

# Raznolikost pauka (Arachnida, Araneae) u urbanim staništima Zagreba

---

Čupić, Iva

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:584563>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-30**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno–matematički fakultet

Biološki odsjek

Iva Čupić

**Raznolikost pauka (Arachnida, Araneae) u urbanim staništima  
Zagreba**

Diplomski rad

Zagreb, 2021.

Ovaj rad je izrađen u Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka PMF-a Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom doc. dr. sc. Tvrka Dražine. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra struke znanosti o okolišu.

Zahvaljujem se mentoru doc. dr. sc. Tvrtku Dražini koji je prihvatio moju ideju za ovaj rad i pomogao mi oko njenog daljnjeg formiranja. Posebno mu zahvaljujem na znanju o najboljim načinima upotrebe i analize podataka u svrhu boljeg razumijevanja ekologije pauka.

Hvala Kristijanu Cindriću koji je bio najbolje društvo i pomoć prilikom terenskog rada te potpora za vrijeme pisanja, a koji se niti jednom nije požalio što bi se terenski izlasci produžili sa svakim drugim zanimljivim beskralježnjakom na kojeg bih naišla.

Hvala Martini Pavlek koja je uvijek htjela slušati o nadzemnim paucima koji nisu njeno područje, dati savjete i biti velika potpora.

Zahvaljujem se obitelji koja mi je omogućila odrastanje u okolini gdje je uvijek bilo moguće pronaći taj maleni fascinantni svijet beskralježnjaka koji igra tako veliku ulogu u održavanju ekosistema stabilnima te zaslužuje naše razumijevanje i zaštitu.

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Diplomski rad

## Raznolikost pauka (Arachnida, Araneae) u urbanim staništima Zagreba

Iva Čupić

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Širenje i ubrzanje urbanizacije dovodi do naglih promjena u okolišu koje mogu poremetiti uloge člankonožaca u njihovim ekološkim nišama. Pauzi su dobar modelni organizam za proučavanje utjecaja urbanizacije na člankonošce jer na njihov razvoj mogu utjecati promjene u temperaturi, vegetaciji i dostupnosti plijena. Ciljevi ovog rada bili su: (i) utvrditi broj vrsta, raznolikost i gustoću populacija pauka koje pletu mreže u visoko urbanom okruženju, (ii) odrediti najčešće sinantropske vrste na istraživanim urbanim područjima, (iii) usporediti gustoću populacija pauka u urbanom okruženju i na području s minimalno antropogenog utjecaja, (iv) usporediti gustoću populacija vrste *Nuctenea umbratica* (Clerck, 1757) u urbanoj sredini te u onoj s minimalno antropogenog utjecaja. Na šest lokacija s tri različita tipa staništa (urbanim staništima, staništima u predgrađu i šumskim staništima) određeno je 30 vrsta pauka, a porodica Araneidae je pokazala najveću brojnost i broj vrsta. Najvećom brojnošću na urbanim staništima istaknula se vrsta *N. umbratica*. Povećanje brojnosti i broja vrsta zabilježeno je sa smanjenjem antropogenog utjecaja, gdje su urbana staništa pokazala najmanju brojnost i broj vrsta, a šumska najveću. Rezultati rada pružaju osnovu u razumijevanju utjecaja procesa urbanizacije na pauke na području grada Zagreba.

(48 stranica, 29 slika, 2 tablice, 25 literaturnih navoda, 2 priloga, jezik izvornika: hrvatski)

Ključne riječi: pauzi, ekologija, urbanizacija, člankonošci, beskraljčnjaci, sinantropija, brojnost, bioraznolikost

Voditelj: Doc. dr. sc. Tvrtko Dražina

Ocijenitelji: doc. dr. sc. Tvrtko Dražina  
prof. dr. sc. Ivana Maguire  
doc. dr. sc. Luka Valozić  
doc. dr. sc. Zorica Petrinec  
prof. dr. sc. Dražen Balen (zamjena)

# BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Master Thesis

## Species diversity and population density of web spinning spiders (Arachnida, Araneae) in Zagreb urban areas

Iva Čupić

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

The acceleration of urbanization processes leads to abrupt changes in the environment that can disrupt the roles of arthropods in their ecological niches. Spiders are a good model organism for studying the impact of urbanization because their development can be affected by changes in temperature, vegetation, and prey availability. The objectives of this study were: (i) to determine the number of web-building spider species, their diversity and density of their populations in urban environment. (ii) to identify the most common synanthropic species in the studied urban areas, (iii) to compare the density of spider populations in urban areas and areas with low impact of urbanization, (iv) determine population densities of *Nuctenea umbratica* (Clerck, 1757) in the urban areas and areas with low impact of urbanization. Spiders were collected at six locations with three different habitat types (urban habitats, suburban habitats, and forest habitats). A total of 30 spider species were identified, with Araneidae (orb-weaver spiders) showing the highest abundance and species numbers. *N. umbratica* stood out with the highest abundance. The increase in abundance and number of species was recorded with the decrease in urbanization. Urban habitats showed the lowest abundance and species number, while forest habitats had the highest abundance and species number. The results of this study provide a basis for understanding the impact that urbanization has on spiders in the Zagreb area.

(48 pages, 29 figures, 2 tables, 25 references, 2 appendices, original in: Croatian)

Keywords: spiders, ecology, urbanization, arthropods, invertebrates, synanthropy, abundance, biodiversity

Supervisor: Doc. dr. sc. Tvrtko Dražina

Reviewers: Dr. Sc. Ivana Maguire, Professor  
Dr. Sc. Tvrtko Dražina, Assistant Professor  
Dr. Sc. Luka Valožić, Assistant Professor  
Dr. Sc. Zorica Petrincec, Assistant Professor  
Dr. Sc. Dražen Balen, Professor (understudy)

## **Lista kratica**

D – Simpsonov indeks

GŠ – unutrašnjost šume

H' – Shannonov indeks

J' – Pielou indeks

KW – Kruskal-Wallis test

MW U – Mann-Whittney U test

MA – mreža na antropogenom objektu

MV – mreža na vegetaciji

N – brojnost

p – staništa predgrađa

QS – Sørensenov indeks sličnosti

RE – rub šume

S – broj vrsta

š – šumska staništa

u – urbana staništa

# Sadržaj

1 Uvod.....	1
1.1 Općenito o paucima.....	1
1.2 Anatomija pauka.....	1
1.3 Sistematika i filogenija pauka .....	3
1.4 Ekologija pauka.....	4
1.5 Raznolikost pauka u Hrvatskoj.....	4
1.6 Istraživane porodice.....	5
2 Materijali i metode .....	13
2.1 Terenska istraživanja.....	13
2.1.2 Vremenski tijek istraživanja i istraživane lokacije.....	13
2.1.3 Metode uzorkovanja pauka.....	18
2.2 Taksonomsko određivanje vrsta.....	18
2.3 Promatrani parametri.....	18
2.3.1 Podloga za izradu mreže.....	18
2.3.2 Korišteni hidrometeorološki podaci .....	19
2.4. Analiza podataka.....	19
3 Rezultati .....	20
3.1 Brojnost i raznolikost pauka urbanih lokacija, predgrađa i šumskih staništa.....	19
3.2 Usporedba antropogenih i vegetacijskih mikrostaništa urbane zone i predgrađa .....	30
3.3 Utjecaj rubnog efekta na brojnost i sastav pauka .....	31
3.4 Vrsta <i>N. umbratica</i> .....	33
3.5 Utjecaj temperature i vlažnosti zraka na brojnost pauka.....	34
4 Rasprava.....	365
5 Zaključak.....	39
6 Literatura .....	410
7 Prilozi .....	443
8 Životopis .....	487



# 1 Uvod

## 1.1 Općenito o paucima

Člankonošci su beskralježnjaci koji posjeduju vanjski skelet, segmentirano tijelo i parne člankovite tjelesne privjeske. Najbrojnija su i najrasprostranjenija skupina recentne faune, a živeće vrste raspoređene su u četiri potkoljena: kliještari (Cheliceriformes), rakovi (Crustacea), stonoge (Myriapoda) i šesteronošci (Hexapoda). Paučnjaci (Arachnida) spadaju u drugu najbrojniju skupinu člankonožaca, kliještare. Paučnjaci su prvi člankonošci koji su nastanili kopno, a njihovi fosili datiraju iz silura. Među njima, najbrojniji red su pauci.

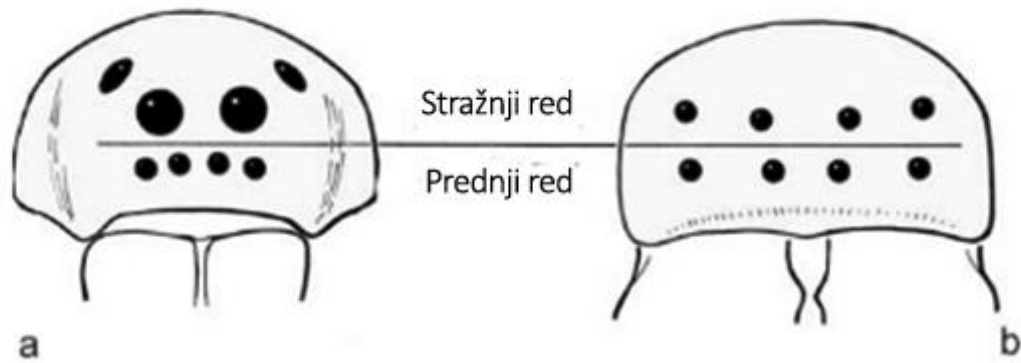
Pauke je moguće naći na svim kontinentima osim na Antarktici, a pokrivaju skoro svaki tip staništa osim mora. Neke vrste su specijalizirane i za život pod slatkim vodama ili zonu plime i oseke. Velik broj porodica evoluirao je poseban način rasprostiranja koji koristi razlike u statičnom elektricitetu okoline kao uzgon i vjetar za rasprostiranje mladih jedinki. Rasprostiranje vjetrom je jedan od razloga za raširen areal pauka, a karakteristika je najbrojnije i evolucijski najodvedenije skupine pauka Araneomorphae. To je proces puštanja niti paučine niz vjetar kako bi pauci bili nošeni zračnim strujama do udaljenih lokacija, kojima se služe mlade jedinke mnogih porodica, kao i neke vrste čiji mužjaci i ženke dosežu 1 cm veličine. U povoljnim uvjetima, pauci tako mogu proputovati i po nekoliko stotina kilometara udaljenosti.

Sve opisane vrste pauka osim jedne (*Bagheera kiplingi* Peckham & Peckham, 1896) su predatori. *B. kiplingi* vrsta je iz porodice Salticidae (skačućih pauka) čija prehrana je bazirana većinom na biljnim produktima.

## 1.2 Anatomija pauka

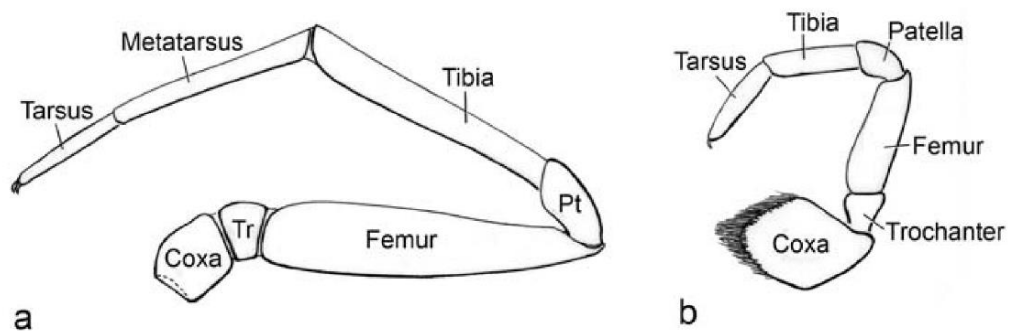
Tijelo pauka sastoji se od segmenata sraslih u dva odvojena dijela (Habdija i sur. 2011): prednje tijelo (*prosoma*) i stražnje tijelo (*opisthosoma*). Prednje i stražnje tijelo spojeni su cilindričnom strukturom spojnicom (*pediculus*), koji je utanjeni prvi kolutić stražnjeg tijela. Prednje tijelo je s gornje strane obavijeno karapaksom (*carapax*), a s donje sternumom (*sternum*). Na prednjem dijelu prednjeg tijela nalaze se oči. Većina pauka ima osam očiju, no neke skupine imaju šest, dok su neke podzemne svojite u potpunosti redukcijom izgubile oči. Uobičajeno su oči smještene u dva reda, te se mogu razlikovati prednje lateralne oči (ALE), prednje središnje oči (AME), stražnje lateralne oči (PLE) i stražnje središnje oči (PME). Raspored očiju bitan je prilikom razlikovanja porodica pauka (Slika 1). Prostor između donjeg

reda očiju i donjeg ruba prsa se naziva klipeus (*clypeus*). Ispod se nalazi prvi par tjelesnih privjesaka, kliješta (*chelicerae*) koja su kod svih porodica osim Uloboridae povezane s otrovnim žlijezdama.



Slika 1. Raspored očiju pauka iz porodice Lycosidae (a) i pauka iz porodice Araneidae (b), preuzeto iz Foelix, 2011.

Drugi par privjesaka su čeljusne nožice ili pedipalpi (Slika 2), čija segmentacija odgovara segmentaciji nogu, s razlikom u nedostatku osnovnog stopala. Pedipalpi služe za pridržavanje i manipulaciju plijenom, a najveća modifikacija pedipalpa vidljiva je kod mužjaka, koji kod njih imaju veliku ulogu prilikom parenja.



Slika 2. Segmentacija noge (a) i pedipalpa (b). Pt = patella, Tr = trochanter, preuzeto iz Foelix, 2011.

Slijede četiri para nogu, a svaka noga sastoji se od sedam segmenata: kuk (*coxa*), nožni prstenak (*trochanter*), bedro (*femur*), iverak (*patella*), gnjat (*tibia*), osnovno stopalo (*metatarsus*) i stopalo (*tarsus*) koji završava s dvije ili tri pandice (Slika 2). Tjelesni privjesci na stražnjem tijelu pauka razvijeni su evolucijskim procesima u predljljive bradavice koje služe za proizvodnju niti paučine.

### 1.3 Sistematika i filogenija pauka

Pauci (Araneae) su sedmi red po globalnoj raznolikosti po broju opisanih ili očekivanih vrsta (Mitter i sur. 1988, Regier i sur. 2010). Red je monofiletski, što dokazuju jedinstvene strukture prisutne kod svih skupina unutar reda, od kojih su najznačajniji nastavci modificirani u predljljive bradavice, otrovne žlijezde, čeljusne nožice mužjaka modificirani kao sekundarne genitalije te nedostatak segmentacije tijela (Coddington, 1991).

Red pauka se dijeli u tri podreda: Mesothelae, Mygalomorphae i Araneomorphae. Podred Mesothelae obuhvaća jednu porodicu, Liphistiidae, koja je ograničena na jugoistok i istok Azije. Liphistiidae su veliki, dugoživući (5-18 godina) pauci koji kopaju tunele u tlu u kojima obitavaju i čekaju plijen. Iako su veliki i lako morfološki prepoznatljivi, rijetko se nailazi na njih što otežava sakupljanje uzoraka za taksonomska istraživanja. Značajka njihove ekologije je da se ne kreću daleko van svojih tunela, a filogenetske i biogeografske analize potvrđuju njihovo ograničeno rasprostiranje (Xu i sur. 2021).

Podred Mygalomorphae obuhvaća 15 porodica, raznovrsnija je od skupine Mesothelae, no ne dostiže raznolikost podreda Araneomorphae (Sharma et al, 2014). Poput Mesothelae, pripadne vrste najčešće grade plahtaste tvorbe od paučine u obliku tunela u vegetaciji ili zemlji. Sposobne su plesti donekle ljepljivu paučinu, koja nije toliko odvedena u svojoj funkciji kao kod Araneomorphae, jer imaju ograničenu morfološku i uporabnu raznolikost predljljivih bradavica (Coddington, 1991).

Podred Araneomorphae sadrži sve ostale svojite, oko 90 porodica i 32 000 opisanih vrsta. Kraćeg su životnog vijeka od druga dva podreda, koji je za najveći broj vrsta ograničen na 1-3 godine. Njihove strategije lova variraju od struktura paučine nalik plahtama, isprekidanih niti paučine, oblaganja tunela nitima, hvatanja plijena strukturom nalik na buzdovan do aktivne potražnje plijena – a sve su prilagođene različitim tipovima organizama. Većina pauka unutar podreda Araneomorphae koji love plijen pomoću mreža stvara veći broj različitih tipova niti s različitom svrhom (Coddington, 1991).

## 1.4 Ekologija pauka

Većina pauka živi unutar specifičnih abiotičkih uvjeta temperature, vlage, vjetra i svjetlosti, kao i biotičkih uvjeta poput vegetacije, dostupnosti plijena, kompeticije i predatora. Prostorna distribucija vrsta nije određena interspecijskim odnosima, već okolišnim uvjetima. Različiti godišnji reproduktivni periodi, kao i različiti dnevni periodi aktivnosti vrsta koje žive na istim staništima također omogućavaju veću raznolikost vrsta unutar istog životnog prostora.

