost tipova staništa (kompleksni i jednostavni predeli) i vegetacijsku fazu po godinama.

Ukupan broj vrsta parazitoida je bio značajno veći u kompleksnim predelima u 2010. i 2011. godini. Razlike u Šenonovom indeksu diverziteta između predela nisu bile značajne u 2008. i 2009, a za 2010. i 2011. analiza nije mogla da bude urađena zbog prevelikog broja uzoraka u okviru jednostavnih predela koji nisu imali prisutne parazitoide. Rezultati analiza su dati u tabeli 14.

Procenat hiperparazitizma je pokazao značajnu razliku između predela samo u toku 2010. i 2011. godine kada je veći procenat bio u kompleksnim predelima. Ukupan broj vrsta hiperparazitoida je bio značajno veći u kompleksnim predelima samo u toku 2010. i 2011. godine. Razlike u Šenonovom indeksu diverziteta između predela su bile značajne samo u 2011. godini sa većim indeksom diverziteta u kompleksnim predelima. Rezultati analiza su dati u tabeli 15.

Tabela 14. Rezultati GLMM analize ukupnog broja vrsta parazitoida i Šenonovog indeksa diverziteta parazitoida u odnosu na heterogenost tipova staništa (HS).

	Ukupan broj vrsta parazitoida		Šenonov indeks diverziteta parazitoida	
	Est.±S.E.	P	Est.±S.E.	P
<b>2008</b>				
heterogenost tipova staništa (HS)	-0.23±0.18	0.23	0.09±0.2	0.92
<b>2009</b>				
heterogenost tipova staništa (HS)	-0.25±0.22	0.28	-0.18±0.21	0.42
<b>2010</b>				
heterogenost tipova staništa (HS)	-0.42±0.15	0.01	/	/
<b>2011</b>				
heterogenost tipova staništa (HS)	-0.59±0.16	<0.01	/	/

Tabela 15. Rezultati Kruskal-Wallis neparametarskog testa odnosa procenta hiperparazitiranosti, ukupnog broja vrsta hiperparazitoida i Šenonovog indeksa diverziteta hiperparazitoida u odnosu na heterogenost tipova staništa (HS).

	Procentat hiperparazitiranosti		Ukupan broj vrsta hiperparazitoida		Šenonov indeks diverziteta hiperparazitoida	
	$\chi^2$	P	$\chi^2$	P	$\chi^2$	P
<b>2008</b>						
heterogenost tipova staništa (HS)	1,493	0,22	2,09	0,14	2,09	0,15
<b>2009</b>						
heterogenost tipova staništa (HS)	0,0	1	0,01	0,93	1	0,32
<b>2010</b>						
heterogenost tipova staništa (HS)	6,50	0,01	7,94	<0,01	3,23	0,07
<b>2011</b>						
heterogenost tipova staništa (HS)	8,04	<0,01	9,82	<0,01	5,12	0,02

## 4.2. Predeoni efekti heterogenosti konfiguracije poljoprivrednih površina (veličine polja) na model sistem biljne vaši-parazitoidi

U toku ovog dvogodišnjeg dela istraživanja sakupljeno je ukupno 3 612 jedinki biljnih vaši. U tabeli 16 se nalaze prikazane brojnosti pojedinačnih vrsta vaši za svaku od godina, podeljene po fazama i tipu predela. Nađene su tri vrste biljnih vašiju u okviru jedne familije, Aphididae: *S. avenae* (Fabricius, 1775), *M. dirhodum* (Walker, 1849) i *R. padi* (Linnaeus, 1758). Najzastupljenija biljna vaš je u obe godine bila vrsta *S. avenae* (2008: 89,1%, 2009: 95,0%), zatim *M. dirhodum* i *R. padi* (tabela 17).

Sakupljeno je i odgajeno ukupno 208 jedinki parazitoida. U tabeli 18 se nalaze prikazane brojnosti pojedinačnih vrsta parazitoida za svaku od godina, podeljene po fazama i tipu predela. Nađeno je pet vrsta parazitoida u okviru jedne familije, Braconidae: *A. ervi* Haliday, 1834, *A. uzbekistanicus* Luzhetzki, 1960, *A. rhopalosiphi* de Stefani-Perez, 1902, *P. volucre* (Haliday) i *E. plagiator* (Nees, 1811). Najzastupljenija vrsta u obe godine je bila *A. ervi* (2008: 81,7%, 2009: 65,5%), zatim *A. uzbekistanicus* i *A. rhopalosiphi*, dok je *E. plagiator* bio prisutan samo sa jednom jedinkom u ukupnom uzorku i zbog toga je izuzet iz svih analiza (tabela 19).

Ukupno je sakupljena i odgajena 21 jedinka hiperparazitoida. U tabeli 20 se nalaze prikazane brojnosti pojedinačnih vrsta hiperparazitoida za svaku od godina, podeljene po fazama i tipu predela. Nađene su četiri vrste hiperparazita u okviru četiri familije: 1) Figitidae: *A. brevis* (Thomson, 1862); 2) Pteromalidae: *A. suspensus* (Nees, 1834); 3) Megaspilidae: *D. carpenteri* (Curtis, 1829) i 4) Encyrtidae: *S. aphidivorus* (Mayr, 1876). Najzastupljenija vrsta je bila *D. carpenteri* (tabela 21)

Tabela 16. Prikaz brojnosti pojedinačnih vrsta biljnih vašiju za svaku od godina, podjeljeno po fazama i tipu predela

Godina	Faza	Predeli sa malim poljima			Predeli sa velikim poljima			Ukupno		
		<i>S. avenae</i>	<i>M. dirhodum</i>	<i>R. padi</i>	<i>S. avenae</i>	<i>M. dirhodum</i>	<i>R. padi</i>	<i>S. avenae</i>	<i>M. dirhodum</i>	<i>R. padi</i>
2008	WF	366	115	0	423	48	12	789	163	12
	MR	803	45	14	557	29	0	1360	74	14
<b>Ukupno</b>		<b>1169</b>	<b>160</b>	<b>14</b>	<b>980</b>	<b>77</b>	<b>12</b>	<b>2149</b>	<b>237</b>	<b>26</b>
2009	WF	441	4	0	365	2	25	806	6	25
	MR	201	9	0	133	18	2	334	27	2
<b>Ukupno</b>		<b>642</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>498</b>	<b>20</b>	<b>27</b>	<b>1140</b>	<b>33</b>	<b>27</b>
<b>Ukupno</b>		<b>1811</b>	<b>173</b>	<b>14</b>	<b>1478</b>	<b>97</b>	<b>39</b>	<b>3289</b>	<b>270</b>	<b>53</b>

Tabela 17. Prikaz procentualne zastupljenosti vrsta biljnih vašiju po godinama

Godina	<i>S. avenae</i>	<i>M. dirhodum</i>	<i>R. padi</i>
2008	89,1 %	9,8 %	1,1 %
2009	95,0 %	2,8 %	2,3 %

Tabela 18. Prikaz brojnosti pojedinačnih vrsta parazitoida za svaku od godina, podeljeno po fazama i tipu predela

Godina	Faza	Predeli sa malim poljima					Predeli sa velikim poljima					Ukupno				
		<i>A. ervi</i>	<i>A. rhopalosiphi</i>	<i>A. uzbekistanicus</i>	<i>P. volucre</i>	<i>E. plagiator</i>	<i>A. ervi</i>	<i>A. rhopalosiphi</i>	<i>A. uzbekistanicus</i>	<i>P. volucre</i>	<i>E. plagiator</i>	<i>A. ervi</i>	<i>A. rhopalosiphi</i>	<i>A. uzbekistanicus</i>	<i>P. volucre</i>	<i>E. plagiator</i>
2008	WF	18	0	0	0	0	12	0	0	0	0	30	0	0	0	0
	MR	38	1	11	0	1	57	1	14	0	0	95	2	25	0	1
<b>Ukupno</b>		<b>56</b>	<b>1</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>69</b>	<b>1</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>125</b>	<b>2</b>	<b>25</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
2009	WF	5	1	1	0	0	5	0	1	1	0	10	1	2	1	0
	MR	7	0	7	0	0	19	0	6	2	0	26	0	13	2	0
<b>Ukupno</b>		<b>12</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>1</b>	<b>15</b>	<b>3</b>	<b>0</b>
<b>Ukupno</b>		<b>68</b>	<b>2</b>	<b>19</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>93</b>	<b>1</b>	<b>21</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>161</b>	<b>3</b>	<b>40</b>	<b>3</b>	<b>1</b>



Tabela 19. Prikaz procentualne zastupljenosti vrsta parazitoida po godinama

Godina	<i>A. ervi</i>	<i>A. rhopalosiphi</i>	<i>A. uzbekistanicus</i>	<i>P. volucre</i>	<i>E. plagiator</i>
2008	81,7 %	1,3 %	16,3 %	0,0 %	0,7 %
2009	65,5 %	1,8 %	27,3 %	5,5 %	0,0 %

Tabela 20. Prikaz brojnosti pojedinačnih vrsta hiperparazitoida za svaku od godina, podjeljeno po fazama i tipu predela

Godina	Faza	Predeli sa malim poljima				Predeli sa velikim poljima				Ukupno			
		<i>A. brevis</i>	<i>As. suspensus</i>	<i>D. carpenteri</i>	<i>S. aphidivorus</i>	<i>A. brevis</i>	<i>As. suspensus</i>	<i>D. carpenteri</i>	<i>S. aphidivorus</i>	<i>A. brevis</i>	<i>As. suspensus</i>	<i>D. carpenteri</i>	<i>S. aphidivorus</i>
2008	WF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MR	1	0	3	2	0	0	7	0	1	0	10	2
Ukupno		1	0	3	2	0	0	7	0	1	0	10	2
2009	WF	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	MR	0	1	4	0	1	0	1	0	1	1	5	0
Ukupno		0	2	4	0	1	0	1	0	1	2	5	0
Ukupno		1	2	7	2	1	0	8	0	2	2	15	2

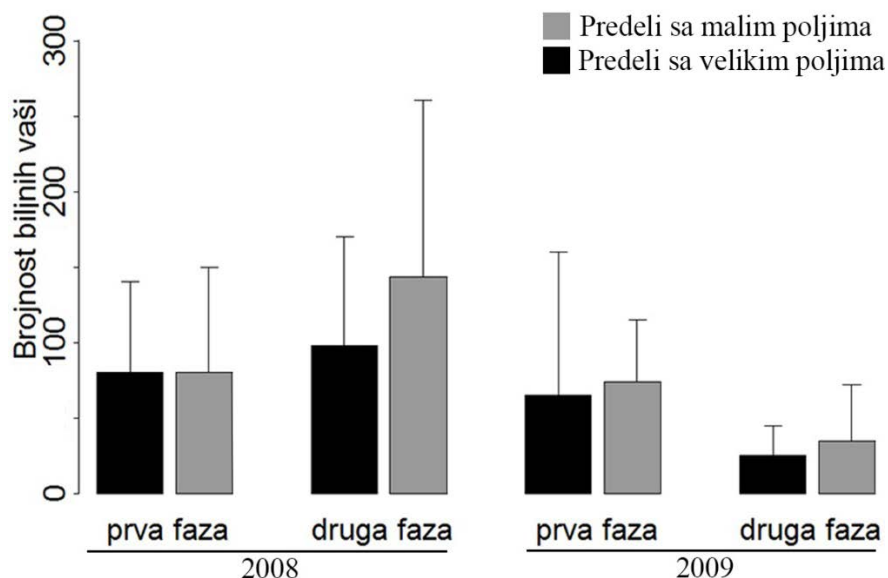
Tabela 21 . Prikaz procentualne zastupljenosti vrsta hiperparazitoida po godinama

<b>Godina</b>	<b><i>A. brevis</i></b>	<b><i>As. suspensus</i></b>	<b><i>D. carpenteri</i></b>	<b><i>S. aphidivorus</i></b>
<b>2008</b>	7,7 %	0,0 %	76,9 %	15,4 %
<b>2009</b>	12,5 %	25,0 %	62,5 %	0,0 %

Analize efekta predeone kompleksnosti izražene preko veličine pojedinačnih polja (heterogenost konfiguracije poljoprivrednih površina) (HK) u krugu poluprečnika 750 m na brojnost biljnih vašiju nisu pokazale značajan efekat ni u jednoj od godina. Promena brojnosti biljnih vašiju između faza (VF) je bila značajna u obe godine, ali je smer promene bio suprotan. Tokom 2008. godine došlo je do povećanja brojnosti biljnih vašiju između perioda cvetanja pšenice i faze „mlečnog zrna“, dok je u 2009. došlo do smanjenja brojnosti. Interakcija dva pomenuta faktora, predeone kompleksnosti i faze se pokazala značajnom samo u toku 2008. godine kada je povećanje brojnosti biljnih vašiju bilo jače izraženo u predelima sa malim poljima nego u predelima sa velikim poljima. Rezultati analiza za svaku od godina su dati u tabeli 22. Na slici 9 je dat uporedni grafički prikaz brojnosti biljnih vašiju između faza za svaku godinu.

Tabela 22. Rezultati GLMM analize brojnosti biljnih vašiju u odnosu na heterogenost konfiguracije poljoprivrednih površina (HK) i vegetacijsku fazu (VF).

	<b>Brojnost biljnih vaši</b>	
	<b>Est.±S.E.</b>	<b>P</b>
<b>2008</b>		
heterogenost konfiguracije poljoprivrednih površina (HK)	0,44±0,28	0,12
vegetacijska faza (VF)	-0,19±0,06	<0,01
HK×VF	-0,39±0,08	<0,01
<b>2009</b>		
heterogenost konfiguracije poljoprivrednih površina (HK)	0,54±0,42	0,19
vegetacijska faza (VF)	0,94±0,09	<0,01
HK×VF	-0,19±0,13	0,13



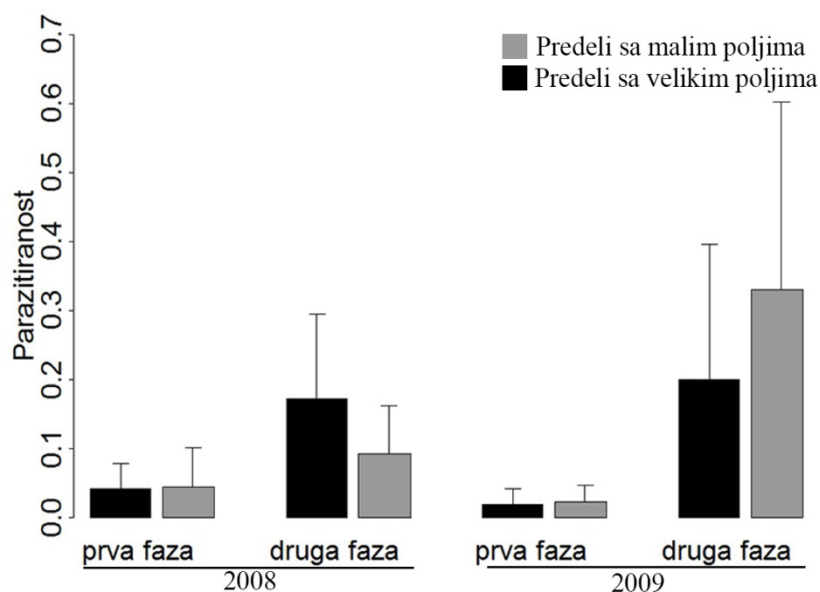
Slika 9. Grafički prikaz brojnosti biljnih vašiju u odnosu na heterogenost konfiguracije poljoprivrednih površina (predeli sa malim i predeli sa velikim poljima) i vegetacijsku fazu po godinama.

