

# Raznolikost i produktivnost travnjaka na širem području grada Zagreba

---

Justić, Marta

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:619435>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-17**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Marta Justić

**Raznolikost i produktivnost travnjaka  
na širem području grada Zagreba**

Diplomski rad

Zagreb, 2021.

Ovaj rad je izrađen na Botaničkom zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, pod voditeljstvom prof. dr. sc. Svena Jelaske. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistre eksperimentalne biologije (mag. biol. exp.), modul botanika.

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Diplomski rad

## Raznolikost i produktivnost travnjaka na širem području grada Zagreba

Marta Justić

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Istraživanje florističkih i ekoloških značajki travnjaka na području grada Zagreba provela sam u lipnju i srpnju 2020. godine. Obradila sam osam lokaliteta, na svakome po dvije plohe od 1 m<sup>2</sup>. Odredila sam pripadnost vegetacijskim zajednicama razreda *Festuco-Brometea* i *Molinio-Arrhenatheretea*. Analizirala sam floristički sastav svake plohe te zabilježila jednu strogo zaštićenu svojtu, *Anacamptis pyramidalis* (L.) Rich. Najzastupljenije porodice su *Poaceae*, *Fabaceae* i *Asteraceae*. Najzastupljeniji životni oblik su hemikriptofiti, a florni element je euroazijski. Na svim lokalitetima dominiraju autohtone svojte, a od invazivnih biljaka zabilježila sam *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. et A. Gray i *Erigeron annuus* (L.) Desf. Analiza životnih strategija travnjake istraživanog područja svrstala je najbliže konkurentnoj strategiji, a ekološke indikatorske vrijednosti ukazuju na većinom povoljne uvjete na staništima. Na temelju životnih značajki svojti izračunala sam funkcionalnu raznolikost na plohama te ju usporedila sa brojem svojti i biljnom biomasom sakupljenom unutar ploha. Vrijednosti funkcionalne raznolikosti variraju od 1.121 do 2.060, a suhe biomase od 251.4 do 586.8 g m<sup>-2</sup> po plohi. Analize korelacija povezale su smanjenje broja svojti i funkcionalne raznolikosti s porastom biomase i specifične površine lista. Funkcionalna raznolikost pozitivno je korelirana s brojem svojti, udjelom suhe mase i sadržajem suhe tvari lista. Potrebno je provesti ovakva istraživanja i u drugim tipovima travnjaka u Hrvatskoj u svrhu dobivanja općenitijih odnosa među tim parametrima.

(55 stranica, 11 slika, 9 tablica, 80 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: biomasa, funkcionalna raznolikost, ekološke indikatorske vrijednosti, strategije

Voditelj: prof. dr. sc. Sven Jelaska

Ocjenitelji: prof. dr. sc. Sven Jelaska

izv. prof. dr. sc. Petar Kružić

doc. dr. sc. Tomislav Ivanković

Rad prihvaćen: 17. veljače 2021.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Master Thesis

# Biodiversity and productivity of grasslands in Zagreb area

Marta Justić

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

I conducted a research on the floristic and ecological characteristics of grasslands in Zagreb area in June and July 2020. I processed eight sites, each containing two 1 m<sup>2</sup> quadrats. I determined the presence of two vegetation communities: *Festuco-Brometea* and *Molinio-Arrhenatheretea*. I analyzed the floristic composition of each quadrat and recorded one strictly protected taxon, *Anacamptis pyramidalis* (L.) Rich. The most common families are *Poaceae*, *Fabaceae* and *Asteraceae*. The most common life form are hemicryptophytes and the floral element is Eurasian. Although indigenous taxa dominate, I have recorded two invasive plants: *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. et A. Gray and *Erigeron annuus* (L.) Desf. The analysis of life strategies classified grasslands closest to the competitive strategy. Ecological indicator values indicate mostly favorable conditions. Based on the functional traits of taxa, I calculated the functional diversity on quadrats and compared it with the number of taxa and plant biomass collected within the quadrats. Functional diversity values range from 1.121 to 2.060 and dry biomass from 251.4 to 586.8 g m<sup>-2</sup> per quadrat. Correlation analyses linked a decrease in the number of taxa and functional diversity with an increase in biomass and specific leaf area. Functional diversity is positively correlated with the number of taxa, plant dry matter content and leaf dry matter content. It is necessary to conduct this type of research in other grassland communities in Croatia in order to obtain more general insights into relations of these parameters.

(55 pages, 11 figures, 9 tables, 80 references, original in: croatian)

Thesis is deposited in Central Biological Library.

Keywords: biomass, ecological indicator values, functional diversity, strategies

Supervisor: prof. dr. sc. Sven Jelaska

Reviewers:

prof. dr. sc. Sven Jelaska

izv. prof. dr. sc. Petar Kružić

doc. dr. sc. Tomislav Ivanković

Thesis accepted: 17<sup>th</sup> February 2021.

## SADRŽAJ

### Sadržaj

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| 1. UVOD .....                                                     | 1  |
| 1.1. Travnjačka vegetacija .....                                  | 1  |
| 1.2. Bioraznolikost i produktivnost .....                         | 2  |
| 1.3. Florističke analize .....                                    | 4  |
| 1.3.1. Životne značajke i funkcionalna raznolikost .....          | 4  |
| 1.3.2. Frekvencija svojti .....                                   | 5  |
| 1.3.3. Spektar životnih oblika .....                              | 6  |
| 1.3.4. Florni elementi .....                                      | 7  |
| 1.3.5. Podrijetlo svojti .....                                    | 8  |
| 1.3.6. CSR strategije biljaka .....                               | 8  |
| 1.3.7. Ekološke indikatorske vrijednosti .....                    | 10 |
| 2. CILJ ISTRAŽIVANJA .....                                        | 12 |
| 3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA .....                                    | 13 |
| 3.1. Zemljopisni položaj i opće značajke .....                    | 13 |
| 3.2. Vegetacija istraživanog područja .....                       | 15 |
| 4. MATERIJALI I METODE .....                                      | 18 |
| 4.1. Prikupljanje, sušenje i određivanje biljnog materijala ..... | 18 |
| 4.2. Analiza frekvencije svojti .....                             | 21 |
| 4.3. Analiza životnih oblika .....                                | 21 |
| 4.4. Analiza flornih elemenata .....                              | 21 |
| 4.5. Analiza statusa podrijetla svojti .....                      | 22 |
| 4.6. Analiza CSR strategija .....                                 | 22 |
| 4.7. Analiza ekoloških indikatorskih vrijednosti .....            | 23 |
| 4.8. Analiza životnih značajki i funkcionalne raznolikosti .....  | 23 |
| 4.9. Analiza korelacije .....                                     | 24 |
| 5. REZULTATI .....                                                | 25 |
| 5.1 Taksonomska analiza i vegetacijski tipovi .....               | 25 |
| 5.2. Frekvencije svojti .....                                     | 26 |
| 5.3. Životni oblici .....                                         | 27 |
| 5.4. Florni elementi .....                                        | 29 |

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.5. Status podrijetla svojti .....                                            | 30 |
| 5.6. CSR strategije .....                                                      | 30 |
| 5.7. Ekološke indikatorske vrijednosti .....                                   | 31 |
| 5.8. Životne značajke i funkcionalna raznolikost .....                         | 33 |
| 5.9. Produktivnost i bioraznolikost.....                                       | 35 |
| 5.10. Korelacije.....                                                          | 36 |
| 6. RASPRAVA.....                                                               | 39 |
| 6.1. Pripadnost porodicama i vegetacijskim tipovima.....                       | 39 |
| 6.2. Frekvencije .....                                                         | 39 |
| 6.3. Životni oblici .....                                                      | 40 |
| 6.4. Florni elementi.....                                                      | 40 |
| 6.5. Status podrijetla svojti .....                                            | 41 |
| 6.6. CSR strategije .....                                                      | 41 |
| 6.7. Ekološke indikatorske vrijednosti .....                                   | 42 |
| 6.8. Funkcionalna raznolikost, bioraznolikost, produktivnost i korelacije..... | 42 |
| 7. ZAKLJUČAK .....                                                             | 47 |
| 8. LITERATURA.....                                                             | 48 |
| 9. PRILOZI.....                                                                | 55 |
| 10. ŽIVOTOPIS                                                                  |    |

## 1. UVOD

### 1.1. Travnjačka vegetacija

Europski travnjaci umjerenog područja većinom pripadaju nemoralnoj vegetacijskoj zoni čija je klimazonalna vegetacija listopadna šuma (Hršak 2017). To znači da većina Europe prima dovoljno oborina za prirodni razvoj šuma. Travnjaci su, dakle, na većem području Europe mogli nastati jedino djelovanjem čovjeka pa takve travnjake danas nazivamo polu-prirodnim ekosustavima antropogenog postanka. Ljudi su kroz povijest travnjake stvarali krčenjem šumske vegetacije. Antropogeno stvaranje travnjaka u Europi počelo je tijekom Bakrenog doba stvaranjem oranica za uzgoj biljaka i pašnjaka za prehranu domaćih životinja. Domaće životinje i travnjačke svojte koje su milijunima godina paralelno evoluirale proširile su se na novostvorena staništa što je rezultiralo potiskivanjem šumskih biljaka i divljih megabiljojeda (Partel i sur. 2005). Nakon najmanje 4 000 godina duge tradicije poljoprivrede u Europi, polu-prirodni i prirodni travnjaci zajedno sada čine oko petinu europskog zemljišnog pokrova

([https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Land\\_cover\\_statistics#Land\\_cover\\_in\\_the\\_EU](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Land_cover_statistics#Land_cover_in_the_EU)).

U Europi bazofilni travnjaci pripadaju u zajednice najbogatije biljne biološke raznolikosti te sadrže čak 18.1 % europskih endemskih biljnih svojti (Albrecht i Haider 2013, Habel i sur. 2013). Razlog tako visokom postotku endema dugotrajna je izoliranost južne Europe tijekom pleistocenskih ledenih doba što je rezultiralo stvaranjem refugija za one termofilne svojte sjeverne Europe koje nisu bile prilagođene na niske temperature (Habel i sur. 2013). Osim za veliki broj specifičnih biljnih vrsta, travnjaci su specifično stanište mnogih životinja, najviše kukaca, ali i ptica te glodavaca koji su s travnjačkim vrstama paralelno evoluirali te sada žive u ovisnosti jedni o drugima.

Prijetnju opstanku travnjaka najviše predstavljaju promjene u gospodarenju kao što su npr. pretjerano iskorištavanje travnjaka ili napuštanje poljoprivrede. U zadnje vrijeme sve veći utjecaj na gubitak travnjaka imaju i urbanizacija, eutrofikacija tla, promjene u količini oborina, razlike u temperaturi te širenje, ne samo biljnih invazivnih vrsta koje su bolji kompetitori od travnjačkih vrsta, već i širenje invazivnih herbivora i patogena (Smit i sur. 2008, Habel i sur. 2013). Europski travnjaci danas opstaju zahvaljujući onim procesima kojima su i nastali: redovnim održavanjem

košnjom, sječom drvenaste vegetacije, paljenjem ili ispašom, odnosno poremećajima (eng. *disturbance*) koji sprječavaju rast drvenaste vegetacije, a na koje su travnjačke vrste posebno prilagođene. Prestankom održavanja takvih travnjaka zarastanjem bi nastala klimazonalna listopadna šumska vegetacija. Ponovno uspostavljanje travnjaka na staništima koja su zarasla drvenastom vegetacijom ili su prenamijenjena u kultivirane površine ne može biti jako uspješno bez dodatnog zasijavanja jer banke sjemena travnjačkih vrsta ne preživljavaju dugo u tlu, a prirodno rasprostiranje sjemena sa susjednih travnjaka dug je proces koji ovisi o blizini susjednih travnjaka, načinu rasprostiranja i sl (Partel i sur. 2005).

## 1.2. Bioraznolikost i produktivnost

Biološku raznolikost nekog ekosustava čine ukupni broj i sastav prisutnih svojti, genotipova, funkcionalnih skupina i krajobraznih jedinica (Diaz i Cabido 2001). Povoljni odnosi između svojti koje čine ekosustav poboljšavaju njegovu stabilnost i sposobnost oporavka od poremećaja. Do gubitka bioraznolikosti dolazi zbog promjena u uvjetima koji vladaju u okolišu kao što su negativni antropogeni utjecaji (pretjerana košnja, preobilno gnojenje, sječa šuma, urbanizacija i dr.), globalno zatopljenje, sukcesija i sl. (Alhamad 2006). Jedna od posljedica gubitka bioraznolikosti negativan je utjecaj na funkcije ekosustava koji dovodi do narušavanja odnosa između živih bića ili njihovog izumiranja. S antropogene perspektive bitnija je posljedica gubitak ili smanjenje kvalitete usluga ekosustava zato jer one imaju izravan utjecaj na kvalitetu života ljudi. Da bi se bioraznolikost očuvala potrebno je razumjeti prirodne procese, uzroke stabilnosti i otpornosti sustava na poremećaje te djelovati u obliku donošenja konzervacijskih mjera i planova upravljanja (Alhamad 2006, Fraser i sur. 2014).

Kvantitativnim analizama bioraznolikosti znanstvenici neprestano dolaze do novih spoznaja te donose nove teorije za provođenje empirijskih istraživanja (Fraser i sur. 2014). Jedan od problema koji se pojavljuje prilikom istraživanja je multidimenzionalnost bioraznolikosti jer ona može biti funkcionalna, filogenetska, genetska ili taksonomska raznolikost između svojti. Osim samog broja vrsta, bioraznolikost određuju i drugi faktori kao npr. ujednačenost, raznolikost, rijetkost vrsta, makroklima, količina vode i nutrijenata u tlu, funkcionalna raznolikost i čovjekova aktivnost (Willig 2011, Grace i sur. 2016).

Najčešće proučavani uzorak je odnos bioraznolikosti i biomase biljaka (produktivnosti) jer su to ključni faktori u predviđanju utjecaja gubitka vrsta na funkcije i usluge ekosustava. Odnosi između bioraznolikosti i produktivnosti još nisu u potpunosti jasni i variraju ovisno o prostornim razmjerima istraživanja, količini drvenastih biljaka, kompeticiji između svojti i dr. (Guo i Berry 1998). Odgovor na pitanje na koji način produktivnost utječe na bioraznolikost ili na koji način bioraznolikost utječe na produktivnost omogućava, među ostalim, predviđanje odgovora ekosustava na antropogene intervencije kao što su urbanizacija ili introdukcija novih vrsta (Gross 2016). Međutim, na to pitanje još uvijek nije u potpunosti odgovoreno. Eksperimentalna istraživanja o utjecaju bioraznolikosti na produktivnost zasad najviše podupiru teoriju da visoka bioraznolikost ne utječe na povećanje produktivnosti ekosustava već ju u većini slučajeva stabilizira. U stresnim uvjetima produktivnost biljne zajednice je niska, ali ju visoka bioraznolikost povećava jer povećava vjerojatnost postojanja stres tolerantnih biljaka (Wang i sur. 2019, Van't Veen i sur 2020). U povoljnim uvjetima produktivnost je visoka pa visoka bioraznolikost (kroz kompeticiju i alelopatski utjecaj pojedinih vrsta) sprječava povećavanje produktivnosti (Wang i sur. 2019, Van't Veen i sur 2020). Model koji tvrdi da se bioraznolikost zeljastih biljnih svojti može predvidjeti na temelju produktivnosti naziva se „hump-backed model (HBM)“ te on predviđa maksimalnu bioraznolikost pri srednjoj izmjerenoj biomasi. Prema tom modelu podaci su prikazani kvadratnom regresijom (Fraser i sur. 2014). Pri niskoj produktivnosti broj svojti ograničen je velikim poremećajima i stresom (ekstremi u temperaturi, količini oborina ili koncentraciji nutrijenata u tlu), uvjetima kakve samo neke vrste mogu preživjeti. Pri visokoj produktivnosti broj svojti ograničen je kompeticijom između svojti pa samo mali broj visoko kompetitivnih svojti opstaje (Fraser i sur. 2015). Rezultati dosadašnjih istraživanja ne poklapaju se uvijek s predviđenim modelom pa su neki prikazani kvadratnom pozitivnom, neki kvadratnom negativnom, neki linearnom pozitivnom ili linearnom negativnom regresijom, a neki nemaju nikakav uzorak (Fraser i sur. 2014).

U novije vrijeme istraživanja utjecaja produktivnosti i broja svojti na bioraznolikost gubi na značajnosti, a sve se više ističe utjecaj dominantnih svojti te sastava životnih značajki i funkcionalne raznolikosti na bogatstvo vrsta te produktivnost i procese ekosustava (Diaz i Cabido 2001, Tredennick i sur. 2016). Neki znanstvenici smatraju da upravo vrijednost i raspon životnih značajki definira funkcioniranje travnjačkog ekosustava bolje od bogatstva vrsta (Tilman i sur 1997, Lepš i sur. 2006, Cadotte i sur 2009, Van't Veen i sur. 2020).

### 1.3. Florističke analize

#### 1.3.1. Životne značajke i funkcionalna raznolikost

Nedostatak podjele biljaka prema taksonomskim kategorijama je variranje pojedine vrste u zajednici u njezinom odgovoru i utjecaju na procese u ekosustavu (Diaz i Cabido 2001). Da bi informacija o odgovoru biljaka na ekološke čimbenike bila jasnija koristi se podjela prema životnim značajkama (Lavorel i Garnier 2002). Životne značajke odnose se na morfološka, fiziološka i fenološka svojstva biljaka, a mjere se na razini stanice, organa ili cijelog organizma (Violle i sur. 2007). Razvijaju se kao prilagodba na okolišne varijable, a svojom sposobnošću da prihvate i zadrže resurse koje pruža ekosustav biljkama omogućuju uspješno preživljavanje i reprodukciju. Životne značajke pojedine svojte jesu slične, ali variraju ovisno o okolišnim uvjetima pa služe kao indikatori stanja u ekosustavu, npr. površina lista i visina biljke pokazatelji su sposobnosti biljke da konkurira za dostupnu svjetlost (Lepš i sur. 2006). Dakle, poznavajući životne značajke biljaka moguće je prepoznati, ali i predvidjeti lokalne, regionalne i globalne odnose između vegetacije i okoliša u kojem se ona nalazi. Praćenjem promjena životnih značajki moguće je pratiti i kvantificirati prirodne i antropogene procese koji se odvijaju u ekosustavu kao što su promjene u bioraznolikosti, biogeokemijskim procesima, utjecaj invazivnih svojti, poremećaja, upotrebe zemljišta i atmosferskih promjena (Pérez-Harguindeguy i sur. 2013).

Funkcionalna raznolikost odnosi se na raspon i vrijednost životnih značajki. Od velike je ekološke važnosti jer je jedna od komponenata bioraznolikosti i kao takva utječe na ravnotežu nutrijenata u tlu, otpornost vegetacije, te dinamiku, stabilnost i produktivnost ekosustava. U slučaju fluktuacija i poremećaja na staništu, velika funkcionalna raznolikost povećava stabilnost ekosustava jer veći broj svojti s različitim životnim značajkama različito odgovara na promijenjene uvjete u okolišu (Tilman 2001). Veći broj svojti osigurava veći raspon funkcionalnih značajki, čime je korištenje resursa učinkovitije, a stabilnost ekosustava bolja (Diaz i Cabido 2001). Međutim, funkcionalna raznolikost zajednice ne raste nužno povećavanjem broja svojti jer ona ovisi i o sastavu, odnosno zastupljenosti svojti koje čine zajednicu pa je ponekad zajednica s malim brojem svojti, a većom varijacijom životnih značajki dovoljna za održavanje ekosustava funkcionalnim (Diaz i Cabido 2001, De Bello i sur. 2006). Sastavne svojte koje čine neku biljnu zajednicu mogu biti dominante, podređene ili prolazne. U zajednicama s velikim brojem svojti većina biljne biomase sastoji se od malog broja dominantnih svojti koje najviše ulažu u primarnu

proizvodnju ekosustava te čije životne značajke i funkcionalna raznolikost nadjačavaju učinke brojnijih podređenih ili prolaznih svojti (Grime 1998).