Osim specifične mikroklimе, pauci imaju i određene prostorne zahtjeve. Za pauke koji pletu mreže, okoliš mora imati dovoljno točaka za pričvrstiti osnovne niti mreže. Zbog toga gustoća populacija pauka koji pletu mrežu ovisi o broju i rasporedu prostornih čimbenika. Oni čekaju plijen te troše znatno manje količine energije na hvatanje plijena nego što to rade pauci koji aktivno love svoj plijen na tlu. Također, mogu uloviti više plijena odjednom i čuvati ga do odabranog trenutka konzumacije.

Kukci čine najveći dio plijena pauka. I drugi člankonošci poput dvojenoga (Diplopoda) i jednakonošci (Isopoda) često završe kao plijen, a kralježnjaci su najrjeđe ulovljeni. Među kukcima prehranu pauka najviše zastupaju muhe (Diptera) i skokuni (Collembola), koji su radi svog velikog broja ključan dio prehrane malim vrstama pauka.

Pauci su poikilotermni organizmi, a prezimljavaju zahvaljujući usporavanju metabolizma i zauzimaju određenih mikrostaništa poput sloja listinca iznad tla. Ovisno o vanjskoj temperaturi prilagođavaju svoje ponašanje sukladno održavanju povoljnih tjelesnih funkcija, tako da će primjerice porodice koje love pomoću mreža prekinuti izgradnju mreža i mirovati na zaštićenoj lokaciji kada temperature padnu ispod njima optimalnog raspona. Smrtnost prilikom prezimljavanja im je niska. Najveći broj pauka koji ostaju aktivni tokom zime pripada porodici Linyphiidae, štiteći se od hladnoće birajući mikrostaništa koji su dobri izolatori poput listinca. Jajašca mnogih vrsta mogu preživjeti i temperature do  $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ , no samo 7 % europskih vrsta koristi tu strategiju prezimljavanja, provodeći zimu većinom kao juvenilne jedinke (Foelix, 2011).

## 1.5 Raznolikost pauka u Hrvatskoj

Istraživanja pauka na području današnje Republike Hrvatske započela su u 19. st., a Narcis Damin (1845-1905) smatra se prvim hrvatskim arahnologom. U svojim člancima iz 1893. i 1894. godine prvi je opisao partenogenezu kod pauka (Damin, 1893, 1894). Iza sebe je

ostavio nekoliko članaka o paucima, veliku zbirku pauka te nedovršenu monografiju pauka hrvatske zajedno sa 4 manje zbirke s crtežima.

Nakon Damina, arahnolog Dragutin Poljungan napisao je par članaka o paucima, a Franjo Nikolić (1922 – 1977) usmjerio se prvenstveno na istraživanje južne Dalmacije. Njegov najveći doprinos arahnologiji je *Katalog Aranea Jugoslavije* kojeg je dovršio Anton Polenec, slovenski arahnolog. *Katalog Aranea Jugoslavije* obuhvaća 649 vrsta, te je bio prvi popis vrsta pauka bivše Jugoslavije. Nikolićeva osobna zbirka pauka nalazi se u Hrvatskom Prirodoslovnom Muzeju.

Zvonimir Maretić (1921 -1989) radio je u Odjelu za Infektologiju kao stručnjak za otrovne životinjske vrste te je 1951 proizveo prvi protuotrov za crnu udovicu (*Latrodectus tredecimguttatus*, Rossi, 1790 ) u Europi. Objavljivao je radove o ugrizima pauka te biologiji i distribuciji crne udovice (Katušić i Drakšić, 2011).

Daljnja istraživanja na paucima nastavljaju se osnivanjem Hrvatskog biospeleološkog društva te Sekcije za pauke Udruge studenata biologije – BIUS te radom Udruge BIOM (Katušić i Drakšić, 2011). Od istraživanja pauka zadnjih godina značajan je opis podzemnog roda *Kryptonesticus* Pavlek i Ribera, 2017 te vrste *Kryptonesticus ribera* Pavlek i Ribera, 2017 (Pavlek i Ribera, 2017). Također su 2020. opisane i dvije vrste iz špilja na Biokovu, *Harpactea damini* Pavlek i Arnedo, 2020 i *Harpactea mateparlovi* Pavlek i Arnedo 2020 (Platanina i sur. 2020).

Do sada je popisana 821 vrsta pauka koji obitavaju u Hrvatskoj (Katušić, 2017).

## 1.6 Istraživane porodice

Istraživane su porodice pauka koje pletu mreže, za čije uporište u prirodnom okruženju koriste vegetaciju. Te porodice nisu aktivni lovci, već čekaju da plijen dotakne niti mreže mreže što stvara specifične vibracije po kojima pauci prepoznaju plijen koji mogu savladati. Sve istraživane porodice spadaju u skupinu Araneomorphae.

Pauci porodice Agelenidae C. L. Koch, 1837 grade mreže nalik na plahte, koje se na dijelu bliže uporištu mreže zatvaraju u ljevkast oblik koji pauku služi kao skrovište od plijena i predatora (Slika 3). Mreža je gusto tkana i slabo ljepljiva tako da omogući pauku brzo kretanje po njoj prema plijenu. Ljevkasto skrovište ima dva otvora, a pauk u njemu boravi s prednjim

nogama okrenutim prema mreži i brzo izlazi van na vibracije koje stvori plijen. Broj trenutno zabilježenih vrsta za Hrvatsku iznosi 42 (Katušić, 2017).



Slika 3. Mreža karakteristična za porodicu Agelenidae. (foto: I. Čupić)

Pauci porodice Araneidae Clerck, 1757 pletu “zvjezdaste” mreže (Slika 4) te su često lako uočljive radi velikog broja vrsta koji će dosta vremena provesti na sredini vertikalno postavljene mreže. Jedna su od najraznolikijih porodica s oko 3000 vrsta. U ovu porodicu spada i vrsta *Nuctenea umbratica* (Clerck, 1757). Broj trenutno zabilježenih vrsta za Hrvatsku iznosi 55 (Katušić, 2017).



Slika 4. Mreža karakteristična za porodicu Araneidae. (foto: I. Čupić)

Porodica Linyphiidae Blackwall, 1859 je porodica s najvećim brojem vrsta u Europi, uključujući i Hrvatsku. Poput Agelenidae grade plahstaste mreže, no za razliku od Agelenidae, njihove mreže nisu tako gusto tkane. Pauci ove porodice manjih su dimenzija te posjeduju vertikalne niti koje služe za hvatanje kukaca. Pauci se često mogu naći u samim središtima mreža. Broj trenutno zabilježenih vrsta za Hrvatsku je 147 (Katušić, 2017).

Porodica Pholcidae Koch, 1850 se često može naći u blizini ljudi gdje nastanjuje unutrašnjost zgrada, podruma, tavana i drugih sličnih prostora. Karakteristični su po dugim tankim nogama i malenom tijelu. Mreže su im isprekidane i prozirne. Broj trenutno zabilježenih vrsta za Hrvatsku iznosi 8 (Katušić, 2017).

Kod porodice Tetragnathidae Menge, 1866 velik broj vrsta ima karakteristiku izduljenih kliješta. Mreža oblikom najviše nalikuje na mreže vrsta porodice Araneidae. Broj trenutno zabilježenih vrsta za Hrvatsku iznosi 15 (Katušić, 2017).

Porodica Theridiidae Sundevall, 1833 ima karakteristično isprekidane mreže. Izgled njihovih mreža podsjeća na mrežu vrsta porodice Linyphiidae no struktura je više isprekidana,



bez horizontalnog, izgleda plahte (Slika 5). Ovdje spada i medicinski značajna vrsta mediteranska crna udovica (*Latrodectus tredecimguttatus*, Rossi, 1790). Broj trenutno zabilježenih vrsta za Hrvatsku iznosi 67 (Katušić, 2017).



Slika 5. Mreža vrste *L. tredecimguttatus* karakteristična za porodicu Theridiidae. (foto: I. Čupić)

### **1.7 Opis vrste *Nuctenea umbratica* (Clerck, 1757)**

U porodicu Araneidae spada *N. umbratica* (Slika 6), a iz tog roda na području Europe i Hrvatske još živi vrsta *Nuctenea silvicultrix* (C. L. Koch, 1835). Vrsta *N. umbratica* karakteristična je visokom razinom seksualnog dimorfizma: tijelo ženke dugačko je 13 – 16 mm, dok mušjaci imaju samo 7 – 10 mm. Zadak je širok i plosnat, crveno – smeđeg do crno – smeđeg obojenja s tamnim obojenjem valovitog uzorka s vanjskim svijetlim obrubom. Noge su tamnije s uočljivim svjetlijim dlakama.





Slika 6. Lijevo: *Nuctenea umbratica*, ženka (preuzeto iz Hörweg i Řezáč, 2018.), desno: *N. silvicultrix* (foto I. Čupić)

Gradi klasičnu „zvjezdastu“ mrežu promjera i do 70 cm, a središte mreže je uvijek pomaknuto prema skrovištu pauka. Pauk provodi dan u skrovištu, a navečer kada se smrači miruje na sredini mreže. Aktivna je tijekom cijele godine, ali najbrojnija je između sedmog i desetog mjeseca.

Obitava u cijeloj Europi, a vertikalna distribucija uglavnom obuhvaća ravnice do nižih brda nadmorske visine oko 800 metara. Postoji par nalaza na višim nadmorskim visinama do 1500 metara u područjima poput Tirola. U prirodnom staništu je *N. umbratica* asocirana s

korom drveta gdje radi skrovište ispod odvojenih dijelova kore, no danas ju je moguće pronaći i u urbanim sredinama. Ona je najlakše uočljiva sinantropska vrsta koja plete „zvjezdasti“ tip mreže u urbanim sredinama. Sinantropske vrste su biljne i životinjske vrste povezane s ljudskim okruženjima na kojima obitavaju radi koristi (primjerice izvor hrane ili skloništa) koje im takve lokacije nude. U urbanom okruženju *N. umbratica* radi mreže na zidovima, ogradama i sličnim mjestima gdje postoje pukotine u koje se može zavući. Mlade jedinke *N. umbratica* moguće je zamijeniti za manju i rjeđu *N. silvicultrix*, koja ima svjetlije strane tijela i više zaobljen zadak (Hörweg i Řezáč, 2018).

## 1.8 Pauci u urbanim sredinama

Člankonošci su usko povezani s ljudskim djelatnostima od najstarijih povijesnih zapisa, no usprkos tako dugoj povezanosti, malo istraživanja je usmjereno na otkrivanje načina na koji oni iskorištavaju urbana staništa. Dobar su izbor za proučavanje utjecaja urbanizacije iz sljedećih razloga: (1) raznoliki su, te mogu omogućiti prikaz cjelokupne biološke raznolikosti određene lokacije; (2) zbog brzog izmjenjivanja generacija mogu brzo dati odgovor na antropogeni utjecaj i promjene u vegetacijskoj strukturi te sastavu tla; (3) sakupljanje jedinki je relativno jednostavno; (4) predstavljaju spektar trofičkih razina; (5) mogu utjecati na agronomski razvoj te sekundarno i na ekonomiju prostora izmijenjenih antropogenim utjecajem (McIntyre, 2000).

Širenje i ubrzanje urbanizacije dovodi do naglih promjena u okolišu koje mogu poremetiti uloge člankonožaca u trofičkim razinama te promjene ekoloških niša. Gustoća populacija nekih vrsta u urbanim okruženjima je viša u usporedbi s onom okolnim područjima, ali bioraznolikost urbanih okoliša je manja (Shochat i sur. 2010). Zbog izmjena u strukturi tla i gubitka vegetacije, mnoge autohtone vrste biljaka i životinja prestaju nastanjivati urbana područja. Raznolikost vrsta se u urbanim okruženjima smanjuje, a gradovi lako postaju oaze za invazivne vrste. Vrste koje su nastanile urbana okruženja su dobro prilagođene ekološkim uvjetima gradova te njihovoj specifičnoj mikroklimi (Lowe i sur. 2017).

Malen broj istraživanja provodi se na člankonošcima u urbanim okruženjima, pogotovo na predatorima generalistima poput pauka, koji imaju veliku ulogu predatora nad populacijama

kukaca. Pauci su dobar modelni organizam za proučavanje utjecaja urbanizacije na člankonošce jer na njihov razvoj mogu utjecati promjene u temperaturi, vegetaciji i dostupnosti plijena. Pauci koji pletu mreže su sedentarni pa se promjene u njihovoj fenologiji mogu povezati s uvjetima određenog područja kroz vrijeme. Istraživanja pauka u urbanim područjima pokazuju povećanje fekunditeta zajedno s većom količinom dostupnog plijena (Lowe i sur. 2017).

## Ciljevi istraživanja

Ovo istraživanje dat će pregled sastava i brojnosti odabranih porodica i vrsta pauka koji pletu mreže u urbanom okruženju grada Zagreba te ih usporediti s podacima dobivenim o vrstama koje se mogu naći u sredinama sa smanjenim antropogenim utjecajem. U ovom diplomskom radu postavljeni su slijedeći ciljevi istraživanja:

- i. utvrditi broj vrsta, raznolikost i gustoću populacija pauka koje pletu mreže u visoko urbanom okruženju;
- ii. odrediti najčešće sinantropske vrste na istraživanim urbanim područjima;
- iii. usporediti gustoću populacija pauka u urbanom okruženju i na području s minimalno antropogenog utjecaja;
- iv. usporediti gustoću populacija vrste *N. umbratica* u urbanoj sredini te u onoj s minimalno antropogenog utjecaja.

## **2 Materijali i metode**

### **2.1 Terenska istraživanja**

#### **2.1.1 Područje istraživanja**

Grad Zagreb, površine 641,32 km<sup>2</sup>, smješten je u jugozapadnom dijelu Panonske zavale, s procjenom od 807 254 stanovnika iz 2019. godine. Gradom prevladavaju nizinska područja do 200 metara nadmorske visine, dok se viši dio nalazi na sjeveru, s najvišim vrhom 1033 m koji pripada Medvednici. Unutar Parka prirode Medvednica nalazi se 7 posebnih rezervata šumske vegetacije te 3 značajna krajobraza. Od vodenih površina najznačajnija je rijeka Sava koja protječe Zagrebom u duljini od 29 kilometara (Grad Zagreb, 2020).

Od ukupne površine, 75,3 % pripada zelenim površinama. Prisojni dijelovi Medvednice do 600 metara nadmorske visine pokrivaju šume hrasta kitnjaka, graba i pitomog kestena. Na visinama između 300 i 800 metara najčešće su šume bukve, a u višim dijelovima bukva se miješa s jelom. Iznad 800 metara nadmorske visine mjestimice se pojavljuju šume običnog i gorskog jasena (Bertić, 1994).

Zagreb ima umjereno toplu vlažnu klimu s toplim ljetom (Cfb) prema Köppenovoj klasifikaciji klima. Nju karakteriziraju niske temperature zraka u hladnom dijelu godine, s prosječnim temperaturama između 0 i -2°C, dok je prosječna mjesečna temperatura najtoplijeg mjeseca iznad 20°C (Šegota i Filipčić, 1996). Maksimalna količina oborina prisutna je u proljeće i kasno ljeto, dok je srednja mjesečna temperatura najhladnijeg mjeseca iznad -3°C, a najtoplijeg ispod 22 °C (Seletković i sur. 2010).

Istraživano područje obuhvaća podnožje Medvednice i Grmošćice te dijelove kvartova Črnomerec, Trešnjevka i Mikulići. Područje istraživanja koje obuhvaća dio Medvednice provodila sam u podnožju planine koji pokriva šuma hrasta kitnjaka, pitomog kestena, bukove i grabove šume. Područje istraživanja koje obuhvaća dio park-šume Grmošćica pokriva biljna zajednica hrasta kitnjaka i običnog graba.