Analize efekta predeone kompleksnosti (HK) na procenat parazitiranosti nije pokazala značajne razlike u parazitiranosti između dva tipa predela ni u jednoj godini. Promena procenta parazitiranosti između faza je bila značajna u obe godine i zabeleženo je povećanje parazitiranosti. Interakcija predeone kompleksnosti i faze je bila značajna samo u toku 2008. godine kada je povećanje parazitiranosti bilo značajno više u okviru predela sa velikim poljima. Rezultati analiza za svaku od godina su dati u tabeli 23. Na slici 10. je dat uporedni grafički prikaz procenta parazitiranosti između faza za svaku godinu.

Analiza efekta predeone kompleksnosti (HK) na ukupan broj vrsta parazitoida i na njihov diverzitet izražen preko Šenonovog indeksa diverziteta nije pokazala nikakve razlike između dva tipa predela ni u jednoj od godina. Rezultati analiza su dati u tabeli 24.

Tabela 23. Rezultati GLMM analize procenta parazitiranosti u odnosu na heterogenost konfiguracije poljoprivrednih površina (HK) i vegetacijsku fazu (VF).

	Procenat parazitiranosti	
	Est.±S.E.	P
<b>2008</b>		
heterogenost konfiguracije poljoprivrednih površina (HK)	-0,47±0,37	0,21
vegetacijska faza (VF)	-1,60±0,28	<0,01
HK×VF	0,87±0,39	0,03
<b>2009</b>		
heterogenost konfiguracije poljoprivrednih površina (HK)	-0,12±0,57	0,83
vegetacijska faza (VF)	-2,89±0,52	<0,01
HK×VF	-0,09±0,66	0,89



Slika 10. Grafički prikaz procenta parazitiranosti u odnosu na heterogenost konfiguracije poljoprivrednih površina (predeli sa malim i predeli sa velikim poljima) i vegetacijsku fazu po godinama.

Tabela 24. Rezultati GLMM analize ukupnog broja parazitoida i Šenonovog indeksa diverziteta parazitoida u odnosu na heterogenost konfiguracije poljoprivrednih površina (HK) i vegetacijsku fazu (VF).

	Ukupan broj vrsta parazitoida		Šenonov indeks diverziteta parazitoida	
	Est.±S.E.	P	Est.±S.E.	P
<b>2008</b>				
heterogenost konfiguracije poljoprivrednih površina (HK)	0,08±0,21	0,71	0,01±0,13	0,91
<b>2009</b>				
heterogenost konfiguracije poljoprivrednih površina (HK)	0,1±0,17	0,59	0,17±0,36	0,65

Procenat hiperparazitizma nije pokazao značajnu razliku između predela. Razlike između ukupnog broj vrsta hiperparazitoida kao i razlike u Šenonovom indeksu diverziteta između predela nisu bile značajne ni u jednoj godini. Rezultati analiza su dati u tabeli 25.

Tabela 25. Rezultati Kruskal-Wallis neparametarskog test odnosa procenta hiperparazitiranosti, ukupnog broja vrsta hiperparazitoida i Šenonovog indeksa diverziteta hiperparazitoida u odnosu na heterogenost konfiguracije poljoprivrednih površina (HK).

	Procentat hiperparazitiranosti		Ukupan broj vrsta hiperparazitoida		Šenonov indeks diverziteta hiperparazitoida	
	$\chi^2$	P	$\chi^2$	P	$\chi^2$	P
<b>2008</b>						
heterogenost konfiguracije poljoprivrednih površina (HK)	0	1	0,01	0,92	1	0,32
<b>2009</b>						
heterogenost konfiguracije poljoprivrednih površina (HK)	0,97	0,32	0,98	0,32	1	2

### 4.3. Uticaj različitog karaktera ivične zone polja na model sistem biljne vaši-parazitoidi

U toku ovog dvogodišnjeg dela istraživanja sakupljeno je ukupno 9 017 jedinki biljnih vaši. U tabeli 26 se nalaze prikazane brojnosti pojedinačnih vrsta vaši za svaku od godina, podeljene po fazama i položaju transekta u polju. Nađene su tri vrste biljnih vašiju u okviru jedne familije, Aphididae: *S. avenae* (Fabricius, 1775), *M. dirhodum* (Walker, 1849) i *R. padi* (Linnaeus, 1758). Najzastupljenija biljna vaš je u obe godine bila vrsta *S. avenae* (2008: 87,7%, 2009: 88,9%), zatim *M. dirhodum* i *R. padi* (tabela 27).

Sakupljeno je i odgajeno ukupno 596 jedinki parazitoida. U tabeli 28 se nalaze prikazane brojnosti pojedinačnih vrsta parazitoida za svaku od godina, podeljene po fazama i položaju transekta u polju. Nađeno je pet vrsta parazitoida u okviru jedne familije, Braconidae: *A. ervi* Haliday, 1834, *A. uzbekistanicus* Luzhetskii, 1960, *A. rhopalosiphi* de Stefani-Perez, 1902, *P. volucre* (Haliday) i *P. abjectum* (Haliday, 1833). Najzastupljenija vrsta u obe godine je bila *A. ervi* (2008: 89,9%, 2009: 63,7%), zatim *A. uzbekistanicus* i *A. rhopalosiphi*, dok su vrste *P. volucre* i *P. abjectum* bile prisutne samo u 2009. godini (tabela 29).

Ukupno je sakupljena i odgajena 34 jedinka hiperparazitoida. U tabeli 30 se nalaze prikazane brojnosti pojedinačnih vrsta hiperparazitoida za svaku od godina, podeljene po fazama i položaju transekta u polju. Nađene su četiri vrste hiperparazita u okviru tri familije: 1) Figitidae: *A. brevis* (Thomson, 1862), *A. vicitrix* (Westwood, 1833); 2) Megaspilidae: *D. carpenteri* (Curtis, 1829) i 3) Encyrtidae: *S. aphidivorus* (Mayr, 1876). Najzastupljenija vrsta je bila *D. carpenteri* dok su za preostale tri vrste nađeni samo pojedinačni primerci (tabela 31).

Tabela 26. Prikaz brojnosti pojedinačnih vrsta biljnih vašiju za svaku od godina, podjeljeno po fazama i tipu predela

Godina	Faza	Ivica bez vegetacije 1 m			Ivica bez vegetacije 10 m			Ivica sa vegetacijom 1 m			Ivica sa vegetacijom 10 m			Ukupno		
		<i>S. avenae</i>	<i>M. dirhodum</i>	<i>R. padi</i>	<i>S. avenae</i>	<i>M. dirhodum</i>	<i>R. padi</i>	<i>S. avenae</i>	<i>M. dirhodum</i>	<i>R. padi</i>	<i>S. avenae</i>	<i>M. dirhodum</i>	<i>R. padi</i>	<i>S. avenae</i>	<i>M. dirhodum</i>	<i>R. padi</i>
2008	WF	936	180	15	423	48	12	623	32	1	496	98	0	2478	358	28
	MR	938	95	55	557	29	0	1259	129	0	569	117	0	3323	370	55
<b>Ukupno</b>		<b>1874</b>	<b>275</b>	<b>70</b>	<b>980</b>	<b>77</b>	<b>12</b>	<b>1882</b>	<b>161</b>	<b>1</b>	<b>1065</b>	<b>215</b>	<b>0</b>	<b>5801</b>	<b>728</b>	<b>83</b>
2009	WF	301	10	0	365	2	25	323	30	36	343	31	28	1332	73	89
	MR	146	73	0	133	18	2	319	0	0	209	11	0	807	102	2
<b>Ukupno</b>		<b>447</b>	<b>83</b>	<b>0</b>	<b>498</b>	<b>20</b>	<b>27</b>	<b>642</b>	<b>30</b>	<b>36</b>	<b>552</b>	<b>42</b>	<b>28</b>	<b>2139</b>	<b>175</b>	<b>91</b>
<b>Ukupno</b>		<b>2321</b>	<b>358</b>	<b>70</b>	<b>1478</b>	<b>97</b>	<b>39</b>	<b>2524</b>	<b>191</b>	<b>37</b>	<b>1617</b>	<b>257</b>	<b>28</b>	<b>7940</b>	<b>903</b>	<b>174</b>

Tabela 27. Prikaz procentualne zastupljenosti vrsta biljnih vašiju po godinama

Godina	<i>S. avenae</i>	<i>M. dirhodum</i>	<i>R. padi</i>
2008	87,7 %	11,0 %	1,3 %
2009	88,9 %	7,3 %	3,8 %



Tabela 28. Prikaz brojnosti pojedinačnih vrsta parazitoida za svaku od godina, podeljeno po fazama i tipu predela

Godina	Faza	Ivica bez vegetacije 1 m					Ivica bez vegetacije 10 m					Ivica sa vegetacijom 1 m					Ivica sa vegetacijom 10 m					Ukupno				
		<i>A. ervi</i>	<i>A. rhopalosiphi</i>	<i>A. uzbekistanicus</i>	<i>P. volucre</i>	<i>P. abiectum</i>	<i>A. ervi</i>	<i>A. rhopalosiphi</i>	<i>A. uzbekistanicus</i>	<i>P. volucre</i>	<i>P. abiectum</i>	<i>A. ervi</i>	<i>A. rhopalosiphi</i>	<i>A. uzbekistanicus</i>	<i>P. volucre</i>	<i>P. abiectum</i>	<i>A. ervi</i>	<i>A. rhopalosiphi</i>	<i>A. uzbekistanicus</i>	<i>P. volucre</i>	<i>P. abiectum</i>	<i>A. ervi</i>	<i>A. rhopalosiphi</i>	<i>A. uzbekistanicus</i>	<i>P. volucre</i>	<i>P. abiectum</i>
2008	WF	28	0	0	0	0	12	0	0	0	0	25	0	1	0	0	49	0	0	0	0	114	0	1	0	0
	MR	75	2	14	0	0	57	1	14	0	0	100	2	25	0	0	38	0	4	0	0	270	5	57	0	0
Ukupno		103	2	14	0	0	69	1	14	0	0	125	2	26	0	0	87	0	4	0	0	384	5	58	0	0
2009	WF	3	0	1	0	0	5	0	1	1	0	4	0	1	4	0	6	0	2	0	0	18	0	5	5	0
	MR	8	0	6	0	4	19	0	6	2	0	27	1	11	0	0	23	4	10	0	0	77	5	33	2	4
Ukupno		11	0	7	0	4	24	0	7	3	0	31	1	12	4	0	29	4	12	0	0	95	5	38	7	4
Ukupno		114	2	21	0	4	93	1	21	3	0	156	3	38	4	0	116	4	16	0	0	479	10	96	7	4

Tabela 29. Prikaz procentualne zastupljenosti vrsta parazitoida po godinama

Godina	<i>A. ervi</i>	<i>A. rhopalosiphi</i>	<i>A. uzbekistanicus</i>	<i>P. volucre</i>	<i>P. abiectum</i>
2008	85,9 %	1,1 %	12,9 %	0,0 %	0,0 %
2009	63,7 %	3,3 %	25,5 %	4,7 %	2,7 %

Tabela 30. Prikaz brojnosti pojedinačnih vrsta hiperparazitoida za svaku od godina, podeljeno po fazama i tipu predela

Godina	Faza	Ivica bez vegetacije 1 m				Ivica bez vegetacije 10 m				Ivica sa vegetacijom 1 m				Ivica sa vegetacijom 10 m				Ukupno			
		<i>A. brevis</i>	<i>A. victrix</i>	<i>D. carpenteri</i>	<i>S. aphidivorus</i>	<i>A. brevis</i>	<i>A. victrix</i>	<i>D. carpenteri</i>	<i>S. aphidivorus</i>	<i>A. brevis</i>	<i>A. victrix</i>	<i>D. carpenteri</i>	<i>S. aphidivorus</i>	<i>A. brevis</i>	<i>A. victrix</i>	<i>D. carpenteri</i>	<i>S. aphidivorus</i>	<i>A. brevis</i>	<i>A. victrix</i>	<i>D. carpenteri</i>	<i>S. aphidivorus</i>
2008	WF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MR	0	1	8	0	0	0	7	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	1	20	0
Ukupno		0	1	8	0	0	0	7	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	1	20	0
2009	WF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MR	0	0	2	0	1	0	1	0	0	0	5	0	1	0	2	1	2	0	10	1
Ukupno		0	0	2	0	1	0	1	0	0	0	5	0	1	0	2	1	2	0	10	1
Ukupno		0	1	10	0	1	0	8	0	0	0	10	0	1	0	2	1	2	1	30	1

Tabela 31. Prikaz procentualne zastupljenosti vrsta hiperparazitoida po godinama

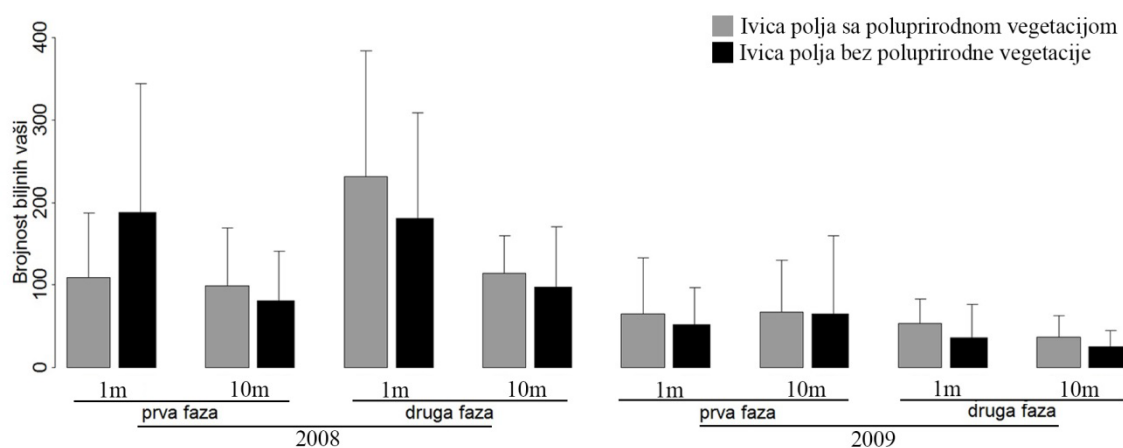
<b>Godina</b>	<b><i>A. brevis</i></b>	<b><i>A. victrix</i></b>	<b><i>D. carpenteri</i></b>	<b><i>S. aphidivorus</i></b>
<b>2008</b>	0.0 %	4.8 %	95.2 %	0.0 %
<b>2009</b>	15.4 %	0.0 %	76.9 %	7.7 %

Za 2008. godinu, analiza uticaja raličitog tipa ivice polja na brojnost biljnih vašiju, pokazala je značajan efekat za svaki od tri posmatrana faktora; tip ivice polja (IP), udaljenost od ivice polja (U) i faza pšenice (VF), kao i značajni efekat svih njihovih interakcija izuzev interakcije tipa ivice polja i udaljenosti. Povećana brojnost biljnih vašiju je uvek bila zabeležena bliže ivici polja, na udaljenosti od 1 m u odnosu na 10 m, dok je u odnosu na tip ivice, veća brojnost zabeležena u delovima polja bliže ivici koja je imala poluprirodnu vegetaciju u odnosu na ivicu koja nije imala prisutnu poluprirodnu vegetaciju. U odnosu na fazu, brojnost biljnih vašiju je bila veća u drugoj fazi, fazi „mlečnog zrna“. Interakcija sva tri faktora je pokazala da je najveća brojnost biljnih vašiju bila u drugoj fazi na ivicama polja, a da je najveći porast brojnosti zabeležen u delu polja bliže ivici sa poluprirodnom vegetacijom imajući u vidu da su u toku prve faze najmanje brojnosti vaši bile baš u ovom delu polja.