Izbor funkcionalnih značajki koje se uzimaju u obzir za analizu podataka ovisi o cilju istraživanja. Kod proučavanja mehanizama koji utječu na preživljavanje i reprodukciju biljaka u zajednici ključno je koristiti prikladne značajke koje reflektiraju odgovor biljaka na okolišne čimbenike (Lepš i sur. 2006). Najbitnijim značajkama koje opisuju osnovne životne procese biljaka smatraju se visina biljke, masa sjemenke, površina lista (SLA – eng. *specific leaf area*) i sadržaj suhe tvari lista (LDMC – eng. *leaf dry matter content*) (Pérez-Harguindeguy i sur. 2013). U teoriji je moguće mjeriti životne značajke samo najčešćih svojti, ukoliko je njihova pokrovnost veća od 80%, međutim, neke rijetke svojte mogu imati ekstremne vrijednosti životnih značajki što bi značajno utjecalo na konačni indeks funkcionalne raznolikosti (FD indeks). Ukoliko je moguće, u izračun bi trebalo uključiti mjere životnih značajki svih prisutnih svojti jer što je više podataka dostupno, to će indeksi funkcionalne raznolikosti vjernije odražavati vrijednosti zajednice (Pakeman 2014).

Informacije o životnim značajkama sada su dostupne u digitalnim bazama podataka kao što su LEDA (eng. *Life-history traits of the Northwest European flora; a database*) (Kleyer i sur. 2008) i TRY (Kattge i sur. 2011). Podaci dostupni u tim bazama ne poklapaju se uvijek sa značajkama izmjenjenim na licu mjesta jer se životne značajke mijenjaju ovisno o okolišnim čimbenicima koji djeluju na biljke. Problem varijabilnih životnih značajki i nedostatka podataka o rijetkim svojtima mogao bi se riješiti fokusiranjem na nepromjenjive osobine ili na samo mali broj značajki, ali u svakom slučaju treba imati na umu potencijalnu grešku u konačnom izračunu. Za svojte koje tvore bogate travnjake često je nemoguće pronaći sve podatke pa u tom slučaju funkcionalnu raznolikost treba računati na razini manjih uzorkovanih jedinica, a ne čitavih lokaliteta (Pakeman 2014).

### 1.3.2. Frekvencija svojti

Tri su načina kvantificiranja udjela svojti u zajednici: računanje gustoće populacije brojanjem individualnih jedinki, biomasa i frekvencija (Lepš i sur. 2006). Frekvencija svojti definirana je kao broj kvadrata u kojima se neka svojta pojavljuje u odnosu na ukupni broj istraživanih kvadrata (Alhamad 2006). Osim za prikazivanje učestalosti pojavljivanja unutar zajednice, frekvencija

svojt koristi se i za otkrivanje prostornih distribucija svojti, procjenu pokrovnosti te potencijalne međusobne povezanosti najčešćih svojti (Alhamad 2006, Lepš i sur. 2006).

### 1.3.3. Spektar životnih oblika

Životni oblici skup su prilagodbi biljaka na karakteristične ekološke uvjete. Prvu podjelu biljaka prema životnim oblicima napravio je njemački prirodoslovac i istraživač Alexander von Humbolt početkom 19. stoljeća. Danas se najviše upotrebljava klasifikacija danskog botaničara Christena Christensena Raunkiaera koju je predložio 1934. g. On je predložio podjelu na temelju položaja vegetativnih pupova pomoću kojih biljke preživljavaju nepovoljne uvjete. Nepovoljni uvjeti kod biljaka odnose se na zimu u hladnim i umjerenim područjima te sušu u toplim područjima (Horvat 1949). Životne oblike podijelio je na pet glavnih kategorija i tri potkategorije:

1. Fanerofiti – drvenaste ili grmolike trajnice više od 5 m koje nepovoljne uvjete preživljavaju pupovima na visini većoj od 25 cm od površine tla. Toj skupini pripada većina drveća i grmlja. Pupovi su zaštićeni samo ovojnim listićima i nisu prilagođeni na ekstremne vremenske uvjete kao što su hladnoća i suša.
2. Hamefiti – drvenaste ili zeljaste trajnice koje nepovoljne uvjete preživljavaju pupovima na visini ispod 25 cm od površine tla. Skupini hamefita većinom pripadaju niski grmovi. Pupovi su zaštićeni ljuskama, odumrlim dijelovima biljke ili, u hladnijim krajevima, snijegom. Dobro su prilagođeni na ekstremnu hladnoću i sušu.
3. Hemikriptofiti – biljke trajnice koje nepovoljne uvjete preživljavaju pupovima koji su u razini tla, neposredno ispod tla ili iznad tla. Pupovi su zaštićeni tlom, snijegom, odumrlim dijelovima biljke poput otpalih listova, busenima ili rozetama.
4. Kriptofiti – biljke trajnice koje nepovoljne uvjete preživljavaju pomoću sakrivenih pupova ili organa za preživljavanje koji se nalaze u nekom mediju.

Prema tipu medija kriptofiti mogu biti:

- 4.1. Geofiti – nepovoljne uvjete preživljavaju pomoću u tlu zakopanog korijena, rizoma, lukovice ili gomolja.
- 4.2. Helofiti – nepovoljne uvjete preživljavaju zakapanjem organa za preživljavanje u mulju močvara, dok izdanak najvećim dijelom ostaje iznad vode.

- 4.3. Hidrofiti – trajnice kod kojih se organi za preživljavanje nalaze na dnu vodenih sustava, stabljika je većim dijelom u vodi, listovi su na površini vode ili ispod vode, a cvjetovi su iznad vode.
5. Terofiti – jednogodišnje zeljaste biljke koje nepovoljne uvjete preživljavaju u obliku sjemenke ili spore.

Životni oblici dobar su pokazatelj ekoloških uvjeta na nekom području jer pokazuju prilagodbe flore na klimatske karakteristike područja, npr. dominacija terofita u ukupnoj flori područja ukazuje na sušnu i mediteransku klimu, a dominacija hemikriptofita na klimu umjerenog područja. Također, svojom dominacijom na nekom području pružaju informaciju o tipu staništa, npr. dominacija fanerofita u ukupnoj flori područja ukazuje na šumsku vegetaciju, a dominacija hidrofita ukazuje na vodenu vegetaciju.

#### 1.3.4. Florni elementi

Florni elementi skupine su biljnih svojiti nekog područja podijeljene prema određenim kriterijima, npr. prema zajedničkom podrijetlu (geoelementi), prema geografskoj pripadnosti (geoelementi), prema vremenu nastanka (kronoelementi), prema smjeru koloniziranja područja (migroelementi), prema pripadnosti biljnim zajednicama (cenoeelementi) i prema sličnim ekološkim zahtjevima (ekoelementi). Flora nekog područja može se prikazati spektrom flornih elemenata, tzv. korološkom analizom, na temelju čega se može odrediti pripadnost geobotaničkom području.

Nazivi flornih elemenata preuzeti su iz Horvatić (1963) i Horvatić i sur. (1968) i podijeljeni su u dvanaest glavnih kategorija:

1. mediteranski florni element
2. ilirsko-balkanski florni element
3. južnoeuropski florni element
4. atlantski florni element
5. istočnoeuropsko-pontski florni element
6. jugoistočno-europski florni element
7. srednjoeuropski florni element

8. europski florni element
9. euroazijski florni element
10. cirkumholarktički florni element
11. biljke širokog rasprostranjenja (kozmpolitske)
12. kultivirane i adventivne biljke

#### 1.3.5. Podrijetlo svojti

Florni sastav nekog područja rezultat je složenih i dugotrajnih geoloških, bioloških i antropogenih procesa na Zemlji. Prisustvo svojti na nekom području prije dolaska čovjeka bilo je uvjetovano isključivo prirodnim čimbenicima. Svojte koje sada naseljavaju takva područja smatraju se prirodno rasprostranjenim svojtama i nazivaju se autohtonima. S migracijama ljudi i biljke su počele migrirati. Bilo namjerno ili slučajno, čovjek je proširio svojte na područja gdje nikada nisu bile prirodno rasprostranjene. Takve biljke nazivaju se alohtonima. Alohtone biljke dijele se s obzirom na razdoblje kada su unesene na arheofite i neofite. Arheofiti su alohtone biljke unesene prije otkrića Amerike, odnosno prije 1500. godine; a neofiti su alohtone biljke unesene nakon 1500. godine. Neke se alohtone svojte na novonaseljenom području nekontrolirano šire i ugrožavaju autohtonu vegetaciju. Takve se svojte nazivaju invazivnima. Invazivne svojte najčešće naseljavaju staništa koja zbog antropogenog utjecaja imaju poremećenu bioraznolikost i uvjete u okolišu. Prirodna i netaknuta staništa s očuvanim sastavom vrsta stabilnija su pa je i vjerojatnost invazije stranom vrstom mnogo manja (Nikolić i sur. 2014).

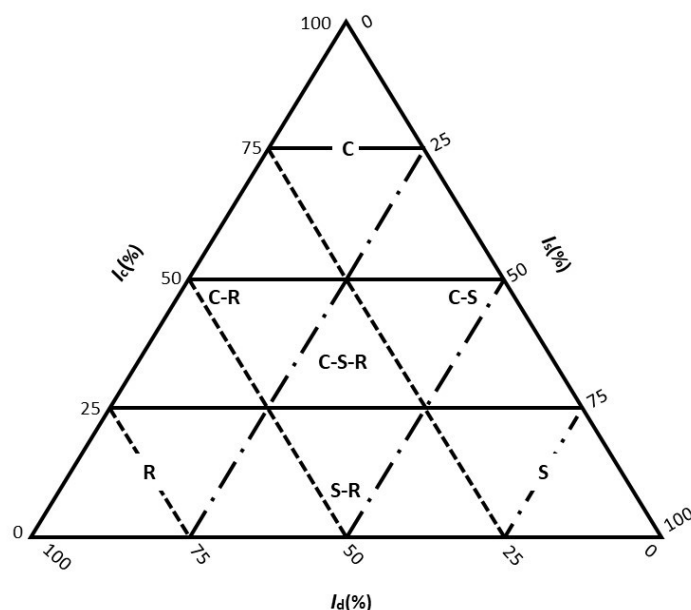
#### 1.3.6. CSR strategije biljaka

Podjelu biljaka prema njihovim životnim strategijama predložio je britanski ekolog John Philip Grime 1979. godine u svojoj knjizi *Plant strategies and vegetation processes* (Grime 1979). Predstavio je teoriju prema kojoj se svi vanjski čimbenici koji ograničavaju količinu prisutnog živog i mrtvog biljnog materijala na bilo kojem staništu mogu podijeliti u dvije kategorije: stres i poremećaj (Hodgson i sur. 1999). Pod stresom Grime podrazumijeva čimbenike koji ograničavaju sposobnost biljaka da pretvaraju energiju u biomasu kao npr. preniska ili previsoka temperatura

zraka, nedostatak ili višak vode, hranjivih tvari u tlu ili sunčeve svjetlosti (Wang i sur. 2019). Poremećaj predstavlja one čimbenike koji uništavaju biljnu biomasu kao npr. patogeni, biljojedi, vatra, smrzavanje, vjetar, erozija tla, gaženje, košnja. Stres i poremećaj mogu biti prisutni u bilo kojoj kombinaciji, a prisutni istovremeno na nekom staništu u vrlo velikom intenzitetu ne podržavaju život biljaka (Hodgson i sur. 1999).

Grime je na temelju prilagođenosti biljaka na navedene čimbenike podijelio biljke u tri osnovne kategorije: kompetitivne (C), stres-tolerantne (S) i ruderalne (R). Kompetitivne biljke najbolje uspijevaju u područjima velike produktivnosti s niskim intenzitetom stresa i poremećaja te su konkurentne drugim vrstama na staništu jer su morfološki prilagođene da najbolje iskorištavaju raspoložive resurse. Takve biljke su višegodišnje biljke, grmlje i drveće. Stres-tolerantne biljke najbolje uspijevaju u neproduktivnim područjima u uvjetima visokog stresa i malih poremećaja, a najčešće nastanjuju staništa s ekstremnim uvjetima poput kiselih tala, zasjenjenih staništa i sl. Takve biljke su sporo rastuće i niske, zimzelene i rijetko cvjetaju. Ruderalne biljke podnose poremećaje, ali ne i konstantno prisutni stres pa su to često kolonizatori staništa s poremećenim uvjetima. Takve biljke su jednogodišnje, brzo rastu i cvjetaju te stvaraju velike količine sjemenki koje mogu proklijati veoma brzo (Hodgson i sur. 1999).

Osim te tri osnovne kategorije utvrđeno je i četiri međutipa ili sekundarne strategije koje odgovaraju različitim kombinacijama i intenzitetima stresa i poremećaja na staništu. To su kompetitivno-ruderalne biljke (CR), stres-tolerantni kompetitori (CS), stres-tolerantno ruderalne biljke (SR) i CSR (Slika 1). Biljne svojte se u kategorije i potkategorije svrstavaju na temelju određenih svojstava, poput morfoloških karakteristika ili dužine vegetacijske sezone (Hodgson i sur. 1999).



Slika 1. Grafički prikaz CSR strategija (tzv. CSR trokut) u ovisnosti o intenzitetu čimbenika stresa i poremećaja u okolišu.  $I_c$  = relativna važnost kompeticije (—),  $I_s$  = relativna važnost stresa (---),  $I_d$  = relativna važnost poremećaja (-.-.-) (prilagođeno prema Grime (1979)).

CSR sustav temelji se na utjecaju okolišnih čimbenika na biljni svijet pa prisutnost određene strategije može mnogo reći o samom stanju ekosustava, npr. povećana brojnost C tipa vrsta na staništu može se povezati s napuštanjem antropogeno održavanih staništa i s povećanom produktivnosti staništa, S tipa s povećanom eutrofikacijom, a R tipa s učestalijim poremećajima na staništu (Bonser i Reader 1995, Hodgson i sur. 1999).

#### 1.3.7. Ekološke indikatorske vrijednosti

Sustav ekoloških indikatorskih vrijednosti napravio je njemački botaničar i ekolog Heinz Ellenberg 1979. godine (Warmelink i sur. 2002). Cilj tog sustava procjena je uvjeta na staništu prema sastavu vrsta kada mjerene vrijednosti okolišnih varijabli nisu dostupne (Chytrý i sur. 2018). Tzv. Ellenbergove indikatorske vrijednosti kvantificiraju povezanost između okoliša i vegetacije, odnosno pružaju informaciju o utjecaju okolišnih parametara (temperaturi, vlazi, nutrijentima i dr.)

na sastav i strukturu biljnih zajednica. Indikatorske vrijednosti koriste se u predviđanju okolišnih uvjeta koji djeluju na neku vegetaciju i obrnuto, u predviđanju sastava vegetacije prema prisutnim okolišnim uvjetima. Svaka svojta u nekoj biljnoj zajednici ima svoj sinekološki optimum koji izražava optimalne ekološke zahtjeve koje ta svojta ima u kompeticiji s drugim svojtima. Indikatorske vrijednosti izražavaju sinekološki optimum neke svojte u odnosu na okolišne parametre, a variraju na skali od nula do dvanaest. Za slanost se skala pruža od nula do devet; za temperaturu, svjetlo, kontinentalnost, reakciju tla i hranjivost tla od jedan do devet; a za vlažnost od jedan do dvanaest. Dakle, u slučaju Ellenbergovih indikatorskih vrijednosti, vegetacija je ta koja pruža informaciju o okolišnim parametrima (Warmelink i sur. 2002).

Prednosti takvog sustava su reproducibilnost i mogućnost modifikacije vrijednosti, a nedostaci su to što se vrijednosti ne donose na temelju mjerenih podataka, već su bazirane na tuđem poznavanju okolišnih uvjeta koje biljne svojte preferiraju i što se mjerljive veličine pretvaraju u apstraktne (npr. reakcija tla ili koncentracija nutrijenata). Zbog nemogućnosti prevođenja podataka iz apstraktnih u mjerene konačni modeli često su nepouzdati pa je potrebno uvesti kalibraciju vrijednosti pomoću podataka izmjerenih na terenu za specifičnu vegetaciju (Warmelink i sur. 2002).

Ellenberg je 1979. i 1991. razvio svoj sustav za Središnju Europu (Warmelink i sur. 2002). Međutim, indikatorske vrijednosti često nisu iste kod različitih autora. Osim zato jer su procijenjene subjektivno, njihove vrijednosti variraju i ovisno o geografskom području. Različite populacije iste vrste mogu se razlikovati na genskoj razini, a to može rezultirati različitim morfološkim, fiziološkim ili fenološkim odgovorima na uvjete u okolišu. Razlike u dostupnosti pogodnog staništa različito utječu na sposobnost kompeticije svojti pri čemu se mijenjaju i njihovi ekološki optimumi (Chytrý i sur. 2018). Kako bi indikatorske vrijednosti odražavale specifičnu ekologiju područja i druge Europske države su razvile svoje vlastite indikatorske vrijednosti: Tsyganov (1983) za Rusiju, Bohridi (1995) za Mađarsku, Zarzycki i sur. (2002) za Poljsku, Hill i sur. (2004) za Veliku Britaniju, Pignatti i sur. (2005) za Italiju, Landolt i sur. (2010) za Švicarsku i Didukh (2011) za Ukrajinu.

## 2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog istraživanja je kvantitativnom analizom odnosa biljne biomase i funkcionalne raznolikosti s brojem vrsta utvrditi povezanost produktivnosti i funkcionalne raznolikosti s bioraznolikošću travnjaka te pomoću izračunate frekvencije vrsta, spektra životnih oblika i flornih elemenata, CSR-strategija te ekoloških indikatorskih vrijednosti odrediti florističke značajke istraživane vegetacije.

### 3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

#### 3.1. Zemljopisni položaj i opće značajke

Grad Zagreb (administrativna jedinica na razini županije) nalazi se u jugozapadnom dijelu Panonske makroregije, na području dodira panonske, dinarske i alpske prirodno geografske cjeline (Anonymus 2018). Nalazi se u sjeverozapadnom dijelu Hrvatske te graniči s Krapinsko-zagorskom i Zagrebačkom županijom (Slika 2). Površina administrativnog područja grada iznosi 64135 ha. Grad Zagreb okružen je Samoborskim gorjem na zapadu, Medvednicom na sjeveru i Vukomeričkim goricama na jugu (Anonymus 2008). Između Medvednice i Vukomeričkih gorica nalazi se aluvijalna nizina rijeke Save. Duljina toka Save koji prolazi kroz Zagreb iznosi oko 30 km. Na zapadnom rubu u Savu se ulijeva rijeka Krapina, a s Medvednice u Savu utječe 69 potoka. Od vodnih tijela Zagreb ima još deset jezera i tri skupine jezera. Jedne od najomiljenijih površina za odmor i rekreaciju su umjetno stvorena jezera Bundek, Jarun i skupina jezera Savica (Anonymus 2018).



Slika 2. Položaj Grada Zagreba (crveno obojani poligon) u Republici Hrvatskoj.

Iako okruženo brdima i brežuljcima, područjem Grada Zagreba prevladava dolinski reljef nizine rijeke Save. Nizinski teren nadmorske visine do 200 m čini 71.9% površine grada, a uključuje i centar Zagreba koji se nalazi na 122 m n. v (Anonymus 2008, Anonymus 2018). Najniža točka u Gradu Zagrebu iznosi 106 m, a izmjerena je na istoku kod Dumovca, blizu Sesveta. 22.9% grada zauzima brdoviti reljef Medvednice do 500 m n. v., a samo 5.2% površine grada zauzima gorski reljef. Planinski reljef podrazumijeva visine iznad 1000 m n. v. i njegova je zastupljenost najmanja te iznosi samo 4.6 ha (Anonymus 2008). Unutar te male površine nalazi se Sljeme, vrh Medvednice, čija je nadmorska visina 1035 m (Anonymus 2018).