#### **2.1.2 Vremenski tijek istraživanja i istraživane lokacije**

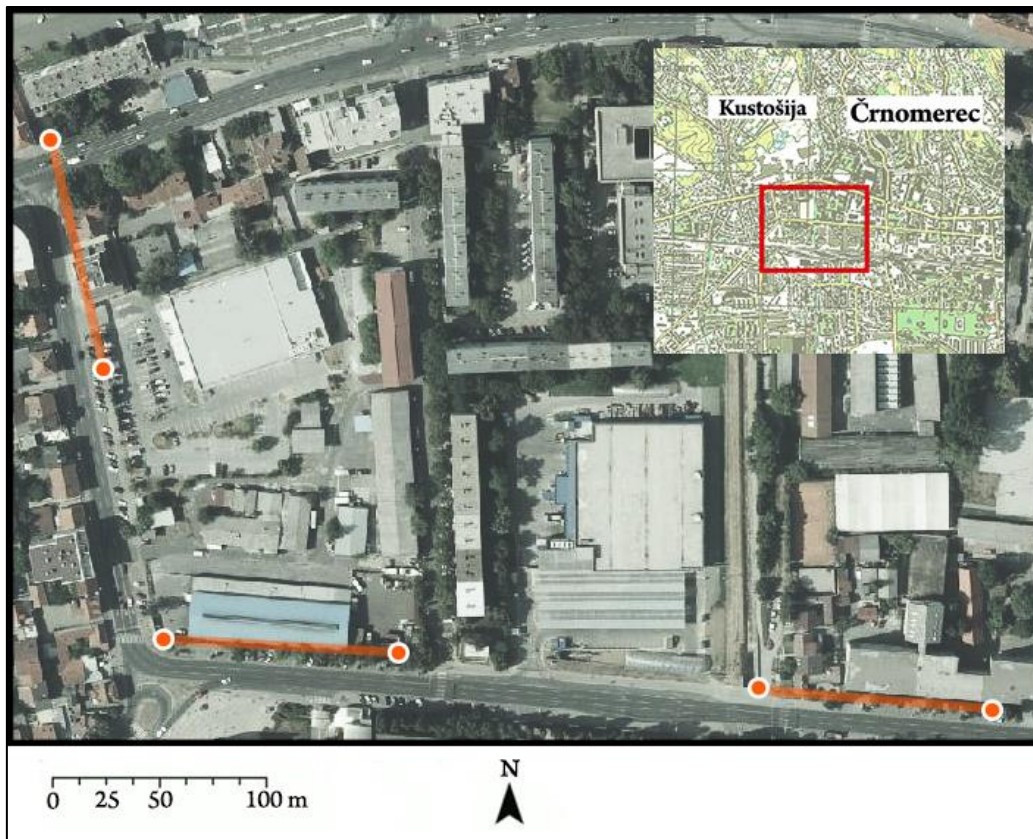
Terenski rad odradila sam u razdoblju između svibnja i listopada 2020. godine zbog variranja vremenske pojavnosti odraslih jedinki različitih istraživanih vrsta. Istraživanja su se odvijala u razmaku od 14 dana počevši krajem svibnja, a jedinke sam prikupljala ili bilježila u poslijepodnevnim i predvečernjim satima.

Lokalitete sam odabrala prema razini antropogenog utjecaja te ih podijelila u tri kategorije: urbano stanište s visokim antropogenim utjecajem (u), predgrađe s antropogenim utjecajem (p) i šumsko područje s minimalnim utjecajem čovjeka (š). Za svako od odabranih staništa sam imala replikate. U kategoriju s visokim antropogenim utjecajem uključila sam dva urbana staništa s manje od 20 % zelene površine. Staništa u predgrađu bila su pod utjecajem antropogenog osvjetljenja te sa značajnom zelenim površinama uz ljudsku prisutnost u obliku prometnica i kuća. Pod šumsko područje s minimalnim utjecajem čovjeka spadala su dva staništa (Slika 9, Slika 12) s više od 90 % zelene površine bez utjecaja antropogenog osvjetljenja.

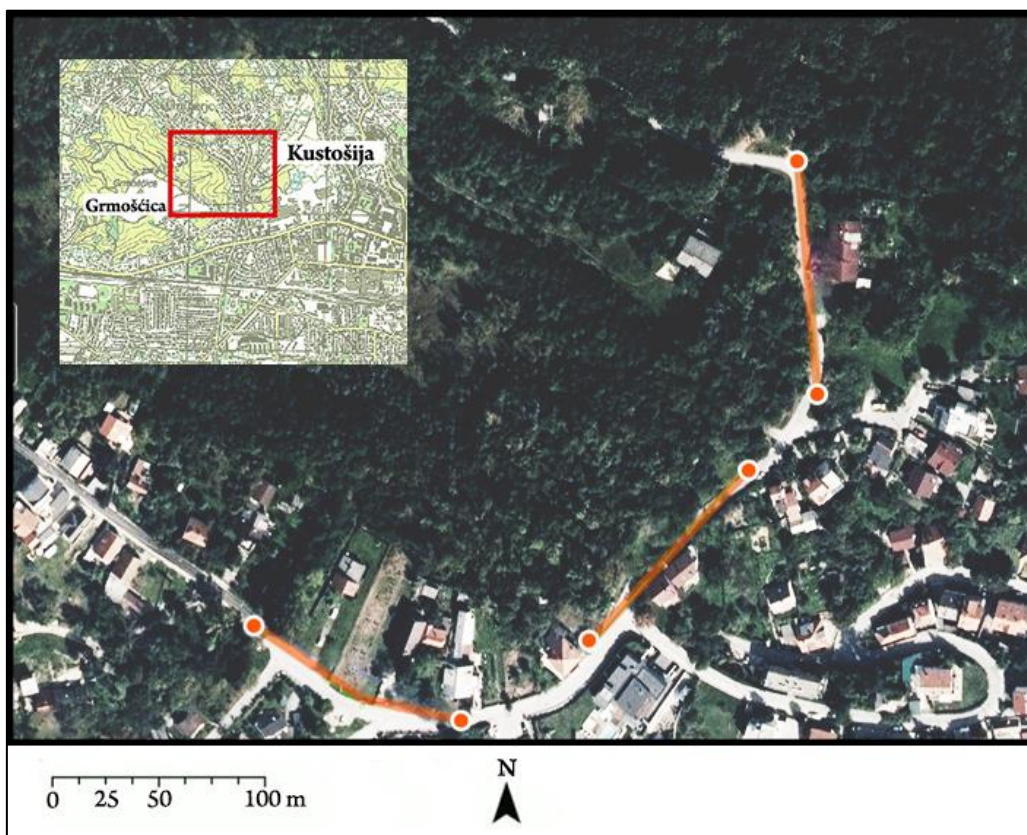
Na svim istraživanim lokalitetima odabrala sam po tri transekte duljine 100 metara na kojima sam sakupljala pauke. Transekte na urbanim staništima (Slika 7, Slika 10) sam odabrala tako da slijede prometnice, s njima i objekte i vegetaciju koji bi mogli poslužiti kao podloga za izradu mreže paucima. Za transekte na šumskim područjima odabrala sam one koji prolaze kroz sredinu šume i po jedan transekt uz rub šume. Transekt uz rub šume odabran je pod pretpostavkom da imitira uvjete urbanog staništa gdje rubni efekt igra ulogu u smještaju pauka koji pletu mreže uz prometnice. Transekte u područjima predgrađa odabrala sam slijedeći manje ceste ili puteljke (Slika 8, Slika 11). Za svako stanište uzete su GPS koordinate te su uzorci označeni prilikom sakupljanja. Uz sakupljanje, za svaku jedinku je označeno je li pronađena na vegetaciji ili na dijelovima zgrada, uličnoj rasvjeti i sličnim urbanim objektima poput semafora i prometnih znakova.

Ceste stvaraju rubni efekt kako u šumskim, tako i u urbanim područjima, gdje je često moguće uz ceste vidjeti i zasađenu vegetaciju. Bioraznolikost se na takvim rubnim područjima mijenja u odnosu na ostatak staništa zbog promjene mikroklimatskih uvjeta rubnih područja. S obzirom da se transekti rađeni duž cesta na urbanim lokacijama te transekti na lokacijama u predgrađu mogu tretirati kao područja s utjecajem rubnog efekta, osim uzorkovanja kroz šumu radila sam po jedno uzorkovanje vegetacije šireg šumskog puta za svaku šumsku lokaciju da bi dobila što sličnije uvjete onima na cestama u gradu i predgrađu.



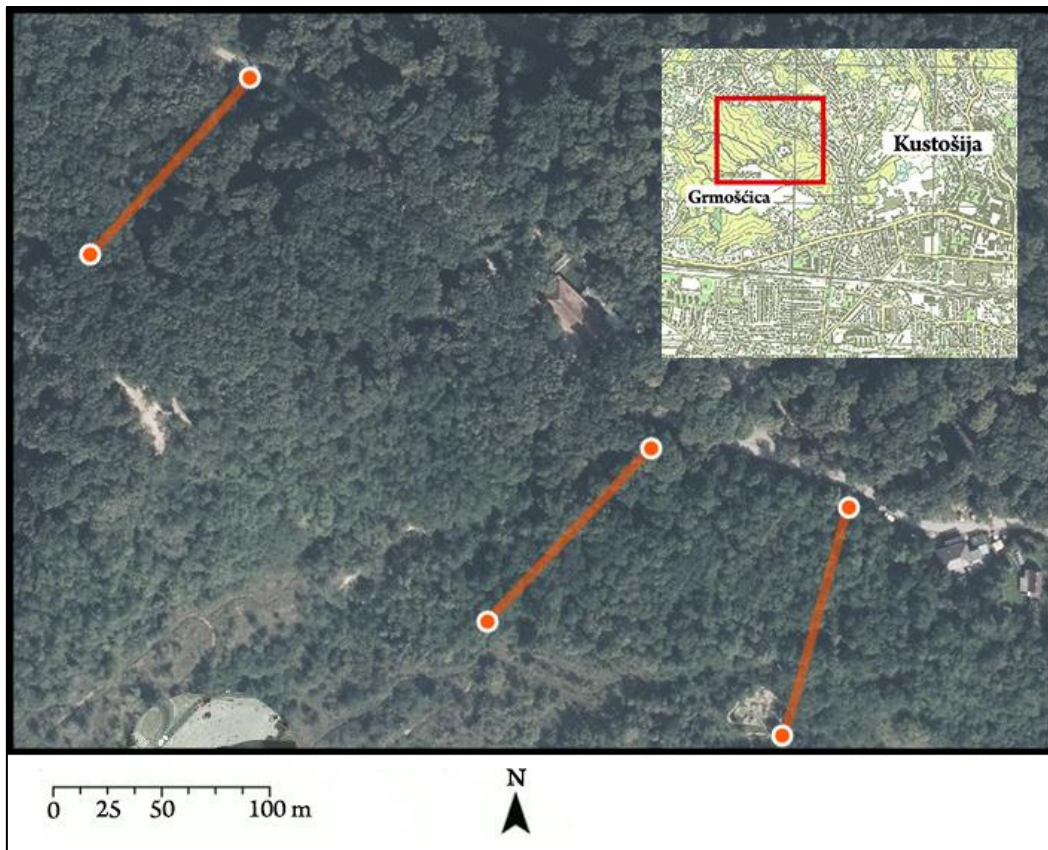


Slika 7. Transekti na urbanoj lokaciji na području Črnomerca.



Slika 8. Transekti u predgrađu na području Grmošćice.



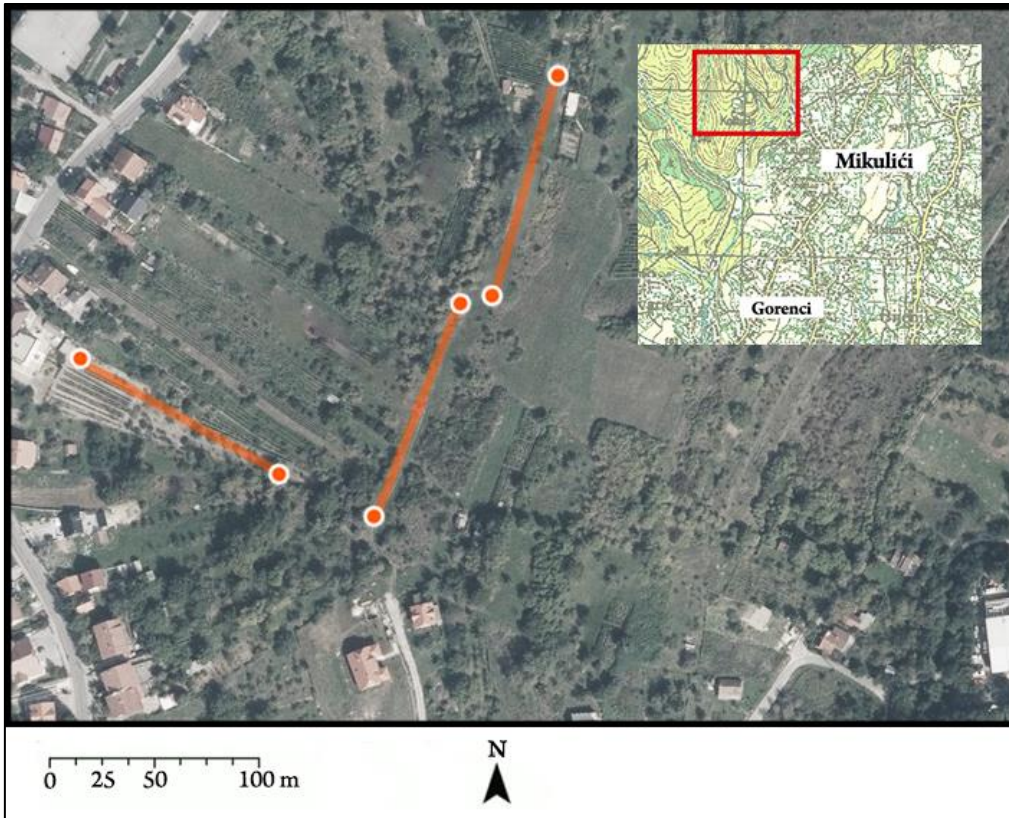


Slika 9. Transekti na šumskom području Grmošćice.

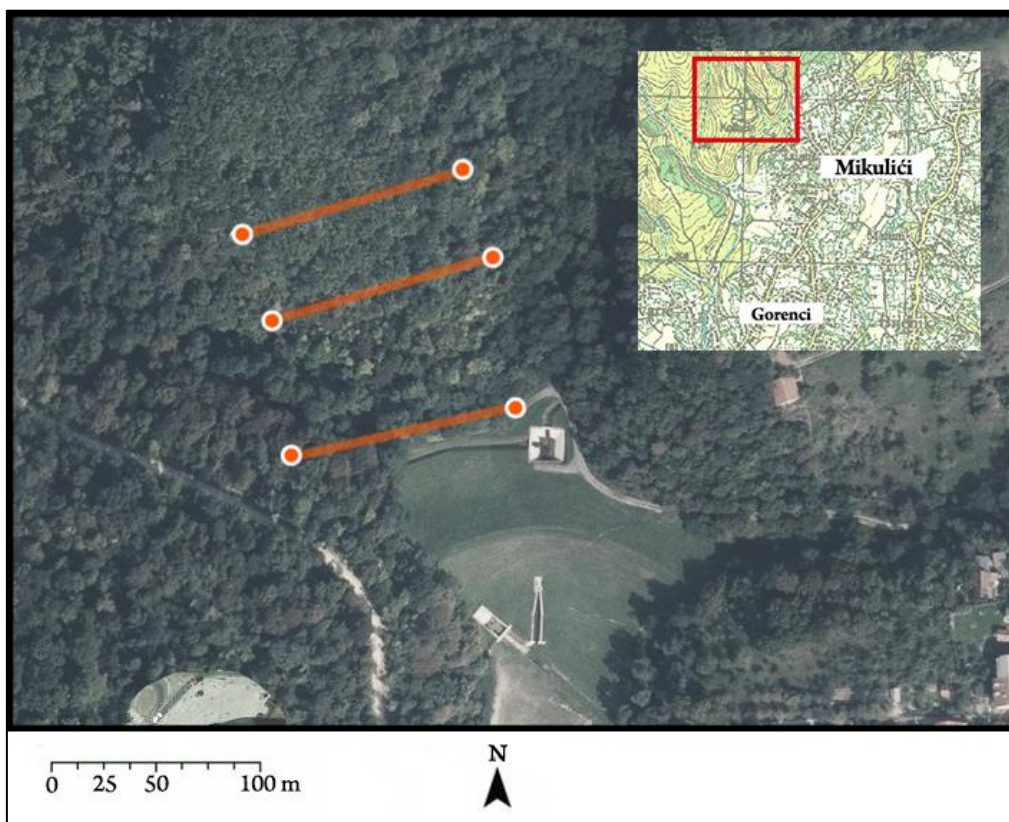


Slika 10. Transekti urbanog lokaliteta područja Trešnjevke.





Slika 11. Transekti lokaliteta predgrađa područja Mikulića.



Slika 12. Transekti šumskog lokaliteta područja Mikulića.

### **2.1.3 Metode uzorkovanja pauka**

Pauke sam sakupljala ručno po odabranim transektima duljine 100 metara, u vremenskom okviru od pola sata. Promatrane porodice (Tablica 1.) odabrala sam zbog korištenja mreže za lov, što ih u odraslom stadiju ograničava na manje kretanja nego porodice koje ne pletu mreže. Promatrane lokalitete obilazila sam svaka dva tjedna unutar vremena istraživanja, kako bi sakupljala samo jединke za koje sam pretpostavila da su odrasle radi kasnijeg određivanja vrste. Vrste koje se mogu odrediti bez sakupljanja sam popisivala kako ne bi utjecala na njihov broj prilikom sljedećih terenskih izlazaka. Bilježila sam podlogu na kojoj je izrađena mreža (antropogenog podrijetla ili vegetacijska). Jединke kojima je bilo potrebno odrediti vrstu pod povećanjem sakupljene su u 70 % etanol te su u njemu i čuvane.