Za 2009. godinu rezultati analize su nešto drugačiji. Samo su tip ivice polja, udaljenost od nje i interakcija udaljenosti i faze imale značajan efekat na brojnost biljnih vaši. Veće brojnosti biljnih vašiju su zabeležene u delovima polja bliže ivici sa poluprirodnom vegetacijom. Veće brojnosti su zabeležene i bliže bilo kojoj ivici polja, odnosno u transektima na 1 m udaljenosti od ivice polja, nezavisno od tipa ivice. Interakcija udaljenosti od ivice polja i faze pšenice ukazuje na neočekivano veću brojnost biljnih vašiju dublje u poljima u toku prve faze nakon čega dolazi do značajnog pada brojnosti u drugoj fazi. Rezultati analiza za svaku od godina su dati u tabeli 32. Na slici 11 je dat uporedni grafički prikaz brojnosti biljnih vašiju između faza za svaku godinu.

Tabela 32. Rezultati GLMM analize brojnosti biljnih vašiju u odnosu na tip ivice polja (IP), udaljenost od ivice (U) i vegetacijsku fazu (VF).

	Brojnost biljnih vaši	
	Est.±S.E.	P
<b>2008</b>		
ivica polja (IP)	-0,24±0,04	<0,01
udaljenost (U)	-0,7±0,05	<0,01
vegetacijska faza (VF)	-0,9±0,27	<0,01
IP×U	0,09±0,07	n.s.
IP×VF	0,79±0,06	<0,01
U×VF	0,6±0,07	<0,01
IP×U×VF	-0,84±0,11	<0,01
<b>2009</b>		
ivica polja (IP)	-0,38±0,09	<0,01
udaljenost (U)	-0,37±0,09	<0,01
vegetacijska faza (VF)	-0,01±0,39	n.s.
IP×U	0,01±0,14	n.s.
IP×VF	0,15±0,13	n.s.
U×VF	0,4±0,11	<0,01
IP×U×VF	0,18±0,17	n.s.



Slika 11. Grafički prikaz brojnosti biljnih vašiju u odnosu na tip ivice polja (ivica polja sa ili bez poluprirodne vegetacije), udaljenost od ivice (1 i 10 m) i vegetacijsku fazu po godinama.

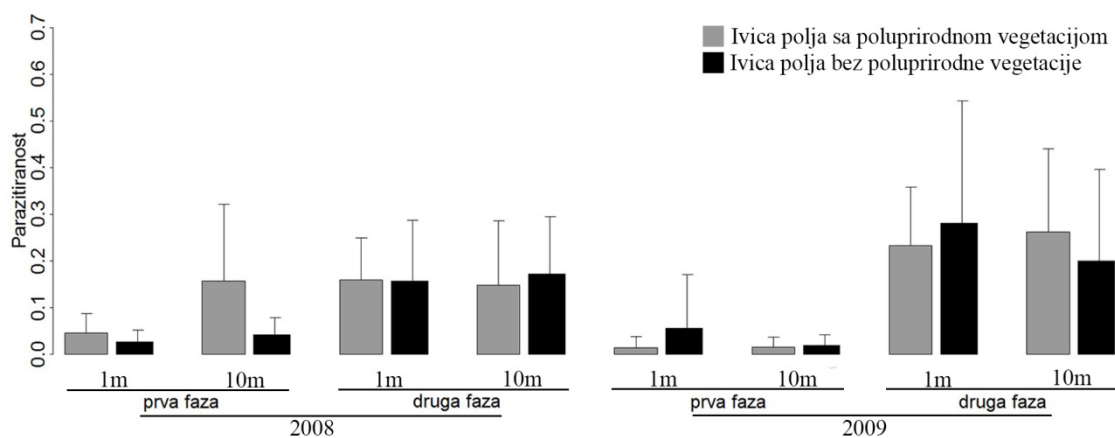
Analiza efekata tipa ivice polja, udaljenosti od ivice i faze na procenat parazitiranosti biljnih vašiju za 2008. godinu pokazala je da samo faza ima značajan efekat, kao i interakcija sva tri faktora i interakcija udaljenosti i faze, dok je interakcija tipa ivice polja i udaljenosti od ivice bila marginalno značajna. Procenat parazitiranosti je bio veći u drugoj fazi (“mlečno zrno”), sa većim povećanjem parazitiranosti između faza u delovima polja bliže ivici sa poluprirodnom vegetacijom. U toku prve faze procenat parazitiranosti je bio veći dublje u poljima, u odnosu na ivicu polja, ali samo u delovima polja bliže ivici sa poluprirodnom vegetacijom. Delovi polja koji su bili bliže ivici bez poluprirodne vegetacije nisu imali razliku u parazitiranosti između same ivice polja i unutrašnjosti polja. U drugoj fazi svi delovi polja su imali slične vrednosti procenta parazitiranosti.

U 2009. godini samo je jedan faktor imao značajan efekat na procenat parazitiranosti i to je bila faza. Ostali faktori kao i njihove interakcije nisu imali značajan efekat. Zabeleženo je značajno povećanje parazitiranosti tokom druge faze. Rezultati analiza za svaku od godina su dati u tabeli 33. Na slici 12 je dat uporedni grafički prikaz procenta parazitiranosti između faza za svaku godinu.

Analiza uticaja tipa ivice polja, udaljenosti od ivice i faze na ukupan broj vrsta parazitoida i na njihov diverzitet izražen preko Šenonovog indeksa diverziteta je pokazala značajan efekat jedino faktora faza u toku 2009. godine na ukupan broj vrsta parazitoida (tabela 34).

Tabela 33. Rezultati GLMM analize procenta parazitiranosti u odnosu na tip ivice polja (IP), udaljenost od ivice (U) i vegetacijsku fazu (VF).

	Procenat parazitiranosti	
	Est.±S.E.	P
<b>2008</b>		
ivica polja (IP)	0,03±0,13	n.s.
udaljenost (U)	-0,21±0,17	n.s.
vegetacijska faza (VF)	-1,52±0,29	<0,01
IP×U	0,45±0,23	0,05
IP×VF	0,1±0,29	n.s.
U×VF	1,42±0,3	<0,01
IP×U×VF	-1,65±0,45	<0,01
<b>2009</b>		
ivica polja (IP)	0,25±0,25	n.s.
udaljenost (U)	0,16±0,22	n.s.
vegetacijska faza (VF)	-2,96±0,38	<0,01
IP×U	-0,49±0,36	n.s.
IP×VF	-0,60±0,62	n.s.
U×VF	-0,08±0,53	n.s.
IP×U×VF	0,74±0,86	n.s.



Slika 12. Grafički prikaz procenta parazitiranosti u odnosu na tip ivice polja (ivica polja sa ili bez poluprirodne vegetacije), udaljenost od ivice (1 i 10 m) i vegetacijsku fazu po godinama.

Tabela 34. Rezultati GLMM analize ukupnog broja vrsta parazitoida i Šenonovog indeksa diverziteta u odnosu na tip ivice polja (IP), udaljenost od ivice (U) i vegetacijsku fazu (VF).

	Ukupan broj vrsta parazitoida		Šenonov indeks diverziteta parazitoida	
	Est.±S.E.	P	Est.±S.E.	P
<b>2008</b>				
ivica polja (IP)	-0,13±0,2	0,51	0,01±0,12	0,94
udaljenost (U)	0,23±0,2	0,25	-0,1±0,12	0,4
vegetacijska faza (VF)	0,36±0,2	0,08	-0,24±0,12	0,06
IP×U	0,37±0,28	0,21	0,21±0,17	0,23
IP×VF	0,16±0,28	0,57	-0,07±0,17	0,67
U×VF	0,16±0,28	0,57	0,04±0,17	0,82
IP×U×VF	0,41±0,4	0,31	-0,14±0,24	0,55
<b>2009</b>				
ivica polja (IP)	-0,2±0,21	0,35	-0,12±0,16	0,46
udaljenost (U)	0,14±0,21	0,51	0,12±0,16	0,44
vegetacijska faza (VF)	-0,6±0,21	0,01	-0,15±0,16	0,34
IP×U	-0,43±0,3	0,17	-0,19±0,23	0,41
IP×VF	0,13±0,3	0,66	-0,01±0,23	0,99
U×VF	-0,21±0,3	0,49	-0,28±0,23	0,23
IP×U×VF	0,61±0,43	0,18	0,34±0,33	0,29

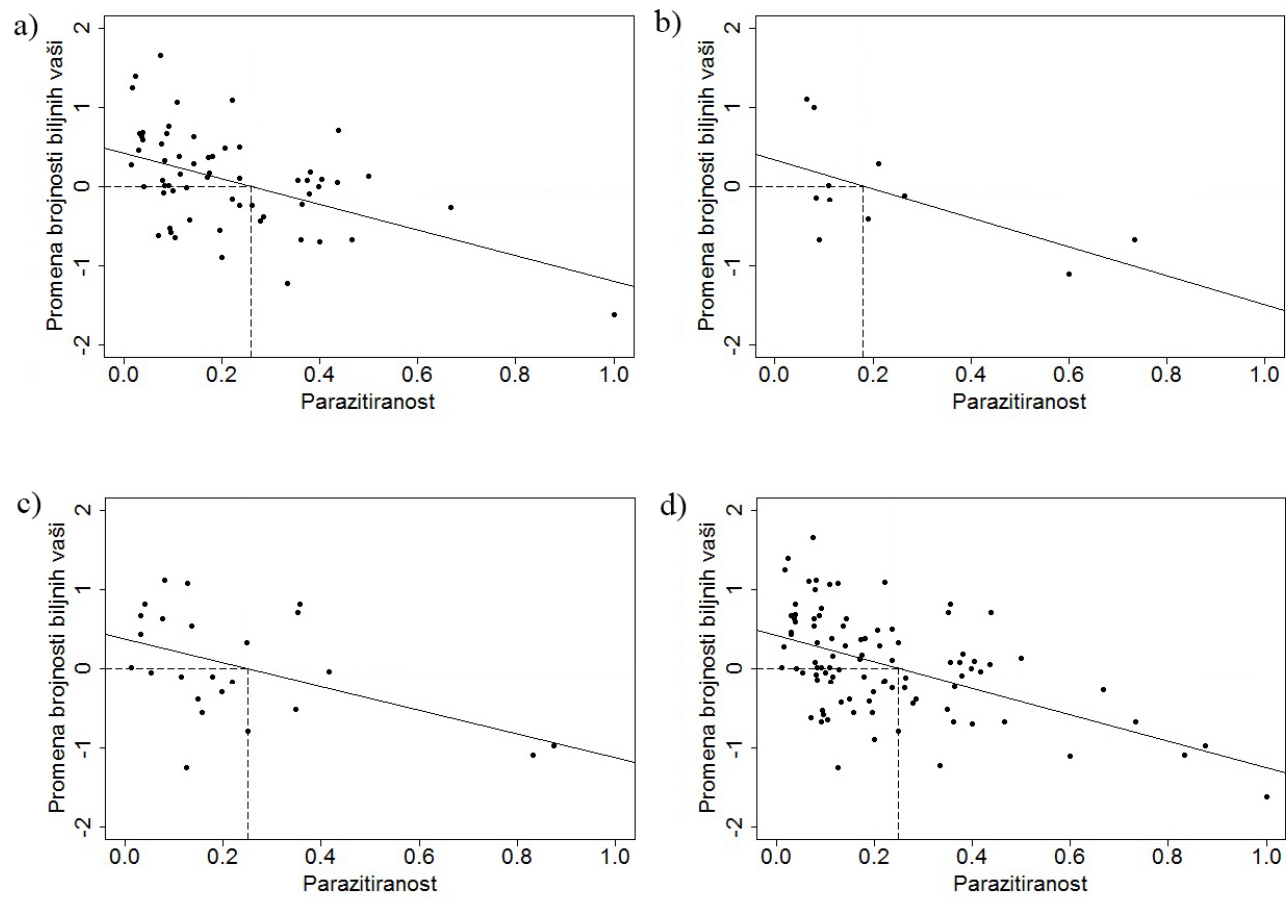
#### 4.4. Parazitiranost i promena brojnosti biljnih vašiju u zavisnosti od tipa predela

Linearna regresija je pokazala značajan prediktivni efekat nivoa parazitiranosti na promenu brojnosti populacija biljnih vašiju u sva tri tipa predela kao i u analizi na nivou čitavog područja Pančevačkog rita gde su bila uključena sva tri tipa predela. Numerički pokazatelji analiza, jednačine regresione prave i procenjene vrednosti nivoa parazitiranosti koji odgovara nultom populacionom rastu biljnih vašiju su dati u tabeli 35. Na slici 13 su dati grafici linearne regresije za sve četiri analize

Tabela 35. Rezultati analize linearne regresije promene brojnosti biljnih vašiju u odnosu na nivo parazitiranosti

Tip predela	F statistika	p vrednost	Jednačina linearne regresije	Nivo parazitiranosti
Kompleksni predeli	F(1,22)=7,00	p=0,01	Y=0,38-1,44*X	0,25 (25%)
Jednostavni predeli/ Predeli sa velikim poljima	F(1,59)=19,93	p<0,001	Y=0,46-1,71*X	0,27 (27%)
Predeli sa malim poljima	F(1,9)=5,44	p=0,04	Y=0,34-1,84*X	0,19 (19%)
Područje Pančevačkog rita	F(1,94)=33,7	p<0,001	Y=0,42-1,67*X	0,25 (25%)





Slika 13. Grafički prikaz zavisnosti promene brojnosti biljnih vašiju u odnosu na parazitiranosti sa ucrtanim pravama linearne regresije. a) kompleksni predeli, b) predeli sa malim poljima, c) jednostavni predeli sa velikim poljima i d) sumirani podaci za sva tri tipa predela

## **5. Diskusija**

## 5.1. Faunistički sastav model sistema biljne vaši-parazitoidi u agroekosistemima pšenice na području Pančevačkog rita

U toku četvorogodišnjeg istraživanja u žitnim poljima na području Pančevačkog rita konstantovano je prisustvo četiri vrste biljnih vašiju (tabele 6, 16 i 26). Sve četiri vrste su, prema postojećoj literaturi (Petrović, 1992, 1996; Tomanović & Brajković, 2001; Tomanović *et al.*, 2003, 2008; Žikić *et al.*, 2012), i ranije bile poznate kao štetočine u poljima pšenice u Srbiji. Relativna zastupljenost pojedinačnih vrsta je bila konstanta tokom sve četiri godine sa izrazitom dominantnošću (>80%) vrste *S. avenae* (tabele 7, 17 i 27). Ovakav sastav vrsta i velika zastupljenost velike žitne vaši je u skladu sa rezultatima nekoliko prethodnih studija (Petrović, 1996; Sigsgaard, 2002; Schmidt *et al.*, 2003; Roschewitz *et al.*, 2005; Thies *et al.*, 2005; Gagic *et al.*, 2011, 2012; Kos *et al.*, 2012; Al Hassan *et al.*, 2013), ali i u suprotnosti sa studijama koje su zabeležile drugačije odnose relativne zastupljenosti (Tomanović *et al.*, 2008; Caballero-López *et al.*, 2012; Lohaus *et al.*, 2012) kao i drugačiji sastav vrsta (Brewer & Elliott, 2004; Brewer *et al.*, 2008; Caballero-López *et al.*, 2011). Najmanje zastupljena vrsta je bila *S. maydis* koja je bila prisutna samo u dva kompleksna predela u toku jedne godine. Može se zaključiti da postoji varijabilnost zajednica biljnih vašiju pšenice ne samo u odnosu na različite regione, već i temporalna varijabilnost (na nivou godina i decenija) u okviru istog regiona.