Najveći dio Medvednice sastoji se od škriljevaca, mekih vapnenaca, brusilovca i kremenih pješčenjaka paleozojske starosti te tvrdih vapnenaca mezozojske starosti (Anonymus 2008). Zbog velikog udjela propusnih vapnenaca česte su špilje i ponori (Vlahović 2017). Niži obronci Medvednice koji se nalaze na području grada izgrađeni su od tercijarnih lapora. Još niži obronci izgrađeni su od ilovina pleistocenske starosti, a spuštanjem prema dolini rijeke Save prelaze u pleistocensku terasu. Konačno, u samoj dolini rijeke Save dominiraju holocenske šljunkovito-pjeskovite, ilovaste i glinaste naslage (Anonymus 2008).

U Hrvatskoj razlikujemo pet tipova klime prema W. Köppenu: Csa, Csb, Cfa, Cfb i Df. Najveći dio Hrvatske, uključujući i Grad Zagreb, ima Cfb klimu. To je umjereno topla vlažna klima s razmjerno blagom zimom, toplim ljetom i bez izrazito suhog razdoblja. Srednja temperatura zraka najhladnijeg mjeseca nije niža od -3°C, a srednja temperatura zraka najtoplijeg mjeseca niža je od 22°C. Maksimalne količine oborina javljaju se na početku toplog dijela godine i tijekom kasne jeseni (Šegota i Filipčić 2003). Zbog položaja Zagreba u podnožju Medvednice njegovi temperaturni prosjeci prilično variraju pa je tako središnja godišnja temperatura zraka u gradu, odnosno u podnožju Medvednice 11.4°C, dok je na Medvednici 6.2°C. Godišnja količina oborina u gradu znatno je manja nego na Medvednici i iznosi 844 mm, dok je na najvišem vrhu Medvednice izmjereno 1238 mm (Nikolić i Kovačić 2008).

### 3.2. Vegetacija istraživnog područja

Klimazonalna vegetacija cijelog sjeverozapadnog dijela Hrvatske je šuma, međutim zbog dobivanja pašnjaka i obradivih površina sada šuma čini samo trećinu površine tog područja. Šume prevladavaju u gorskom području gdje zbog terena nije bio moguć razvoj poljoprivrede. Najveće površine prekriva listopadna šuma hrasta kitnjaka i običnog graba (*As. Epimedio-Carpinetum betuli*) koja raste na obroncima od 150-450 m n. v. Na višim položajima od 400 do 800 m n. v. karakteristične su brdske šume bukve s velikom mrtvom koprivom (*As. Lamio orvalae-Fagetum*), a na južnim termofilnim obroncima zajednice šume s crnim grabom i hrastom meduncem (*As. Orno-Quercetum pubescentis*) te šume hrasta kitnjaka s crnim grahorom (*As. Lathyro-Quercetum petraeae*). Na kiselim i ispranim tlima rastu azonalne šume bukve s bjelkastom bekicom (*As. Luzulo-Fagetum*) te mješovite šume hrasta kitnjaka i pitomog kestena (*As. Querco-Castanetum*). Niža područja karakteriziraju šume hrasta lužnjaka i običnog graba (*As. Carpino betuli-Quercetum roboris*), hrasta lužnjaka s velikom žutilovkom (*As. Genisto elatae-Quercetum roboris*) te šume crne johe s blijedožućkastim šašem (*As. Carici brizoidis-Alnetum glutinosae*). Male površine na vlažnim staništima zauzimaju zajednice vrba i topola. Rubove puteva, šumske rubove i zapuštena mjesta karakteriziraju šikare reda *Prunetalia spinosae* (Alegro 2000, Stančić 2000, Nikolić 2020).

Antropogena vegetacija sjeverozapadne Hrvatske uključuje poljoprivredne površine kao što su npr. voćnjaci, vinogradi i mozaici nešumskih staništa, na obrađenim površinama česte su korovne zajednice, a uz izgrađena područja ruderalna vegetacija (Stanić 2000, Bardi i sur. 2016).

Travnjačke zajednice zauzimaju trećinu područja sjeverozapadne Hrvatske, a koriste se kao livade košalice i za ispašu. Razred *Festuco-Brometea* razvija se samo na suhim brdskim bazofilnim travnjacima. Većinu travnjaka na srednjoj do niskoj nadmorskoj visini, uz vodotoke i na većinom vlažnim tlima čine zajednice razreda higrofilnih i mezofilnih travnjaka razreda *Molinio-Arrhenatheretea* koji tvore vegetaciju tzv. travnjaka i visokih zeleni na dubokim tlima (Stanić 2000, Škvorc i sur. 2017, Nikolić 2020).

Unutar razreda *Molinio-Arrhenatheretea* u sjeverozapadnoj Hrvatskoj razlikuju se tri reda: vlažne livade srednje Europe (*Molinietalia*); mezofilne livade srednje Europe (*Arrhenatheretalia*) te vlažni, nitrofilni travnjaci i pašnjaci (*Agrostietalia stoloniferae*). Travnjaci iz redova *Molinietalia* i *Agrostietalia stoloniferae* slabo su zastupljeni, a zbog napuštanja poljoprivrede i sve

rjeđi. Najzastupljeniji su travnjaci iz reda *Arrhenatheretalia* koji se u Hrvatskoj nalaze na jugoistočnoj granici rasprostranjenosti. Zajednice tog reda najkvalitetnije su livade košanice. Najbolje uspijevaju na vlažnim područjima od nizinskog do gorskog vegetacijskog pojasa klimazonalne vegetacije reda *Fagetalia*. Izvan toga područja najbolje opstaju ukoliko su redovito gnojene i košene dva do tri puta godišnje (Stančić 2000, Nikolić 2020).

Sveze reda *Arrhenatheretalia* u Hrvatskoj su umjereno vlažne livade (*Cynosurion*), mezofilne livade košanice Srednje Europe (*Arrhenatherion elatioris*) i srednjoeuropske brdske košanice (*Trisetum-Arrhenatherion*). Međutim, Stančić (2000) u svojoj disertaciji ne navodi prisutnost sveze *Trisetum-Arrhenatherion* u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. Od livada sveze *Cynosurion* navela je samo asocijaciju ljulja i trave krestac (*Lolio-Cynosuretum*) koju karakteriziraju svojite *Cynosurus cristatus* L., *Lolium perenne* L. i *Trifolium repens* L. (Nikolić 2020).

Asocijaciju grozdastog ovsika i trave krestac (*Bromo-Cynosuretum*), koja prema Flora Croatica Database bazi podataka pripada svezi *Cynosurion*, Stančić (2000) je uvrstila u svezu *Arrhenatherion elatioris*. U toj asocijaciji ističu se svojite *Bromus racemosus* L., *Cynosurus cristatus* L., *Ophioglossum vulgatum* L. i *Trifolium patens* Schreb. Od deset asocijacija sveze *Arrhenatherion elatioris* Stančić (2000) je navela asocijacije srednjoeuropske livade rane pahovke (*Arrhenatheretum elatioris*), livade zečjeg trna i rane pahovke (*Ononido-Arrhenatheretum*), livade crvene vlasulje i obične rosulje (*Festuco-Agrostetum*) te livade višecvjetnog ljulja (*Lolietum multiflorae*) (Nikolić 2020).

Asocijacija *Arrhenatheretum elatioris* najvažnija je livada košanica atlantskog dijela Srednje Europe, razvija se izvan dohvata poplavnih voda, a karakteriziraju ju svojite *Arrhenatherum elatius* (L.) J. Presl et C. Presl, *Crepis biennis* L., *Galium mollugo* L., *Knautia arvensis* (L.) Coult., *Trisetum flavescens* (L.) P. Beauv. i *Tragopogon pratensis* L. Asocijaciju *Ononido-Arrhenatheretum* karakterizira vrsta *Ononis arvensis* L., a od livada rane pahovke razlikuje se prisutnošću svojiti *Cirsium canum* (L.) All., *Moenchia mantica* (L.) Bartl. i *Trifolium patens* Schreb. Asocijacija *Festuco-Agrostetum* karakteristična je za umjereno kisela brdska i gorska područja, a svojite koje se ističu su *Agrostis capillaris* L., *Stellaria graminea* L. i *Trifolium campestre* Schreb. Livade asocijacije *Lolietum multiflorae* koriste se za uzgoj hrane za stoku pa se češće kose (četiri do šest puta godišnje) i gnoje. Takve površine daju veliku količinu biomase, ali su siromašne vrstama. Vrsta koja dominira takvim sastojinama je *Lolium multiflorum* Lam., a česte su i *Poa*

*trivialis* L. *Ranunculus acris* L. *Taraxacum officinale* F. H. Wigg. i *Trifolium repens* L. (Stančić 2000, Nikolić 2020)

Kao i u ostatku sjeverozapadne Hrvatske šumska vegetacija u Gradu Zagrebu prevladava u gorskom i brdskom području, dakle na sjeveru na Medvednici i krajnjem jugu grada na Vukomeričkim goricama. Središtem grada dominira ruderalna i korovna vegetacija, a ravničarskim prostorom između gorja i gradskih površina dominiraju poljoprivredne parcele s kultiviranim biljkama i travnjačkom vegetacijom. Prema Izvješću o stanju u prostoru Grada Zagreba za razdoblje 2013.-2016. poljodjelska područja zauzimaju 38.2% zemljišnog pokrova Grada Zagreba, šume 32.4%, a umjetne ili izgrađene površine 28.3%. Unutar cjeline „poljodjelska područja“ najveći udio čini kompleks kultiviranih površina (24.1%), a tek manji udio imaju pretežno poljodjelska područja s prirodnom vegetacijom (8.5%), pašnjaci (3.9%,) i nenavodnjavana obradiva zemljišta (1.6%) (Anonymus 2018). Međutim, navedeni podaci dobiveni su na temelju CORINE (eng. *coordination of information on the environment*) baze podataka koja se oslanja na intuitivnu procjenu interpretatora tijekom izrade karte staništa, a ne na temelju terenskog kartiranja. Zbog moguće greške u interpretaciji i zbog ograničenja mjerila (minimalni obuhvat jediničnih poligona je 25 ha) dobivene podatke treba uzeti s rezervom i tretirati ih samo kao procjenu.

## 4. MATERIJALI I METODE

### 4.1. Prikupljanje, sušenje i određivanje biljnog materijala

Istraživanje sam provela na vrhuncu vegetacijske sezone u lipnju i srpnju 2020. godine na osam različitih lokaliteta unutar područja Grada Zagreba (Slika 3 i Tablica 1). Kriteriji odabira lokaliteta bili su: prisutnost travnjačke vegetacije, površina travnjaka između 25 i 100 m<sup>2</sup> te optimalni razvoj vegetacije. Po lokalitetu sam nasumično odabrala dva kvadrata površine od 1 m<sup>2</sup>. Svaki kvadrat podijelila sam na četiri jednaka manja kvadrata od 0.25 m<sup>2</sup> te sakupljala biomasu unutar dva dijagonalno postavljena manja kvadrata (Slika 4). Biomasu sam, dakle, sakupljala na ukupno 0.5 m<sup>2</sup> radi malog kapaciteta sušionika u laboratoriju. Biomasu sam sakupljala izrezivanjem vegetacije iznad tla vrtlarskim škarama te ju skladištila u papirnatim vrećama dimenzija 49x72 cm. Biomasu sam vagala zajedno s vrećom prije i nakon sušenja. Sušenje sam provela u sušioniku na temperaturi od 70°C u trajanju od 72 sata. Od izmjerene ukupne mase oduzela sam izračunatu srednju masu praznih veća.

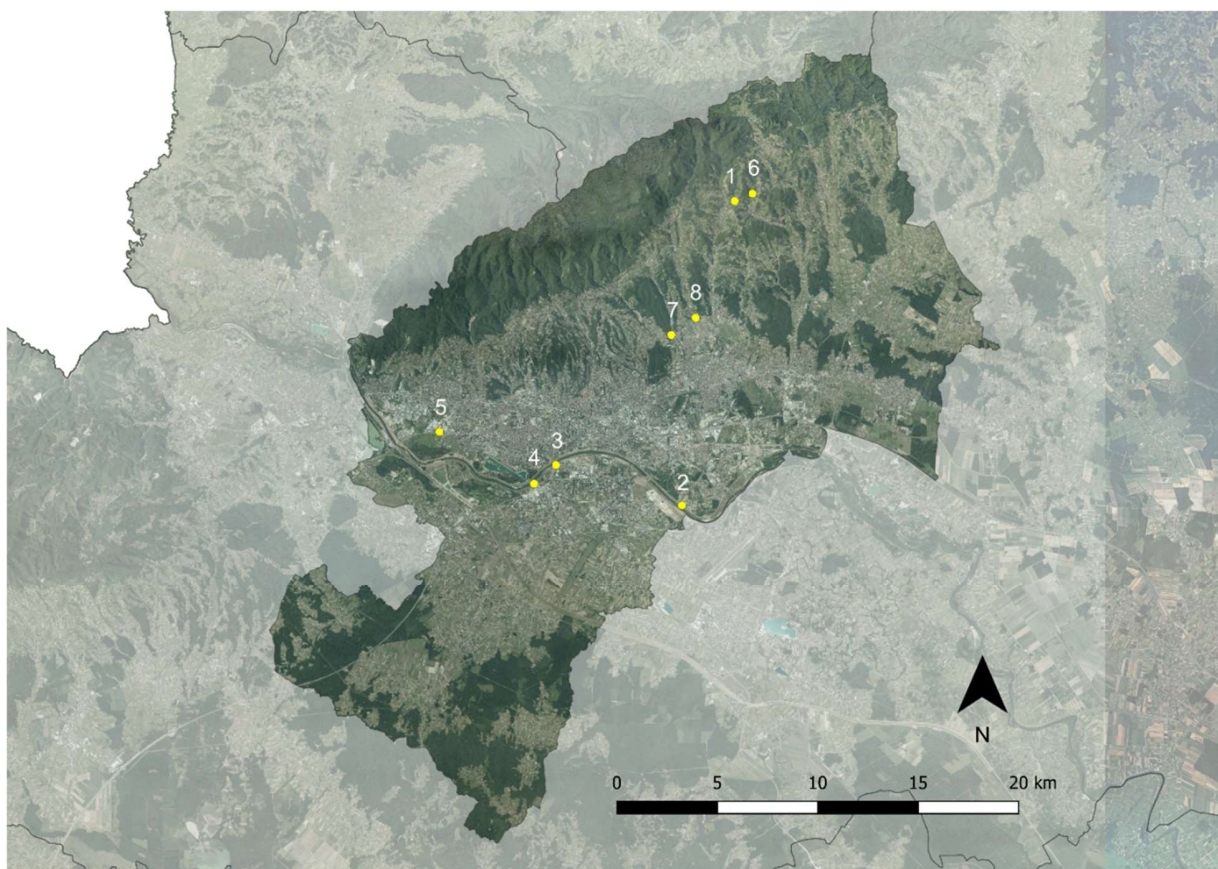
Popisala sam sve svojite prisutne na lokalitetu unutar kvadrata i izvan kvadrata. Broj svojiti unutar kvadrata izražen je kao broj svojiti po plohi. Broj svojiti unutar oba kvadrata jednog lokaliteta i izvan kvadrata, ali unutar postojeće travnjačke vegetacije izražen je kao broj svojiti na lokalitetu. Dio svojiti odredila sam na terenu, a dio sam sakupila, isprešala i osušila te odredila naknadno. Da ne bi dovela do smanjenja konačnog izmjerenog iznosa biomase, jedinice koje sam naknadno određivala uzimala sam ili unutar kvadrata s manjih kvadrata čiju biomasu nisam sakupljala ili s područja koje je okruživalo proučavani kvadrat. Za određivanje biljnih svojiti koristila sam standardne determinacijske ključeve i ikonografije (Jávorka i Csapody (1991), Domac (2002), Eggenberg i Möhl (2007), Rothmaler i Jäger (2007), Nikolić (2019)). Nomenklaturu i sistematiku svojiti uskladila sam s bazom podataka Flora Croatica Database (Nikolić 2020). Podatke o statusu zaštićenosti preuzela sam iz Pravilnika o strogo zaštićenim vrstama (Anonymous 2013), a status ugroženosti dodijeljen je prema IUCN (*International Union for Conservation of Nature*) kategorijama ugroženosti (Nikolić i Topić 2005).

Na temelju zabilježenih svojiti odredila sam vegetacijski tip prema Stančić (2000) i Nikolić (2020).

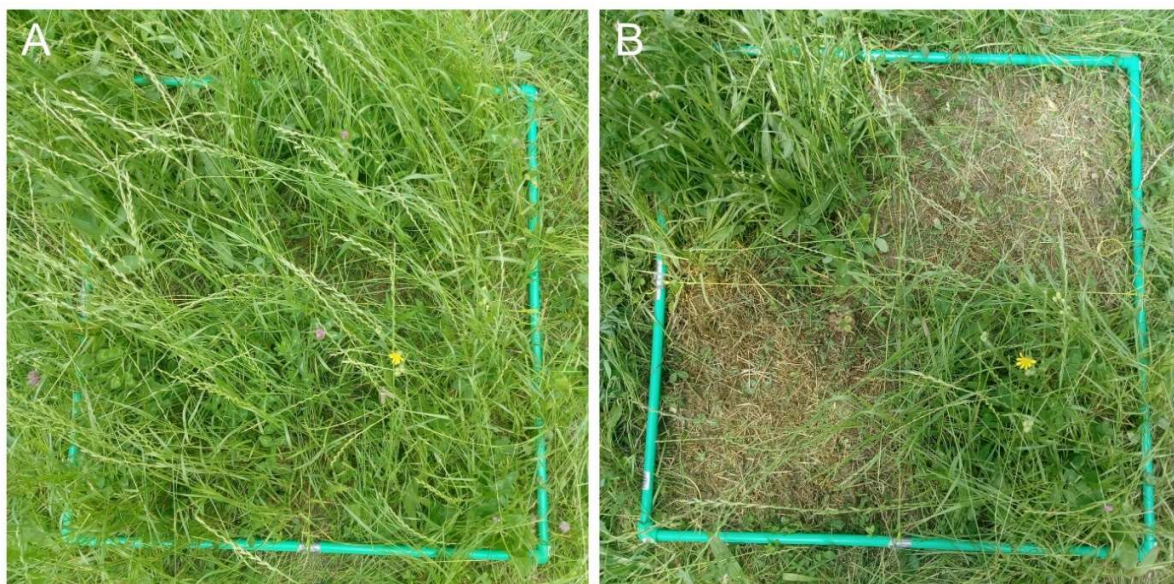
Zbog nemogućnosti pridruživanja jedinstvenih florističkih podataka u analize nisam uključila svoje određene na razini roda.

Tablica 1. Popis lokaliteta koje sam istraživala u ovom radu s pripadajućim oznakama, koordinatama središta lokaliteta (HTRS96/TM koordinatni sustav), datumima sakupljanja vegetacije, nadmorskim visinama i kratkim opisom.

| oznaka | koordinate   |              | datum  | nadmorska<br>visina [m] | opis lokaliteta                                                                   |
|--------|--------------|--------------|--------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|        | x koordinata | y koordinata |        |                         |                                                                                   |
| 1      | 466562       | 5084815      | 25. 6. | 365                     | na nagibu, SZ ekspozicija                                                         |
| 2      | 463938       | 5069645      | 2. 6.  | 120                     | sjeverna strana savskog nasipa, u blizini jezera Savica, na nagibu, S ekspozicija |
| 3      | 457669       | 5071654      | 4. 6.  | 120                     | južna strana savskog nasipa, na ravnome                                           |
| 4      | 456580       | 5070719      | 4. 6.  | 120                     | južna strana savskog nasipa, na nagibu, S ekspozicija                             |
| 5      | 451870       | 5073306      | 25. 6. | 120                     | industrijska zona, na ravnome                                                     |
| 6      | 467447       | 5085184      | 25. 6. | 280                     | okruženo šumom, na nagibu, I ekspozicija                                          |
| 7      | 463409       | 5078138      | 2. 7.  | 148                     | na ravnome, pored potoka Štefanovec                                               |
| 8      | 464622       | 5078994      | 2. 7.  | 153                     | na ravnome, zapuštene poljoprivredne površine, pored potoka Trnava                |



Slika 3. Grad Zagreb s označenim istraživanim lokalitetima.