Za vrstu *N. umbratica* sam pažnju usmjerila na podlogu na kojoj je radila mrežu u prirodi i u urbanoj sredini. Zabilježila sam je li mreža nađena na vegetaciji ili antropogenom objektu, a bilježene su jединke koje su mrežu plele na visini do 2 metra. Odrasle jединke sam uzorkovala samo prilikom prvog terena kako bih potvrdila vrstu. Ostale jединke sam radi minimalnog pomicanja lokacija izrade mreže mogla pratiti bez uzorkovanja ili ponovnog brojanja istih jединki tokom terenskih istraživanja. *N. umbratica* izlazi na mrežu te na njoj boravi noću, dok je tokom dana skrivena ispod kore drveta ili u nekom drugom tipu pukotine na način da nogama uvijek dotiče niti mreže, tako da sam jединke locirala prema njihovim mrežama nakon čega bih provjeravala prisutnost jединki u skrovištima.

## **2.2 Taksonomsko određivanje vrsta**

Vrste odraslih jединki koje nisu mogle biti određene vizualno prilikom terenskih istraživanja određene su po genitalnim strukturama koristeći stereoskopski mikroskop MBC-10 ZEISS. Koristila sam literaturu za određivanje pauka objedinjenu na mrežnoj stranici Araneae of Europe (Nentwig i sur. 2021).

## **2.3 Promatrani parametri**

### **2.3.1 Podloga za izradu mreže**

Podjelu tipa podloge za izradu mreže napravila sam kako bi se razlikovao odabir vegetacije od odabira rubova zgrada, semafora i prometnih znakova na urbanim staništima te kako bi se šumski rub i sredina šume mogli razlikovati na šumskim staništima. Za pauke na urbanim staništima i u staništima predgrađa bilježen tip podloge podijelila sam stoga na

antropogene objekte (MA) i vegetaciju (MV). Također, na šumskim staništima sam bilježen tip podloge podijelila na rub šume (RE) i gusta šumska središta (GŠ).

### 2.3.2 Korišteni hidrometeorološki podaci

Korišteni su podaci srednjih dnevnih temperatura te srednjih dnevnih relativnih vlažnosti s postaja Maksimir, Grič i Puntijarka DHMZ-a. Za analizu, vrijednosti mjernih postaja na Griču pripojene su urbanim staništima, na Maksimiru predgrađima a Puntijarke šumskim istraživanim staništima radi slične strukture vegetacijskog pokrova. Nedostatak podataka u šestom i sedmom mjesecu s mjerne postaje Grič rezultat je potresa u ožujku 2020. godine.

## 2.4. Analiza podataka

U ovom radu analizirana je raznolikost vrsta pauka unutar odabranih porodica na dva potpuno urbana, dva šumska i dva lokaliteta u predgrađu te se radi usporedba s brojnosti jedinki vrste *N. umbratica* u tim sredinama. Također je analiziran i odabir podloge za izgradnju mreže na lokalitetima gdje osim vegetacije pauci mogu odabrati i antropogene objekte.

Korišten je Shannonov indeks ( $H'$ ) za prikaz raznolikosti vrsta s obzirom na njihovu ujednačenost, prema formuli (Spellerberg i Fedor 2003):

$$H' = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

pri čemu je  $p_i$  udio vrste u uzorku.

Vrijednosti niže od 2 tumače se kao ekosustavi s relativno niskom raznolikošću vrsta, dok su one veće od 3 visoke.

Korišten je i Pielouova ravnomjernost ( $J'$ ) prema formuli (Van Dyke, 2008):

$$J' = \frac{H'}{\ln S}$$

pri čemu je  $H'$  Shannonov indeks, a  $S$  broj vrsta u uzorku.

Simpsonov indeks ( $D$ ) korišten je prema formuli (Van Dyke, 2008):

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

pri čemu su  $n$  broj jedinki jedne vrste, a  $N$  broj jedinki svih vrsta u uzorku. Minimalna vrijednost je 0 i tumači se kao nedostatak raznolikosti, a maksimalna vrijednost je 1 i tumači se kao beskonačna raznolikost.

Sørensenov indeks sličnosti (QS) korišten je prema formuli (Dice, 1945):

$$QS = (2c/a + b) * 100$$

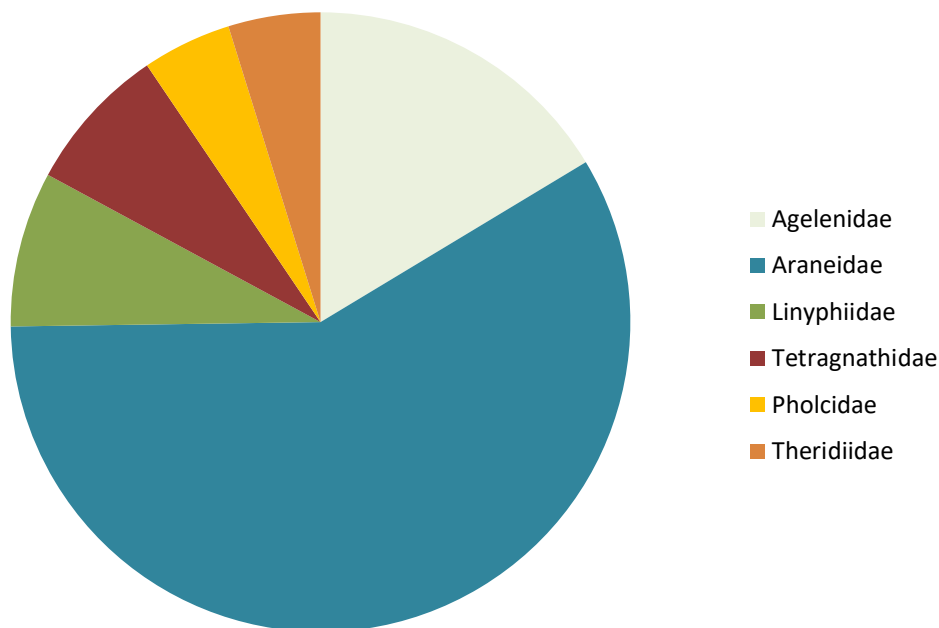
gdje je  $a$  broj vrsta u prvom staništu,  $b$  broj vrsta u drugom staništu, a  $c$  broj zajedničkih vrsta.

Za statističku obradu podataka koristili su se neparametrijski testovi: Kruskal-Wallis test za utvrđivanje značajnosti razlika između više nezavisnih varijabli, Mann-Whitney U test za utvrđivanje značajnosti razlika između dvije nezavisne varijable te Spearmanov test korelacije. Navedeni testovi provodili su se u programu STATISTICA 13. Za višedimenzionalne analize multivarijatnih setova podataka korištene su dvije metode: nemetričko multidimenzionalno skaliranje (NMDS) i dendogram analiza, koje se provode u programu PRIMER 6 i CANOCO 5. Tabela i grafički prikazi podataka izrađeni su pomoću računalnog programa Microsoft Office Excel 2010 (Microsoft Corporation 2010).

## **3 Rezultati**

### **3.1 Brojnost i raznolikost pauka urbanih lokacija, predgrađa i šumskih staništa**

Na istraživanim područjima ručno je sakupljeno je ili i fotografirano 712 jedinki pauka koje pletu mreže, od kojih je do vrste određeno 666, među kojima je 30 vrsta (Tablica 1). Od sakupljenih 712 jedinki, 46 je bilo juvenilno ili subadultno te određivanje vrste radi toga nije bilo moguće. Na svim lokalitetima najbrojnija porodica u odnosu na ukupan broj jedinki bila je Araneidae (58,4 %, Slika 13), nakon koje slijedi porodica Agelenidae (16,40 %), zatim Linyphiidae (8,10 %), Tetragnathidae (7,70 %), Theridiidae (4,80 %) i Pholcidae (4,60 %).



Slika 13. Ukupni udio brojnosti jedinki porodica pauka na svim istraživanim lokalitetima.

U Tablici 1 dan je prikaz brojnosti vrsta po istraživanim staništima. Najveći broj vrsta je zabilježen u šumskim staništima (20), nakon čega slijedi predgrađe (17), dok je svega 11 vrsta zabilježeno na urbanim staništima.

Tablica 1. Prikaz broja jedinki pojedine vrste prema mjestu uzorkovanja. Urbana staništa – u, predgrađe – p, šumska staništa – š.

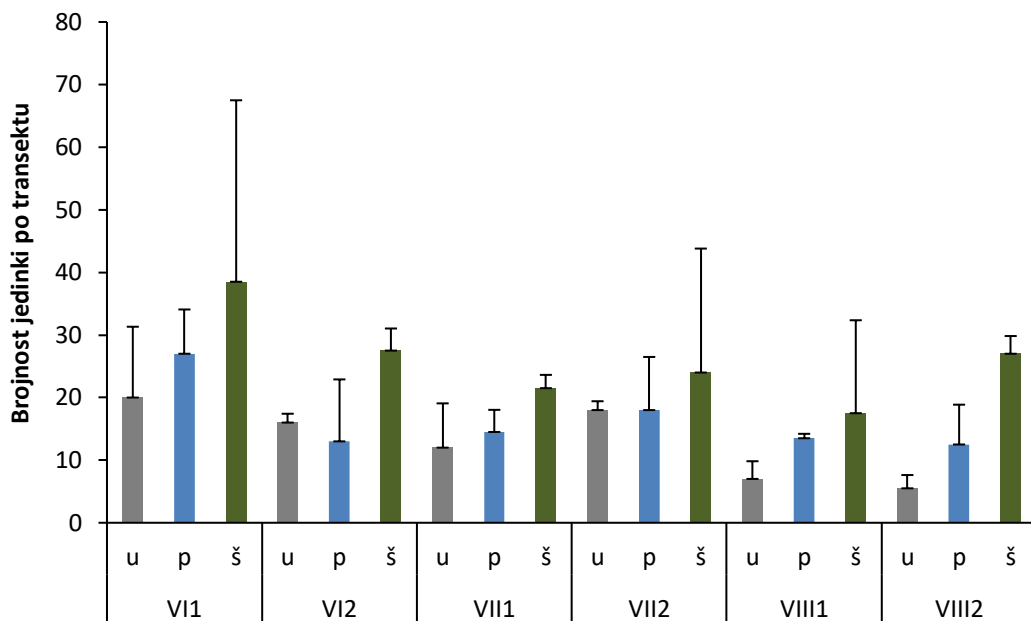
Vrsta	Urbana staništa	Predgrađa	Šuma
<i>Agelena labyrinthica</i> (Clerck, 1757)			38
<i>Anelosimus vittatus</i> (C. L. Koch, 1836)			3
<i>Araneus diadematus</i> Clerck, 1757		20	22
<i>Araneus marmoreus</i> Clerck, 1757			7
<i>Araniella cucurbitina</i> (Clerck, 1757)	8	4	23
<i>Argiope bruennichi</i> (Scopoli, 1772)		18	9
<i>Cyclosa conica</i> (Pallas, 1772)			14
<i>Eratigena atrica</i> (C. L. Koch, 1843)	11	5	7
<b>Vrsta</b>	<b>Urbana staništa</b>	<b>Predgrađa</b>	<b>Šuma</b>

<i>Frontinellina frutetorum</i> (C.L. Koch, 1835)	4	16	19
<i>Gibbaranea bituberculata</i> (Walckenaer, 1802)		24	24
<i>Holocnemus pulchei</i> (Scopoli, 1763)	6	4	
<i>Hypsosinga pygmaea</i> (Sundevall, 1831)		4	8
<i>Larinioides cornutus</i> (Clerck, 1757)		6	
<i>Linyphia triangularis</i> (Clerck, 1757)		3	12
<i>Mangora acalypha</i> (Walckenaer, 1802)			14
<i>Metellina segmentata</i> (Clerck, 1757)			38
<i>Nerienne emphana</i> (Walckenaer, 1841)			1
<i>Nuctenea umbratica</i> (Clerck, 1757)	86	30	33
<i>Parasteatoda lunata</i> (Clerck, 1757)			1
<i>Parasteatoda tepidariorum</i> (C. L. Koch, 1841)	6		
<i>Pholcus phalangoides</i> (Fuesslin, 1775)	10	10	
<i>Spermophora senoculata</i> (Dugès, 1836)	1		
<i>Steatoda nobilis</i> (Thorell, 1875)	6		
<i>Steatoda triangulosa</i> (Walckenaer, 1802)	11	4	
<i>Tegenaria domestica</i> (Clerck, 1757)		35	
<i>Tegenaria silvestris</i> L. Koch, 1872	8	5	
<i>Tetragnatha extensa</i> (Linnaeus, 1758)			5
<i>Tetragnatha montana</i> Simon, 1874		8	
<i>Zilla dioda</i> (Walckenaer, 1802)		1	6
<i>Zygiella montana</i> (C. L. Koch, 1834)			28
Ukupan broj vrsta	11	17	20

Za prikaz sličnosti u sastavu vrsta među različitim staništima (urbane lokacije, predgrađa, šuma) izračunat je Sørensenov indeks sličnosti. Prema njemu najveću sličnost pokazuju urbana

staništa i predgrađa (QS = 57 %), zatim slijede predgrađa i šumska staništa (QS = 54 %), a najmanju sličnost imaju urbana i šumska staništa (QS = 26 %).

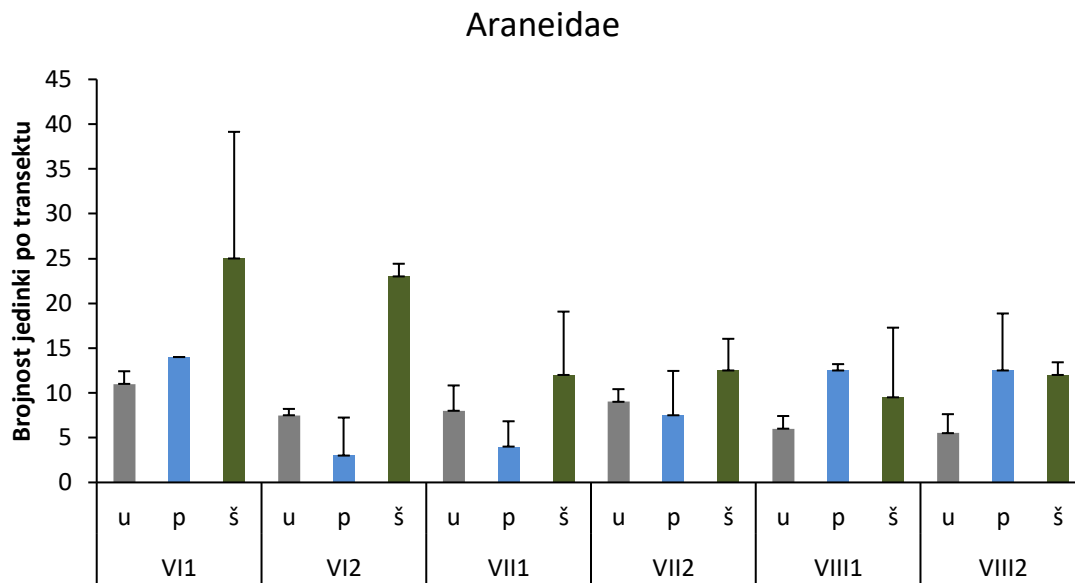
Najveća brojnost pauka zabilježena je na šumskim lokacijama (Slika 14). Navedena razlika u ukupnoj brojnosti je i statistički značajna (KW test,  $H = 9,34$   $p = 0,0094$ ). Primijećena dinamika pada brojnosti pauka od šumskih, preko predgrađa do urbanih staništa bila je prisutna prilikom svih terenskih izlazaka. U lipnju je zabilježena najveća brojnost pauka, ali primijećena vremenska dinamika nije statistički značaja (KW test,  $H = 4,94$   $p = 0,084$ ).



Slika 14. Srednja vrijednost brojnosti jedinki kroz mjesec na urbanim staništima (u), staništima predgrađa (p) i šumskim staništima (š).