Svih sedam vrsta parazitoida koji su nađeni u toku studije su prema postojećoj literaturi za područje Srbije (Tomanović & Brajković, 2001; Tomanović *et al.*, 2003, 2008; Žikić *et al.*, 2012) bili očekivani, međutim prisustvo pojedinačnih vrsta i njihova relativna zastupljenost pokazuju očiglednu varijabilnost između godina (tabele 8, 9, 18, 19, 28 i 29). Iako je *A. ervi* bila dominantna vrsta u sve četiri godine, njena dominantnost je varirala u rasponu 50-90%. Pregledom rezultata sličnih studija (Tomanović & Brajković, 2001; Sigsgaard, 2002; Roschewitz *et al.*, 2005; Vollhardt *et al.*, 2008; Tomanović *et al.*, 2008; Caballero-López *et al.*, 2011, 2012; Gagic *et al.*, 2011, 2012; Lohaus *et al.*, 2012; Kos *et al.*, 2012) može se zaključiti da sastav i struktura gilde parazitoida biljnih vašiju značajno

varira ne samo između regiona, već i između godina u okviru istog regiona. Imajući u vidu različito ponašanje porazitoida i njihovu preferenciju ka biljnim vašima (Powell & Zhi-Li, 1983; Mackauer & Völkl, 1993; Bueno *et al.*, 2003; Lo Pinto *et al.*, 2004; Langley *et al.*, 2006; Rehman & Powell, 2010) kao i biotičke odnose, pre svega kompeticiju, unutar gilde parazitoida (McBrien & Mackauer, 1990; Brodeur & Rosenheim, 2000), prisustvo ili odsustvo određenih vrsta parazitoida, kao i njihova relativna zastupljenost mogu imati veliki uticaj na uspešnost biološke kontrole biljnih vaši. Treba istaći da je parazitiranost bila najviše prisutna kod vrste *S. avenae*, vrlo malo kod vrste *M. dirhodum*, a potpuno odsutna kod preostale dve vrste. Ovo se delimično, ali ne i u potpunosti, može objasniti velikom zastupljenošću vrste *S. avenae* imajući u vidu da je u nekim poljima brojnost vrste *M. dirhodum* bila relativno velika (>50 vaši po transektu), ali da je parazitiranost bila mala ili u potpunosti odsutna. Ovakva razlika u parazitiranosti između dve dominantne vrste biljnih vašiju u korist *S. avenae* je u suprotnosti sa rezultatima studije Tomanović *et al.* (2008), gde je zabeležena podjednaka ili čak veća parazitiranost kod vrste *M. dirhodum*.

Sastav vrsta nađenih hiperparazitoida je sličan sa rezultatima prethodnih studija sa ovog područja (Tomanović & Brajković, 2001; Tomanović *et al.*, 2008), barem kada su u pitanju najdominantnije vrste, a određeno odstupanje postoji kod vrsta koje se javljaju u veoma malim brojnostima. Ove razlike su verovatno posledica stohastičnosti pojavljivanja ovakvih retkih vrsta za dati sistem biljne vaši-parazitoidi u pšenici. Relativna zastupljenost vrsta pokazuje dominantnost dve vrste, *D. carpenteri* i *A. brevis*, što je slično sa rezultatima Tomanović *et al.* (2008), mada postoji velika varijabilnost odnosa ove dve vrste između godina, od izrazite dominantnosti *D. carpenteri*, do potpuno ujednačenih brojnosti.

## 5.2. Predeoni efekti heterogenosti tipova staništa (kompoziciona heterogenost) na model sistem biljne vaši-parazitoidi

Rezultati ove studije pokazuju da kompleksni predeli koji sadrže veći procenat prirodnih i poluprirodnih staništa podržavaju veću brojnost biljnih vašiju kao i da imaju veći procenat parazitiranosti, diverzitet parazitoida i diverzitet hiperparazitoida. Takođe, rezultati ukazuju da postoji velika varijabilnost u stepenu ispoljavanja efekta kompleksnosti predela na model sistem na nivou godina, iako se generalni trendovi mogu uočiti.

Povećana brojnost biljnih vašiju u kompleksnim predelima je u suprotnosti sa našom početnom hipotezom, ali se podudara za rezultatima nekoliko sličnih studija (Roschewitz *et al.*, 2005; Thies *et al.*, 2005; Freier *et al.*, 2007; Al Hassan *et al.*, 2013; i delom u Thies *et al.*, 2011). Međutim, postoje i studije u kojima nije zabeležen nikakav efekat kompleksnosti predela na brojnost biljnih vašiju (Vollhardt *et al.*, 2008; Caballero-López *et al.*, 2012). Objašnjenje ovog fenomena se može naći u biologiji prisutnih vrsta biljnih vaši. Primarne biljke domaćini najdominantnije vrste, *S. avenae*, su mnogobrojne vrste iz fam. Poaceae koje su u značajnoj meri zastupljene u prirodnim i poluprirodnim staništima. Slična je situacija i sa vrstama *M. dirhodum* i *R. padi* čiji su primarni domaćini biljke iz fam. Rosaceae, odnosno, vrsta *Prunus padus*, koje se takođe često nalaze u kompleksnim predelima. Na taj način, prirodna i poluprirodna staništa u kompleksnim predelima služe kao sklonište u toku nepovoljnog dela godine i kao izvorišta odakle se vrši prolećna kolonizacija okolnih useva. Njihov nedostatak u jednostavnim predelima ima za posledicu sporiju kolonizaciju i značajno niži nivo brojnosti biljnih vašiju u fazi cvetanja pšenice. Uočen je i generalni trend stagnacije, odnosno smanjivanja brojnosti biljnih vašiju između faza, ukazujući na efikasnost biološke kontrole, osim u 2011. godini kada je zabeležen veliki porast brojnosti, posebno u kompleksnim predelima, što odgovara vrlo malom procentu parazitiranosti (ispod 10%) u toj godini i stoga nemogućnosti parazitoida da kontrolišu rast brojnosti biljnih vaši.

Hipoteza da će u kompleksnim predelima procenat parazitiranost biti veći je potvrđena iako efekat nije bio konstantan tokom godina. Ovo je u skladu sa rezultatima nekoliko sličnih studija (Roschewitz *et al.*, 2005; Thies *et al.*, 2005; Gagic *et al.*, 2011, 2012; Rand *et al.*, 2012, i delom u Thies *et al.*, 2011) koje ukazuju da u kompleksnim predelima postoje elementi koji pozitivno utiču na parazitoide. Veći diverzitet vrsta biljnih vašiju koje žive na prirodnim i poluprirodnim staništima može pozitivno uticati na parazitoide obezbeđujući veći izbor alternativnih domaćina. Sve prisutne vrste parazitoida su polifagne, a neki od njihovih sekundarnih domaćina su vaši iz rodova *Acyrtosiphon*, *Macrosiphum*, *Myzus*, *Diuraphis* i *Schizaphis* koji se mogu naći na biljkama iz porodica Poaceae, Rosaceae i Chenopodiaceae koje su vrlo česte u prirodnim i poluprirodnim staništima. U kompleksnim predelima postoji i veća verovatnoća pronalaženja pogodnog mesta za prezimljavanje jer je pokazano da staništa sa drvećem imaju povoljnije mikroklimatske uslove u odnosu na otvorena polja (Rahim *et al.*, 1991; Landis *et al.*, 2000). Dodatno, prisutnost cvetnica u prirodnim i poluprirodnim staništima omogućava veću dostupnost i količinu hrane odraslim parazitoidima u obliku nektara i polena (Steffan-Dewenter *et al.*, 2001), a pokazano je i da veća ponuda nektara pozitivno utiče na parazitiranost i na dugovečnost odraslih parazitoida (Powell, 1986; Wäckers & Swaans, 1993; Wäckers, 1994; Wratten & van Emden, 1995; Wäckers & Steppuhn, 2003)

Ukupan broj sakupljenih vrsta parazitoida i hiperparazitoida pokazuje trend povećane raznovrsnosti u kompleksnim predelima, ali ovaj trend nije potvrđen i za Šenonov indeks diverziteta. Razlika u detektovanim trendovima se može objasniti prisustvom nekoliko vrsta sa malim brojem jedinki, odnosno malom relativnom zastupljenošću, koje povećavaju ukupan broj vrsta, ali ne i ukupan diverzitet parazitoida i hiperparazitoida. Naši rezultati su različiti u odnosu na rezultate nekoliko prethodnih studija (Vollhardt *et al.*, 2008; Gagic *et al.*, 2011, 2012; Rand *et al.*, 2012) koje su pokazale da kompleksnost predela nema nikakav uticaj na diverzitet parazitoida i hiperparazitoida.

Iz rezultata ove studije proističe da predeona kompleksnost izražena preko procenta prirodnih i poluprirodnih staništa (heterogenost tipova staništa) pozitivno utiče na sva tri trofička nivoa model sistema biljne vaši-parazitoidi-hiperparazitoidi u poljima pšenice.

### **5.3. Predeoni efekti heterogenosti konfiguracije poljoprivrednih površina (veličine polja) na model sistem biljne vaši-parazitoidi**

Rezultati ove studije pokazuju da ne postoji jasno izražen efekat predeone kompleksnosti izražene preko veličine pojedinačnih polja (heterogenost konfiguracije poljoprivrednih površina) na proučavani model sistem. Suprotno našim očekivanjima, nije uočena razlika u brojnosti biljnih vašiju i procentu parazitiranosti između predela sa malim i predela sa velikim poljima. Razlika je uočena jedino u promeni brojnosti biljnih vašiju i procenta parazitiranosti između faza generalno i između faza u zavisnosti od predela.

Prema opšte prihvaćenom očekivanju (Bowman *et al.*, 2002; Bianchi *et al.*, 2006; Segoli & Rosenheim, 2012) predeli sa velikim poljima su pogodniji za biljne vaši što se može objasniti „hipotezom o grupisanju resursa“ (Root, 1973), dok je u predelima sa malim poljima omogućena jača povezanost polja i okolnih poluprirodnih staništa pogodujući time većem diverzitetu prirodnih neprijatelja (Fahrig *et al.*, 2011). Inspekcijom predela sa malim poljima utvrđeno je da na ivicama pojedinačnih polja gotovo uopšte ne postoji ivična poluprirodna vegetacija i da je ukupan procenat prirodnih i poluprirodnih staništa u predelu vrlo mali. Na taj način se predeli sa malim poljima ne razlikuju mnogo od predela sa velikim poljima što nije uobičajen slučaj, jer se u literaturi ova dva aspekta, veličina polja i procenat poluprirodnih staništa, vrlo često dovode u vezu i ne razdvajaju (Marino & Landis, 1996; Menalled *et al.*, 1999, 2003; Costamagna *et al.*, 2004; Fahrig *et al.*, 2011; Al Hassan *et al.*, 2013). Time se pozitivni efekat poluprirodnih staništa odvojio od efekta veličine polja što je dovelo do uočene situacije. Dodatno, predeli sa malim poljima se nisu značajnije razlikovali po raznovrsnosti useva jer su u njima, slično kao i u predelima sa velikim poljima, dominirale parcele sa pšenicom, kukuruzom, suncokretom i lucerkom. Parcele sa povrtarskim kulturama koje bi mogle da povećaju diverzitet biljnih vašiju i parazitoida kao i njihove trofičke interakcije su bile malobrojne. U drugim regionima Srbije gde je zastupljenost ovih povrtarskih kultura veća moguće je očekivati i drugačije efekte predela sa malim poljima na model sistem.

Ukoliko postoji efikasna biološka kontrola u poljima, očekuje se da se brojnost biljnih vašiju između faza ne povećava značajno, da stagnira ili da čak i opada. U toku 2008. godine došlo je do značajnog povećanja brojnosti biljnih vašiju posebno u predelima sa malim poljima što korespondira sa manjim procentom parazitiranosti u ovom tipu predela. Suprotno tome, u predelima sa velikim poljima procenat parazitiranosti je bio veći što je za posledicu imalo usporavanje rasta populacija vaši, odnosno efektivniju biološku kontrolu. Ovakav efekat biološke kontrole se može uočiti i u sledećoj godini kada je rast brojnosti biljnih vašiju nezavisno od tipa predela bio negativan zahvaljujući relativno visokoj parazitiranosti (20-35%).

Rezultati ukazuju da je efekat biološke kontrole izraženiji u jednostavnim predelima sa velikim poljima, a da povećavanju brojnosti biljnih vašiju pogoduju kompleksni predeli sa malim poljima. Objašnjenje ovog neočekivanog fenomena se delom može naći u agrotehničkim merama koje se koriste u dva tipa proučavanih predela. Većina polja u predelima sa malim poljima su privatne parcele lokalnih poljoprivrednika koji koriste različite vidove i intenzitet borbe protiv štetočina te se na taj način stvara, u prostornom smislu, mešavina manje ili više povoljnih staništa koja može imati i vrlo izraženu temporalnu varijabilnost. Pokazano je da su viši trofički nivoi, poput parazitoida, podložniji negativnom uticaju uznemiravanja u odnosu na niže nivoe, u ovom slučaju na biljne vaši (Holt *et al.*, 1999; Thies *et al.*, 2008), delom i zbog njihove slabije mogućnosti disperzije (Kruess & Tschardtke, 1994, 2000; Thies *et al.*, 2005). Dodatno, polja pod slabijom hemijskom kontrolom štetočina mogu predstavljati stalna mesta raseljavanja biljnih vašiju u predelu. Sa druge strane, predeli sa velikim poljima su najčešće pod kontrolom prehrambenih kombinata koji imaju jasno određenu i vrlo intenzivnu strategiju hemijske borbe protiv štetočina pretvarajući na taj način predele sa velikim poljima u prostrane i ujednačeno nepovoljne površine za biljne vaši.

Rezultati ove studije ukazuju da smanjenje poljoprivredne intenzifikacije samo u smislu povećavanja veličine pojedinačnih polja i zadržavanje „tradicionalne“ poljoprivrede niskog intenziteta nije dovoljno samo po sebi za očuvanje biodiverziteta i sprečavanja gubljenja ekosistemskih usluga poput biološke kontrole, već da se moraju razviti strategije



poljoprivrednog razvoja koje će biti fokusirane na očuvanje prirodnih i poluprirodnih staništa.