Slika 4. Sakupljanje biomase unutar kvadrata.

A: kvadrat podijeljen na četiri jednaka dijela, B: kvadrat nakon izrezivanja vegetacije.

#### 4.2. Analiza frekvencije svojti

Frekvencije svojti po lokalitetima i plohama izračunala sam prema formulama:

$$\text{Frekvencija svojti po lokalitetima} = \frac{\text{broj lokaliteta u kojima se svojta pojavljuje}}{\text{ukupni broj lokaliteta}} \times 100\%$$

$$\text{Frekvencija svojti po plohama} = \frac{\text{broj ploha u kojima se svojta pojavljuje}}{\text{ukupni broj ploha}} \times 100\%$$

#### 4.3. Analiza životnih oblika

Podatke o životnim oblicima pridružila sam iz Flora Indicativa (Landolt i sur. 2010) i LEDA baze podataka (Kleyer i sur. 2008), a za dvojbene svojte preuzela sam podatke iz Flora Croatica Database (Nikolić 2020) baze podataka. Prilikom analize životnih oblika koristila sam sljedeće oznake:

1. H – hemikriptofiti
2. Ch – hamefiti
3. T – terofiti
4. G – geofiti
5. P – fanerofiti

#### 4.4. Analiza flornih elemenata

Podjela flornih elemenata slijedi Horvatića (1963) i Horvatića i sur. (1968), a podatke sam pridružila iz radova: Milović (2002), Šegulja i sur. (1998) te Zima i sur. (2019). U nastavku su prikazane kratice koje sam koristila u ovom radu.

1. EU – europski florni element
2. CEU – srednjoeuropski florni element
3. SEU – južноеuropski florni element

4. SEEU – jugoistočno-europski florni element
5. EUA – euroazijski florni element
6. CH – cirkumholarktički florni element
7. ME – mediteranski florni element
8. WSP - biljke široke rasprostranjenosti (kozmpolitske)
9. CUAD – kultivirane i adventivne biljke

#### 4.5. Analiza statusa podrijetla svojti

Podatke o podrijetlu svojti preuzela sam iz baza podataka BiolFlor (Klotz i sur. 2002) i Flora Indicativa (Landolt i sur. 2010), a kao izvor za status invazivnosti u Hrvatskoj koristila sam Flora Croatica Database (Nikolić 2020) bazu podataka. Status podrijetla podijeljen je u sljedeće četiri kategorije s pripadajućim oznakama:

1. Au – autohtona svojta
2. Ar – arheofit
3. Ne – neofit
4. In – invazivna strana svojta

#### 4.6. Analiza CSR strategija

Podatke o CSR strategijama pridružila sam iz BiolFlor (Klotz i sur. 2002) i Flora Croatica Database (Nikolić 2020) bazu podataka. Za različite strategije korištene su sljedeće oznake:

1. C – kompetitori
2. S – stres-toleratori
3. R – ruderalna strategija
4. CS – stres-tolerantni kompetitori
5. SR – stres-tolerantna ruderalna strategija
6. CR – kompetitivno ruderalna strategija
7. CSR – kompetitivno-stres-tolerantno-ruderalna strategija

Za svaku plohu izračunala sam prosječne CSR strategije te ih prikazala u dvodimenzionalnom prostoru CSR trokuta pomoću programa C-S-R Signature COMPARATOR from UCPE Sheffield (v1.2) (Hodgson i sur. 1999).

#### 4.7. Analiza ekoloških indikatorskih vrijednosti

Podatke o ekološkim indikatorskim vrijednostima preuzela sam iz Ellenberg i sur. (1992), Bohridi (1995), Pignatti i sur. (2005) i Landolt i sur. (2010) te sam za svaku plohu izračunala najčešću veličinu za sljedeće vrijednosti:

1. L – svjetlost: označava prosječan intenzitet osvjettljenja koji omogućuje rast biljke tijekom vegetacijske sezone
2. M – vlažnost tla: označava prosječnu vlažnost tla koja omogućuje rast biljke tijekom vegetacijske sezone
3. N – hranjivost tla: označava količinu mineralnih tvari koje omogućuju rast biljke tijekom vegetacijske sezone
4. R – reakciju tla: označava pH tla ili sadržaj slobodnih  $H^+$  iona u tlu
5. S – salinitet: označava koncentraciju klorida u području korijena koja omogućuje rast biljke tijekom vegetacijske sezone
6. T – temperaturu: označava prosječnu temperaturu zraka koja omogućuje rast biljke tijekom vegetacijske sezone

#### 4.8. Analiza životnih značajki i funkcionalne raznolikosti

Podatke o životnim značajkama za zabilježene svojte prikupila sam iz LEDA baze podataka (Kleyer i sur. 2008), a odabrane životne značajke prikazane su u tablici 2.

Tablica 2. Pregled životnih značajki koje sam koristila u ovom radu s pripadajućim mjernim jedinicama i definicijama (Pérez-Harguindeguy i sur. 2013).

| životna značajka                | mjerna jedinica                  | definicija                                                                 |
|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| masa sjemenke                   | mg                               | masa osušene prosječne sjemenke neke vrste                                 |
| sadržaj suhe tvari lista (LDMC) | mg g <sup>-1</sup>               | masa osušenog lista podijeljena s masom lista zasićenog vodom              |
| specifična površina lista (SLA) | mm <sup>2</sup> mg <sup>-1</sup> | površina jedne strane svježeg lista podijeljena s masom osušenog lista     |
| visina biljke                   | m                                | najkraća udaljenost između gornje granice fotosintetizirajućeg tkiva i tla |

Distribuiranost vrijednosti životnih značajki na lokalitetima i plohama testirala sam u računalnom programu Statistica (Hill i Lewicki 2007). Ukoliko podaci nisu bili normalno distribuirani provela sam logaritamsku transformaciju po bazi deset. Transformacija je bila moguća zato što su podaci o odabranim životnim značajkama pozitivne vrijednosti na omjernoj skali. Time sam dobila dobru predodžbu o tome za koliko se redova veličine varijable međusobno razlikuju (Lepš i sur. 2006). Nakon transformacije za dobivene sam podatke ponovno testirala distribuiranost. Na temelju podataka o normalno distribuiranim životnim značajkama u programu CANOCO 5 (Šmilauer i Lepš, 2014) izračunala sam indeks funkcionalne raznolikosti za svaki lokalitet i plihu. Indeks funkcionalne raznolikosti prikazala sam u obliku Rao koeficijenta – generaliziranog oblika Simpsonovog indeksa bioraznolikosti (Lepš i sur. 2006).

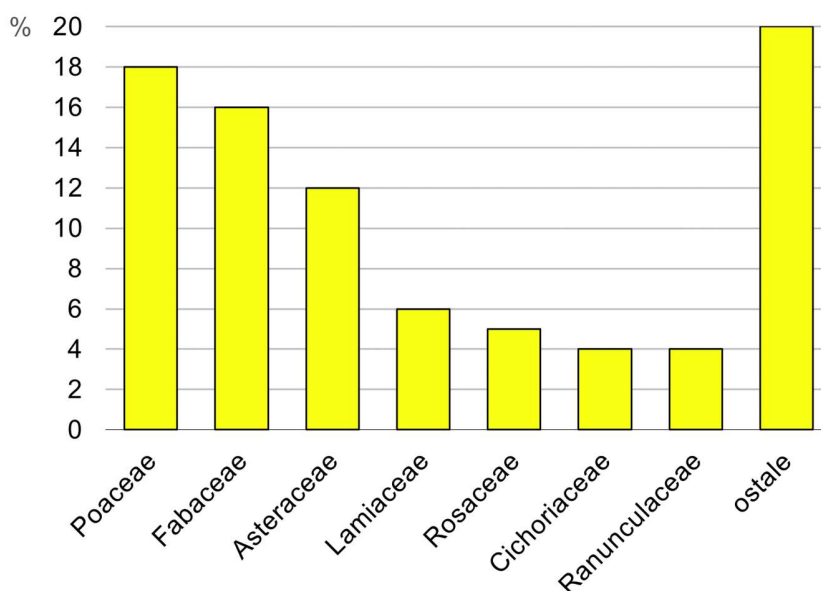
#### 4.9. Analiza korelacije

Izmjerenu biomasu sam udvostručila kako bi odgovarala biomasi na 1 m<sup>2</sup> radi kasnije usporedbe s drugim istraživanjima u kojima se većinom koristi biomasa sakupljena na 1 m<sup>2</sup>. Također sam izračunala koliki je udio suhe biomase ostao u pojedinačnim uzorcima nakon sušenja sakupljene svježe biomase. Razinu međusobne linearne povezanosti odredila sam pomoću Pearson-ovog koeficijenta korelacije (uz razinu statističke značajnosti  $p = 0,05$ ) između izmjerenih biomasa i broja svojti, broja svojti i funkcionalne raznolikosti, funkcionalne raznolikosti i biomasa, biomasa i srednjih vrijednosti životnih značajki te broja svojti i srednjih vrijednosti životnih značajki izmjerenih na plohama. Analize korelacije provela sam i grafički prikazala u računalnom programu Statistica (Hill i Lewicki 2007).

## 5. REZULTATI

### 5.1 Taksonomska analiza i vegetacijski tipovi

Tijekom terenskog istraživanja na osam lokaliteta zabilježila sam ukupno 100 biljnih svojti (sedam svojti određeno je na razini roda, 92 na razini vrste i jedna na razini podvrste) koje pripadaju ukupno u 73 roda i 27 porodica. Porodice s najvećim brojem svojti su *Poaceae* (18% svih svojti), *Fabaceae* (16%) i *Asteraceae* (12%), dok ostale sadrže šest ili manje svojti (Slika 5). Zabilježila sam jednu strogo zaštićenu svojtu, orhideju *Anacamptis pyramidalis* (L.) Rich., na lokalitetu 1, koja prema IUCN klasifikaciji pripada u kategoriju gotovo ugrožene (NT). Zbog zaštićenosti svojte biomasu sam sakupljala s dijela lokaliteta na kojemu nije rasla.



Slika 5. Postotni udjeli najčešćih porodica. Zbog preglednosti grafičkog prikaza prikazane su porodice s više od tri svojte prisutne na istraživanom području, a sve druge svrstane su u skupinu „ostale“.

Na temelju zabilježenih svojti odredila sam pripadnost dvama razredima travnjačke vegetacije. Sastav vegetacije na lokalitetu 1 ukazuje na prisutnost sveze *Bromion erecti* koja pripada razredu *Festuco-Brometea* dok je na svim ostalim lokalitetima vegetacija karakteristična za asocijaciju *Arrhenatheretum elatioris* koja pripada razredu *Molinio-Arrhenatheretea*.

## 5.2. Frekvencije svojti

Vrste koje se pojavljuju na najviše lokaliteta, odnosno imaju najveću frekvenciju po lokalitetima su *Dactylis glomerata* L. koja se javlja na sedam lokaliteta (87.5%) te *Erigeron annuus* (L.) Desf. i *Vicia cracca* L. koje su zabilježene na šest lokaliteta (75%) (Tablica 3). Najveću frekvenciju po plohama ima vrsta *Dactylis glomerata* L., koja se pojavljuje u deset od 16 ploha (62.5%); a slijede ju *Galium mollugo* L., *Plantago lanceolata* L. i *Poa pratensis* L. s frekvencijom od 50% (Tablica 4). Porodice s najvećom frekvencijom i po plohama i po lokalitetima su redom *Poaceae*, *Fabaceae* i *Asteraceae*.

Tablica 3. Frekvencije najzastupljenijih svojti po lokalitetima.

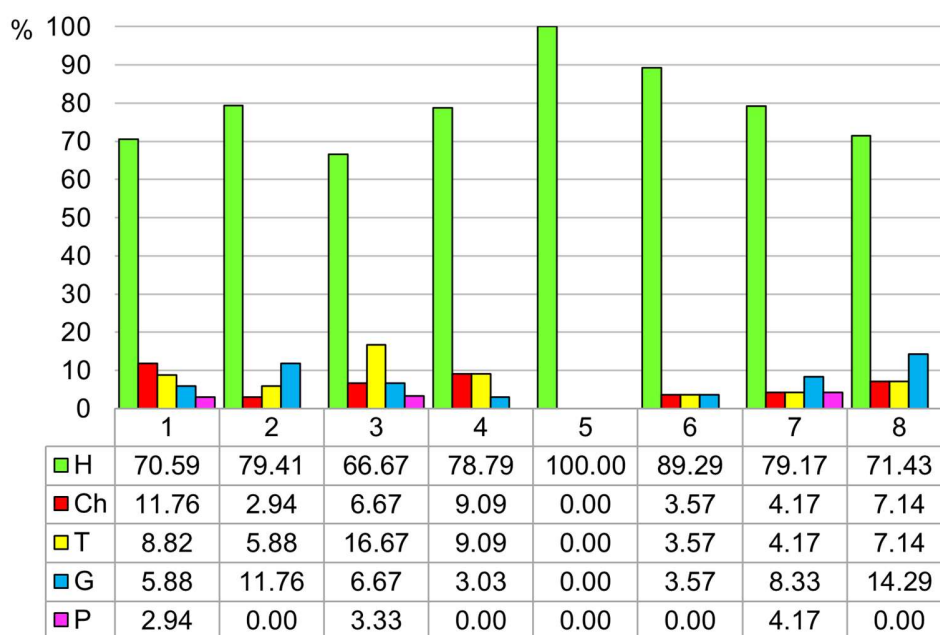
| svojta                                                 | broj lokaliteta | Frekvencija (%) |
|--------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|
| <i>Dactylis glomerata</i> L.                           | 7               | 87.50           |
| <i>Erigeron annuus</i> (L.) Desf.                      | 6               | 75.00           |
| <i>Vicia cracca</i> L.                                 | 6               | 75.00           |
| <i>Achillea millefolium</i> L.                         | 5               | 62.50           |
| <i>Convolvulus arvensis</i> L.                         | 5               | 62.50           |
| <i>Trifolium pratense</i> L.                           | 5               | 62.50           |
| <i>Lotus corniculatus</i> L.                           | 5               | 62.50           |
| <i>Plantago lanceolata</i> L.                          | 5               | 62.50           |
| <i>Festuca pratensis</i> Huds.                         | 5               | 62.50           |
| <i>Poa pratensis</i> L.                                | 5               | 62.50           |
| <i>Galium mollugo</i> L.                               | 5               | 62.50           |
| <i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke                 | 4               | 50.00           |
| <i>Crepis biennis</i> L.                               | 4               | 50.00           |
| <i>Coronilla varia</i> L.                              | 4               | 50.00           |
| <i>Salvia pratensis</i> L.                             | 4               | 50.00           |
| <i>Plantago media</i> L.                               | 4               | 50.00           |
| <i>Briza media</i> L.                                  | 4               | 50.00           |
| <i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) J. Presl et C. Presl | 4               | 50.00           |
| <i>Bromus erectus</i> Huds.                            | 4               | 50.00           |
| <i>Agrimonia eupatoria</i> L.                          | 4               | 50.00           |

Tablica 4. Frekvencije najzastupljenijih svojti po plohama.

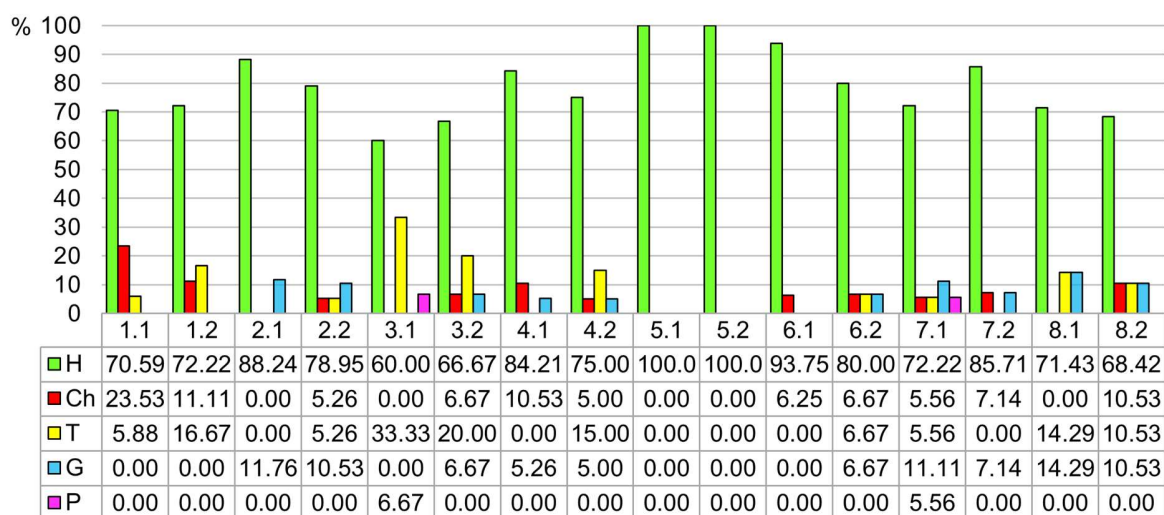
| svojta                                                 | broj<br>ploha | Frekvencija (%) |
|--------------------------------------------------------|---------------|-----------------|
| <i>Dactylis glomerata</i> L.                           | 10            | 62.50           |
| <i>Plantago lanceolata</i> L.                          | 8             | 50.00           |
| <i>Poa pratensis</i> L.                                | 8             | 50.00           |
| <i>Galium mollugo</i> L.                               | 8             | 50.00           |
| <i>Erigeron annuus</i> (L.) Desf.                      | 7             | 43.75           |
| <i>Festuca pratensis</i> Huds.                         | 7             | 43.75           |
| <i>Convolvulus arvensis</i> L.                         | 6             | 37.50           |
| <i>Vicia cracca</i> L.                                 | 6             | 37.50           |
| <i>Plantago media</i> L.                               | 6             | 37.50           |
| <i>Holcus lanatus</i> L.                               | 6             | 37.50           |
| <i>Bromus erectus</i> Huds.                            | 6             | 37.50           |
| <i>Potentilla reptans</i> L.                           | 6             | 37.50           |
| <i>Achillea millefolium</i> L.                         | 5             | 31.25           |
| <i>Equisetum arvense</i> L.                            | 5             | 31.25           |
| <i>Trifolium pratense</i> L.                           | 5             | 31.25           |
| <i>Trifolium repens</i> L.                             | 5             | 31.25           |
| <i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) J. Presl et C. Presl | 5             | 31.25           |
| <i>Festuca rubra</i> L.                                | 5             | 31.25           |
| <i>Agrimonia eupatoria</i> L.                          | 5             | 31.25           |
| <i>Galium verum</i> L.                                 | 5             | 31.25           |
| <i>Veronica chamaedrys</i> L.                          | 5             | 31.25           |

### 5.3. Životni oblici

Najzastupljeniji životni oblik na svim istraživanim plohama su hemikriptofiti dok ostali životni oblici variraju ovisno o lokalitetu i plohi. Plohe lokaliteta 5 sadrže isključivo hemikriptofite. Povećani udio hamefita ističe se na plohama lokaliteta 1, terofita na plohama lokaliteta 3, a geofita na lokalitetima 2 i 8. Fanerofiti su zastupljeni s dvije vrste, *Lembotropis nigricans* (L.) Griseb. na lokalitetu 1 te *Clematis vitalba* L. na plohama 3.1 i 7.1, obje zastupljene malim brojem jedinki na lokalitetu. (Slike 6 i 7).