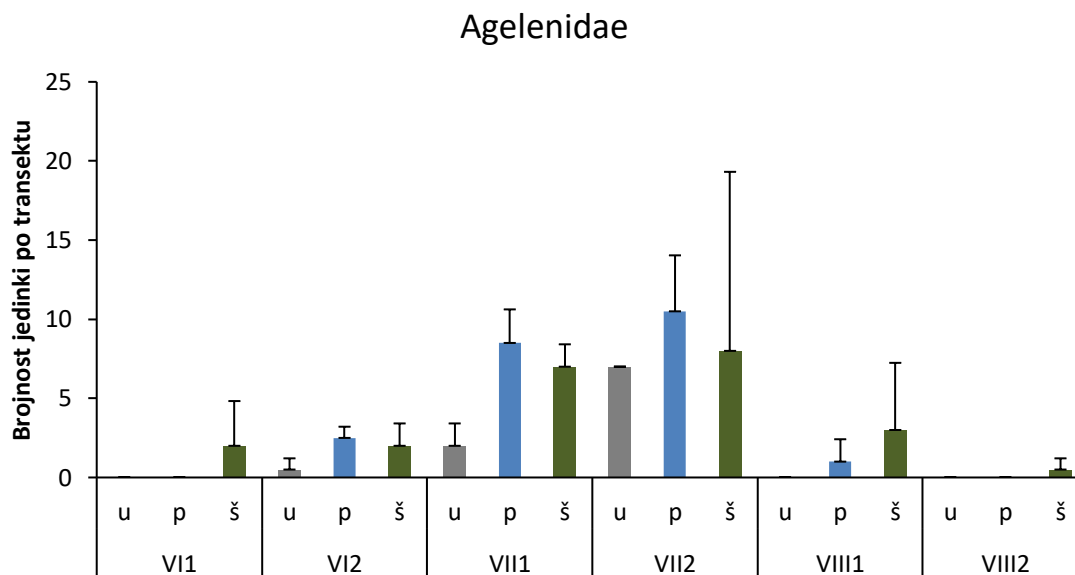
Porodica Araneidae se brojnošću također statistički značajno razlikuje između istraživanih staništa (KW test,  $H = 8,92$   $p = 0,0116$ ) te su šumska staništa najpogodnija za promatrane vrste. Brojnost jedinki porodice Araneidae najviša je u šestom mjesecu (Slika 15), ali primijećena

vremenska dinamika nije statistički značajna (KW test,  $H = 2,53$   $p = 0,2816$ ).



Slika 15. Srednja vrijednost brojnosti jedinki porodice Araneidae kroz mjesece urbanim staništima (u), staništima predgrađa (p) i šumskim staništima (š).

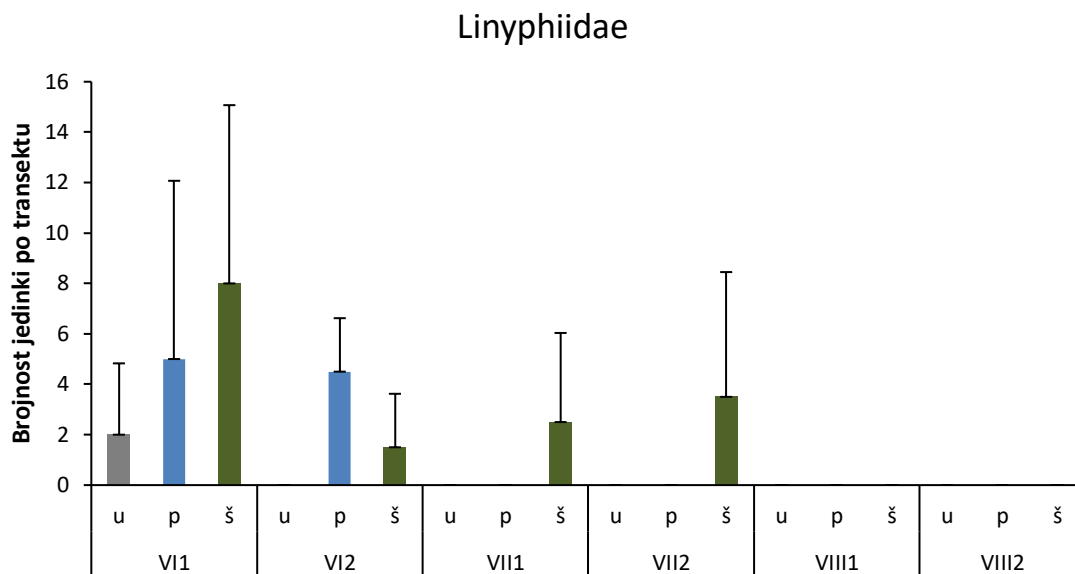
Brojnost porodice Agelenidae se statistički ne razlikuje značajno s obzirom na različita staništa (KW test,  $H = 2,14$   $p = 0,3435$ ), ali vremenska dinamika vrsta statistički je značajna (KW test,  $H = 17,44$   $p = 0,0002$ ) s najvećom brojnošću zabilježenom u sedmom mjesecu (Slika16).



Slika 16. Srednja vrijednost brojnosti jedinki porodice Agelenidae kroz mjesece urbanim staništima (u), staništima predgrađa (p) i šumskim staništima (š).



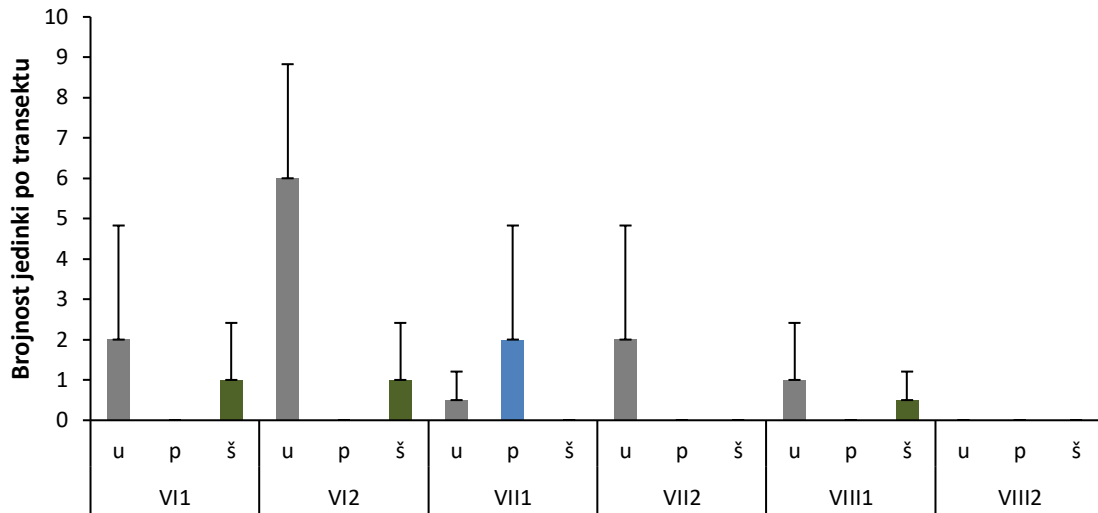
Jedinke porodice Linyphiidae zabilježene su u sedmom mjesecu (Slika 17) samo na šumskim staništima, no razlika u odnosu na druga staništa nije statistički značajna (KW test,  $H = 3,46$   $p = 0,1770$ ). Najveća brojnost jedinki te porodice zabilježena je u sedmom mjesecu, što je i statistički značajno (KW test,  $H = 10,49$   $p = 0,0053$ ).



Slika 17. Srednja vrijednost brojnosti jedinki porodice Linyphiidae kroz mjesece urbanim staništima (u), staništima predgrađa (p) i šumskim staništima (š).

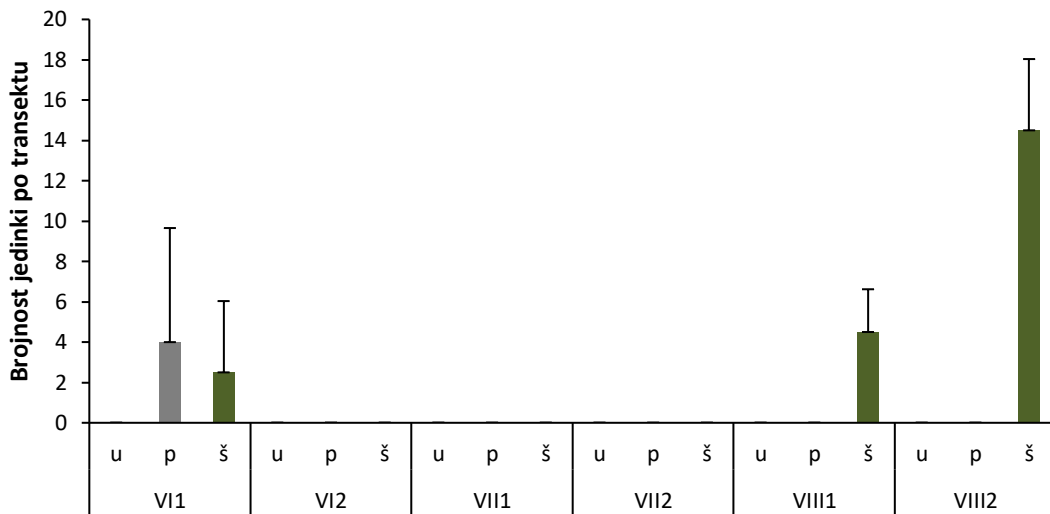
Iako su jedinke porodice Theridiidae najčešće zabilježene na urbanim staništima (Slika 18), zabilježena brojnost u odnosu na druga staništa nije statistički značajna (KW test,  $H = 5,53$   $p = 0,0630$ ). Vremenska dinamika također nije statistički značajna (KW test,  $H = 2,62$   $p = 0,2703$ ).

### Theridiidae



Slika 18. Srednja vrijednost brojnosti jedinki porodice Theridiidae kroz mjesec urbanim staništima (u), staništima predgrađa (p) i šumskim staništima (š).

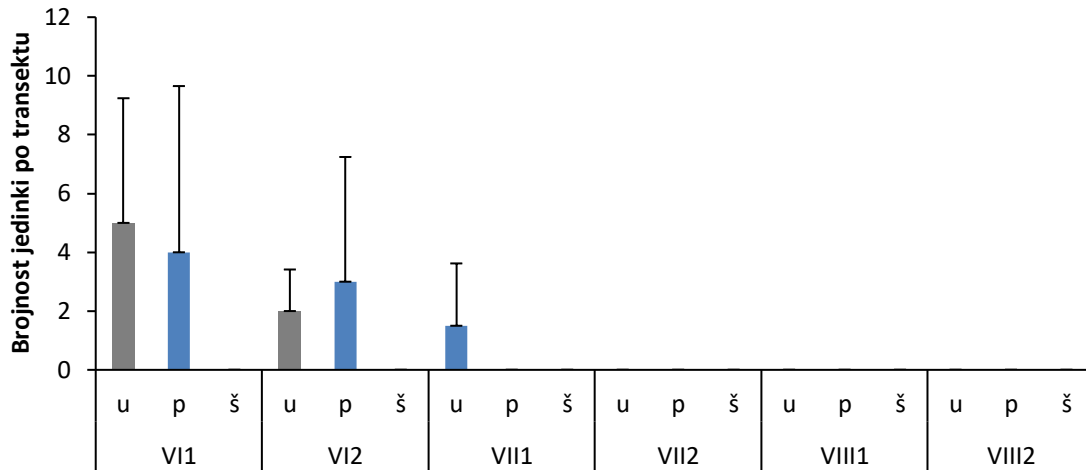
### Tetragnathidae



Slika 19. Srednja vrijednost brojnosti jedinki porodice Tetragnathidae kroz mjesec urbanim staništima (u), staništima predgrađa (p) i šumskim staništima (š).

Prostorna dinamika porodice Tetragnathidae (Slika 19) statistički je značajna (KW test,  $H = 7,95$   $p = 0,0188$ ) sa šumskim staništima kao najznačajnijim područjima za jedinke. Odrasle jedinke vrsta *T. extensa* i *T. montana* su bile aktivne samo u šestom mjesecu, dok su odrasle jedinke *M. segmentata* zabilježene samo u osmom mjesecu.

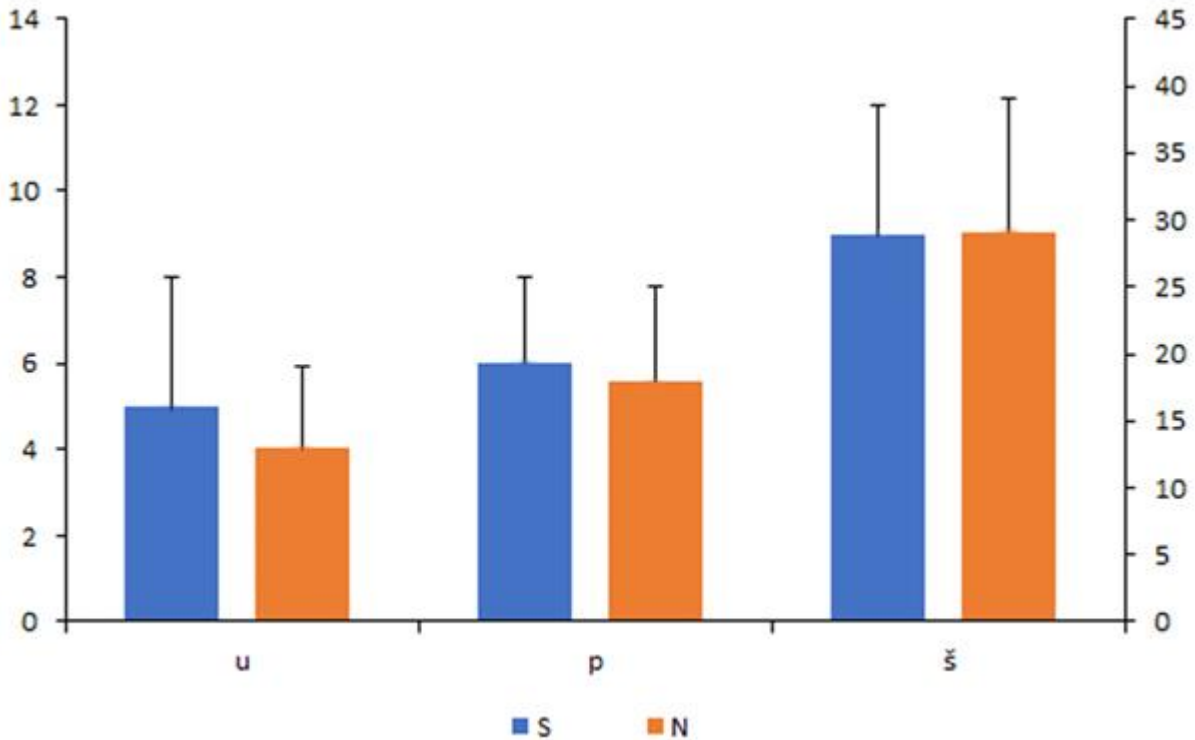
## Pholcidae



Slika 20. Srednja vrijednost brojnosti jedinki porodice Pholcidae kroz mjesece urbanim staništima (u), staništima predgrađa (p) i šumskim staništima (š).

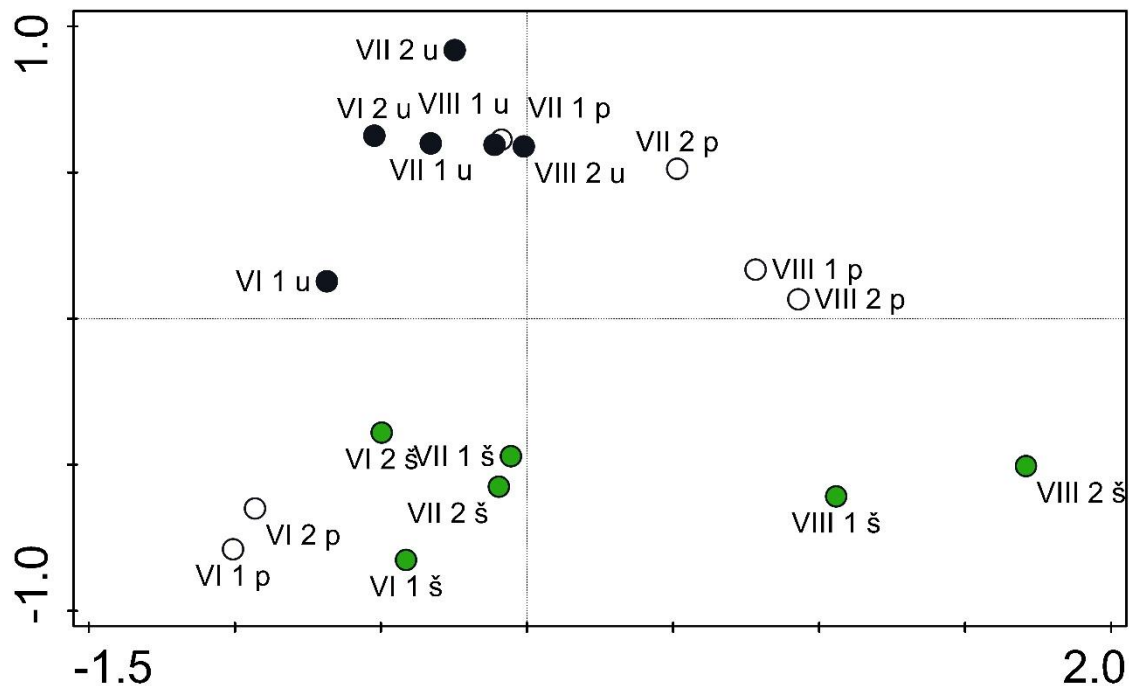
Porodica Pholcidae (Slika 20) s najmanje sakupljenih jedinki (31) najznačajnije brojnosti je u šestom mjesecu, što je i statistički značajna razlika u odnosu na druge mjesece ( KW test  $H = 10,68$   $p = 0,0048$ ). Staništa na kojima je zabilježena su samo urbana i staništa u predgrađu, ali s obzirom na malu brojnost zabilježenih jedinki ta razlika nije statistički značajna (KW test  $H = 5,90$   $p = 0,0523$ ).