#### **5.4. Uticaj različitog karaktera ivične zone polja na model sistem biljne vaši-parazitoidi**

Rezultati ove studije pokazuju da je brojnost biljnih vašiju veća na ivici polja, posebno na ivici sa poluprirodnom vegetacijom, a da tip ivice polja nema nikakav efekat na parazitiranost što je u suprotnosti sa početnom hipotezom. Takođe, diverzitet parazitoida nije bio značajno različit u odnosu na tip i udaljenost od ivice polja.

Veća brojnost biljnih vašiju koja je zabeležena na ivici polja, posebno u blizini ivice sa poluprirodnom vegetacijom je ostala prisutna tokom obe faze što ukazuje na postojanje konstantne kolonizacije polja iz okolnih staništa što ukazuje da biljne vaši imaju “disperzivni” tip distribucije u okviru polja, prema podeli koju su dali Duelli & Obrist (2003). Kod ovog tipa distribucije, oni prvo predviđaju kretanje insekata od poluprirodnih ivičnih staništa ka ivici polja, a zatim od ivice polja postepeno ka centru polja. Ipak, treba naglasti da put kolonizacije nije najjasniji. Veća inicijalna brojnost vaši u blizini ivice bez poluprirodne vegetacije u 2008. godini pokazuje da pored ivičnih staništa i relativno daleka poluprirodna staništa mogu služiti kao izvorišta za kolonizaciju. Rezultati studije Vialatte *et al.* (2007) koji pokazuju značajnu genetičku diferenciranost između populacija biljnih vašiju u poljima, na ivici polja i u udaljenim staništima, podržavaju ovu hipotezu. Nešto veća brojnost inicijalne populacije biljnih vašiju u 2009. godine dublje u poljima dovodi u pitanje “disperzivni” tip distribucije biljnih vaši. Podaci iz literature nisu brojni, ali ukazuju da postoji značajna varijabilnost u rasporedu biljnih vašiju u polju. Tako na primer, prema studijama Winder *et al.* (1999) i Al Hassan *et al.* (2013), biljne vaši su brojnije u ivičnoj zoni polja, dok su prema Ruggle & Holst (1995), Bowie *et al.* (1999) i Fievet *et al.* (2007)

brojnije u centru ili pak ne postoji nikakav očigledni obrazac njihove distribucije (Winder *et al.*, 2005).

Obrasci parazitiranosti, suprotno našim očekivanjima, ne daju jasnu sliku o kretanjima parazitoida i njihovoj kolonizaciji polja. Varijabilnost efekata između godina i njihovo generalno odsustvo u toku 2009. dodatno otežavaju razumevanje ovih fenomena. Ipak, povećana početna parazitiranost u toku 2008. godine u dubljim delovima polja na strani polja sa poluprirodnom ivičnom vegetacijom ukazuje da parazitoidi mogu imati intenzivniju kolonizaciju sa ivičnih staništa, ali da najverovatnije nemaju “disperzivni” tip distribucije. Pozitivni efekat koji ivice polja imaju na parazitiranost može varirati u odnosu na vrstu parazitoida (Tscharntke *et al.*, 2005b) iako se smatra da biljne vaši imaju bolju disperzivnu sposobnost u odnosu na parazitoide (Kruess & Tscharntke, 1994, 2000; Tscharntke & Kruess, 1999; Thies *et al.*, 2005) te da će one dublje dopirati u polja. Ovo je podržano i teorijskim modelom koji su dali Segoli & Rosenheim (2012) predviđajući za sistem gde štetočine imaju bolju disperzivnu moć od predatora, da se usled smanjenog pritiska predatora u centru polja, brojnost štetočina poveća, a da se biološka kontrola održava samo u ivičnim delovima. Rezultati naše studije pokazuju da ovaj scenario nije verovatan u našem model sistema biljne vaši-parazitoidi. Imajući u vidu da su i biljne vaši i parazitoidi aktivni letači, ali da su takođe relativno sitni organizmi koji lako mogu biti nošeni vetrom, moguće je da obe grupe, barem delom, vrše kolonizaciju polja i kretanje u lokalno-regionalnim okvirima putem slučajnih i skokovitih koraka. Verovatno je da u predelima sa velikim poljima koji su pod intenzivnom poljoprivrednom proizvodnjom, kvalitet ivičnih staništa na nivou pojedinačnih polja ima drugačiji uticaj na dinamiku kolonizacije ove dve grupe, imajući pozitivniji uticaj na biljne vaši u odnosu na parazitoide. Takođe, imajući u vidu rezultate dobijene u prvom delu istraživanja (heterogenost tipova staništa), moguće je da ukupan procenat poluprirodnih staništa u nekom predelu ima jači uticaj na biljne vaši i parazitoide od prostorne konfiguracije ivičnih staništa.

## 5.5. Nivoi parazitiranosti i efekat uspešne biološke kontrole

Procenjeni nivoi parazitiranosti koji odgovaraju stagnaciji brojnosti biljnih vašiju između faza ukazuju da se efekat uspešne biološke kontrole pojavljuje u intervalu 19-27% parazitiranosti. Relativno velika širina ovog intervala je posledica nižeg nivoa koji je procenjen za predele sa malim poljima imajući u vidu da su u druga dva tipa predela procene vrlo bliske, 25% u kompleksnim predelima i 27% u predelima sa velikim poljima. Za razliku od druga dva tipa predela koji su imali po 25 polja uključenih u analizu, predeli sa malim poljima su imali svega 12 polja. Ova značajno manja veličina uzorka je imala za posledicu veću p-vrednost ( $p=0,04$ ), odnosno gotovo marginalnu značajnost efekta. Na osnovu ovoga se može pretpostaviti da je dobijena vrednost zapravo potcenjena realna vrednost. Ovo je dodatno potvrđeno u objedinjenoj analizi koja je uključivala sve tipove predela. U ovom slučaju, sa veličinom uzorka od 62 polja i velikom statističkom značajnošću, procenjeni nivo parazitiranosti je bio 25%.

Svega nekoliko studija se do sada bavilo ovim problemom i njihovi rezultati pokazuju određeni stepen variranja procenjenog nivoa parazitiranosti koji odgovara uspešnoj biološkoj kontroli. Hawkins & Cornell (1994) prvi daju procenu nivoa parazitiranosti u svojoj meta-analizi koja je obuhvatila veliki broj studija širom sveta koje se bave klasičnom biološkom kontrolom. Oni su pokazali da za ispod 32% parazitiranosti, u autohtonom delu areala, ne postoji efekat biološke kontrole, a da se u alohtonim lokacijama kontrola počinje ostvarivati tek kada je maksimalna parazitiranost u intervalu 33-36%. Ovaj nivo je znatno viši od procenjenog nivoa u našoj studiji. Treba naglasiti da su u ovu meta-analizu bile uključene studije na vrlo raznovrsnim organizmima iz nekoliko različitih redova insekata (Coleoptera, Diptera, Homoptera, Hemiptera, Hymenoptera i Lepidoptera) te da je dati interval samo generalizovana procena i da ne mora biti upotrebljiv u pojedinačnim slučajevima. Schmidt *et al.* (2003) su u studiji na žitnim biljnim vašima i njihovim parazitoidima procenili da 33% parazitiranosti zaustavlja rast populacija biljnih vaši, dok su Thies *et al.* (2011) u studiji rađenoj u pet regiona Evrope, dobili vrednost od malo preko 15%. Rezultati obe studije se razlikuju od naših rezultata ukazujući da postoji

očigledna varijabilnost u proceni nivoa parazitiranosti na kojem počinje uspešna biološka kontrola i da je ovaj nivo najverovatnije pod uticajem regionalnih biotičkih faktora (sastav i struktura zajednice biljnih vašiju i zajednice parazitoida, predatorstvo i kompeticija unutar gilde prirodnih neprijatelja i sl.)

## **6. Zaključci**

1. U četvorogodišnjim istraživanjima diverziteta model sistema biljne vaši – parazitoidi u predeono-ekološkom kontekstu agroekosistema pšenice na području Pančevačkog rita, ukupno je detektovano prisustvo 4 vrste biljnih vašiju, 7 vrsta parazitoida i 9 vrsta hiperparazitoida. Faunistički sastav model sistema biljne vaši-parazitoidi-hiperparazitoidi na istraživanom području ne razlikuje se značajno u odnosu na prethodna slična istraživanja. Sa cenotičkog aspekta, uočena je varijabilnost u relativnoj zastupljenosti vrsta između godina, kao i u odnosu na prethodna istraživanja. Varijabilnost je posebno bila izražena kod parazitoida, što može imati značajan uticaj na efikasnost biološke kontrole štetočina.

2. Efekat predeone kompleksnosti izražene preko procenta prirodnih i poluprirodnih staništa (heterogenost tipova staništa), analiziran je poređenjem dva tipa kontrastnih predela. Kompleksni predeli podržavaju veću brojnost biljnih vašiju kao i veći procenat parazitiranosti, diverzitet parazitoida i diverzitet hiperparazitoida, ukazujući na generalni pozitivni efekat predeone kompleksnosti na sva tri trofička nivoa. Iako kompleksni predeli pogoduju biljnim vašima, istovremeno povećanje uspešnosti parazitoida u vidu procenta parazitiranosti, omogućuje efektivnu biološku kontrolu i smanjenje (ili stagnaciju) broja biljnih vašiju tokom sezone. Ovo je posebno potvrđeno u poslednjoj godini istraživanja kada je zabeležen neočekivani porast brojnosti biljnih vašiju kome je odgovarao veoma nizak procenat parazitiranosti.

3. Efekat predeone kompleksnosti izražene preko veličine polja (heterogenost konfiguracije predela), analiziran je poređenjem dva tipa kontrastnih predela. Suprotno očekivanjima, nije uočena značajna razlika u brojnostima biljnih vašiju i procentu parazitiranosti između predela sa malim i predela sa velikim poljima, posmatrano na nivou celine analitičkog modela. Međutim, analizom interfazne dinamike brojnosti i parazitiranosti u odnosu na predeoni kontekst, detektovani su parcijalno izraženi efekti na uspešnost biološke kontrole, s tim da su njihovi trendovi bili suprotni od očekivanih. Slabiji efekat, odnosno

povećavanje brojnosti biljnih vašiju, detektovano je u kompleksnim predelima sa malim poljima, dok je u jednostavnim predelima sa velikim poljima utvrđena veća uspešnost parazitoida. Ovakvi rezultati ukazuju na lokalno-specifične mehanizme delovanja različitih antropogenih i predeonih faktora, kao i na potrebu redefinisavanja uobičajenog "generalizovanog" pristupa u tretiranju veće kompleksnosti i/ili heterogenosti poljoprivrednih predela kao nesporno pozitivnog činioca u unapređivanju stanja agrobiodiverziteta.

4. Efekat ivice u okviru marginalne zone pšeničnih polja, analiziran je u odnosu na proces kolonizacije poljoprivredne površine od strane biljnih vašiju i parazitoida iz spoljašnjih rezervoara (poluprirodnih i drugih staništa u okruženju ka unutrašnjim/centralnim zonama polja). Uočeni efekat povećanja brojnosti biljnih vašiju od ivice prema unutrašnjosti polja bio je posebno izražen u blizini ivice sa poluprirodnom vegetacijom, dok sličan efekat nije konstatovan za parametre intenzitet parazitiranosti i diverzitet parazitoida. Prostorni i vremenski obrasci kolonizacije pokazuju veliku varijabilnost i ukazuju na potencijalno veliki uticaj cenotičkog sastava parazitoidne gilde na intenzitet trofičkih interakcija i dinamizam efekata biološke kontrole.

5. Višegodišnji aspekt istraživanja omogućio je uvid u vremensku dinamiku efekata predeonih karakteristika na model sistem. Primećeno je da postoji velika varijabilnost u stepenu ispoljavanja ovih efekata između godina. Usled toga je, u segmentima istraživanja koja su obuhvatala samo dve sezone, bilo znatno teže interpretirati rezultate i nedvosmisleno dokumentovati trendove u posmatranim interakcijama. Nasuprot tome, tokom četvorogodišnjih istraživanja bilo je moguće definisati jasnije generalne trendove, uprkos naglašenoj varijabilnosti efekata u nekim aspektima. Može se zaključiti da predeono-ekološka istraživanja moraju obuhvatati duži vremenski okvir, kako bi se detektovali i adekvatno definisali ekološki fenomeni u realnom sredinskom okruženju, jer se prirodna

varijabilnost različitih interakcija ne može u dovoljnoj meri eliminisati analitičkim dizajnom.

6. Ovo istraživanje je pokazalo da nemaju sve karakteristike predela podjednak uticaj na različite članove tritrofičkog kompleksa biljne vaši – parazitoidi – hiperparazitoidi. Određeni aspekti, poput blizine poluprirodne higrofilne vegetacije na lokalnom nivou, imaju pozitivni efekat samo na biljne vaši, dok zastupljenost prirodnih staništa na predenom nivou ima generalni pozitivni efekat. Odsustvo efekta veličine polja i primećeni obrasci efektivnosti biološke kontrole ukazuju na moguće efekte i drugih predeonih karakteristika, čija analiza nije bila uključena u dizajn istraživanja.

7. Procenjeni novoi parazitiranosti koji korespondiraju sa stagnacijom populacionog rasta biljnih vašiju između posmatranih faza ukazuju na to da se efekat uspešne biološke kontrole od strane parazitoida pojavljuje u intervalu 19-27% parazitiranosti; iznad ovog opsega, redovno dolazi do naglašene redukcije brojnosti biljnih vašiju. Utvrđene vrednosti su značajno niže od široko citiranih referentnih vrednosti za različite sisteme štetočina-parazitoid (32-36%; sumarna procena na bazi globalnog pregleda).

8. Intenzifikacija poljoprivrede je globalni fenomen, ali su jasno dokumentovane kontinentalno-regionalne razlike u stepenu, dinamici i mehanizmima odvijanja ovog procesa, kao i njihovim efektima na različite segmente biodiverziteta. Zbog toga je potrebno razvijanje regionalno specifičnih strategija poljoprivrednog razvoja i očuvanja (agro)biodiverziteta. U regionima u kojima dominira poljoprivredna proizvodnja niskog intenziteta orjentisana ka malim individualnim parcelama, kao što je slučaj u većem delu Srbije, zadržavanje „tradicionalnog“ koncepta poljoprivrede nije samo po sebi dovoljno za očuvanje biodiverziteta i sprečavanja gubljenja ekosistemskih usluga (u ovom slučaju biološke kontrole štetočina), već se moraju razvijati upravljački mehanizmi i odgovarajuće



sektorske stimulacije fokusirane na očuvanje prirodnih i poluprirodnih staništa, kako na lokalnom tako i na predeonom nivou.