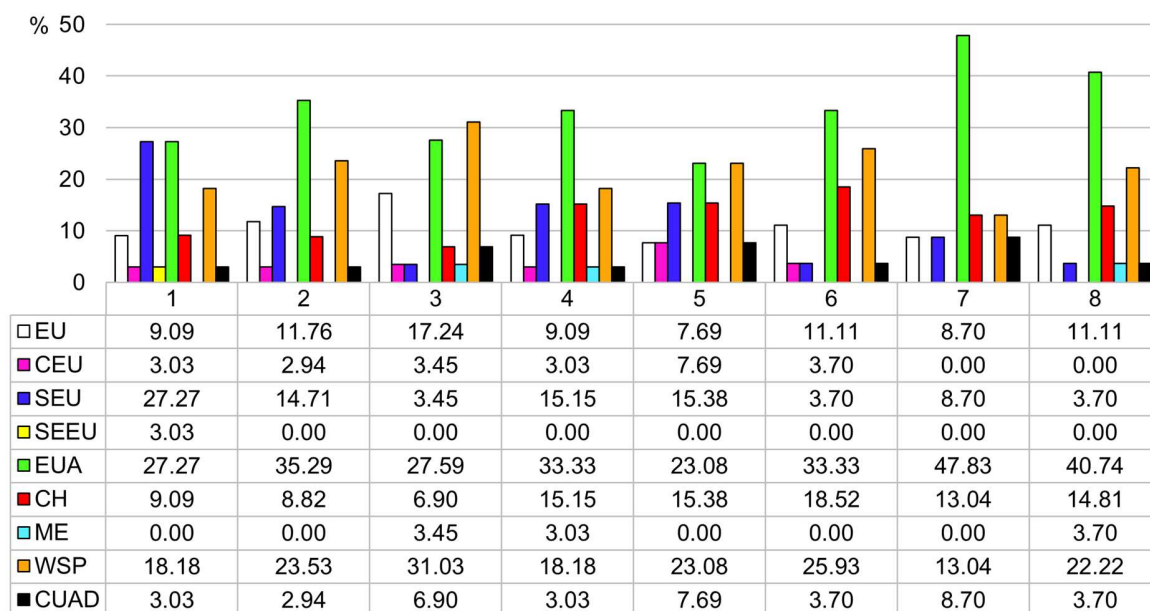
Slika 6. Spekter životnih oblika po lokalitetima izražen u postotcima. Brojevi na osi x su oznake lokaliteta (H – hemikriptofiti, Ch – hamefiti, T – terofiti, G – geofiti, P – fanerofiti).



Slika 7. Spekter životnih oblika po plohama izražen u postotcima. Brojevi na osi x su oznake ploha (H – hemikriptofiti, Ch – hamefiti, T – terofiti, G – geofiti, P – fanerofiti).

#### 5.4. Florni elementi

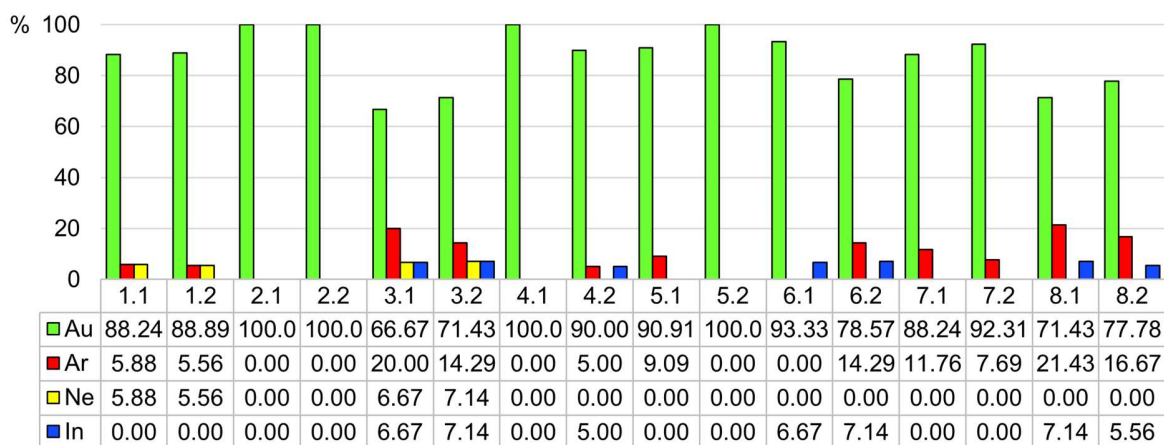
Biljke s istraživanih lokaliteta u najvećoj mjeri pripadaju euroazijskom flornom elementu. Iznimke su lokalitet 3 na kojem prevladavaju široko rasprostranjene biljke te lokaliteti 1 i 5, koji imaju jednaki udio južноеuropskog flornog elementa, odnosno široko rasprostranjenih biljaka kao i biljaka euroazijskog flornog elementa. Značajan udio imaju biljke cirkumholarktičkog flornog elementa koji je na većini lokaliteta veći od udjela biljaka europskog flornog elementa. Manji udio u spektru flornih elemenata imaju biljke srednjoeuropskog, jugoistočno-europskog i mediteranskog flornog elementa te kultivirane i adventivne biljke (Slika 8).



Slika 8. Spektar flornih elemenata po lokalitetima izražen u postotcima. Brojevi na osi x označavaju lokalitete (EU – europski florni element, CEU – srednjoeuropski florni element, SEU – južноеuropski florni element, SEEU – jugoistočno-europski florni element, EUA – euroazijski florni element, CH – cirkumholarktički florni element, ME – mediteranski florni element, WSP - biljke široke rasprostranjenosti (kozmpolitske), CUAD – kultivirane i adventivne biljke).

## 5.5. Status podrijetla svojti

Slika 9 prikazuje zastupljenost autohtonih i alohtonih svojti na plohama istraživanih lokaliteta. Vegetacija na plohama u najvećoj mjeri sastoji se od autohtonih svojti biljaka. Florni sastav ploha 2.1, 2.2, 4.1 i 5.2 sastoji se isključivo od autohtonih svojti biljaka. Maksimalni udio alohtonih svojti (33.33% flornog sastava) ima ploha 3.1, a slijede ju plohe 3.2 i 8.1 (28.57%). Od alohtonih svojti najčešći su arheofiti čiji je udio najveći na plohama 8.1 i 3.1. Neofiti su zastupljeni s dvije vrste: *Anthyllis vulneraria* L. na obje plohe lokaliteta 1 i izvan ploha lokaliteta 4 te *Lolium multiflorum* Lam. na obje plohe lokaliteta 3. *A. vulneraria* L. bila je slabo zastupljena na plohama, međutim *L. multiflorum* Lam. činio je značajan dio vegetacije obje sakupljene plohe na lokalitetu 3. Invazivne strane svojte također su zastupljene s dvije vrste: *Erigeron annuus* (L.) Desf. koju sam zabilježila na obje plohe lokaliteta 3, 6 i 8 i na jednoj plohi lokaliteta 4 te *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. et A. Gray koju sam zabilježila samo izvan ploha na lokalitetu 2.

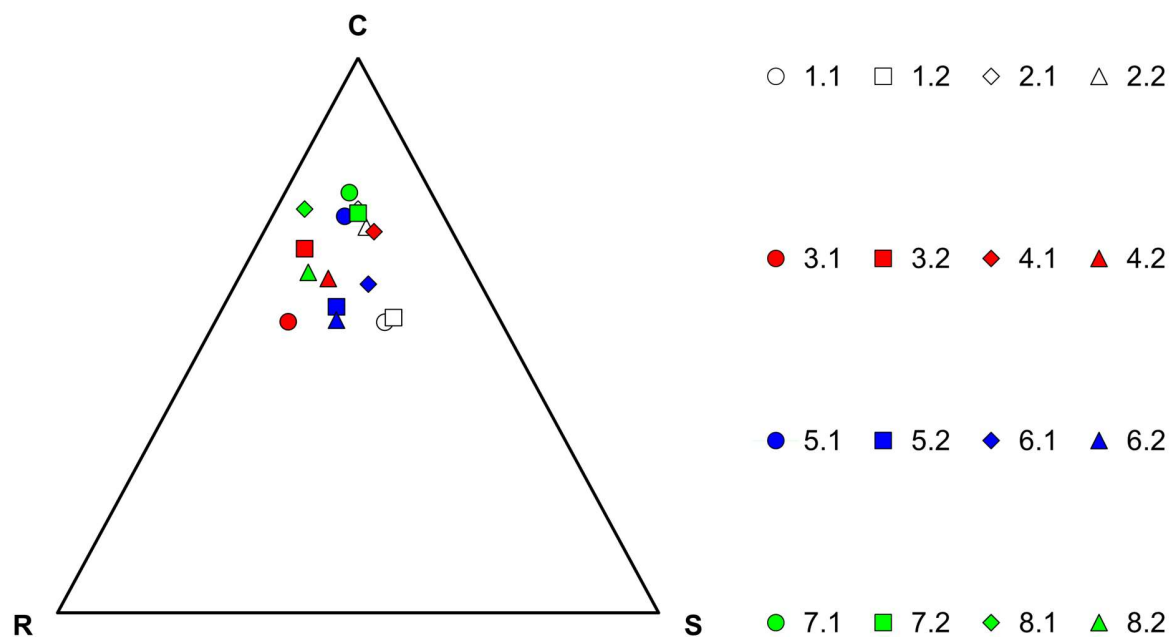


Slika 9. Udjeli autohtonih (Au) i alohtonih (arheofita (Ar), neofita (Ne) i invazivnih (In)) svojti na plohama istraživanog područja izraženi u postotcima. Brojevi na osi x su oznake ploha.

## 5.6. CSR strategije

Slika 10 prikazuje smještaj ploha u CSR trokutu s obzirom na životne strategije pripadajućih biljaka. Sve su plohe smještene unutar CSR trokuta između CSR i C strategije. Plohe

1.1, 1.2, 2.2, 4.1 i 6.1 bliže su S strategiji u odnosu na R, a plohe 3.1, 3.2, 4.2, 5.1, 5.2, 6.2, 7.1, 8.1 i 8.2 manje ili više bliže su R strategiji u odnosu na S. Plohe 2.1 i 7.2 nalaze se na otprilike istoj koordinati pa zbog toga ploha 2.1 nije vidljiva i one su otprilike jednako udaljene i od R i od S strategije.



Slika 10. Grafički prikaz smještaja ploha u CSR-koordinatnom sustavu.

## 5.7. Ekološke indikatorske vrijednosti

Analizom ekoloških indikatorskih vrijednosti ustanovila sam da su na većini istraživanog područja najčešće biljke polusvjetla, a iznimke čine samo lokalitet 5 i njegova ploha 5.1 na kojima su dominantnije biljke svjetla. Na cijelom području pojavljuju se samo dvije svojte s vrijednostima manjim od šest: *Lysimachia nummularia* L. s vrijednosti četiri na lokalitetima 2 i 8 te *Knautia drymeia* Heuff. s vrijednosti pet na lokalitetu 2. Vrijednosti za vlažnost tla variraju od četiri do šest, a pokazatelji su slabo do veoma svježih tala. Najčešće se radi o vrijednosti četiri, a ističe se lokalitet 7 na čijim su obama plohama vrijednosti 5 te lokalitet 2 te plohe 8.1 i 8.2 na kojima je najčešća

vrijednost šest. Biljke koje su pokazatelji staništa siromašnih dušikom dominiraju na lokalitetima 1 i 4, a na lokalitetima 6 i 7 najčešće se pojavljuju biljke koje upućuju na staništa umjereno bogata do bogata dušikom. Sastav svojiti upućuje na područja slabo kiselih do slabo bazičnih tala, a jedino na plohama 1.1 i 1.2 dominiraju svojite koje se najčešće pojavljuju na slabo bazičnim i bazičnim tlima s kalcijem. Na svim istraživanim plohama dominiraju svojite koje ne podnose zaslanjenje. Prema najčešćim vrijednostima za temperaturu većina staništa definirana je kao umjereno toplo submontano stanište, a samo flora lokaliteta 4 i 5 te ploha 3.2, 5.1, 8.1 i 8.2 ukazuje na toplija dolinska i brdska staništa (Tablica 5).

Tablica 5. Prikaz najčešćih ekoloških indikatorskih vrijednosti po lokalitetima i plohama (L – svjetlost, M – vlažnost tla, N – hranjivost tla, R – reakcija tla, S – salinitet, T – temperatura)

| lokaliteti<br>i plohe | najčešća vrijednost |   |   |   |   |   |
|-----------------------|---------------------|---|---|---|---|---|
|                       | L                   | M | N | R | S | T |
| 1                     | 7                   | 4 | 3 | 7 | 0 | 5 |
| 1.1                   | 7                   | 4 | 3 | 8 | 0 | 5 |
| 1.2                   | 7                   | 4 | 3 | 8 | 0 | 5 |
| 2                     | 7                   | 6 | 5 | 6 | 0 | 5 |
| 2.1                   | 7                   | 5 | 4 | 6 | 0 | 5 |
| 2.2                   | 7                   | 4 | 5 | 6 | 0 | 5 |
| 3                     | 7                   | 4 | 5 | 7 | 0 | 5 |
| 3.1                   | 7                   | 4 | 5 | 6 | 0 | 5 |
| 3.2                   | 7                   | 4 | 5 | 6 | 0 | 6 |
| 4                     | 7                   | 4 | 3 | 7 | 0 | 6 |
| 4.1                   | 7                   | 4 | 3 | 6 | 0 | 5 |
| 4.2                   | 7                   | 5 | 4 | 7 | 0 | 5 |
| 5                     | 8                   | 4 | 5 | 6 | 0 | 6 |
| 5.1                   | 8                   | 4 | 5 | 6 | 0 | 6 |
| 5.2                   | 7                   | 5 | 5 | 6 | 0 | 5 |
| 6                     | 7                   | 4 | 4 | 7 | 0 | 5 |
| 6.1                   | 7                   | 5 | 6 | 7 | 0 | 5 |
| 6.2                   | 7                   | 4 | 6 | 7 | 0 | 5 |
| 7                     | 7                   | 5 | 6 | 6 | 0 | 5 |
| 7.1                   | 7                   | 5 | 5 | 7 | 0 | 5 |
| 7.2                   | 7                   | 5 | 6 | 7 | 0 | 5 |
| 8                     | 7                   | 5 | 4 | 7 | 0 | 5 |
| 8.1                   | 7                   | 6 | 6 | 6 | 0 | 6 |
| 8.2                   | 7                   | 6 | 5 | 7 | 0 | 6 |

## 5.8. Životne značajke i funkcionalna raznolikost

Raspon srednjih vrijednosti po lokalitetima i plohama za masu sjemenke kreće se od 1.121 mg do 16.479 mg, za sadržaj suhe tvari lista od 173.995 mg g<sup>-1</sup> do 248.559 mg g<sup>-1</sup>, za specifičnu površinu lista od 20.713 mm<sup>2</sup> mg<sup>-1</sup> do 28.298 mm<sup>2</sup> mg<sup>-1</sup> te za visinu biljke od 0.296 m do 1.861 m (Tablica 6). Vrijednosti sadržaja suhe tvari lista i specifične površine lista normalno su distribuirane pa nisu zahtijevale nikakvu dodatnu transformaciju podataka. Međutim, vrijednosti za masu sjemenke i visinu biljke nisu normalno distribuirane pa sam ih logaritamski transformirala. Nakon ponovnog testiranja navedene vrijednosti poprimile su normalnu distribuiranost i kao takve su uključene u izračunavanje indeksa funkcionalne raznolikosti.

Tablica 6. Prikaz srednjih vrijednosti životnih značajki po lokalitetima i plohama (LDMC – sadržaj suhe tvari lista, SLA – specifična površina lista).

| Lokaliteti<br>i plove | masa<br>sjemenke [mg] | LDMC<br>[mg g <sup>-1</sup> ] | SLA<br>[mm <sup>2</sup> mg <sup>-1</sup> ] | visina biljke<br>[m] |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------------------------------|----------------------|
| 1                     | 3.473                 | 222.267                       | 22.622                                     | 0.388                |
| 1.1                   | 1.637                 | 223.932                       | 21.432                                     | 0.296                |
| 1.2                   | 2.744                 | 238.795                       | 22.576                                     | 0.319                |
| 2                     | 16.479                | 210.681                       | 23.173                                     | 0.590                |
| 2.1                   | 3.199                 | 219.351                       | 24.344                                     | 0.539                |
| 2.2                   | 3.617                 | 214.640                       | 22.446                                     | 0.479                |
| 3                     | 3.548                 | 209.687                       | 23.837                                     | 1.222                |
| 3.1                   | 3.852                 | 212.616                       | 24.303                                     | 1.861                |
| 3.2                   | 4.425                 | 220.029                       | 21.650                                     | 0.486                |
| 4                     | 3.366                 | 227.756                       | 21.160                                     | 0.406                |
| 4.1                   | 2.732                 | 248.559                       | 20.713                                     | 0.368                |
| 4.2                   | 4.153                 | 228.819                       | 21.053                                     | 0.459                |
| 5                     | 1.848                 | 175.146                       | 28.298                                     | 0.381                |
| 5.1                   | 1.848                 | 173.995                       | 28.298                                     | 0.384                |
| 5.2                   | 1.121                 | 186.326                       | 25.429                                     | 0.371                |
| 6                     | 3.858                 | 226.929                       | 23.369                                     | 0.473                |
| 6.1                   | 1.478                 | 238.890                       | 22.503                                     | 0.473                |
| 6.2                   | 2.599                 | 225.661                       | 23.753                                     | 0.436                |
| 7                     | 3.054                 | 233.853                       | 23.797                                     | 1.414                |
| 7.1                   | 3.837                 | 245.883                       | 23.742                                     | 1.765                |
| 7.2                   | 2.165                 | 245.549                       | 23.984                                     | 0.450                |
| 8                     | 4.400                 | 230.833                       | 23.157                                     | 0.496                |
| 8.1                   | 5.553                 | 234.762                       | 25.409                                     | 0.459                |
| 8.2                   | 6.641                 | 224.368                       | 24.066                                     | 0.410                |

Izračunati indeksi funkcionalne raznolikosti po lokalitetima i plohama prikazani su u Tablicama 7 i 8. Najveća funkcionalna raznolikost prisutna je na lokalitetima 1, 2 i 8 te na plohama 7.1, 8.1 i 8.2. Najmanja funkcionalna raznolikost prisutna je na lokalitetu 5 i na plohi 5.2.