Ako sagledamo srednje vrijednosti broja vrsta i srednje vrijednosti ukupne brojnosti pauka u istraživanim staništima, vidljivo je povećanje broja vrsta i brojnosti pauka u šumskim staništima u odnosu na ostala istraživana staništa (Slika 21).



Slika 21. Srednji broj vrsta (S) i srednja ukupna brojnost pauka (N) na urbanim staništima (u), staništima u predgrađu (p) i šumskim staništima (š).

Također, rezultati NMDS analize ukazuju na udruživanje lokaliteta prema tipovima izabranih staništa. Urbana staništa su grupirana zajedno, neovisno o datumu uzorkovanja. Također, slična je situacija i sa šumskim staništima, koja su grupirana zajedno dok su lokacije iz predgrađa raspoređena između šumskih i urbanih staništa. NMDS analiza ukazuje i na promjene u sastavu i brojnosti pauka kroz proučavani vremenski okvir – mjeseci u kojima su provedena uzorkovanja su smješteni uz x os i idu od šestog mjeseca (kada je zabilježena najveća brojnost pauka), do osmog mjeseca, kada dolazi do pada brojnosti (Slika 22).



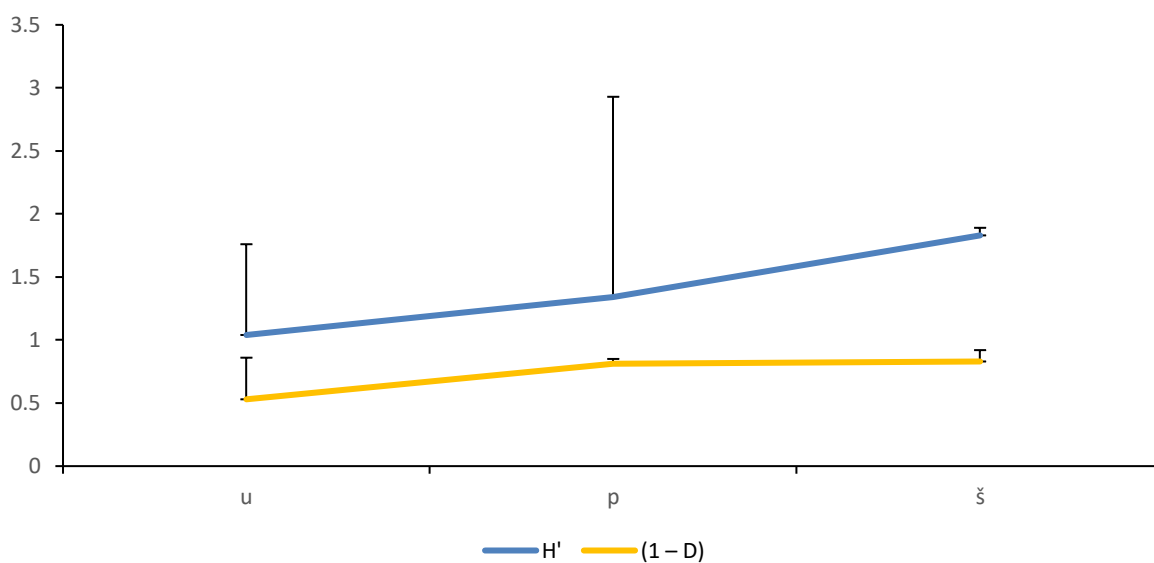
Slika 22. Rezultat NMDS analize prema staništu (u – urbana staništa, p – staništa predgrađa, š – šumska staništa) i vremenu istraživanja (VI 1 – prvi izlazak u šestom mjesecu, VI 2 – drugi izlazak u šestom mjesecu, VII 1 – prvi izlazak u sedmom mjesecu, VII 2 – drugi izlazak u sedmom mjesecu, VIII 1 – prvi izlazak u osmom mjesecu i VIII 2 – drugi izlazak u osmom mjesecu).

U Tablici 2 navedene su vrijednosti Shannonovog ( $H'$ ) i Simpsonov (1-D) indeksa bioraznolikosti (Slika 23), te Pielousov indeks ujednačenosti za svaki terenski izlazak. Najviše vrijednosti navedenih indeksa ponovo imaju šumska staništa. Porast tih vrijednosti je vidljiv na Slici 23, gdje su prikazane srednje vrijednosti za Shannonov i Simpsonov indeks triju proučavanih staništa. Navedene razlike između staništa nisu statistički značajne za  $H'$  (KW test,  $H = 4,92$   $p = 0,0853$ ), ali jesu za 1-D (KW test,  $H = 6,68$   $p = 0,0355$ ).

Vrijednosti Pielousovog indeksa ujednačenosti (Tablica 2) je zajednice šumskih i staništa predgrađa više ujednačene nego urbane zajednice. Razlika između zajednica je i statistički značajna (KW test,  $H = 6,08$   $p = 0,0478$ ).

Tablica 2. Prikaz bioraznolikosti na istraživanim područjima

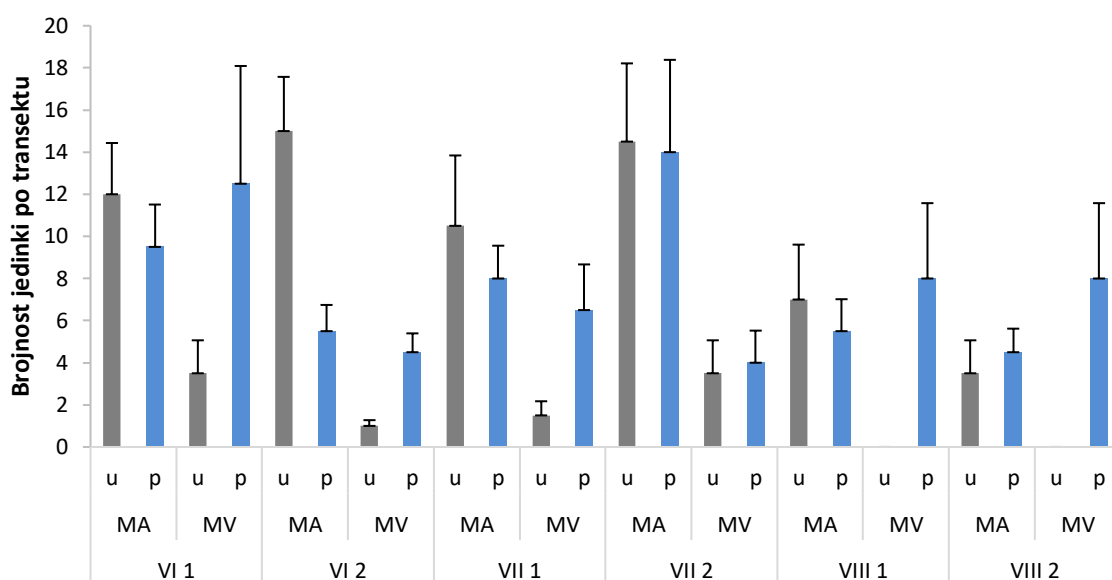
Izlazak	Stanište	Broj vrsta (S)	Shannonov indeks (H')	Simpsonov indeks (1-D)	Pielou indeks (J')
VII1	u	9	1,91	0,85	0,87
	p	9	1,93	0,85	0,88
	š	11	2,22	0,89	0,93
VI2	u	8	1,64	0,79	0,79
	p	7	1,85	0,88	0,95
	š	12	2,10	0,87	0,85
VIII1	u	5	1,06	0,57	0,66
	p	5	1,48	0,79	0,92
	š	8	1,87	0,86	0,90
VII2	u	4	1,23	0,70	0,89
	p	6	1,48	0,76	0,82
	š	7	1,71	0,81	0,88
VIII1	u	2	0,41	0,29	0,59
	p	5	1,46	0,81	0,90
	š	8	1,88	0,87	0,90
VIII2	u	1	0	0	0
	p	4	1,34	0,79	0,967
	š	5	1,20	0,65	0,74



Slika 23. Prikaz srednje vrijednosti Shannonovog (H') i Simpsonovog indeksa bioraznolikosti (1 – D) prema staništu (urbano – u, predgrađe – p, šuma – š).

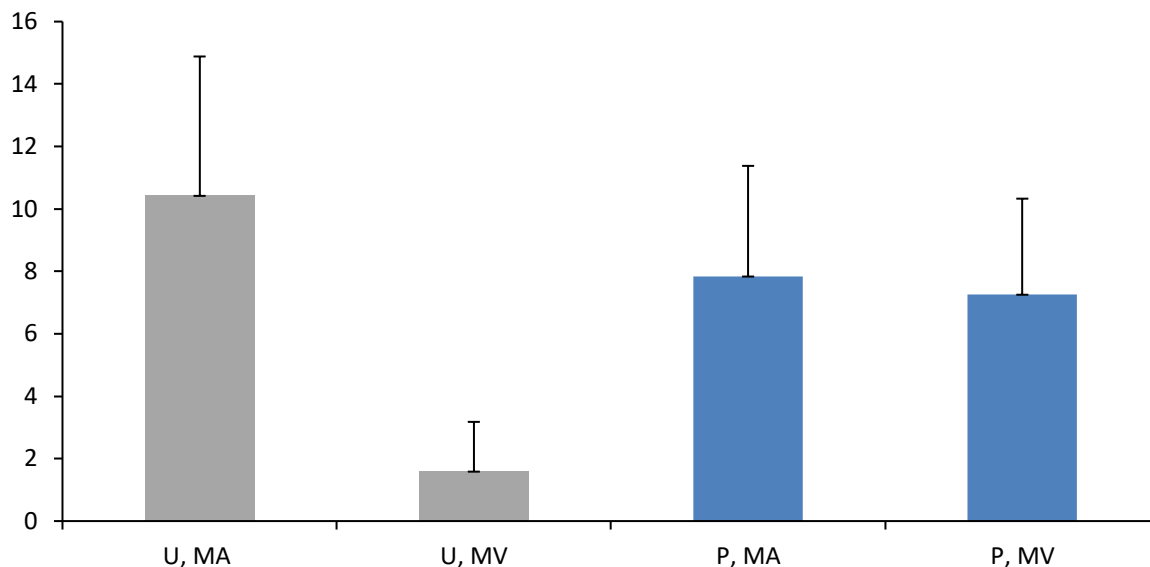
### 3.2 Usporedba antropogenih i vegetacijskih mikrostaništa urbane zone i predgrađa

Urbani lokaliteti bilježe tri vrste koje su gradile mreže na vegetaciji (Dodatak 1), a to su *A. cucurbitina* (8), *E. atrica* (11) i *F. frutetorum* (4). Na antropogenim objektima je zabilježeno osam vrsta, od kojih je najbrojnija *N. umbratica* s 86 jedinki. Na vegetaciji lokaliteta u predgrađima zabilježeno je devet vrsta, a najbrojnija jedinkama bile su *G. bituberculata* (24) i *A. diadematus* (20). Osam vrsta zabilježeno je na antropogenim objektima, od kojih je najbrojnija bila *N. umbratica* (30). Brojnost jedinki po transektu prikazuje Slika 24.



Slika 24. Prikaz srednje vrijednosti broja vrsta s mrežom na antropogenim objektima (MA) i vegetaciji (MV) urbanih staništa (u) i staništa u predgrađu (p) kroz mjesec.

Veća brojnost pauka zabilježena je na antropogenim objektima urbanih staništa i staništa predgrađa (Slika 25). Razlika u brojnosti pauka na antropogenim objektima i na vegetaciji urbanih staništa i staništa u predgrađu i statistički je značajna (M-W U test  $Z = 2,54$   $p = 0,0111$ ). Predgrađa ne pokazuju statistički značajnu razliku (M-W U test  $Z = 0,71$   $p = 0,4751$ ) u odnosu na brojnost pauka nađenih na antropogenim objektima i na vegetaciji, dok je razlika statistički značajna za urbana staništa (M-W U test  $Z = 2,46$   $p = 0,0137$ ).

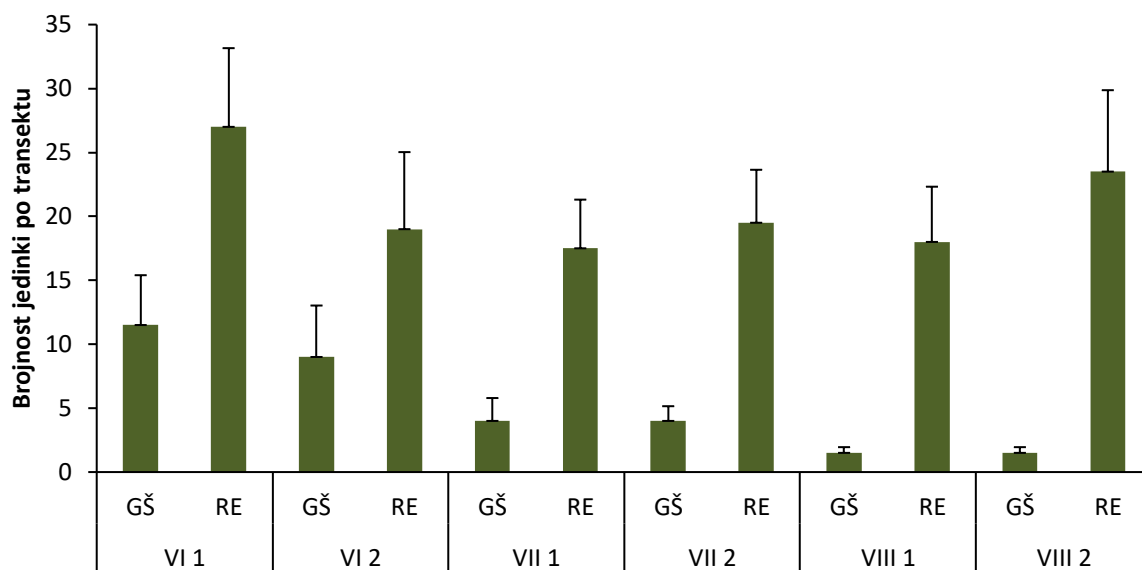


Slika 25. Prikaz srednje vrijednosti brojnosti pauka s mrežom na antropogenim objektima (MA) i vegetaciji (MV) urbanih staništa (u) i staništa u predgrađu (p).

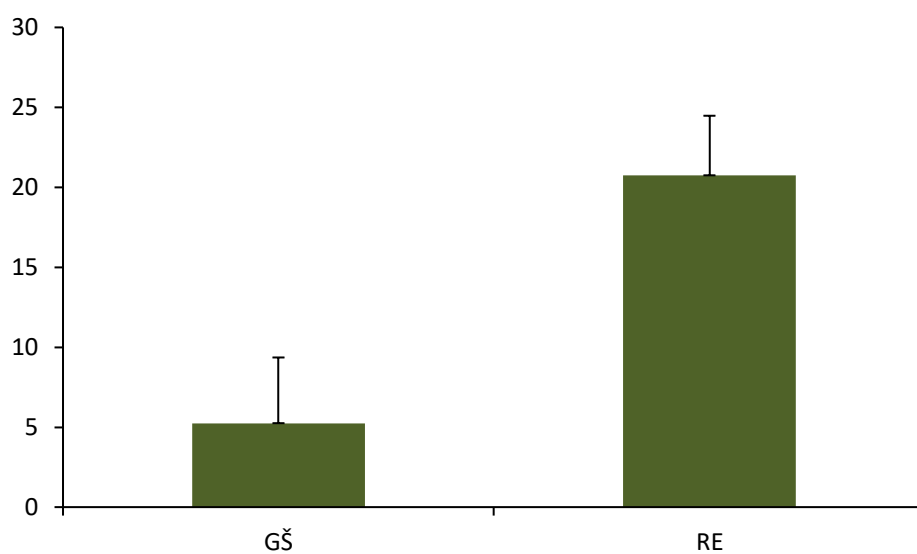
### 3.3 Utjecaj rubnog efekta na brojnost i sastav pauka

Transekti na šumskim staništima su podijeljeni na one koji pokrivaju rubna staništa i one koji su odabrani kroz unutrašnjost šume. Za rubna staništa zabilježeno je 18 vrsta, dok je kroz šumu zabilježeno 13 vrsta. Veća brojnost jedinki zabilježena je za rubna staništa s ukupno 260 jedinki (Slika 26) što je i statistički značajna razlika (M-W U test,  $Z = -2,80$   $p = 0,0051$ ), dok su u unutrašnjosti šume zabilježene 72 jedinke. Najznačajnije vrste zabilježene na rubnim staništima (Dodatak 1) su *M. segmentata* (36) i *A. labyrinthica* (35). Veća brojnost pauka zabilježena je za rubno područje šumskih staništa (Slika 27) i navedena razlika je i statistički značajna (M-W U test  $Z = -2,80$   $p = 0,005$ ).