## 7. Literatura

- Al Hassan, D., Georgelin, E., Delattre, T., Burel, F., Plantegenest, M., Kindlmann, P., Butet, A., 2013. Does the presence of grassy strips and landscape grain affect the spatial distribution of aphids and their carabid predators? *Agricultural and Forest Entomology*, 15: 24–33.
- Altieri, M., Schmidt, L., 1986. The dynamics of colonizing arthropod communities at the interface of abandoned, organic and commercial apple orchards and adjacent woodland habitats. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 16: 29–43.
- Altieri, M., 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 74: 19–31.
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., 2012. lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and classes. R package version 0.999999-0. <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>.
- Baayen, R.H., 2011. languageR: Data sets and functions with "Analyzing Linguistic Data: A practical introduction to statistics". R package version 1.4. <http://CRAN.R-project.org/package=languageR>.
- Benton, T., Vickery, J., Wilson, J., 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology and Evolution*, 18: 182–188.
- Bianchi, F., van Wingerden, W., Griffioen, A., van der Veen, M., van der Straten, M., Wegman, R., Meeuwsen, H., 2005. Landscape factors affecting the control of *Mamestra brassicae* by natural enemies in brussels sprout. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 107: 145–150.
- Bianchi, F., Booij, C., Tschardtke, T., 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proc. R. Soc. B*, 273: 1715–1727.
- Blackman, R., Eastop, V., 2006. Aphids on the world's herbaceous plants and shrubs. John Wiley & Sons, Chichester, pp. 1460.
- Boatman, N., 1989. Selective weed control in field margins. Brighton: Brighton Crop Protection Conference – Weeds, 2: 785–794.

- Boatman, N., Rew, L., Theaker, A., Froud-Williams, R., 1994. The impact of nitrogen fertilisers on field margin flora. In: Boatman, N.D. (Ed.) Field margins - integrating agriculture and conservation, BCPC Monograph No 58, BCPC, Farnham pp. 209–214.
- Bowie, M., Gurr, G., Hossain, Z., Baggen, L., Frampton, C., 1999. Effects of distance from field edge on aphidophagous insects in a wheat crop and observations on trap design and placement. *International Journal of Pest Management*, 45: 69–73.
- Bowman, J., Cappuccino, N., Fahrig, L., 2002. Patch size and population density: the effect of immigration behavior. *Conservation Ecology*, 6: 1–8.
- Brewer, M., Nelson, D., Ahern, R., Donahue, J., Prokrym, D., 2001. Recovery and range expansion of parasitoids (Hymenoptera: Aphelinidae and Braconidae) released for biological control of *Diuraphis noxia* (Homoptera: Aphididae) in Wyoming. *Environmental Entomology*, 30: 578–588.
- Brewer, M., Elliott, N., 2004. Biological control of cereal aphids in North America and mediating effects of host plant and habitat manipulations. *Annual Review of Entomology*, 49: 219–42.
- Brewer, M., Noma, T., Elliott, N., Kravchenko, A., Hild, A., 2008. A landscape view of cereal aphid parasitoid dynamics reveals sensitivity to farm- and region-scale vegetation structure. *European Journal of Entomology*, 105: 503–511.
- Brittain, C., Vighi, M., Bommarco, R., Settele, J., Potts, S., 2009. Impacts of a pesticide on pollinator species richness at different spatial scales. *Basic and Applied Ecology*, 11: 106–115.
- Brodeur, J., Rosenheim, J., 2000. Intraguild interactions in aphid parasitoids. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 97: 93–108.
- Bueno, V., Carnevale, A., Sampaio, M., 2003. Host preference of *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Aphidiidae) for *Myzus persicae* (Sulzer) and *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). 8th International Symposium on Ecology of Aphidophaga, Book of Abstracts, Ponta Delgada, pp. 17–20.
- Burel, F., Butet, A., Delettre, Y.R., Millàn de la Peña, N., 2004. Differential response of selected taxa to landscape context and agricultural intensification. *Landscape and Urban Planning* 67: 195–204.
- Caballero-López, B., Blanco-Moreno, J., Pérez-Hidalgo, N., Michelena-Saval, J., Pujade-Villar, J., Guerrieri, E., Sánchez-Espigares, J., Sans, X., 2011. Weeds, aphids, and

- specialist parasitoids and predators benefit differently from organic and conventional cropping of winter cereals. *Journal of Pest Science*, 85: 81–88.
- Caballero-López, B., Bommarco, R., Blanco-Moreno, J., Sans, F., Pujade-Villar, J., Rundlöfe, M., Smith, H., 2012. Aphids and their natural enemies are differently affected by habitat features at local and landscape scales. *Biological Control*, 63: 222–229.
- Carver, M., 1984. The potential host ranges in Australia of some imported aphid parasites (Hymenoptera: Ichneumonoidea: Aphidiinae). *Entomophaga*, 29: 351–359.
- Chaplin-Kramer, R., Rourke, M., Blitzer, E., Kremen, C., 2011. A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. *Ecology Letters*, 14: 922–932.
- Cooper, T., Pezold, T. (Eds.), Keenleyside, C., Đorđević-Milošević, S., Hart, K., Ivanov, S., Redman, M., Vidojević, D., 2010. Developing a national agrienvironment programme for Serbia. Gland, Switzerland and Belgrade, Serbia: IUCN Programme Office for South-Eastern Europe, pp. 88.
- Corbett, A., Rosenheim, J., 1996. Impact of a natural enemy overwintering refuge and its interaction with the surrounding landscape. *Ecological Entomology*, 21: 155–164.
- Cortet, J., Ronce, D., Poinso-Balaguer, N., Beaufreton, C., Chabert, A., Viaux, P., de Fonseca, J., 2002. Impacts of different agricultural practices on the biodiversity of microarthropod communities in arable crop systems. *European Journal of Soil Biology*, 38: 239–244.
- Costamagna, A., Menalled, F., Landis, D., 2004. Host density influences parasitism of the armyworm *Pseudaletia unipuncta* agricultural landscapes. *Basic and Applied Ecology*, 5: 347–355.
- Cronin, J., Reeve, J., 2005. Host-parasitoid spatial ecology: a plea for a landscape-level synthesis. *Proc. R. Soc. B.*, 272: 2225–2235.
- de Conti, B., Bueno, V., Sampaio, M., 2008. The parasitoid *Praon volucre* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) as a potential biological control agent of the aphid *Uroleucon ambrosiae* (Hemiptera: Aphididae) on lettuce in Brazil. *European Journal of Entomology*, 105: 485–487.
- de Snoo, G., 1999. Unsprayed field margins: effects on environment, biodiversity and agricultural practice. *Landscape and Urban Planning* 46: 151–160.

- Duelli, P., Obrist, M., Schmatz, D., 1999. Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: above-ground insects. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 74: 33–64.
- Duelli, P., Obrist, M., 2003. Regional biodiversity in an agricultural landscape: the contribution of seminatural habitat islands. *Basic and Applied Ecology*, 4: 129–138.
- EASAC (European Academies Science Advisory Council), 2009. Ecosystem services and biodiversity in Europe. The Royal Society, London. pp. 70.
- EEA (European Environment Agency), 2011. Landscape fragmentation in Europe, Joint EEA-FOEN report. Publications Office of the European Union, Luxembourg, pp. 87.
- Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L., Burel, F., Crist, T., Fuller, R., Sirami, C., Siriwardena, G., Martin, J., 2011. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters*, 14: 101–112.
- Farrell, J., Stufkens, M., 1990. The impact of *Aphidius rhopalosiphi* (Hymenoptera: Aphidiidae) on populations of the rose grain aphid (*Metopolophium dirhodum*) (Hemiptera: Aphididae) on cereals in Canterbury, New Zealand. *Bulletin of Entomological Research*, 80: 377–383.
- Farina, A., 1998. Principles and methods in landscape ecology. Chapman & Hall, London, pp. 235.
- Farina, A., 2006. Principles and methods in landscape ecology. Towards a science of the landscape. 2nd ed. Landscape series, Vol. 3, Springer, Dordrech, pp. 412.
- Fievet, V., Dedryver, C., Plantegenest, M., Simon, J., Outreman, Y., 2007. Aphid colony turn-over influences the spatial distribution of the grain aphid *Sitobion avenae* over the wheat growing season. *Agricultural and Forest Entomology*, 9: 125–134.
- Firbank, L., Petit, S., Smart, S., Blain, A., Fuller, R., 2008. Assessing the impacts of agricultural intensification on biodiversity: a British perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363: 777–787.
- Forman, R., 1995. Land mosaics: the ecology of landscapes and regions. Cambridge University, Cambridge, pp. 632.
- Forman, R.T.T., Godron, M., 1986. Landscape ecology. Wiley & Sons, New York.
- Francis, C., Lieblein, G., Gliessman, S., Breland, T. A., Creamer, N., Harwood Salomonsson, L., Helenius, J., Rickerl, D., Salvador, R., Wiedenhoef, M., Simmons,

- S., Allen, P., Altieri, M., Flora, C. and Poincelot, R., 2003. Agroecology: The ecology of food systems. *Journal of Sustainable Agriculture* 22-3: 99–118.
- Freier, B., Triltsch, H., Möwes, M., Mol, E., 2007. The potential of predators in natural control of aphids in wheat: Results of a ten-year field study in two German landscapes. *BioControl*, 52: 775–788.
- Gagic, V., Tschardtke, T., Dormann, C., Gruber, B., Wilstermann, A., Thies, C., 2011. Food web structure and biocontrol in a four-trophic level system across a landscape complexity gradient. *Proceedings of the Royal Society B*, 278: 2946–2953.
- Gagic, V., Hänke, S., Thies, C., Scherber, C., Tomanović, Ž., Tschardtke, T., 2012. Agricultural intensification and cereal aphid–parasitoid–hyperparasitoid food webs: network complexity, temporal variability and parasitism rates. *Oecologia*, 170: 1099–1109.
- Gardner, B., 1996. *European agriculture: policies, production, and trade*. Routledge, Oxford, pp. 233.
- Gärdenfors, U., 1986. Taxonomic and biological revision of Palearctic *Ephedrus* Haliday (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). *Entomologica Scandinavica Supplement*, 27: 1–95.
- Gauld, I., Bolton, B., 1988. *The Hymenoptera*. Oxford University Press, Oxford, pp. 332.
- Geiger, F., Bengtsson, J., Berendse, F., Weisser, W., Emmerson, M., Morales, M., Ceryngier, P., Liira, J., Tschardtke, T., Winqvist, C., Eggers, S., Bommarco, R., Pärt, T., Bretagnolle, V., Plantegenest, M., Clement, L., Dennis, C., Palmer, C., Oñate, J., Guerrero, I., Hawro, V., Aavik, T., Thies, C., Flohre, A., Hänke, S., Fischer, C., Goedhart, P., Inchausti, P., 2010. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology*, 11: 97–105.
- Gliessman, S.R., 2007. *Agroecology: the ecology of sustainable food systems*. CRC Press, New York, pp. 384.
- Golden, D., Crist, T., 1999. Experimental effects of habitat fragmentation on old-field canopy insects: community, guild and species responses. *Oecologia*, 118: 371–380.
- Greig-Smith, P., Thompson, H., Hardy, A., Bew M., Findlay, E., Stevenson, J., 1994. Incidents of poisoning of honeybees (*Apis mellifera*) by agricultural pesticides in Great Britain 1981–1991. *Crop Protection*, 13: 567–581.

- Gruber, P., Poprawski, T., Coutinot, D., 1994. Hymenopterous parasites and hyperparasites of *Schizaphis graminum* (Rondani) (Homoptera: Aphididae) on sorghum, in the Drome, France. *Journal of Applied Entomology*, 117: 477–490.
- Grüebler, M., Morand, M., Naef-Daenzer, B., 2008. A predictive model of the density of airborne insects in agricultural environments. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 123: 75–80.
- Hanski, I., 1999. *Metapopulation ecology*. Oxford University Press, Oxford, pp. 313.
- Hanski, I., Ovaskainen, O., 2000. The metapopulation capacity of a fragmented landscape. *Nature*, 404: 755–758.
- Harrison, S., Bruna, E., 1999. Habitat fragmentation and large-scale conservation: what do we know for sure? *Ecography*, 22: 225–232.
- Hatten, T., Bosque-Perez, N., Labonte, J., Guy, S., Eigenbrode, S., 2007a. Effects of tillage on the activity density and biological diversity of carabid beetles in spring and winter crops. *Environmental Entomology*, 36: 356–368.
- Hatten, T., Bosque-Pérez, N., Maynard, J., Eigenbrode, S., 2007b. Tillage differentially affects the capture rate of pitfall traps for three species of carabid beetles. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 124: 177–187.
- Hawkins, B.A., Cornell, H.V., 1994. Maximum parasitism rates and successful biological control. *Science* 266: 1886.
- Haughton, A.J., Wilcox, A., Chaney, K., Boatman, N.D., 1999. The effects of different rates of glyphosate on non-target invertebrates in field margins. *Aspects of Applied Biology*, 54: 185–190.
- Hegyí, G., Garamszegi, L.Z., 2011. Using information theory as a substitute for stepwise regression in ecology and behavior. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 65: 69–76.
- Higginbotham, S., Leake, A.R., Jordan, V.W., Ogilvy, S.E., 2000. Environmental and ecological aspects of integrated, organic and conventional farming systems. *Aspects of Applied Biology*, 62: 15–20.
- Holt, R., Lawton, J., Polis, G., Martinez, N., 1999. Trophic rank and the species-area relationship. *Ecology*, 80: 1495–1504.

- Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I., Tschardtke, T., 2010. How do landscape composition and configuration, organic farming and fallow strips affect the diversity of bees, wasps and their parasitoids? *Journal of Animal Ecology*, 79: 491–500.
- Jervis, M., Kidd, N., Fitton, M., Huddleston, T., Dawah, H., 1993. Flower-visiting by hymenopteran parasitoids. *Journal of Natural History*, 27: 67–105.
- Johnson, J., 1987. A revision of the species of *Praon* Haliday in North America, north of Mexico (Hymenoptera: Aphidiidae). *Canadian Entomologist*, 119: 999–1025.
- Jonsson, M., Buckley, H., Case, B., Wratten, S., Hale, R., Didham, R., 2012. Agricultural intensification drives landscape-context effects on host–parasitoid interactions in agroecosystems. *Journal of Applied Ecology*, 49: 706–714.
- Kavallieratos, N.G., Lykouressis, D., Sarlis, G., Stathas, G., Segovia, A., Athanassiou, C., 2001. The Aphidiinae (Hymenoptera: Ichneumonoidea: Braconidae) of Greece. *Phytoparasitica*, 29: 306–340.
- Kavallieratos, N.G., Tomanović, Ž., Athanassiou, C.G., Starý, P., Žikić, V., Sarlis, G.P., Fasseas, C., 2005. Aphid parasitoids infesting cotton, citrus, tobacco, and cereal crops in southeastern Europe: aphid–plant associations and keys. *Canadian Entomologist*, 137: 516–531.
- Kos, K., Tomanović, Ž., Rojht, H., Trdan, S., 2009. The first record of *Aphidius ervi* Haliday in Slovenia. *Acta Agriculturae Slovenica*, 93: 163–168.
- Kos, K., Petrović, A., Starý, P., Kavallieratos, N., Ivanović, A., Toševski, I., Jakše, J., Trdan, S., Tomanović, Ž., 2011. On the identity of cereal aphid parasitoid wasps *Aphidius uzbekistanicus*, *Aphidius rhopalosiphi*, and *Aphidius avenaphis* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) by examination of COI mitochondrial gene, geometric morphometrics, and morphology. *Annals of the Entomological Society of America*, 104: 1221–1232.
- Kragten, S., de Snoo, G., 2004. Bio-Support: modeling the impact of landscape elements for pest control. *Proceedings of the Netherlands Entomological Society*, 15: 93–97.
- Krebs, J., Wilson, J., Bradbury, R., Siriwardena, G., 1999. The second silent spring? *Nature*, 400: 611–612.
- Kruess, A., Tschardtke, T., 1994. Habitat fragmentation, species loss, and biological control. *Science* 264, 1581–1584.