Tablica 7. Prikaz vrijednosti funkcionalne raznolikosti (FD(Rao)) po lokalitetima.

| lokaliteti | FD(Rao) |
|------------|---------|
| 1          | 2.073   |
| 2          | 2.047   |
| 3          | 1.728   |
| 4          | 1.785   |
| 5          | 1.509   |
| 6          | 1.810   |
| 7          | 1.818   |
| 8          | 1.906   |

Tablica 8. Prikaz vrijednosti funkcionalne raznolikosti (FD(Rao)) po plohama.

| plohe | FD(Rao) |
|-------|---------|
| 1.1   | 1.840   |
| 1.2   | 1.893   |
| 2.1   | 1.851   |
| 2.2   | 1.905   |
| 3.1   | 1.667   |
| 3.2   | 1.392   |
| 4.1   | 1.802   |
| 4.2   | 1.732   |
| 5.1   | 1.509   |
| 5.2   | 1.121   |
| 6.1   | 1.694   |
| 6.2   | 1.579   |
| 7.1   | 2.060   |
| 7.2   | 1.562   |
| 8.1   | 1.965   |
| 8.2   | 1.997   |

## 5. 9. Produktivnost i bioraznolikost

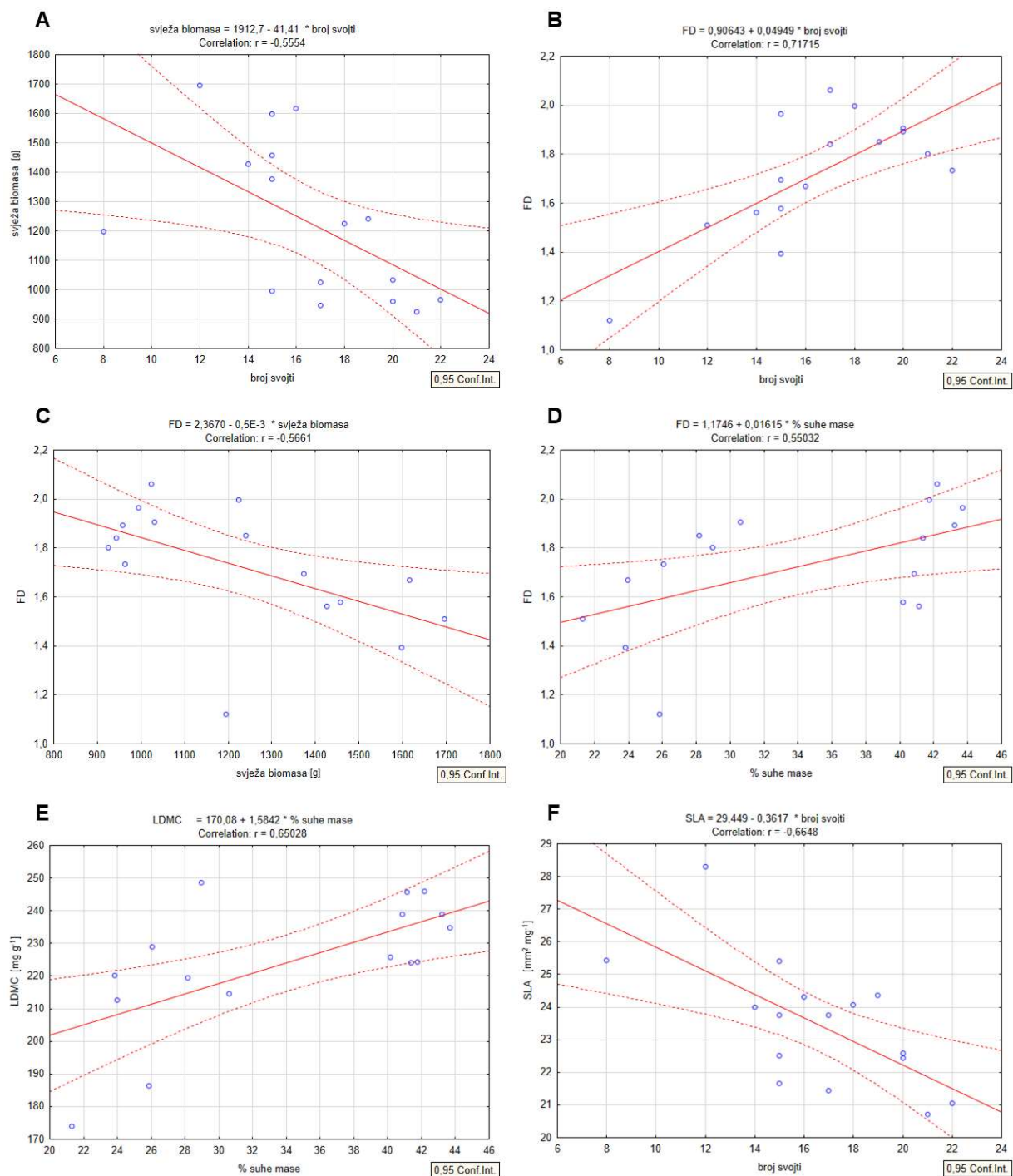
Masa svježeg i osušenog biljnog materijala kojeg sam sakupila na terenu zajedno s brojem zabilježenih svojti na lokalitetima i plohama prikazana je u Tablici 9. Najveću biomasu svježeg biljnog materijala izmjerila sam na lokalitetima 3 i 5, a suhog materijala na lokalitetu 6. Biomasa svježeg materijala najmanja je na lokalitetima 1 i 4, a suhog na lokalitetu 2. Najviše svojti zabilježila sam na lokalitetu 2 i 4, a najmanje na lokalitetu 5.

Tablica 9. Biomasa biljaka prije i nakon sušenja, postotni udio suhe mase te broj svojti po lokalitetima i plohama. Oznaka plohe sastoji se od prvog broja koji označava lokalitet i drugog broja koji označava plohu.

| oznaka plohe | m (svježa) [g] | m (svježa)× 2 [g] | m(suha) [g] | m (suha)× 2 [g] | % suhe mase [g] | broj svojti |
|--------------|----------------|-------------------|-------------|-----------------|-----------------|-------------|
| 1            |                |                   |             |                 |                 | 35          |
| 1.1          | 472.4          | 944.8             | 195.5       | 391.0           | 54.0            | 17          |
| 1.2          | 479.2          | 958.4             | 207.2       | 414.4           | 55.3            | 20          |
| 2            |                |                   |             |                 |                 | 36          |
| 2.1          | 620.5          | 1241.0            | 175.0       | 350.0           | 40.6            | 19          |
| 2.2          | 515.7          | 1031.4            | 157.9       | 315.8           | 44.5            | 20          |
| 3            |                |                   |             |                 |                 | 31          |
| 3.1          | 807.6          | 1615.2            | 193.7       | 387.4           | 34.5            | 16          |
| 3.2          | 798.5          | 1597              | 190.5       | 381.0           | 34.5            | 15          |
| 4            |                |                   |             |                 |                 | 36          |
| 4.1          | 462.7          | 925.4             | 134.1       | 268.2           | 44.5            | 21          |
| 4.2          | 482.2          | 964.4             | 125.7       | 251.4           | 41.7            | 22          |
| 5            |                |                   |             |                 |                 | 14          |
| 5.1          | 847.8          | 1695.6            | 180.6       | 361.2           | 31.7            | 12          |
| 5.2          | 598.1          | 1196.2            | 154.7       | 309.4           | 39.1            | 8           |
| 6            |                |                   |             |                 |                 | 28          |
| 6.1          | 687.3          | 1374.6            | 280.9       | 561.8           | 50.2            | 15          |
| 6.2          | 728.7          | 1457.4            | 292.8       | 585.6           | 49.2            | 15          |
| 7            |                |                   |             |                 |                 | 24          |
| 7.1          | 511.9          | 1023.8            | 216.0       | 432.0           | 53.9            | 17          |
| 7.2          | 713.0          | 1426.0            | 293.4       | 586.8           | 50.2            | 14          |
| 8            |                |                   |             |                 |                 | 29          |
| 8.1          | 497.7          | 995.4             | 217.6       | 435.2           | 55.3            | 15          |
| 8.2          | 612.1          | 1224.2            | 255.6       | 511.2           | 51.9            | 18          |

## 5.10. Korelacije

Slika 11 prikazuje statistički najznačajnije korelacije, dok su vrijednosti svih koeficijenata korelacije prikazani u Prilogu 3. Svježa biomasa negativno je korelirana s brojem svojti, dok odnos sa suhom biomasom i udjelima suhe mase nisu prikazani jer ne pokazuju statistički značajnu korelaciju s brojem svojti. Broj svojti i funkcionalna raznolikost pozitivno su korelirani, dakle porastom broja svojti na plohi povećava se funkcionalna raznolikost. Funkcionalna raznolikost negativno je korelirana sa svježom biomasom te pozitivno s udjelom suhe biomase, međutim nije korelirana s vrijednostima suhe biomase. Premda ni suha ni svježa biomasa statistički značajno ne koreliraju sa srednjim vrijednostima životnih značajki, izračun je pokazao statistički značajnu pozitivnu korelaciju između udjela suhe biomase i sadržaja suhe tvari lista. Također postoji statistički značajna pozitivna korelacija između srednjih vrijednosti sadržaja suhe tvari lista i broja svojti (nije prikazana) te negativna korelacija između srednjih vrijednosti specifične površine lista i broja svojti.



Slika 11. Odnosi između biomasa, broja svojti, funkcionalne raznolikosti i srednjih vrijednosti životnih značajki mjerenih na razini ploha. (A) Smanjenje svježe biomase rastom broja svojti na plohama ( $p = 0.026$ ). (B) Povećanje funkcionalne raznolikosti prati povećanje broja svojti na plohama ( $p = 0.002$ ). (C) Svježa biomasa raste kako se funkcionalna raznolikost ploha smanjuje

( $p = 0.022$ ). (D) Porast udjela suhe mase raste prati porast u funkcionalnoj raznolikosti ploha ( $p = 0.027$ ). (E) Rastom srednje vrijednosti za sadržaj suhe tvari lista raste i udio suhe mase ( $p = 0.006$ ). (F) Broj svojti na plohi je veći kada je srednja vrijednost za specifičnu površinu lista manja ( $p = 0.005$ ). (FD – funkcionalna raznolikost, % suhe mase, LDMC – sadržaj suhe tvari lista, SLA – specifična površina lista)

## 6. RASPRAVA

### 6.1. Pripadnost porodicama i vegetacijskim tipovima

Tri najbrojnije porodice u ovom istraživanju odgovaraju poretку najbrojnijih porodica u Hrvatskoj flori, dok se ostale razlikuju. Porodica *Poaceae*, koja je treća po zastupljenosti u flori Hrvatske, u ovom istraživanju je na prvome mjestu, a slijede ju inače vrstama najzastupljenije *Fabaceae* i *Asteraceae*. Visok udio vrsta iz porodice *Poaceae* ukazuje na otvorenost staništa i antropogeni utjecaj, oboje značajna obilježja travnjačke vegetacije.

Dominacija travnjaka iz razreda *Molinio-Arrhenatheretea* očekivana je s obzirom na lokacije istraživnog područja jer se nalaze na srednjoj do niskoj nadmorskoj visini te u blizini vodotoka (Stančić 2000). Prisutnost samo jednog travnjaka koji pripada razredu *Festuco-Brometea* očekivana je s obzirom da ovi travnjaci dolaze u Hrvatskoj na većim nadmorskim visinama i gdje je utjecaj karbonatne podloge izraženiji.

Ukupni brojevi zabilježenih svojti po lokalitetima u svim su slučajevima manji od prosječnog broja od 37 svojti zabilježenih na vegetacijskim snimkama površine 25 m<sup>2</sup> u Stančić (2000). Jedan od razloga manjeg broja zabilježenih svojti u ovom istraživanju vrijeme je odlaska na teren. Stančić je snimke većinom radila u svibnju i kolovozu što joj je omogućilo bilježenje svojti koje se pojavljuju u različito vrijeme. Pri izradama vegetacijskih snimki poželjno je više izlazaka na teren tijekom vegetacijske sezone, no prilikom istraživanja produktivnosti travnjaka uglavnom se radi jedan terenski izlazak prije prve košnje. Shodno tome, manji broj zabilježenih svojti nije neočekivan.

### 6.2. Frekvencije

Visoka frekvencija određenih biljnih svojti na istraživanom području najbolje se može objasniti njihovim životnim strategijama, osobito sposobnošću kompeticije (Lepš i sur. 2006). Većina svojti s najvećom frekvencijom pripada upravo konkurentnoj strategiji (*Dactylis glomerata* L., *Galium mollugo* L., *Poa pratensis* L. i *Vicia cracca* L.) što znači da one dobro konkuriraju drugim vrstama na staništu tako što najbolje iskorištavaju raspoložive resurse. *Erigeron annuus*

(L.) Desf. pripada CR strategiji i invazivna je svojta koja se brzo širi i kolonizira antropogeno uvjetovana staništa. Iznimka je *Plantago lanceolata* L. koja pripada CSR strategiji, ali čija je frekvencija velika zbog toga jer se radi o vrsti koja naseljava više različitih tipova staništa te se uz generativno razmnožavanje širi još i vriježama.

### 6.3. Životni oblici

Dominacija hemikriptofita u vegetacijskom pokrovu očekivana je s obzirom na umjerenu klimu istraživanog područja (Horvat 1949). Nedostatak drugih životnih oblika na lokalitetu 5 najvjerojatnije je posljedica vrlo malog broja zabilježenih svojti čime je smanjena i vjerojatnost pojave nekog drugog manje čestog životnog oblika. Glavni razlozi visokog udjela hamefita na lokalitetu 1 su visoka nadmorska visina (najviši lokalitet), niža prosječna temperatura zraka, nagib lokaliteta i manja količina vode koji su uvjetovali nastanak suhih brdskih bazofilnih travnjaka razreda *Festuco-Brometea*. Zbog takvih uvjeta na staništu bolje uspijevaju niski grmovi koji bolje podnose hladnoću, sušu i malu količinu hranjivih tvari u tlu (Horvat 1949) kao npr. *Dorycnium herbaceum* Vill., *Teucrium chamaedrys* L. i *Thymus pulegioides* L. Mali udio slabo zastupljenih fanerofita najvjerojatnije je posljedica disperzije iz obližnje šume. Za očekivati je da je lokalitet 3, koji je najbliži centru grada, pod najvećim antropogenim utjecajem. Ljudska aktivnost odražava se u obliku stalnog poremećaja, a u takvim uvjetima najbolje uspijevaju terofiti, odnosno biljke s kratkim životnim vijekom i velikom proizvodnjom sjemenki.

### 6.4. Florni elementi

Sastav flornih elemenata podudara se sa sastavom drugih područja sjeverozapadne Hrvatske (Nežmah i Ljubičić (2012), Mitić i sur. (2007), Borak i Šoštarić (2014), Mihelić i Alegro (2017)) i potvrđuje pripadnost vegetacije eurosibirsko-sjevernoameričkoj regiji. Dominacija široko rasprostranjenih biljaka u spektru lokaliteta 3 ukazuje na pojačani antropogeni utjecaj, što potvrđuje i činjenica da se radi o svojta koje imaju ruderalnu ili kompetitivnu strategiju. Visoki udio južноеuropskog flornog elementa na nekim plohama posljedica je prisutnosti termofilnih

biljaka čije je središte rasprostranjenosti u submediteranskoj zoni. Najveći udio biljaka južnoeuropskog flornog elementa na lokalitetu 1 čini se oprečan zbog visoke nadmorske visine i najnižih temperatura na staništu, no radi se o suhim bazofilnim travnjacima na kojima uspijevaju biljke koje dobro podnose stresne uvjete kao što je npr. nedostatak vode.

#### 6.5. Status podrijetla svojti

Visoki udio autohtonih svojti na istraživanom području ukazuje na još uvijek relativno slab antropogeni utjecaj te na stabilnost staništa. Alohtone svojte na lokalitetima 3 i 8 većinom su jednogodišnje ruderalne biljke koje dobro podnose poremećaje, a u ovim slučajevima to su gaženje i učestala košnja. Unatoč tome što čine relativno mali udio u sastavu svojti, trebalo bi naglasiti prisustvo neofita *L. multiflorum* Lam. i invazivne *Erigeron annuus* (L.) Desf. koji su, osim što su na određenim lokalitetima bili prilično brojni, robusne biljke pa čine značajan udio sakupljene biomase.

#### 6.6. CSR strategije

Položaj prosječnih CSR strategija ploha u CSR-koordinatnom sustavu potvrđuje relativno slab antropogeni utjecaj na istraživano područje. Smještaj ploha bliže C nego R i S strategiji ukazuje na veliku produktivnost staništa, a niski intenzitet poremećaja i stresa. Sastav ploha koje su bliže CS strategiji govori o prilagodljivosti pripadajućih biljaka na povećani stres na staništu: na lokalitetu 1 suši i hladnoći, na lokalitetu 2 i 4 povremenim poplavama, a na lokalitetu 6 hladnijim uvjetima i smanjenom osvjetljenju. Plohe koje su bliže CR strategiji izložene su nekom tipu poremećaja, najvjerojatnije gaženju i košnji s obzirom da se 3, 4 i 5 nalaze na javnim gradskim površinama, a 6, 7 i 8 su livade košanice, što odgovara i podacima s karte kopnenih nešumskih staništa (Bardi i sur. 2016).

## 6.7. Ekološke indikatorske vrijednosti

Rezultati analize ekoloških indikatorskih vrijednosti ukazuju da je većina istraživanih svojti prilagođena staništima izloženim suncu što upućuje na otvorena staništa poput travnjaka. Razlog niže vrijednosti za svjetlost vrste *K. drymeia* Heuff. njezina je pripadnost zajednici brdskih bukovih šuma zbog čega ona bolje tolerira zasjenjene uvjete, međutim, pojavljuje se i na otvorenijim staništima izvan šumske zajednice. *L. nummularia* L. inače uspijeva na vlažnim do močvarnim tlima (Nikolić 2020) gdje je zbog prizemnog puzećeg habitusa najčešće u zasjeni drugih biljaka. Njezina prisutnost na lokalitetima posljedica je vlažnijih uvjeta na staništu 2 (nasip) i 8 (blizu potoka), što potvrđuje i činjenica da je na tim staništima zabilježena najveća vrijednost za vlažnost tla. Što se tiče vlažnosti tla, vrijedi istaknuti i lokalitet 7 kojim, kao i 8, prolazi potok koji trajno vlaži travnjak i omogućuje rast biljaka koje preferiraju svježa tla. Dominacija svojti koje uspijevaju na staništima siromašnim dušikom karakteristika je razreda *Festuco-Brometea* i time potvrđuje njegovu prisutnost na lokalitetu 1. Travnjaci koji su bogatiji dušikom održavani su travnjaci u blizini udaljenih naselja gdje je veća vjerojatnost da se ljudi bave stočarstvom pa radi povećanja biomase za ishranu stoke ili ispašu dohranjuju travnjake. Indikatorske vrijednosti za reakciju tla odgovaraju geološkoj podlozi koja se većinom sastoji od vapnenaca na višim nadmorskim visinama te od pijesaka, gline i ilovače u dolini Save. Najviše vrijednosti za reakciju tla na lokalitetu 1 također potvrđuju prisutnost bazofilnog travnjaka zajednice *Festuco-Brometea*. Vrijednosti za temperaturu ne odražavaju nadmorske visine lokaliteta, ali generalno odgovaraju istraživanom području. Razlozi dominacije biljaka toplijih staništa na određenim lokalitetima su otvorenost staništa i konstantna izloženost svjetlosti tijekom dana te blizina grada koja uzrokuje efekt toplinskog otoka i povišene prosječne godišnje temperature (Žgela 2018).

## 6.8. Funkcionalna raznolikost, bioraznolikost, produktivnost i korelacije

Postoji veoma mali broj dosadašnjih istraživanja biomase i funkcionalne raznolikosti na Europskim travnjacima umjerene zone. Fraser i sur. (2015) su prikupili podatke o biomasi prirodnih travnjaka sa lokaliteta diljem svijeta pa ona varira od 1 pa sve do 5711 g m<sup>-2</sup> suhe biomase. Hector i sur. (1999) bilježe biomase na eksperimentalnim travnjacima u nekoliko

Europskih zemalja gdje prosječne vrijednosti biomase variraju od 336.5 g m<sup>-2</sup> u Grčkoj do 802.2 g m<sup>-2</sup> u Njemačkoj.