Slika 26. Prikaz srednje vrijednosti brojnosti pauka zabilježenih na rubnim staništima (RE) i kroz unutrašnjost šume (GŠ).

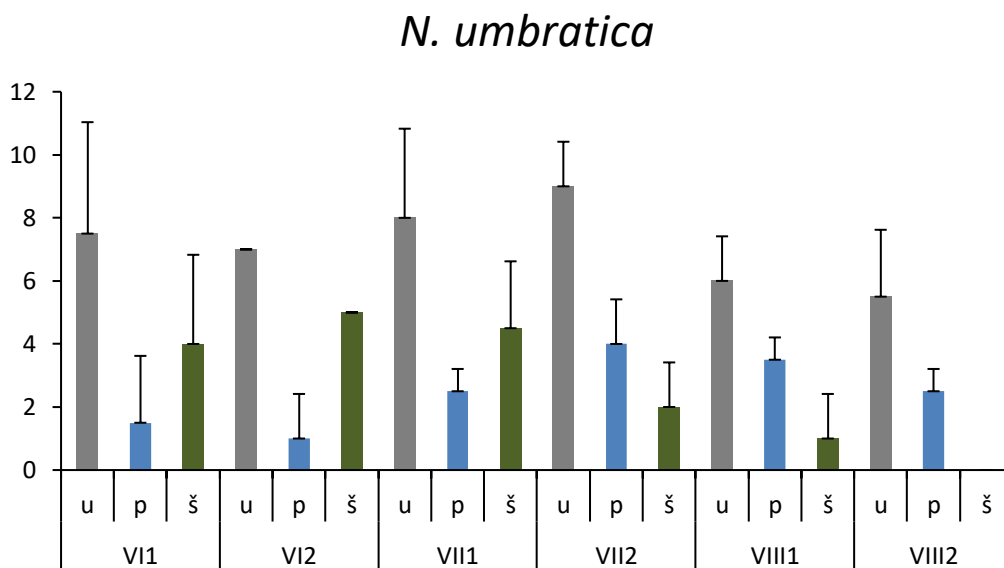


Slika 27. Prikaz srednje vrijednosti brojnosti pauka zabilježenih na rubnim staništima šume (RE) i kroz unutrašnjost šume (GŠ).

### 3.4 Vrsta *N. umbratica*

Vrsta *N. umbratica* ističe se kao najbrojnija vrsta sakupljena kroz cijeli tijek istraživanja (149), ali i kao jedina vrsta čiji je veći broj jedinki zabilježen na urbanim područjima u odnosu na ostala staništa (Dodatak 1). Ta razlika je i statistički značajna (KW test,  $H = 19,58$   $p = 0,0001$ ). Također se ističe i kao najbrojnija vrsta na urbanim lokacijama (86), nakon čega su staništa s najvećim brojem zabilježenih jedinki (Slika 28) jedne vrste šumska staništa (36 jedinki vrste *Metellina segmentata*). Nadalje, 86 jedinki vrste *N. umbratica* na urbanim staništima zabilježeno je na antropogenim objektima, dok niti jedna jedinka ove vrste nije zabilježena na vegetaciji u gradu.

Generlno govoreći i uzevši u obzir sva istraživana staništa najveći broj zabilježenih jedinki pripada vrsti *N. umbratica* (149), a za njom slijede vrste *G. bituberculata* (48) i *A. diadematus* (42).

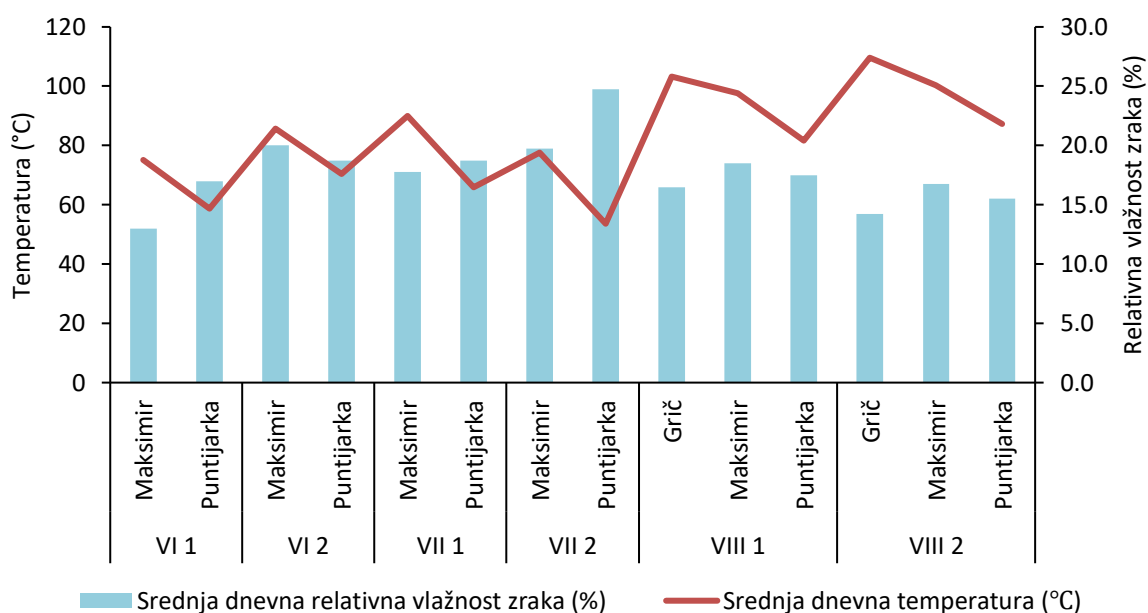


Slika 28. Srednja vrijednost brojnosti jedinki vrste *N. umbratica* kroz mjesece na urbanim (u), šumskim (š) i lokacijama u predgrađu (p).

### 3.5 Utjecaj temperature i vlažnosti zraka na brojnost pauka

Srednja vrijednost dnevnih temperatura osmog mjeseca za postaju Grič bila je 23,7 °C. Prosjek srednjih dnevnih temperatura u razdoblju od šestog do osmog mjeseca za postaju Maksimir bila je 21,7 °C, dok je za postaju Puntijarka bila 16,5 °C. Srednja vrijednost dnevnih relativnih vlažnosti zraka osmog mjeseca za postaju Grič bila je 69 %. Prosjek srednjih dnevnih relativnih vlažnosti zraka u razdoblju od šestog do osmog mjeseca za postaju Maksimir bila je 68,7 %, dok je za postaju Puntijarka bila 75,3 %. Srednje dnevne temperature i srednja dnevna relativna vlažnost zraka za svaki terenski izlazak dana je u Slici 29.

Spearmanov test korelacije ukazao je na statistički značajan negativan utjecaj povećanja temperature na ukupnu brojnost pauka ( $R = -0,55$   $p < 0,05$ ), dok je povećanje relativne vlažnosti zraka imalo statistički značajan utjecaj na brojnost pauka ( $R = 0,36$   $p < 0,05$ ).



Slika 29. Srednja dnevna temperatura i srednja dnevna relativna vlažnost zraka prema terenskim izlascima (VI 1 – prvi izlazak u šestom mjesecu, VI 2 – drugi izlazak u šestom mjesecu, VII 1 – prvi izlazak u sedmom mjesecu, VII 2 – drugi izlazak u sedmom mjesecu, VIII 1 – prvi izlazak u osmom mjesecu, VIII 2 – drugi izlazak u osmom mjesecu)

## 4 Rasprava

Promjene u staništima radi procesa urbanizacije utječu na sastav i brojnost beskralježnjaka. Kako urbanizacija napreduje, tako se kroz vrijeme mijenja i sastav populacija beskralježnjaka, pa tako i pauka (McIntyre 2000). Cilj ovog istraživanja bio je odrediti raznolikost pauka koje pletu mreže na urbanim staništima te na područjima s manje antropogenog utjecaja, usporediti brojnosti njihovih populacija i utvrditi najčešće sinantropske vrste. Poseban naglasak stavljen je na vrstu *N. umbratica*.

Odabir porodica za istraživanje određen je temeljem njihovog sličnog sedentarnog načina života (pletanje mreža na kojima se zadržavaju) i lake uočljivosti na različitim tipovima staništa. Porodice koje pletu mreže također su odabrane zbog najpogodnije metode uzorkovanja. Metoda ručnog uzorkovanja već je korištena prilikom istraživanja porodica pauka koje pletu mreže (Amaral-Nogueira i sur. 2016). Ručnim uzorkovanjem lako je previdjeti neke aktivnije porodice koje ne pletu mreže, ali odabir drugih metoda lova poput metode lovnih posuda koja bi omogućila sakupljanje većeg broja porodica nije bio praktičan radi ljudskog faktora na urbanim staništima. Na odabranim urbanim staništima postojala je mogućnost slučajnog ili namjernog uništavanja ili pomicanja lovnih posuda, stoga je odabrana metoda ručnog sakupljanja jedinki. S namjerom da lovni napor ručnim sakupljanjem daje ujednačene rezultate, odabrane su porodice sličnog sedentarnog načina života. Osim ove prednosti, ručno sakupljanje omogućuje i lakši odabir odraslih jedinki, jer određivanje do razine vrste nije moguće s mladim jedinkama.

Terenski izlasci odrađivali su se dva put mjesečno kroz šesti, sedmi i osmi mjesec. S obzirom da je vegetacijski sastav jedan od najvažnijih faktora kod brojnosti i distribucije pauka (Rypstra, 1986) može se pretpostaviti kako će šumska staništa biti najbogatija paucima. Osim podloge za izradu mreže, ona paucima nudi i mjesto za skrovište od predatora. Stoga ne iznenađuje kako je najveća brojnost pauka neovisno o porodici zabilježena na šumskim staništima. Porodica najbrojnija jedinkama neovisno o staništu bila je Araneidae (58,4 %), za kojom su slijedile Agelenidae (16,4 %) i Linyphiidae (8,10 %). Prema broju zabilježenih vrsta najbrojnija porodica je također bila Araneidae (40 %), a slijedile su je Theridiidae (20 %) i Agelenidae (13,30 %). Metodom ručnog sakupljanja lakše je uočiti veće vrste (najveće vrste pripadale su porodicama Araneidae i Agelenidae) što može utjecati i na navedene rezultate.

Vrste porodice Araneidae pokazuju statistički značajnu razliku u odabiru staništa, gdje je najveći broj vrsta zabilježen za šumska staništa. S 11 vrsta čine čak trećinu zabilježenih vrsta, a njihova prisutnost kroz istraživane mjesece je ujednačena. Većina vrsta preferira šumska staništa i staništa s vegetacijskim pokrovom u predgrađima, s iznimkom vrste *N. umbratica*. Jedan od razloga za njihovo preferiranje šumskih staništa može biti i zbog lakše uočljivosti predatorima na urbanim staništima s manje vegetacije. Vrste poput *A. diadematus*, *A. marmoreus* i *G. bituberculata* velike su, često svjetlijeg obojenja i lako uočljive vrste predatorima jer obitavaju velik dio dana na sredini svojih mreža. S druge strane, *N. umbratica* je preko dana zaštićena u skrovištu na rubu mreže, a na mrežu izlazi tek predvečer. U svom prirodnom staništu skrovište joj je u uskim prostorima ispod kore drveta, a tamno obojenje teško je uočljivo na takvoj podlozi. Na urbanim staništima za skrovište bira lokacije poput pukotina u zidu te proreze na konstrukcijama uličnih znakova, rasvjete i sličnih objekata (Hörweg i Řezáč, 2018). Vrsta *N. umbratica* najbrojnija je zabilježena vrsta na urbanim staništima. Način života kojim tokom dana iskorištava uske prostore za mirovanje mogao je utjecati na njenu prilagodbu na urbana staništa. Na područjima predgrađa nije zabilježena niti jedna jedinka ove vrste na vegetaciji, već su se sve nalazile na uličnim znakovima i rasvjeti. Postoji mogućnost kako je veći broj kukaca koje privlači rasvjeta pogodio *N. umbratica* prilikom odabira staništa, no dostupnost plijena nije mjerena u ovom istraživanju. Nadalje, ne treba isključiti mogućnost da *N. umbratica* preferira urbana staništa radi slabije kompeticije pauka koji pletu mreže, zbog čega bi plijen bio više dostupan i ako je dostupnost plijena na šumskim i urbanim staništima slična. Iz svega navedenog možemo zaključiti kako se radi o sinantropskoj vrsti koja dobro iskorištava različita urbana mikrostaništa. Za veće vrste porodice Araneidae poput *A. diadematus*, strukturna svojstva staništa mogu biti jedan od limitirajućih faktora (Colebourn, 1974). Ta svojstva mogu utjecati na izgradnju mreže na više načina. Fizička ograničenja staništa mogu spriječiti jedinku da započne izgradnju mreže izradom premosne niti (eng. *bridge thread*) koja je prvi korak pri izgradnji mreže *A. diadematus*. Izrada premosne niti proces je pri kojem pauk s povišenog mjesta pušta nit paučine niz zračnu struju te pušta da je struja prenese do udaljene vegetacije ili objekta. Nakon što se nit pričvrsti, pauk je prelaskom na drugu stranu zateže i učvrsti te nastavlja s izradom „zvjezdastog“ oblika mreže u prostoru. Duljina i pozicija premosne niti koja je baza mreže djelomično je kontrolirana okolišem, prema tome fizičke karakteristike staništa imaju utjecaj na odabir mjesta za izgradnju mreže (Colebourn, 1974). Postoji mogućnost da i same fizičke karakteristike urbanih lokacija s manje vegetacije ne odgovaraju većim vrstama porodice Araneidae poput *A. diadematus* jer nemaju povoljne uvjete za izradu mreža. Mreže *N. umbratica*, makar veličinom slične *A. diadematus*, na šumskim staništima su izgrađene u cijelosti na kori drveta što joj daje veću skrovitost nego

mreže građene primjerice između dva drveta, kod vrste *A. diadematus*. U predgrađima i na urbanim staništima mreže vrste *N. umbratica* bile su postavljene paralelno i usko uz zidove, ulične znakove ili minimalno udaljene od objekta na kojemu su izgrađene. Takav način izgradnje mreže možda također utječe na veliku učestalost vrste *N. umbratica* u urbanim staništima (Hörweg i Řezáč, 2018). *A. cucurbitina*, koja je manja vrsta porodice Araneidae čije odrasle ženke dosežu veličinu 4.5-9.5 mm, a čiji promjer mreže se kreće između 5-7 cm (Nentwig i sur. 2021), zabilježena je na svim tipovima staništa na vegetaciji. Manja veličina mreže te vrste možda joj omogućava lakšu prilagodbu različitim staništima od većih vrsta te porodice zbog višestruko kraće premosne niti.

Najbrojnija vrsta porodice Agelenidae je *A. labyrinthica*, i zabilježena je isključivo na šumskim staništima. Velike i uočljive mreže su faktor koji utječe na lako uočavanje prilikom ručnog sakupljanja, pa tako i na vjerojatnost većeg broja uočenih jedinki u odnosu na manje vrste iz porodica Theridiidae ili Linyphiidae. Uz *A. labyrinthica* je još isključivo na šumskim staništima zabilježena *E. atrica*. Ostale zabilježene vrste porodice Agelenidae nađene su na urbanim staništima i/ili predgrađima. Prema literaturi, *A. labyrinthica* se najčešće može naći na šumskim rubovima u gustom vegetaciji (Nentwig i sur. 2021), što je ovdje i bio slučaj, dok se vrste s manjim promjerom mreža poput *T. domestica* i *E. atrica* češće nalaze u i oko zgrada.

Porodica Linyphiidae obuhvaća malene vrste (tijela od par milimetara) što može utjecati na teže uočavanje i manji broj sakupljenih jedinki prilikom metode ručnog sakupljanja. Zabilježene su dvije vrste: *F. frutetorum* i *L. triangularis*, kroz šesti i sedmi mjesec. Te vrste inače je moguće pronaći i tijekom osmog mjeseca (Herberstein, 1997), no postoji mogućnost da su tokom ovog istraživanja kroz kolovoz previđene, da se abiotički uvjeti ovih staništa odražavaju na životni ciklus drugačije ili da su mreže građene na udaljenijim lokacijama od izabranih transekata. Linyphiidae kao i Agelenidae pletu stalne mreže, stoga mijenjanje lokacije za izradu mreže zahtijeva napuštanje stare mreže te visoku energetska investiciju izrade nove mreže. Više faktora utječe na odabir novog staništa za izradu mreže, primjerice iskorištavanje specifičnog tipa plijena ili povoljnih fizičkih karakteristika mikrostaništa za izradu mreže (Herberstein, 1997).