- Kruess, A., Tschardtke, T., 2000. Species richness and parasitism in a fragmented landscape: experiments and field studies with insects on *Vicia sepium*. *Oecologia* 122, 129–137.
- Kruess, A., 2003. Effects of landscape structure and habitat type on a plant-herbivore-parasitoid community. *Ecography* 26: 283–290.
- Kruskal, W., Wallis, W., 1952. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47: 583–621.
- Landis, D., Marino, P. 1999. Landscape structure and extrafield processes: impact on management of pests and beneficials. In: Ruberson, J. (Eds.), *Handbook of pest management*. New York, Marcel Dekker Inc, pp. 79–104.
- Landis, D., Wratten, S., Gurr, G., 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*, 45: 175–201.
- Langley, S., Tilmon, K., Cardinale, B., Ives, A., 2006. Learning by the parasitoid wasp, *Aphidius ervi* (Hymenoptera: Braconidae), alters individual fixed preferences for pea aphid color morphs. *Oecologia*, 150: 172–179.
- Lee, J., Menalled, F., Landis D., 2001. Refuge habitats modify impact of insecticide disturbance on carabid beetle communities. *Journal of Applied Ecology*, 38: 472–483.
- Levins, R., 1969. Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. *Bulletin of the Entomological Society of America* 15: 237–240.
- Lo Pinto, M., Wajnberg, E., Colazza, S., Curty, C., Fauvergue, X., 2004. Olfactory response of two aphid parasitoids, *Lysiphlebus testaceipes* and *Aphidius colemani*, to aphid-infested plants from a distance. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 110: 159–164.
- Lohaus, K., Vidal, S., Thies, C., 2012. Farming practices change food web structures in cereal aphid–parasitoid–hyperparasitoid communities. *Oecologia*, 171: 249–259.
- Lumbierres, B., Stary, P., Pons, X., 2007: Seasonal parasitism of cereal aphids in a Mediterranean arable crop system. *Journal of Pest Science*, 80: 125–130.
- MacArthur, R., Wilson, E., 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton, pp. 203.

- Mackauer, M., Völkl, W., 1993. Regulation of Aphid Populations by Aphidiid Wasps: Does Parasitoid Foraging Behaviour or Hyperparasitism Limit Impact? *Oecologia*, 94: 339–350.
- Madeira, F., Di Lascio, A., Carlino, P., Costantini, M., Pons, X., 2013. Change in carbon stable isotope ratios of the predatory bug *Orius majusculus* after dietary shifts. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 148: 287–296.
- Marino, P., Landis, D., 1996. Effect of landscape structure on parasitoid diversity and parasitism in agroecosystems. *Ecological Applications*, 6: 276–284.
- Marshall, E., Moonen, A., 2002. Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 89: 5–21.
- McBrien, H., Mackauer, M., 1990. Heterospecific larval competition and host discrimination in two species of aphid parasitoids: *Aphidius ervi* and *Aphidius smithi*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 56: 145–153.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment), 2003. Ecosystems and human well-being. A framework for assessment. World Resource Institute, Washington. pp. 245.
- Menalled, F., Marino, P., Gage, S., Landis, D., 1999. Does agricultural landscape structure affect parasitism and parasitoid diversity? *Ecological Applications*, 9: 634–641.
- Menalled, F., Costamagna, A., Marino, P., Landis, D., 2003. Temporal variation in the response of parasitoids to agricultural landscape structure. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 96: 29–35.
- Mescheloff, E., Rosen, D., 1988. Biosystematic studies on the Aphidiidae of Israel (Hymenoptera: Ichneumonoidea), 2. The genera *Ephedrus* and *Praon*. *Israel Journal of Entomology*, 22: 75–100.
- Milojić, A. (Ed.), 2011. Statistički godišnjak Srbije. Republički zavod za statistiku, Beograd, pp. 412.
- Moreby, S., Aebischer, N., Southway, S., Sotherton, N., 1994. A comparison of the flora and arthropod fauna of organically and conventionally grown winter wheat in southern England. *Annals of Applied Biology*, 125: 13–27.
- Moreby, S., 1997. The effects of herbicide use within cereal headlands on the availability of food for arable birds. In: 1997 Brighton Crop Protection Conference - Weeds: 1197–1202. BCPC, Brighton.

- Naveh, Z., Lieberman, A.S., 1984. Landscape ecology. Theory and application. Springer Verlag, New York.
- Nicholls, C., Parrella, M., Altieri, M., 2001. The effects of a vegetational corridor on the abundance and dispersal of insect biodiversity within a northern California organic vineyard. *Landscape Ecology*, 16: 133–146.
- Odum, E., Barrett, G., 2005. Fundamentals of ecology. Thomson Brooks/Cole, Pacific Grove, pp. 598.
- Perović, D., Gurr, G., Raman, A., Nicol, H., 2010. Effect of landscape composition and arrangement on biological control agents in a simplified agricultural system: A cost–distance approach. *Biological Control*, 52: 263–270.
- Petrović, O., 1992. Vaši strnih žita Srbije. Magistarska teza, Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- Petrović, O., 1996. Aphids (Aphididae, Homoptera) on cereal crops. Review of Research Work at the Faculty of Agriculture, 41: 159–168.
- Pickett, S., White, P., 1985. The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics. Academic Press, London, pp. 472.
- Pimentel, D., 2005. Environmental and economic costs of the Application of pesticides primarily in the United States. *Environment, Development & Sustainability*, 7: 229–252.
- Pimm, S., Lawton, J., 1977. Number of trophic levels in ecological communities, *Nature*, 268: 329–331.
- Powell, W., 1982. The identification of hymenopterous parasitoids attacking cereal aphids in Britain. *Systematic Entomology*, 7: 465–473.
- Powell, W., Zhi-Li, Z., 1983. The reactions of two cereal aphid parasitoids, *Aphidius uzbekistanicus* and *A. ervi* to host aphids and their food-plants. *Physiological Entomology*, 8: 439–443.
- Potts, G. R., 1997. Cereal farming, pesticides and grey partridges. In: Pain, D., Pienkowski, M., (Ed.) *Farming and birds in Europe*. Academic Press, London, pp. 150–177.
- Purtauf, T., Roschewitz, I., Dauber, J., Thies, C., Tschardtke, T., Wolters, W., 2005. Landscape context of organic and conventional farms: Influences on carabid beetle diversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 108: 165–174.

- Quicke, D., 1997. Parasitic wasps. Chapman & Hall, London, pp. 470
- R Core Team, 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>
- Rahim, A., Hashmi, A., Khan, N., 1991. Effects of temperature and relative humidity on longevity and development of *Ooencyrtus papilionis* Ashmead (Hymenoptera: Eulophidae), a parasite of the sugarcane pest, *Pyrilla perpusilla* Walker (Homoptera: Cicadellidae). *Environmental Entomology*, 20: 774–775.
- Rand, T., Tschardtke, T., 2007. Contrasting effects of natural habitat loss on generalist and specialist aphid natural enemies. *Oikos*, 116: 1353–1362.
- Rand, T., van Veen, F., Tschardtke, T., 2012. Landscape complexity differentially benefits generalized fourth, over specialized third, trophic level natural enemies. *Ecography*, 35: 97–104.
- Reddersen, J., Elmholt, S., Holm, S., 1998. Indirect effects of fungicides and herbicides on arthropods: response to treatment-induced variations in leaf fungi weeds in winter wheat 1994-1995. Danish Environmental Protection Agency, Copenhagen, pp. 110.
- Reidsma, P., Tekelenburg, T., van den Berg, M., Alkemade, R., 2006. Impacts of land-use change on biodiversity: An assessment of agricultural biodiversity in the European Union. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 114: 86–102.
- Rehman, A., Powell, W., 2010. Host selection behaviour of aphid parasitoids (Aphidiidae: Hymenoptera). *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 2: 299–311.
- Remaudiere, G., Viveros, A., 1992. Révision du genre *Carolinaia* et Description de nouveaux taxa (Homoptera, Aphididae). *Insecta Mundi*, 6: 48–58.
- Root, R., 1973. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecological Monographs*, 43: 95–124.
- Roschewitz, I., Hücker, M., Tschardtke, T., Thies, C., 2005. The influence of landscape context and farming practices on parasitism of cereal aphids. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 108: 218–227.
- Ryszkowski, L., Karg, J., 2007. The influence of agricultural landscape diversity on biological diversity. In: Mander, Ü., Helming, K, Wiggering, H. (Eds.), *Multifunctional*

- land use: meeting future demands for landscape goods and services. Springer, Berlin, pp. 125–141.
- Ruggle, P., Holst, N., 1995. Spatial variation of *Sitobion avenae* (F.) (Hom.: Aphididae) and its primary parasitoids (Hym.: Aphidiidae, Aphelinidae). 1. EU Workshop on Enhancement, Dispersal and Population Dynamics of Beneficial Insects in Integrated Agrosystems, Aarhus, pp. 227–233.
- Rusch, A., Valantin-Morison, M., Sarthoub, J., Roger-Estrade, J., 2013. Effect of crop management and landscape context on insect pest populations and crop damage. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 166: 118–125.
- Sanchis, A., Michelena, J., Nieves, J., Rey de Castillo, C., 1995. Afidíinos (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) del centro peninsular. *Boln. Asoc. Esp. Entomol.*, 19: 219–228.
- Schmidt, M., Lauer, A., Purtauf, T., Thies, C., Schaefer, M., Tschardtke, T., 2003. Relative importance of predators and parasitoids for cereal aphid control. *Proceedings of the Royal Society B*, 270: 1905–1909.
- Schmidt, M., Roschewitz, I., Thies, C., Tschardtke, T., 2005. Differential effects of landscape and management on diversity and density of ground-dwelling farmland spiders. *Journal of Applied Ecology*, 42: 281–287.
- Schmidt, M., Tschardtke, T., 2005a. The role of perennial habitats for Central European farmland spiders. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 105: 235–242.
- Schmidt, M., Tschardtke, T., 2005b. Landscape context of sheetweb spider (Araneae: Linyphiidae) abundance in cereal fields. *Journal of Biogeography* 32: 467–473.
- Schmidt, M., Thies, C., Nentwig, W., Tschardtke, T., 2008. Contrasting responses of arable spiders to the landscape matrix at different spatial scales. *Journal of Biogeography*, 35: 157–166.
- Segoli, M., Rosenheim, J., 2012. Should increasing the field size of monocultural crops be expected to exacerbate pest damage? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 150: 38–44.
- Sigsgaard, L., 2002. A survey of aphids and aphid parasitoids in cereal fields in Denmark, and the parasitoids' role in biological control. *Journal of Applied Entomology*, 126: 101–107.
- Shawyer, C. R., 1987. *The barn owl in the British Isles*. London: The Hawk Trust.

- Shrestha, R., Parajulee, M., 2010. Effect of tillage and planting date on seasonal abundance and diversity of predacious ground beetles in cotton. *Journal of Insect Science*, 10: 1–17.
- Sotherton, N., Moreby, S., Langley, M., 1987. The effects of the foliar fungicide pyrazophos on beneficial arthropods in barley fields. *Annals of Applied Biology*, 111: 75-87.
- Southwood, R.E., Way, M.J., 1970. Ecological background to pest management. In: Rabb, R.C., Guthrie, F.E. (Eds.), *Concepts of pest management*. North Carolina State University, Raleigh, NC, pp. 6–29.
- Stanković-Kalezić, R., 2006. Sinekološka i floristička studija ruderalne vegetacije na području Pančevačkog rita. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- Starý, P., 1970. Biology of aphid parasites (Hymenoptera : Aphidiidae) with respect to integrated control. *Series entomologica* 6., Dr. W. Junk N.V., Hague, pp. 643.
- Starý, P., 1973. A review of *Aphidius*-species (Hymenoptera: Aphidiidae) of Europe. *Annotationes Zoologicae et Botanicae*, 84: 1–85.
- Starý, P., 1974. Taxonomy, origin, distribution and host range of *Aphidius* species (Hym., Aphidiidae) in relation to biological control of the pea aphid in Europe and North America. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 77: 141–171.
- Starý, P., 1988. Aphidiidae. In: Minks, A., Harrewijn, P. (Eds.): *Aphids, their biology, natural enemies and control*, 2B. Elsevier, Amsterdam, pp. 171-184.
- Starý, P., 1993. Alternative host and parasitoid in first method in aphid pest management in glasshouses. *Journal of Applied Entomology*, 116: 187–191.
- Starý, P., 2006. Aphid parasitoids of the Czech Republic (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae). *Academia*, Praha, pp. 430.
- Starý, P., Havelka, J., 2006. Fauna and associations of aphid parasitoids in an up-dated farmland area (Czech Republic). *Bulletin of Insectology*, 61: 251–276.
- Starý, P., Sampaio, M., Bueno, V., 2007. Aphid parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) and their parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) and their associations related to biological control in Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 51: 107–118.

- Starý, P., Havelka, J., 2008. Fauna and associations of aphid parasitoids in an up-dated farmland area (Czech Republic). *Bulletin of Insectology*, 61: 251–276.
- Steingröver, E., Geertsema, W., van Wingerden, W., 2010. Designing agricultural landscapes for natural pest control: a transdisciplinary approach in the Hoeksche Waard (The Netherlands). *Landscape Ecology*, 25: 825–838.
- Steffan-Dewenter, I., Minzenberg, U., Tschardtke, T., 2001. Pollination, seed set and seed predation on a landscape scale. *Proceedings of the Royal Society B*, 268: 1685–1690.
- Steffan-Dewenter, I., 2002. Landscape context affects trap-nesting bees, wasps, and their natural enemies. *Ecological Entomology*, 27: 631–637.
- Steffan-Dewenter, I., 2003. Importance of habitat area and landscape context for species richness of bees and wasps in fragmented orchard meadows. *Conservation Biology*, 17: 1036–1044.
- Stoate, C., Boatman, N., Borralho, R., Rio Carvalho, C., de Snoo, G., Eden, P., 2001. Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environmental Management*, 63: 337–365.
- Swift, M.J., Anderson, J.M., 1993. Biodiversity and ecosystem function in agroecosystems. In: Schultze, E., Mooney, H.A. (Eds.), *Biodiversity and Ecosystem Function*. Springer, New York, pp. 57–83.
- Šabić, D., Milinčić, M., Pecelj, M., Mandić, D., Pecelj, J., Pavlovic, M., Zivkovic, D., Plavska, J., Pecelj, M., 2010. Geocological importance of wetlands transformation into agricultural landscape: example of Pančevački Rit in Serbia. In: Mastorakis, N., Mladenov, V., Demiralp, M., Bojkovic, Z., (Eds.), *Advances in biology, bioengineering and environment*. World Scientific and Engineering Academy and Society Press. pp. 202–206.
- Thies, C., Tschardtke, T., 1999. Landscape structure and biological control in agroecosystems. *Science*, 285: 893–895.
- Thies, C., Steffan-Dewenter, I., Tschardtke, T., 2003. Effects of landscape context on herbivory and parasitism at different spatial scales. *Oikos*, 101: 18–25.
- Thies, C., Roschewitz, I., Tschardtke, T., 2005. The landscape context of cereal aphid–parasitoid interactions. *Proceedings of the Royal Society B*, 272: 203–210.