Odnos svježe biomase i broja svojti na plohama očekivan je s obzirom na istraživanja provedena na pravim, a ne eksperimentalno stvorenim travnjacima (Fraser i sur. 2015, Grace i sur. 2016). Rezultati ne potvrđuju tzv. „hump-backed model“ (Fraser i sur. 2015) zbog toga jer obuhvaćaju samo dio biomase i broja vrsta koji su uspoređivani u tom istraživanju, međutim, raspon biomase i broja vrsta koji sam zabilježila obuhvaća padajući dio kvadratno negativne krivulje. Da bi krivulja bila potpuna, istraživanje bi trebalo dodatno proširiti na područja s većim rasponom broja vrsta i biomase. Prema Fraseru i sur. (2015) razlog za mali broj vrsta na plohama s velikom biomasom ljudska je aktivnost jer je na antropogenim staništima prisutan pojačani poremećaj, a na takve uvjete prilagođene su samo neke biljke. Također, takva su staništa bogatija dušikom koji biljkama omogućuje brži rast i sukladno tome veći habitus. Veće biljke zasjenjuju one manje i na taj način onemogućuju njihovo klijanje što rezultira manjim brojem većih svojti na staništu (Grace i sur. 2016). Takav slučaj zabilježila sam na plohi 5 gdje dominiraju svojte velikog habitusa, a to je rezultiralo smanjenjem broja svojti na samo 8 i 12 po plohama. Između ostalog, staništa pod konstantnim poremećajem manje su stabilna i podložnija kolonizaciji invazivnim vrstama koje mijenjaju uvjete na staništu tako što povećavaju količinu nutrijenata u tlu (Wu i sur. 2018). Dakle, invazivne svojte na plohama lokaliteta 3, 6 i 8 mogući su uzročnici velike zabilježene biomase i, zbog konkurentne životne strategije, smanjenog broja svojti. Povećanje dušika na staništu, osim ljudskih aktivnosti i invazivnih svojti, mogu uzrokovati i mahunarke (*Fabaceae*) koje fiksiraju atmosferski dušik i na taj način obogaćuju tlo. Takav sam slučaj zabilježila na lokalitetu 3 na čijim sam plohama izmjerila najveće biomase. Neobjašnjen ostaje jedino lokalitet 4, koji se nalazi u blizini grada, međutim ekološke indikatorske vrijednosti za dušik i biomasa su relativno mali. Razlog tome je prisutnost invazivne svojte na samo jednoj plohi te, s obzirom da se nalazi na nagibu, manji poremećaj i ispiranje hranjivih tvari što je omogućilo održanje većeg broja različitih svojti.

Suprotno mojim rezultatima, na eksperimentalno stvorenim travnjacima (Tilman i sur. 1997, Hector i sur. 1999, Tilman i sur. 2012) broj svojti i biomasa pozitivno su korelirani. Jedan od razloga rasta biomase s povećanjem broja svojti je mali raspon vrijednosti u nekim istraživanjima koji bi prema „hump-backed“ modelu pri tim vrijednostima ionako trebao biti

uzlazni dio kvadratno negativne krivulje. Drugi razlog takvih rezultata drugačiji je sastav vegetacije na eksperimentalnim travnjacima jer je nastao nasumičnim odabirom svojti, a utjecaj na njih je minimalan jer su okolišni faktori ujednačeni što znači da sastav vegetacije nije uvjetovan dugoročnim utjecajem abiotičkih i biotičkih čimbenika na stanište. Takva bi istraživanja u svakom slučaju trebala biti revidirana u kontekstu prirodnih travnjačkih ekosustava kako bi se za svako stanište moglo sagledati karakteristične okolišne čimbenike koji utječu na vegetaciju te svojstva vegetacije koja utječu na okolišne čimbenike.

Odnos bogatstva vrsta i funkcionalne raznolikosti prirodnih travnjaka još je prilično neistražen, ali se sve više ističe važnost funkcionalne raznolikosti kao varijable koja djeluje na ekosustav (Tilman i sur 1997), ali i kao indikatora uvjeta na staništu. Pretpostavka je da funkcionalna raznolikost bolje odražava interakcije svojti na staništu od samog sastava i broja svojti (Diaz i Cabido 2001). Doduše, što su uvjeti na staništu povoljniji za rast biljaka biti će prisutno i više biljaka, ali zbog toga što će se razlikovati po prilagodbama za iskorištavanje dostupnih resursa, a te se prilagodbe kvantificiraju mjerenjem životnih značajki. Dakle, veća raznolikost životnih značajki u pravilu znači i veći broj svojti na staništu. Međutim, moguće je i da dominacija malog broja svojti s različitim prilagodbama za iskorištavanje resursa onemogućiti razvoj ostalim biljkama pa je u tom slučaju vrijednost funkcionalne raznolikosti veća u odnosu na broj svojti. Travnjaci su sustavi bogati vrstama pa bi takva situacija zapravo bila indikator gubitka ravnoteže na staništu.

Odnos svježe biomase i funkcionalne raznolikosti očekivan je s obzirom na prije prokomentirane rezultate. Naime, broj svojti smanjuje se kako biomasa raste, a pozitivno je koreliran s funkcionalnom raznolikošću. Dakle, sukladno tome i funkcionalna raznolikost se smanjuje kako biomasa raste jer je biomasa veća na staništima s malobrojnim dominantnim svojtima koje posjeduju sličnije životne značajke. Međutim, rezultati drugih istraživanja ne podudaraju se s rezultatima u ovome radu. Dva rada obrađuju eksperimentalne travnjake, a samo u jednom od njih radi se o europskim travnjacima (Petchey i sur. 2004), dok su drugi savana (Tilman i sur. 1997). Treći rad obuhvaća prirodne travnjake, no oni se nalaze u Mongoliji (Zhang i sur. 2016). Savana i travnjaci u Mongoliji suši su i imaju mnogo manju biomasu po 1 m<sup>2</sup> pa je s obzirom na „hump-backed“ model očekivano da će povećanje biomase pratiti porast broja svojti,

a sukladno tome i porast vrijednosti funkcionalne raznolikosti. Manipulirani sastav svojti na europskim travnjacima već je objašnjen u kontekstu odnosa biomase i broja svojti.

Pozitivne korelacije udjela suhe biomase i funkcionalne raznolikosti, odnosno sadržaja suhe tvari lista povezane su s obzirom da se u oba slučaja radi o omjeru mase suhe i svježe, odnosno vodom zasićene, biljne tvari. Prosječni sadržaj suhe tvari lista po plohama prikazuje prosječnu gustoću lisnog tkiva zabilježenih svojti. Što je prosječna gustoća veća to su listovi tvrdi i otporniji na fizička oštećenja (Pérez-Harguindeguy i sur. 2013). Također, veće vrijednosti sadržaja suhe tvari lista upućuju na veću plodnost tla, odnosno na staništa bogatija dušikom (Hodgson i sur. 2011). Staništa bogatija dušikom najčešće imaju veću produktivnost, a prema tome i veću biomasu biljnog materijala. Usporedba podataka o najčešćim vrijednostima ekoloških indikatorskih vrijednosti za dušik i svježe biomase više manje potvrđuje tu tvrdnju, međutim podudaranje bi vjerojatno bilo izraženije kad bi se biomasa uspoređivala sa srednjom vrijednosti ekoloških indikatorskih vrijednosti ili još bolje s izmjerenom koncentracijom dušika u tlu. Pozitivna korelacija između srednjih vrijednosti sadržaja suhe tvari lista i broja svojti na plohama očekivana je s obzirom na također pozitivne korelacije između udjela suhe mase i funkcionalne raznolikosti te funkcionalne raznolikosti i broja svojti.

Recipročna funkcija od sadržaja suhe tvari lista je specifična površina lista (Hodgson i sur. 2011) pa s obzirom da broj svojti na plohama raste s povećanjem sadržaja suhe tvari lista onda je očekivano da će s povećanjem prosječne vrijednosti specifične površine lista broj svojti padati. Uzrok tome je to što listovi velike površine zasjenjuju svoje koje rastu ispod njih te na taj način onemogućuju njihov rast i klijanje. Dokaz za ovu tvrdnju najveća je vrijednost srednjih vrijednosti specifične površine lista na lokalitetu 5 koji ujedno ima i najmanji broj svojti. Površina lista povećava se s porastom koncentracije dušika koji povećava rast cijele biljke te povećanjem zasljenjenosti na staništu kako bi biljka „uhvatila“ što više sunčevog zračenja. Već sam više puta spomenula da broj svojti pada s povećanjem dušika u tlu, a to potvrđuje i ova posljednja korelacija. Ekološke indikatorske vrijednosti za svjetlost su više-manje uniformne pa ne ukazuju na razlike u osvjetljenju staništa, a da bi se taj odnos bolje proučio i tu bi vrijednost trebalo izmjeriti *in situ*.

Kao najstabilnije stanište u ovom istraživanju izdvojila bih lokalitet 2 jer sadrži najveći broj svojti i to isključivo autohtone svojte većinom euroazijskog flornog elementa, položaj u CSR trokutu indicira na slab stres i poremećaj, a ekološke indikatorske vrijednosti odgovaraju području

i ne pokazuju nikakve ekstreme. Funkcionalna raznolikost na lokalitetu 2 je među najvećima, a biomasa ukazuje da se ne radi o tlu s visokim udjelom dušika. Kao jedne od stabilnijih travnjaka istaknula bih i lokalitete 1 i 7 čiji sastav životnih oblika, flornih elemenata, položaj u CSR trokutu te ekološke indikatorske vrijednosti dobro opisuju karakteristike zajednice *Festuco-Brometea*, odnosno *Molinio-Arrhenatheretea*. Velika funkcionalna raznolikost i veliki broj svojti na oba lokaliteta dokaz su neporemećenog staništa bez dominacije nekoliko agresivnih svojti. Najnestabilnije stanište je lokalitet 3 koji, iako sadrži veliku bioraznolikost, ima najveći udio široko rasprostranjenih biljaka, najmanji udio autohtonih svojti, a maksimalni udio alohtonih svojti i invazivnu vrstu na obje plohe. Položaj u CSR trokutu ukazuje na izraženu ruderalnu strategiju što potvrđuje i veliki udio terofita. Prema ekološkim indikatorskim vrijednostima radi se o staništu umjereno bogatom dušikom sa jednom od najmanjih vrijednosti funkcionalne raznolikosti. Za razliku od lokaliteta 3, lokalitet 5 nestabilan je upravo zbog male bioraznolikosti i niske vrijednosti funkcionalne raznolikosti. Iako ne sadrži niti jednu invazivnu svojtu, antropogeni utjecaj izražen je u velikom udjelu široko rasprostranjenih, kultiviranih biljaka i termofilnih biljaka što je sve posljedica blizine grada i pojačanog antropogenog utjecaja. Takav utjecaj rezultirao je dominacijom jedne konkurentne svojte zbog koje je biomasa plohe 5 jedna od najvećih izmjerenih.

## 7. ZAKLJUČAK

Travnjaci šireg područja grada Zagreba u relativno su povoljnom stanju jer sadrže veliki broj svojti i visoki udio autohtonih biljaka. Međutim, ipak se uočavaju posljedice antropogenog utjecaja i kolonizacije invazivnim vrstama zbog širenja urbanih površina i fragmentacije staništa.

Florističke značajke biljaka, broj svojti i biomasa pokazali su se kao dobri indikatori stanja travnjaka.

Odnosi između životnih značajki, funkcionalne raznolikosti, broja svojti te biomase još nisu u potpunosti definirani te se razlikuju s obzirom na područja istraživanja. Stoga je potrebno proširiti ovakva istraživanja i na druge tipove travnjaka u Hrvatskoj u svrhu dobivanja općenitijih odnosa među tim parametrima.

## 8. LITERATURA

- Albrecht H. i Haider S. (2013): Species diversity and life history traits in calcareous grasslands vary along an urbanization gradient. *Biodiversity and Conservation* **22**: 2243-2267.
- Alegro A. (2000): Vegetacija Hrvatske. Zagreb. Interna skripta, Botanički zavod PMF-a.
- Alhamad M. N. (2006): Ecological and species diversity of arid Mediterranean grazing land vegetation. *Journal of Arid Environments* **66**: 698-715.
- Anonymus (2008): Inventarizacija poljoprivrednog zemljišta Grada Zagreba i preporuke za poljoprivrednu proizvodnju. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za pedologiju. Zagreb.
- Anonymus (2013): Pravilnik o strogo zaštićenim vrstama. *Narodne Novine* **144/13**, 7–84.
- Anonymus (2018): Izvješće o stanju u prostoru Grada Zagreba za razdoblje 2013.-2016. Službeni glasnik Grada Zagreba. Zavod za prostorno uređenje Grada Zagreba. Zagreb.
- Bardi A., Papini P., Quaglino E., Biondi E., Topić J., Milović M. i sur. (2016): Karta prirodnih i poluprirodnih ne-šumskih kopnenih i slatkovodnih staništa Republike Hrvatske. AGRISTUDIO s.r.l., TEMI S.r.l., TIMESIS S.r.l., HAOP.
- Bonser S. P. i Reader R. J. (1995): plant competition and herbivory in relation to vegetation biomass. *Ecology* **76**(7): 2176-2183.
- Borak Martan V. i Šoštarić R. (2014): The floristic composition of grassland of the Opeka arboretum (Vinica, NW Croatia). *Natura Croatica : Periodicum Musei Historiae Naturalis Croatici* **23**(2): 255-273.
- Borhidi A. (1995): Social behaviour types, the naturalness and relative ecological indicator values of the higher plants in the Hungarian flora. *Acta Botanica Hungarica*, **39**: 97-181.
- Cadotte M. W., Cavender-Bares J., Tilman D. G., Oakley T. H. (2009): Using phylogenetic, functional and trait diversity to understand patterns of plant community productivity. *PLoS One* **4**(5), 1–9.

- Chytrý M., Tichý L., Dřevojan P., Sádlo J., Zelený D. (2018): Ellenberg-type indicator values for the Czech flora. *Preslia* **90**: 83-103.
- De Bello F., Lepš J. i Sebastiá M. (2006): Variations in species and functional plant diversity along climatic and grazing gradients. *Ecography* **29**: 801-810.
- Diaz S. i Cabido M. (2001): Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology & Evolution* **16**(11): 646-655.
- Didukh Ya. P. (2011): The ecological scales of the species of the Ukrainian flora and their use in synphytoindication. Phytosociocentre, Kyiv.
- Domac R. (2002): Flora Hrvatske – priručnik za određivanje bilja. Školska knjiga, Zagreb.
- Eggenberg S. i Möhl A. (2007): Flora Vegetativa – Ein Bestimmungsbuch für Pflanzen der Schweiz im blütenlosen Zustand. Haupt Ver., Bern-Stuttgart-Wien.
- Ellenberg H., Weber H. E., Düll R., Wirth V., Werner W., Paulißen D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 2. verbesserte und erweiterte Auflage. *Scripta Geobotanica* **18**: 1–258.
- Fraser L. H., Jentsch A., Sternberg M. (2014): What drives plant species diversity? A global distributed test of the unimodal relationship between herbaceous species richness and plant biomass. *Journal of Vegetation Science* **25**: 1160-1166.
- Fraser L. H., Pither J., Jentsch A., Sternberg M., Zobel M., Askarizadeh D. i sur. (2015): Worldwide evidence of a unimodal relationship between productivity and plant species richness. *Science* **349**: 302-305.
- Grace J. B., Anderson T. M., Seabloom E. W., Borer E. T., Adler P. B., Harpole W. S. i sur. (2016): Integrative modelling reveals mechanisms linking productivity and plant species richness. *Nature* **529**(7586), 390–393.
- Grime J. P. (1979): *Plant Strategies and Vegetation Processes*. John Wiley & Sons, Chichester.
- Grime J. P. (1998): Benefits of plant diversity to ecosystems: immediate, filter and founder effects. *Journal of Ecology* **86**: 902-910.
- Gross K. (2016): Biodiversity and productivity entwined. *Nature* **529**(7586): 293-294.

- Guo Q. i Berry W. L. (1998): Species richness and biomass: dissection of the hump-shaped relationships. *Ecology* **79**: 2555-2559.
- Habel J. C., Dengler J., Janišová M., Török P., Wellstein C., Wiezik M. (2013): European grassland ecosystems: threatened hotspots of biodiversity. *Biodiversity Conservation* **22**: 2131-2138.
- Hector A., Schmid B., Beierkuhnlein C., Caldeira M. C., Diemer M., Dimitrakopoulos P. G. i sur. (1999): Plant Diversity and Productivity Experiments in European Grasslands. *Science* **286**: 1123-1127.
- Hill M. O., Preston C. D., Roy D. B. (2004): PLANTATT – Attributes of British and Irish plants: status, size, life history, geography and habitats. Centre for Ecology & Hydrology, Huntingdon.
- Hill T., Lewicki P. (2007): STATISTICS: Methods and Applications. StatSoft, Tulsa, OK.
- Hodgson J. G., Montserrat-Marti G., Charles M., Jones G., Wilson P., Shipley B. i sur. (2011): Is leaf dry matter content a better predictor of soil fertility than specific leaf area? *Annals of Botany* **108**: 1337-1345.
- Hodgson J.G., Wilson P.J., Hunt R., Grime J.P., Thompson K. (1999): Allocating C-S-R plant functional types: a soft approach to a hard problem. *Oikos* **85** (2): 282-294.
- Horvat I., (1949): Nauka o biljnim zajednicama. Nakladni zavod Hrvatske, Zagreb.
- Horvatić S. (1963): Vegetacijska karta otoka Paga s općim pregledom vegetacijskih jedinica Hrvatskog primorja. *Prirodoslovna Istraživanja Jugoslavenske Akademije Znanosti i Umjetnosti* **33**. *Acta Biologica* **4**: 5-138.
- Horvatić S., Ilijanić Lj., Marković-Gospodarić Lj. (1968): Biljni pokrov okolice Senja. *Senjski zbornik* **3**: 298–322.
- Hršak V. (2017): GEOBOTANIKA (Interni priručnik za predmet Geobotanika). Zagreb. Interna skripta, Botanički zavod PMF-a.
- Jávorka S. i Csapody V. (1991): *Iconographia florae partis Austro-orientalis Europae centralis*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Kattge J., Diaz S., Lavorel S., Prentice I.C., Leadley P., Bönisch G. i sur. (2011): TRY– a global database of plant traits. *Global Change Biology* **17**: 2905–2935.

- Kleyer M., Bekker R. M., Knevel I.C., Bakker J.P., Thompson K., Sonnenchein M. i sur. (2008): The LEDA Traitbase: a database of life-history traits of the Northwest European flora. *Journal of Ecology* **96**: 1266–1274.
- Klotz S., Kühn I., Durka W. (2002): BIOLFLOR - Eine Datenbank zu biologisch-ökologischen Merkmalen der Gefäßpflanzen in Deutschland. Schriftenreihe für Vegetationskunde **38**. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- Landolt E., Bäumler B., Erhardt A., Hegg O., Klötzli F., Lämmli W. i sur. (2010): Flora indicativa - Ökologische Zeiterwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen. Ed. 2. Haupt, Bern.
- Lavorel S. i Garnier E. (2002): Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology* **16**: 545-556.
- Lepš J., de Bello F., Lavorel S., Berman S. (2006): Quantifying and interpreting functional diversity of natural communities: practical considerations matter. *Preslia* **78**: 481-501.
- Mihelić P. i Alegro A. (2017): Fitogeografske značajke naselja Bregane. *Acta Geographica Croatica* 43/44: 21-36.
- Milović M. (2002): The flora of Šibenik and its surroundings. *Natura Croatica* **11**(2): 171-223.
- Mitić B., Kajfeš A., Cigić P., Rešetnik I. (2007): The flora of Stupnik and its surroundings (Northwest Croatia). *Natura Croatica : Periodicum Musei Historiae Naturalis* **16**(2): 147-169.
- Nežmah M. i Ljubičić I. (2012): Vaskularna flora uz donji tok potoka Bliznec (sjeverozapadna Hrvatska). *Agronomski glasnik* 5-6: 275-294.
- Nikolić T. (2019): Flora Croatica – vaskularna flora Republike Hrvatske: Volumen 4. Ekskurzijska flora. ALFA d. D. Zagreb.
- Nikolić T. (ur.) (2020): Flora Croatica baza podataka. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno matematički fakultet, Botanički zavod s botaničkim vrtom, Zagreb. URL: <http://hirc.botanic.hr/fcd> (pristupljeno: 20. 12.. 2020.)
- Nikolić T. i Kovačić S. (2008): Flora Medvednice - 250 najčešćih vrsta Zagrebačke gore. Školska knjiga. Zagreb.

Nikolić T. i Topić J. (2005): Crvena knjiga vaskularne flore Hrvatske. Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.

Nikolić T., Mitić B., Boršić I. (2014): Flora Hrvatske: invazivne biljke. Alfa d.d. Zagreb.