Vrste *N. emphana* i *P. lunata* iz porodice Theridiidae zabilježene su samo jednim primjerkom na šumskim staništima, a razlog tome su vjerojatno njihova mala veličina tijela i mreže. S druge strane *S. triangulosa* i *S. nobilis* zabilježene su za urbana staništa i ona u pregrađu, a u literaturi se navodi kako su česte vrste unutar zgrada (Foelix, 2011). Kao i kod

porodice Pholcidae, istraživanja urbanih staništa koja bi uključila i unutrašnjost zgrada dala bi bolju sliku njihove rasprostranjenosti u urbanim sredinama.

Tetragnathidae su pronađene samo na šumskim staništima i staništima predgrađa. *T. extensa* i *T. montana* najčešće se mogu naći kraj vode, što je na šumskim lokacijama gdje su zabilježene bio slučaj, dok se *M. segmentata* većinom može uočiti na šumskim rubovima (Nentwig i sur. 2021), gdje je i zabilježena u najvećem broju. Specifičan način života *T. extensa* i *T. montana* uz vode vjerojatno je jedan od glavnih razloga za to da se nisu rasprostranile i na urbana područja, a *M. segmentata* se prema literaturi može naći i u vrtovima (Nentwig i sur. 2021), makar je tokom ovog istraživanja zabilježena samo na šumskim staništima.

Porodica Pholcidae je globalno najprepoznatljivija sinantropska porodica zbog svoje tendencije za život u stanovima, kućama, podrumima i tavanima (Foelix, 2011). Najmanje sakupljenih jedinki ove porodice moguće je objasniti i njihovim češćim obitavanjem unutar ljudskih nastamba, tako da bi istraživanje koje bi uključivalo i takve lokacije dalo potpuniju sliku urbanih staništa s puno većom brojnošću porodice Pholcidae.

Relativna vlažnost zraka i temperatura neki su od limitirajućih faktora za preživljavanje pauka (Lowe i sur. 2017), a rezultati pokazuju kako brojnost pauka raste s rastom relativne vlažnosti zraka i padom temperature. Treba imati na umu da se korelacije između brojnosti pauka i srednje dnevne temperature i srednje dnevne vlažnosti zraka odnose samo na odrasle jedinke pauka, s obzirom da mlade jedinke nisu bile uključene u istraživanje.

Iz ovih rezultata vidljivo je kako je *N. umbratica* najbrojnija i najbolje prilagođena vrsta koja plete mreže u urbanim staništima (koja ne uključuju unutrašnjost ljudskih nastambi). Navedena vrsta je koru drveća kao skrovište u svom prirodnom staništu zamijenila objektima koje se može naći u gradovima. Kompleksni čimbenici koji utječu na širenje pauka na urbanizirana područja zahtijevaju daljnja istraživanja kroz veći vremenski okvir kako bi se dobio uvid u sastav vrsta, njihove načine prilagodbe i međuodnose na područjima s visokim antropogenim utjecajem. Uz istraživanja utjecaja fragmentacije staništa i prenamjene krajolika, uvid u sastav vrsta pauka te njihovu ekologiju će biti potpuniji a time će dati i uvid u strukturu predatora nad drugim beskralježnjacima u područjima koja podliježu urbanizaciji.

## 5 Zaključak

Prema rezultatima istraživanja pauka (porodice Araneae, Agelenidae, Araneidae, Linyphiidae, Pholcidae, Tetragnathidae, Theridiidae) na šest lokacija podijeljenih na urbana staništa, staništa u predgrađu i šumska staništa Zagreba, mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Šumska staništa su se pokazala kao najpovoljnija za pauke, na njima je zabilježena najveća brojnost pauka i najveći broj vrsta pauka.
- Najmanji broj vrsta zabilježen je na urbanim staništima.
- Povećanje temperature negativno je utjecalo na ukupnu brojnost pauka, dok je povećanje relativne vlažnosti imalo pozitivan utjecaj.
- Brojem vrsta dominirala je porodica Araneidae na svim tipovima staništa i mikrostaništa.
- Najveću preferencu za šumska staništa u usporedbi sa staništima s antropogenim utjecajem pokazala je porodica Araneidae koja je po brojnosti bila jednoliko prisutna kroz sve mjesece istraživanja.
- Iako je zabilježena i na šumskim staništima, izuzetak porodice Araneidae jedino je sinantropska vrsta *N. umbratica* koja je u većem broju zabilježena na urbanim staništima.
- Ukupnom brojnošću također je dominirala vrsta *N. umbratica*.
- Rezultati rada dali su uvid u brojnost i broj vrsta pauka u ovisnosti o urbanim staništima, staništima u predgrađu i šumskim staništima te pružili osnovu u razumijevanju utjecaja procesa urbanizacije na pauke.



## 6 Literatura

AMARAL NOGUEIRA, A. AND PINTO-DA-ROCHA, R., 2016. The effects of habitat size and quality on the orb-weaving spider guild (Arachnida: Araneae) in an Atlantic Forest fragmented landscape. *The Journal of Arachnology*, 44(1), 36-45.

BERTIĆ I. 1994. Zagreb – monografije. *Geografski horizont* 2, 1-17.

CODDINGTON, J.A. AND LEVI, H.W., 1991. Systematics and evolution of spiders (Araneae). *Annual review of ecology and systematics*, 22(1), 565-592.

COLEBOURN, P.H., 1974. The influence of habitat structure on the distribution of *Araneus diadematus* Clerck. *The Journal of Animal Ecology*, 401-409.

DICE, L.R., 1945. Measures of the amount of ecologic association between species. *Ecology*, 26(3), 297-302.

FOELIX, R., 2011. *Biology of spiders*. OUP USA.

HABDIJA, I., HABDIJA, B. P., RADANOVIĆ, I., VIDAKOVIĆ, J., KUČINIĆ, M., ŠPOLJAR, M., MATONIČKIN, R., MILIŠA, M., 2011. *Protista-Protozoa and Metazoa-Invertebrata*.

HERBERSTEIN, M.E., 1997. The effect of habitat structure on web height preference in three sympatric web-building spiders (Araneae, Linyphiidae). *The Journal of Arachnology*, 25(1), 93-96.

HÖRWEIG, C. AND ŘEZÁČ, M., 2018. Synanthropic is best: *Nuctenea umbratica* (Araneae: Araneidae) and *Steatoda bipunctata* (Araneae: Theridiidae) are the European Spiders of the Years 2017 and 2018. *Arachnologische Mitteilungen: Arachnology Letters*, 56(1), 32-35.

KATUŠIĆ, L., 2017. *Pauci Hrvatske i analiza okolišne uvjetovanosti njihove rasprostranjenosti* (Doctoral dissertation, University of Zagreb. Faculty of Science. Department of Biology).

LOWE, E.C., WILDER, S.M. AND HOCHULI, D.F., 2017. Life history of an urban-tolerant spider shows resilience to anthropogenic habitat disturbance. *Journal of Urban Ecology*, 3(1).

MCINTYRE, N.E., 2000. Ecology of urban arthropods: a review and a call to action. *Annals of the Entomological Society of America*, 93(4), 825-835.

MITTER, C., FARRELL, B. AND WIEGMANN, B., 1988. The phylogenetic study of adaptive zones: has phytophagy promoted insect diversification?. *The American Naturalist*, 132(1), 107-128.

NENTWIG, W., BLICK, T., GLOOR, D., HÄNGGI, A. AND KROPF, C., 2021. Spiders of Europe. Version 12.2021.

PAVLEK, M., RIBERA, C., 2017. *Kryptonesticus deelemanae* gen. et sp. nov. (Araneae, Nesticidae), with notes on the Mediterranean cave species. *European Journal of Taxonomy*, (262), 1-27.

PLATANIA L., PAVLEK M., ARNEDO M., 2020. Testing the monophyly of the ground-dweller spider genus *Harpactea* Bristowe, 1939 (Araneae, Dysderidae) with the description of three new species, *Systematics and Biodiversity*, 18(7), 688-707.

REGIER, J.C., SHULTZ, J.W., ZWICK, A., HUSSEY, A., BALL, B., WETZER, R., MARTIN, J.W. AND CUNNINGHAM, C.W., 2010. Arthropod relationships revealed by phylogenomic analysis of nuclear protein-coding sequences. *Nature*, 463(7284), 1079-1083.

RYPSTRA, A.L., 1986. Web spiders in temperate and tropical forests: relative abundance and environmental correlates. *American Midland Naturalist*, 42-51.

SELETKOVIĆ, Z., TIKVIĆ, I., UGARKOVIĆ, D., 2010. Park-šume grada Zagreba, Akademija šumarskih znanosti.

SHARMA, P.P., KALUZIAK, S.T., PÉREZ-PORRO, A.R., GONZÁLEZ, V.L., HORMIGA, G., WHEELER, W.C. AND GIRIBET, G., 2014. Phylogenomic interrogation of Arachnida reveals systemic conflicts in phylogenetic signal. *Molecular biology and evolution*, 31(11), 2963-2984.

SHOCHAT, E., LERMAN, S.B., ANDERIES, J.M., WARREN, P.S., FAETH, S.H. AND NILON, C.H., 2010. Invasion, competition, and biodiversity loss in urban ecosystems. *BioScience*, 60(3), 199-208.

SPELLERBERG, I.F. AND FEDOR, P.J., 2003. A tribute to Claude Shannon (1916–2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity and the ‘Shannon–Wiener’ Index. *Global ecology and biogeography*, 12(3), 177-179.

VAN DYKE, F., 2008. Conservation biology: foundations, concepts, applications. Springer Science & Business Media.. World Spider Catalog. Version 22.5. Natural History Museum Bern, online at <http://wsc.nmbe.ch>, accessed on 16.8.2021.

World Spider Catalog 2021. Natural History Museum Bern, accessed on 09 September 2021, <http://wsc.nmbe.ch>

XU, X., LIU, F., CHEN, J., ONO, H., LI, D. AND KUNTNER, M., 2015. A genus-level taxonomic review of primitively segmented spiders (Mesothelae, Liphistiidae). ZooKeys, (488), 121.

Zagreb u brojkama 2018. Grad Zagreb, accessed on 09 September 2021, <https://www.zagreb.hr/UserDocsImages/arhiva/statistika/ZGubrojkama.pdf>

## 7 Prilozi

1. Sistematski pregled ulovljenih vrsta prema World Spider Catalog, 2021
2. Prikaz broja jedinki pojedine vrste prema tipu staništa

### Prilog 1. Sistematski pregled ulovljenih vrsta prema World Spider Catalog, 2021

Porodica **Agelenidae** C. L. Koch, 1837

Rod **Agelena** Walckenaer, 1805

1. *Agelena labyrinthica* (Clerck, 1757)

Rod **Tegenaria** Latreille, 1804

2. *Tegenaria domestica* (Clerck, 1757)
3. *Tegenaria silvestris* L. Koch, 1872

Rod **Eratigena** Bolzern, Burckhardt & Hänggi, 2013

4. *Eratigena atrica* (C. L. Koch, 1843)

Porodica **Araneidae** Clerck, 1757

Rod **Araneus** Clerck, 1757

5. *Araneus diadematus* Clerck, 1757
6. *Araneus marmoreus* Clerck, 1757

Rod **Araniella** Chamberlin & Ivie, 1942

7. *Araniella cucurbitina* (Clerck, 1757)

Rod **Argiope** Audouin, 1826

8. *Argiope bruennichi* (Scopoli, 1772)

Rod **Cyclosa** Menge, 1866

9. *Cyclosa conica* (Pallas, 1772)

Rod **Gibbaranea** Archer, 1951

10. *Gibbaranea bituberculata* (Walckenaer, 1802)

Rod **Hypsosinga** Ausserer, 1871

11. *Hypsosinga pygmaea* (Sundevall, 1831)

Rod **Larinioides** Caporiacco, 1934

12. *Larinioides cornutus* (Clerck, 1757)

Rod **Mangora** O. Pickard-Cambridge, 1889

13. *Mangora acalypha* (Walckenaer, 1802)

Rod **Nuctenea** Simon, 1864

14. *Nuctenea umbratica* (Clerck, 1757)

Rod **Zygiella montana** (C. L. Koch, 1834)

15. *Zygiella montana* (C. L. Koch, 1834)

Rod **Zilla** C. L. Koch, 1836

16. *Zilla diodia* (Walckenaer, 1802)

Porodica **Linyphiidae** Blackwall, 1859

Rod **Frontinellina** van Helsdingen, 1969

17. *Frontinellina frutetorum* (C. L. Koch, 1835)

Rod **Linyphia** Latreille, 1804

18. *Linyphia triangularis* (Clerck, 1757)

Porodica **Pholcidae** C. L. Koch, 1850

Rod **Holocnemus** Simon, 1875

19. *Holocnemus pluchei* (Scopoli, 1763)

Rod **Pholcus** Walckenaer, 1805

20. *Pholcus phalangioides* (Fuesslin, 1775)

Rod **Spermophora** Hentz, 1841

21. *Spermophora senoculata* (Dugès, 1836)

Porodica **Tetragnathidae** Menge, 1866

Rod **Metellina** Chamberlin & Ivie, 1941

22. *Metellina segmentata* (Clerck, 1757)

Rod **Tetragnatha** Latreille, 1804

23. *Tetragnatha extensa* (Linnaeus, 1758)

24. *Tetragnatha montana* Simon, 1874

Porodica **Theridiidae** Sundevall, 1833

Rod **Anelosimus** Simon, 1891

25. *Anelosimus vittatus* (C. L. Koch, 1836)

Rod **Neriene** Blackwall, 1859

26. *Neriene emphana* (Walckenaer, 1841)

Rod **Parasteatoda** Archer, 1946

27. *Parasteatoda lunata* (Clerck, 1757)

28. *Parasteatoda tepidariorum* (C. L. Koch, 1841)

Rod **Steatoda** Sundevall, 1833

29. *Steatoda nobilis* (Thorell, 1875)

30. *Steatoda triangulosa* (Walckenaer, 1802)

Prilog 2. Prijaz broja jedinki pojedine vrste prema tipu staništa

Vrsta	Urbane lokacije	Predgrađa	Urbane lokacije	Predgrađa	Šuma		Ukupno
	Vegetacija		Antropogeni objekti		Unutrašnjost	Rubna staništa	
<i>Agelena labyrinthica</i>					3	35	38
<i>Anelosimus vittatus</i>						3	3
<i>Araneus diadematus</i>		20			2	20	42
<i>Araneus marmoreus</i>					1	6	7
<i>Araniella cucurbitina</i>	8	4			4	19	35
<i>Argiope bruennichi</i>		18				9	27
<i>Cyclosa conica</i>					14		14
<i>Eratigena atrica</i>	11	5				7	23
<i>Frontinellina frutetorum</i>	4	16				19	39
<i>Gibbaranea bituberculata</i>		24			8	16	48
<i>Holocnemus pulchei</i>			6	4			10
<i>Hypsosinga pygmaea</i>		4				8	12
<i>Larinioides cornutus</i>				6			6
<i>Linyphia triangularis</i>		3				12	15
<i>Mangora acalypha</i>					4	10	14
<i>Metellina segmentata</i>					2	36	38
<i>Nerienne emphana</i>					1		1
<i>Nuctenea umbratica</i>			86	30	14	19	149
<i>Parasteatoda lunata</i>						1	1
<i>Parasteatoda tepidariorum</i>			6				6
<i>Pholcus phalangoides</i>			10	10			20
<i>Spermophora senoculata</i>			1				1
<i>Steatoda nobilis</i>			6				6
<i>Steatoda triangulosa</i>			11	4			15
<i>Tegenaria domestica</i>		8		27			35

Vrsta	Urbane lok.	Predgrada	Urbane lok.	Predgrada	Šuma		Ukupno
	Vegetacija		Antropogeni objekti		Unutrašnjost	Rubni efekt	
<i>Tegenaria silvestris</i>			8	5			13
<i>Tetragnatha extensa</i>						5	5
<i>Tetragnatha montana</i>				8			8
<i>Zilla dioda</i>		1			1	5	7
<i>Zygiella montana</i>					4	24	28

## 8 Životopis

Rođena sam 18.4.1993. u Zagrebu. Pohađala sam V. Gimnaziju i srednju glazbenu školu Blagoje Berse. Upisujem Akademiju likovnih umjetnosti u Zagrebu 2011. i zatim Biološki odsjek Prirodoslovno – matematičkog fakulteta u Zagrebu 2013. te 2018. stičem zvanje Sveučilišnog prvostupnika znanosti o okolišu.

Od 2014. godine sudjelujem kao edukator na manifestacijama poput „Noć biologije“ i „Znanstveni Piknik“ te na istraživačko edukacijskim projektima Udruge studenata biologije BIUS kao voditeljica sekcije za pauke. Za vrijeme preddiplomskog studija organizator i moderator sam Simpozija studenata bioloških usmjerenja te član Upravnog odbora BIUS-a za vrijeme 2015. i 2016. Sudjelujem kao član tima za organizaciju europskog karabidološkog kongresa u Primoštenu 2015. godine.

U jesen 2018. upisujem diplomski studij, smjer Znanosti o okolišu.