- Thies, C., Steffan-Dewenter, I., Tschardtke, T., 2008. Interannual landscape changes influence plant–herbivore–parasitoid interactions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 125: 266–268.
- Thies, C., Haenke, S., Scherber, C., Bengtsson, J., Bommarco, R., Clement, L., Ceryngier, P., Dennis, C., Emmerson, M., Gagic, V., Hawro, V., Liira, J., Weisser, W., Winqvist, C., Tschardtke, T., 2011. The relationship between agricultural intensification and biological control: experimental tests across Europe. *Ecological Applications*, 21: 2187–2196.
- Thomas, M., Wratten, S., Sotherton, N., 1992. Creation of “island” habitats in farmland to manipulate populations of beneficial arthropods: predator densities and species composition. *Journal of Applied Ecology*, 29: 524–531.
- Thomson, L., Hoffmann, A., 2010. Natural enemy responses and pest control: Importance of local vegetation. *Biological Control*, 52: 160–166.
- Tobias, V., Kiriakm I., 1986. Sem. Aphidiidae-Afidiidi. In: Medvedev, G., (Ed.) *Opređitel nasekomih evropejskoj časti SSSR*, 3, *Prepocantokrilie, pjataja čast*, 232–283.
- Tomanović, Ž., 1998. Faunističko-ekološka i taksonomska studija parazitskih osa (Aphidiidae, Hymenoptera) agroekosistema jugoistočnog dela Panonske nizije. *Doktorska disertacija*, Beograd, pp. 164.
- Tomanović, Ž., Brajković, M., 2001. Aphid parasitoids (Hymenoptera, Aphidiidae) of agroecosystems of the south part of the Pannonian area. *Archives of Biological Science*, 53: 57–64.
- Tomanović, Ž., Kavallieratos, N., Starý, P., Athanassiou, C., Žikić, V., Petrović-Obradović, O., Sarlis, G., 2003. *Aphidius* spp. aphid parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) in Serbia and Montenegro: tritrophic associations and key. *Acta Entomologica Serbica*, 8: 15–39.
- Tomanović, Ž., Kavallieratos, N., Starý, P., Petrović-Obradović, O., Athanassiou, C., Stanisavljević, Lj., 2008. Cereal aphids (Hemiptera: Aphidoidea) in Serbia: seasonal dynamics and natural enemies. *European Journal of Entomology*, 105: 495–501.
- Tomanović, Ž., Petrović, A., Starý, P., Kavallieratos, N., Žikić, V., Rakhshan, E., 2009. *Ephedrus* Haliday (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) in Serbia and Montenegro: tritrophic associations and key. *Acta Entomologica Serbica*, 14: 39–53.



- Tomanović, Ž., Starý, P., Kavallieratos, N., Gagić, V., Plećaš, M., Janković, M., Rakhshani, E., Četković, A., Petrović, A., 2012. Aphid parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) in wetland habitats in western Palaearctic: key and associated aphid parasitoid guilds. *Annales de la Société Entomologique de France* (n.s.), 48: 189–198.
- Tomanović, Ž., Kos, K., Petrović, A., Starý, P., Kavallieratos, N., Zikić, V., Jakše, J., Trdan, S., Ivanović, A., 2013. The relationship between molecular variation and variation in the wing shape of three aphid parasitoid species: *Aphidius uzbekistanicus* Luzhetzki, *Aphidius rhopalosiphi* De Stefani Perez and *Aphidius avenaphis* (Fitch) (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). *Zoologischer Anzeiger*, 252: 41–47.
- Tomich, T., Brodt, S., Ferris, H., Galt, R., Horwath, W., Kebreab, E., Leveau, J., Liptzin, D., Lubell, M., Merel, P., Micheltore, R., Rosenstock, T., Scow, K., Six, J., Williams, N., Yang L., 2011. Agroecology: A review from a global-change perspective. *Annual Review of Environment and Resources*, Vol. 36: 193–222.
- Tscharntke, T., Kruess, A., 1999. Habitat fragmentation and biological control. In: Hawkins, B.,A., Cornell, H.,V., (Eds). *Theoretical approaches to biological control*. Cambridge University Press, Cambridge, pp.190–205.
- Tscharntke, T., 2000. Parasitoid population in agricultural landscape. In: Hochberg, M., Ives, A. (Eds.), *Parasitoid population biology*. Princeton University Press, Oxford, pp. 235–261.
- Tscharntke, T., Steffan-Dewenter, I., Kruess, A., Thies, C., 2002. Contribution of small habitat fragments to conservation of insect communities of grassland–cropland landscapes. *Ecological Applications*, 12: 354–363.
- Tscharntke, T., Brandl, R., 2004. Plant-insect interactions in fragmented landscapes. *Annual Review of Entomology*, 49: 405–30.
- Tscharntke, T., Klein, A., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., Thies, C., 2005a. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8: 857–874.
- Tscharntke, T., Rand, T.A., Bianchi, F.J.J.A., 2005b. The landscape context of trophic interactions: insect spillover across the crop–noncrop interface. *Annales Zoologici Fennici*, 42: 421–432.

- Tscharntke, T., Bommarco, R., Clough, Y., Crist, T., Kleijn, D., Rand, T., Tylianakis, J., van Nouhuys, S., Vidal, S., 2007. Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale. *Biological Control*, 43: 294–309.
- Tscharntke, T., Batáry, P., Dormann, C., 2011. Set-aside management: How do succession, sowing patterns and landscape context affect biodiversity? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 143: 37–44.
- Tscharntke, T., Batáry, P., Clough, Y., Kleijn, D., Scherber, C., Thies, C., Wanger, T.C., Westphal, C., 2012. Combining biodiversity conservation with agricultural intensification. In: Lindenmayer, D., Cunningham, S., Young, A. (Eds.), *Land use intensification: effects on agriculture, biodiversity and ecological processes*. CSIRO, Collingwood, pp. 7–15.
- Tylianakis, J., Didham, R., Wratten, S., 2004. Improved fitness of aphid parasitoids receiving resource subsidies. *Ecology*, 85: 658–666.
- Vandermeer, J., Perfecto, I., 1995. *Breakfast of biodiversity: the truth about rainforest destruction*. Food First Books, Oakland, pp.185.
- van Achterberg, K., 2013a. Fauna Europaea: *Aphidius ervi*. Fauna Europaea version 2.6, <http://www.faunaeur.org>.
- van Achterberg, K., 2013b. Fauna Europaea: *Aphidius rhopalosiphi*. Fauna Europaea version 2.6, <http://www.faunaeur.org>.
- van Achterberg, K., 2013c. Fauna Europaea: *Aphidius uzbekistanicus*. Fauna Europaea version 2.6, <http://www.faunaeur.org>.
- van Buskirk, J., Willi, Y., 2004. Enhancement of farmland biodiversity within set-aside land. *Conservation Biology*, 18: 987–994.
- van Emden, H., 2003. Conservation biological control: from theory to practice. In: Van Driesche, R. (Ed.) *Proceedings of the International Symposium on Biological Control of Arthropods*. Honolulu, Hawaii, pp. 199–208.
- van Nouhuys, S., 2005. Effect of habitat fragmentation at different trophic levels in insect communities. *Annales Zoologici Fennici*, 42: 433–447.
- Veres, A., Petit, S., Conord, C., Lavigne, C., 2013. Does landscape composition affect pest abundance and their control by natural enemies? A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 166: 110–117.

- Vialatte, A., Plantegenest, M., Simon, J., Dedryver, C., 2007. Farm-scale assessment of movement patterns and colonization dynamics of the grain aphid in arable crops and hedgerows. *Agricultural and Forest Entomology*, 9: 337–346.
- Vidojević, B., 2001. Ekološke karakteristike i biopotencijal agroekosistema Pančevačkog rita. Magistarska teza, Biološki fakultet, Beograd.
- Vollhardt, I., Tschardt, T., Wäckers, F., Bianchi, F., Thies, C., 2008. Diversity of cereal aphid parasitoids in simple and complex landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 126: 289–292.
- Wäckers, F., Swaans, C., 1993. Finding floral nectar and honeydew in *Cotesia rubecula*: random or directed? *Proceedings of Experimental and Applied Entomology*, 4: 67–72.
- Wäckers, F., 1994. The effect of food deprivation on the innate visual and olfactory preferences in the parasitoid *Cotesia rubecula*. *Journal of Insect Physiology*, 40: 641–649.
- Wäckers, F., Steppuhn, A., 2003. Characterizing nutritional state and food source use of parasitoids collected in fields with high and low nectar availability. *IOBC WPRS Bulletin*, 26: 203–208.
- Weibull, A., Östman, Ö., 2003. Species composition in agroecosystems: The effect of landscape, habitat, and farm management. *Basic and Applied Ecology*, 4: 349–361.
- Weibull, A., Östman, Ö., Granqvist, Å., 2003. Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management. *Biodiversity and Conservation*, 12: 1335–1355.
- Wezel, A., Soldat, V., 2009. A quantitative and qualitative historical analysis of the scientific discipline of agroecology. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 7: 3–18.
- Whittingham, M.J., Stephens, P.A., Bradbury, R.B., Freckleton, R.P., 2006. Why do we still use stepwise modeling in ecology and behavior? *Journal of Animal Ecology*, 75: 1182–1189.
- Winder, L., Perry, J., Hollan, J., 1999. The spatial and temporal distribution of the grain aphid *Sitobion avenae* in winter wheat. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 93: 277–290.
- Winder, L., Griffiths, G., Perry, J., Alexander, C., Holland, J., Kennedy, P., Birt, A., 2005. The role of large-scale spatially explicit and small-scale localized processes on the

- population dynamics of cereal aphids. *Bulletin of Entomological Research*, 95: 579–587.
- Winqvist, C., Bengtsson, J., Aavik, T., Berendse, F., Clement, L., Eggers, S., Fischer, K., Flohre, A., Geiger, F., Liira, J., Pärt, T., Thies, C., Tschamntke, T., Weisser, W., Bommarco, R., 2011. Mixed effects of organic farming and landscape complexity on farmland biodiversity and biological control potential across Europe. *Journal of Applied Ecology*, 48: 570–579.
- Wissinger, S., 1997. Cyclic colonization in predictably ephemeral habitats: a template for biological control in annual crop systems. *Biological control*, 10: 4–15.
- Woltz, M., Werling, B., Landis, D., 2012a. Natural enemies and insect outbreaks in agriculture: a landscape perspective. In: Barbosa, P., Letourneau, D., Agrawal, A. (Eds.), *Insect outbreaks revisited*, Wiley-Blackwell, Hoboken, pp. 355–371.
- Woltz, M., Isaacs, R., Landis, D., 2012b. Landscape structure and habitat management differentially influence insect natural enemies in an agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 152: 40–49.
- Wratten, S., van Emden, H., 1995. Habitat management for enhanced activity of natural enemies of insect pests. In: Anderson, H., Glen, D., Greaves, M., (Eds.), *Ecology and Integrated Farming Systems*. John Wiley & Sons, Chichester, pp. 117–146.
- Žikić, V., Ilić-Milošević, M., Stanković, S., Petrović, A., Petrović-Obradović, O., Kavallieratos, N., Starý, P., Tomanović, Ž., 2012. Aphidiinae (Hymenoptera: Braconidae) of Serbia and Montenegro – tritrophic interactions. *Acta Entomologica Serbica*, 17: 83–105.
- Živković, B., Nejgebauer, V., Tanasijević, D., Miljković, N., Stojković, L., Drezgić, P., 1972. *Zemljišta Vojvodine*. Novi Sad, Institut za poljoprivredna istraživanja, pp. 685.

## **BIOGRAFIJA AUTORA**

Milan Plećaš je rođen 29. juna 1981. godine u Beogradu, gde je završio osnovnu i srednju školu. Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu upisao je školske 2000/2001. godine na studijskoj grupi Biologija. Diplomirao je 2005. godine sa prosekom ocena 9,26 i upisao posle diplomanske studije na smeru Ekologija životinja na Biološkom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Doktorske studije na modulu Ekologija, biogeografija i zaštita biodiverziteta upisao je 2006/2007. godine na pomenutom fakultetu.

Od marta 2006. godine radi kao saradnik u nastavi na Katedri za ekologiju i geografsku biologiju životinja na Biološkom fakultetu Univerziteta u Beogradu, a od aprila 2007. godine kao asistent za užu naučnu oblast Ekologija, biogeografija i zaštita biodiverziteta na pomenutoj katedri. Milan Plećaš je tokom istraživačkog rada učestvovao u realizaciji dva nacionalna projekta finansirana od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj (143006), odnosno Ministarstva za nauku i prosvetu (43001). Pored ovih, bio je učesnik i dva međunarodna projekta finansiranih od strane Southeast European ERA-NET (SEE-ERA.NET) – 6th EU Framework Programme (#9608) u periodu 2007–2008, odnosno Project Preparation Facility 4, IPA 2010 (#EuropeAid/129766/C/SER/RS) u periodu 2011–2013.

Od 2001. godine je član Biološkog istraživačkog društva „Josif Pančić“, a od 2003. godine član Entomološkog društva Srbije. Kao stručni saradnik Mladih istraživača Beograda, od 2005. godine učestvuje u organizovanju dopunskih edukativnih sadržaja za učenike osnovnih škola, a od 2007. godine postaje istraživač saradnik i predavač u Istraživačkoj stanici Petnica. 2013. godine je bio član organizacionog odbora međunarodnog simpozijuma „Ecology of aphidophaga 12, Belgrade – Serbia, September 9–13, 2013“.

Прилог 1.

**Изјава о ауторству**

Потписани-а \_\_\_\_\_ Милан Плећаш \_\_\_\_\_

број индекса \_\_\_\_\_ DB060208 \_\_\_\_\_

**Изјављујем**

да је докторска дисертација под насловом

Предеоно-еколошка анализа диверзитета и интеракција система житне ваши – паразитоиди (Homoptera; Hymenoptera) \_\_\_\_\_

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

**Потпис докторанда**

У Београду, \_\_\_\_\_ 24.10.2013. \_\_\_\_\_



Прилог 2.

**Изјава о истоветности штампане и електронске верзије  
докторског рада**

Име и презиме аутора Милан Плећаш

Број индекса DB060208

Студијски програм Екологија, биогеографија и заштита биодиверзитета

Наслов рада Предеоно-еколошка анализа диверзитета и интеракција система  
житне ваши – паразитоиди (Homoptera; Hymenoptera)

Ментор др Жељко Томановић

Потписани/а Милан Плећаш

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

**Потпис докторанда**

У Београду, 24.10.2013.



### Прилог 3.

## Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Предеоно-еколошка анализа диверзитета и интеракција система житне ваши – паразитоиди (Homoptera; Hymenoptera)

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

**Потпис докторанда**

У Београду, 24.10.2013.





1. Ауторство - Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. Ауторство – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.