Pakeman R. J. (2014): Functional trait metrics are sensitive to the completeness of the species' trait data? *Methods in Ecology and Evolution* **5**: 9-15.

Pärtel M., Bruun H. H., Sammul M. (2005): Biodiversity in temperate European grasslands: origin and conservation. *Grassland Science in Europe* **10**: 1-14.

Pérez-Harguindeguy N., Díaz S., Garnier E., Lavorel S., Poorter H., Jaureguiberry P. i sur. (2013): New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* **61**: 167-237.

Petchey O. L., Hector A., Gaston K. J. (2004): How do different measures of functional diversity perform? *Ecology* **85**(3): 847-857.

Pignatti S., Menegoni P., Pietrosanti S. (2005): Biondificazione attraverso le piante vascolari. Valori di indicazione secondo Ellenberg (Zeigerwerte) per le specie della Flora d'Italia. *Braun-Blanquetia* **39**: 1-97

Rothmaler W. i Jäger E. J. (2007): Exkursionsflora von Deutschland. Band 3 – Gefäßpflanzen: Atlasband. Elsevier Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg-Berlin.

Smit H. J., Metzger M. J., Ewert F. (2008): Spatial distribution of grassland productivity and land use in Europe. *Agricultural Systems* **98**: 208-219.

Stančić, Z. (2000): Travnjaci razreda Molinio-Arrhenatheretea u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. Doktorska disertacija. Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb.

Šegota T. i Filipčić A. (2003): Köppenova podjela klima i hrvatsko nazivlje. *Geoadria* **8**(1): 17-37.

Šegulja N., Ilijanić Lj., Marković Lj. (1998): Prikaz i analiza flore Zrinske gore. *Acta Botanica Croatica* **55/56**: 65-99.

Škvorc Ž., Jasprica N., Alegro A., Kovačić S., Franjić J., Krstonošić D., Vraneša A., Čarni A. (2017): Vegetation of Croatia: Phytosociological classification of the high-rank syntaxa. *Acta Botanica Croatica* **76**(2): 200-224.

- Šmilauer P., Lepš J. (2014): Multivariate analysis of ecological data using CANOCO 5 (2nd edition). Cambridge University Press. Cambridge.
- Tilman D. (2001): Functional diversity. U Levin S. (ur.): Encyclopedia of Biodiversity. 1st Edition. Academic Press. Princeton University, New Jersey, str. 109-120.
- Tilman D., Knops J., Wedin D., Reich P., Ritchie M., Siemann E. (1997): The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science* **277**(5330), 1300–1302.
- Tilman D., Reich P. B., Isbell F. (2012): Biodiversity impacts ecosystem productivity as much as resources, disturbance, or herbivory. *PNAS* **109**(26): 10394-10397.
- Tredennick A. T., Adler P. B., Grace J. B., Harpole W. S., Borer E. T., Seabloom E. W. i sur. (2016): Comment on “Worldwide evidence of a unimodal relationship between productivity and plant species richness”. *Science* **351**(6272): 457.
- Tsyganov D. N. (1983): Fitoindikatsiya ekologicheskikh rezhimov v podzone khvoino-shirokolistvennykh lesov (Phytoindication of ecological regimes in the mixed coniferous-broad-leaved forest subzone). Nauka, Moskva.
- Van't Veen H., Chalmandrier L., Sandau N., Nobis M. P., Descombes P., Psomas A. i sur. (2020): A landscape-scale assessment of the relationship between grassland functioning, community diversity, and functional traits. *Ecology and Evolution* **10**: 9906-9919.
- Violle C., Navas M., Vile D., Kazakou E., Fortunel C., Hummel I., Garnier E. (2007): Let the concept of trait be functional! *Oikos* **116**: 882-892.
- Vlahović D. (2017): Invazivna flora Zagrebačke županije – biogeografija i potencijalno širenje. Doktorska disertacija. Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb.
- Wang Y., Cadotte M. W., Chen Y., Fraser L. H., Zhang Y., Huang F. i sur. (2019): Global evidence of positive biodiversity effects on spatial ecosystem stability in natural grasslands. *Nature communications* **10**(1): 1-9.
- Warmelink G. W. W., Joosten V., van Dobben H. F., Berendse F. (2002): Validity of Ellenberg indicator values judged from physico-chemical field measurements. *Journal of Vegetation Science* **13**: 269-278.

Willig M. R. (2011): Biodiversity and productivity. *Science* **333**: 1709-1710.

Wu, A., Liu J., He F., Wang Y., Zhang X., Duan X., Liu Y., Qian Z. (2018): Negative relationship between diversity and productivity under plant invasion. *Ecological Research* **33**(5).

Zarzycki K., Trzcińska-Tacik H., Róžański W., Szelaż Z., Wołek J. & Korzeniak U. (2002): Ecological indicator values of vascular plants of Poland. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków.

Zhang Q., Buyantev A., Yonghong Li F., Jiang L., Niu J., Ding Y., Kang S., Ma W. (2016): Functional dominance rather than taxonomic diversity and functional diversity mainly affects community aboveground biomass in the Inner Mongolia grassland. *Ecology and evolution* **7**(5): 1605-1615.

Zima D., Štefanić E., Kovačević V. (2019): Florni sastav suhog travnjaka na području Rudine. *Zbornik Veleučilišta u Rijeci* **7**(1): 411-424.

Žgela M. (2018): Urbana klimatologija – primjer toplinskog otoka Grada Zagreba. *Geografski horizont* **2**: 31-40.

[https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Land\\_cover\\_statistics#Land\\_cover\\_in\\_the\\_EU](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Land_cover_statistics#Land_cover_in_the_EU) (pristupljeno: 25. 10. 2020.)

## 9. PRILOZI

Prilog 1. Popis flore te lokaliteti i plohe na kojima sam ih zabilježila.

Prilog 2. Popis flore poredan prema porodicama i rodovima s pridruženim životnim oblicima (Ch – hamefiti, G – geofiti, H – hemikriptofiti, P – fanerofiti, T – terofiti), flornim elementima (EU – europski florni element, CEU – srednjoeuropski florni element, SEU – južноеuropski florni element, SEEU – jugoistočno-europski florni element, EUA – euroazijski florni element, CH – cirkumholarktički florni element, ME – mediteranski florni element, WSP - biljke široke rasprostranjenosti (kozmpolitske), CUAD – kultivirane i adventivne biljke), statusom podrijetla (Au – autohtona svojta, Ar – arheofit, Ne – neofit, In – invazivna strana svojta), CSR strategijama, ekološkim indikatorskim vrijednostima (L – svjetlost, M – vlažnost tla, N – hranjivost tla, R – reakcija tla, S – salinitet, T – temperatura) i životnim značajkama (LDMC – sadržaj suhe tvari lista, SLA – specifična površina lista).

Prilog 3. Tablica korelacija sa koeficijentima korelacije i *p* vrijednostima (SLA- specifična površina lista, LDMC – sadržaj suhe tvari lista). Statistički značajne vrijednosti ( $p < 0.05$ ) su podebljane.

Prilog 1. Popis flore te lokaliteti i ploe na kojima sam ih zabilježila.

| porodica               | svojta                                                            | lokaliteti i ploe                                   |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <i>Amaryllidaceae</i>  | <i>Allium</i> sp.                                                 | 8                                                   |
| <i>Apiaceae</i>        | <i>Daucus carota</i> L.                                           | 4, 4.2, 6, 6.2, 8                                   |
|                        | <i>Pastinaca sativa</i> L.                                        | 2, 2.2, 5, 5.1                                      |
| <i>Asteraceae</i>      | <i>Achillea millefolium</i> L.                                    | 1, 1.1, 2, 2.2, 3, 4, 4.1, 4.2, 8, 8.2              |
|                        | <i>Artemisia vulgaris</i> L.                                      | 3, 3.2                                              |
|                        | <i>Bellis perennis</i> L.                                         | 4, 4.2                                              |
|                        | <i>Bupthalmum salicifolium</i> L.                                 | 1, 1.1, 1.2                                         |
|                        | <i>Centaurea jacea</i> L.                                         | 2, 2.1                                              |
|                        | <i>Centaurea macroptilon</i> Borbás                               | 2, 2.2, 5, 5.2, 8, 8.2                              |
|                        | <i>Centaurea nigrescens</i> Willd.                                | 5, 5.1, 6, 7                                        |
|                        | <i>Centaurea scabiosa</i> L.                                      | 1, 1.2                                              |
|                        | <i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.                                 | 2, 2.2, 7, 7.1, 8                                   |
|                        | <i>Erigeron annuus</i> (L.) Desf.                                 | 1, 3, 3.1, 3.2, 4, 4.2, 6, 6.1, 6.2, 7, 8, 8.1, 8.2 |
|                        | <i>Inula salicina</i> L.                                          | 1                                                   |
|                        | <i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.                                  | 1, 1.2                                              |
|                        | <i>Tanacetum vulgare</i> L.                                       | 3                                                   |
| <i>Boraginaceae</i>    | <i>Symphytum officinale</i> L.                                    | 2, 4                                                |
| <i>Brassicaceae</i>    | <i>Arabis hirsuta</i> (L.) Scop.                                  | 1, 1.1, 1.2                                         |
| <i>Caryophyllaceae</i> | <i>Cerastium brachypetalum</i> Pers.                              | 2, 2.2, 4, 4.2, 7, 7.1                              |
|                        | <i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke                            | 1, 2, 3, 4, 4.2                                     |
| <i>Cichoriaceae</i>    | <i>Crepis biennis</i> L.                                          | 2, 2.1, 3, 3.1, 5, 5.1, 5.2, 6                      |
|                        | <i>Chondrilla juncea</i> L.                                       | 3, 3.1, 3.2                                         |
|                        | <i>Picris hieracioides</i> L.                                     | 6, 7, 7.2                                           |
|                        | <i>Tragopogon pratensis</i> L. ssp. <i>orientalis</i> (L.) Čelak. | 3                                                   |
| <i>Clusiaceae</i>      | <i>Hypericum perforatum</i> L.                                    | 4, 4.1                                              |
| <i>Convolvulaceae</i>  | <i>Calystegia sepium</i> (L.) R. Br.                              | 2, 2.1                                              |
|                        | <i>Convolvulus arvensis</i> L.                                    | 2, 3, 3.2, 6, 6.2, 7, 7.1, 7.2, 8, 8.1, 8.2         |
| <i>Cucurbitaceae</i>   | <i>Echinocystis lobata</i> (Michx.) Torr. et A. Gray              | 2                                                   |
| <i>Cyperaceae</i>      | <i>Carex distans</i> L.                                           | 1, 1.2                                              |
|                        | <i>Carex spicata</i> Huds.                                        | 7, 7.2, 8                                           |
| <i>Dipsacaceae</i>     | <i>Knautia drymeia</i> Heuff.                                     | 2                                                   |
|                        | <i>Knautia arvensis</i> (L.) Coult.                               | 2, 2.2, 4                                           |
|                        | <i>Scabiosa triandra</i> L.                                       | 1, 1.2                                              |
| <i>Equisetaceae</i>    | <i>Equisetum arvense</i> L.                                       | 2, 2.1, 2.2, 4, 4.1, 4.2, 8, 8.2                    |
| <i>Euphorbiaceae</i>   | <i>Euphorbia esula</i> L.                                         | 6, 6.2                                              |
| <i>Fabaceae</i>        | <i>Anthyllis vulneraria</i> L.                                    | 1, 1.1, 1.2, 4                                      |
|                        | <i>Coronilla varia</i> L.                                         | 1, 1.1, 3, 3.2, 4, 4.1, 6                           |

|                |                                                        |                                                                       |
|----------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
|                | <i>Dorycnium herbaceum</i> Vill.                       | 1, 1.1, 1.2                                                           |
|                | <i>Lathyrus hirsutus</i> L.                            | 4, 4.2                                                                |
|                | <i>Lathyrus nissolia</i> L.                            | 8, 8.1, 8.2                                                           |
|                | <i>Lathyrus pratensis</i> L.                           | 1, 1.1, 6, 6.1                                                        |
|                | <i>Lembotropis nigricans</i> (L.) Griseb.              | 1                                                                     |
|                | <i>Lotus corniculatus</i> L.                           | 2, 4, 4.1, 6, 6.2, 7, 7.2, 8                                          |
|                | <i>Medicago lupulina</i> L.                            | 1, 1.1, 1.2, 3, 3.1, 6, 6.2                                           |
|                | <i>Medicago sativa</i> L.                              | 3, 5, 5.1, 7, 7.1                                                     |
|                | <i>Trifolium campestre</i> Schreb.                     | 3, 3.1, 3.2                                                           |
|                | <i>Trifolium pratense</i> L.                           | 2, 3, 3.2, 4, 4.1, 5, 5.1, 5.2, 7, 7.1                                |
|                | <i>Trifolium repens</i> L.                             | 3, 3.1, 3.2, 5, 5.2, 6, 6.1, 6.2                                      |
|                | <i>Vicia angustifolia</i> L.                           | 3, 3.1, 3.2                                                           |
|                | <i>Vicia cracca</i> L.                                 | 1, 2, 2.1, 2.2, 4, 4.2, 6, 7, 7.1, 8, 8.1, 8.2                        |
|                | <i>Vicia hirsuta</i> (L.) Gray                         | 8, 8.1, 8.2                                                           |
| Lamiaceae      | <i>Clinopodium vulgare</i> L.                          | 2, 2.1, 2.2, 4, 6, 6.1, 6.2                                           |
|                | <i>Glechoma hederacea</i> L.                           | 5, 5.1, 7, 7.1, 8, 8.1, 8.2                                           |
|                | <i>Salvia pratensis</i> L.                             | 2, 2.2, 3, 4, 4.1, 4.2, 6, 6.1                                        |
|                | <i>Salvia verticillata</i> L.                          | 1                                                                     |
|                | <i>Teucrium chamaedrys</i> L.                          | 1, 1.1, 4                                                             |
|                | <i>Thymus pulegioides</i> L.                           | 1, 1.1, 1.2, 4, 4.1                                                   |
| Linaceae       | <i>Linum catharticum</i> L.                            | 1, 1.2                                                                |
| Orchidaceae    | <i>Anacamptis pyramidalis</i> (L.) Rich. (NT)          | 1                                                                     |
| Plantaginaceae | <i>Plantago lanceolata</i> L.                          | 1, 1.1, 2, 2.1, 2.2, 3, 3.1, 3.2, 5, 5.1, 5.2, 6, 6.1                 |
|                | <i>Plantago major</i> L.                               | 5, 5.1                                                                |
|                | <i>Plantago media</i> L.                               | 1, 1.1, 3, 3.1, 4, 4.1, 4.2, 6, 6.1, 6.2                              |
| Poaceae        | <i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) J. Presl et C. Presl | 2, 2.1, 2.2, 3, 3.1, 6, 6.1, 6.2, 8                                   |
|                | <i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) P. Beauv.            | 1, 1.1, 1.2, 2, 2.1, 4, 4.1                                           |
|                | <i>Briza media</i> L.                                  | 1, 1.1, 1.2, 2, 4, 4.1, 7, 7.1                                        |
|                | <i>Bromus erectus</i> Huds.                            | 1, 1.1, 1.2, 2, 2.2, 4, 4.1, 4.2, 6, 6.1                              |
|                | <i>Bromus racemosus</i> L.                             | 3, 3.1, 3.2, 4, 4.2                                                   |
|                | <i>Calamagrostis epigejos</i> (L.) Roth                | 7, 7.1, 7.2, 8                                                        |
|                | <i>Dactylis glomerata</i> L.                           | 1, 1.2, 2, 2.1, 2.2, 3, 3.2, 4, 4.2, 6, 6.2, 7, 7.1, 7.2, 8, 8.1, 8.2 |
|                | <i>Elymus hispidus</i> (Opiz) Melderis                 | 1                                                                     |
|                | <i>Elymus repens</i> (L.) Gould                        | 3, 8, 8.1                                                             |
|                | <i>Festuca pratensis</i> Huds.                         | 2, 2.1, 3, 4, 4.1, 4.2, 7, 7.1, 7.2, 8, 8.1, 8.2                      |
|                | <i>Festuca rubra</i> L.                                | 4, 4.1, 4.2, 6, 6.1, 7, 7.1, 7.2                                      |
|                | <i>Holcus lanatus</i> L.                               | 2, 2.1, 2.2, 7, 7.1, 7.2, 8, 8.1, 8.2                                 |
|                | <i>Hordeum murinum</i> L.                              | 3, 3.1                                                                |
|                | <i>Lolium multiflorum</i> Lam.                         | 3, 3.1, 3.2                                                           |
|                | <i>Lolium perenne</i> L.                               | 5, 5.1                                                                |

|                         |                                           |                                                       |
|-------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|                         | <i>Lolium</i> sp.                         | 3, 3.1, 5, 5.1, 5.2                                   |
|                         | <i>Poa pratensis</i> L.                   | 3, 3.1, 3.2, 4, 4.1, 6, 6.1, 6.2, 7, 7.1, 7.2, 8, 8.1 |
|                         | <i>Trisetum flavescens</i> (L.) P. Beauv. | 2, 4, 4.1, 4.2, 6, 6.1                                |
| <i>Polygonaceae</i>     | <i>Rumex crispus</i> L.                   | 8                                                     |
|                         | <i>Rumex obtusifolius</i> L.              | 3                                                     |
| <i>Primulaceae</i>      | <i>Lysimachia nummularia</i> L.           | 2, 2.1, 8, 8.2                                        |
|                         | <i>Primula vulgaris</i> Huds.             | 2, 2.1, 2.2                                           |
| <i>Ranunculaceae</i>    | <i>Clematis vitalba</i> L.                | 3, 3.1, 7, 7.1                                        |
|                         | <i>Ranunculus acris</i> L.                | 2, 2.1, 2.2                                           |
|                         | <i>Ranunculus bulbosus</i> L.             | 8, 8.2                                                |
|                         | <i>Ranunculus</i> sp.                     | 1, 1.2, 4, 4.1, 4.2                                   |
| <i>Rosaceae</i>         | <i>Agrimonia eupatoria</i> L.             | 1, 1.2, 4, 4.1, 4.2, 6, 8, 8.1, 8.2                   |
|                         | <i>Potentilla reptans</i> L.              | 2, 2.1, 2.2, 5, 5.1, 5.2, 8, 8.1, 8.2                 |
|                         | <i>Potentilla</i> sp.                     | 3, 3.2, 6, 6.2                                        |
|                         | <i>Rubus</i> sp.                          | 2, 2.1, 7, 7.2, 8, 8.1                                |
|                         | <i>Sanguisorba minor</i> Scop.            | 1, 1.1, 1.2, 4, 4.1, 4.2                              |
| <i>Rubiaceae</i>        | <i>Galium lucidum</i> All.                | 2, 2.1, 2.2                                           |
|                         | <i>Galium mollugo</i> L.                  | 4, 4.1, 4.2, 5, 5.1, 5.2, 6, 6.1, 7, 7.2, 8, 8.1, 8.2 |
|                         | <i>Galium verum</i> L.                    | 1, 1.1, 6, 6.1, 6.2, 7, 7.1, 7.2                      |
| <i>Scrophulariaceae</i> | <i>Melampyrum barbatum</i> Willd.         | 1, 1.2                                                |
|                         | <i>Veronica chamaedrys</i> L.             | 6, 6.1, 6.2, 7, 7.1, 7.2, 8, 8.2                      |
|                         | <i>Veronica</i> sp.                       | 4, 4.1                                                |
| <i>Violaceae</i>        | <i>Viola</i> sp.                          | 1, 1.2, 2, 2.1, 2.2, 4, 4.2                           |

Prilog 2. Popis flore poredan prema porodicama i rodovima s pridruženim životnim oblicima (Ch – hamefiti, G – geofiti, H – hemikriptofiti, P – fanerofiti, T – terofiti), flornim elementima (EU – europski florni element, CEU – srednjoeuropski florni element, SEU – južноеuropski florni element, SEEU – jugoistočno-europski florni element, EUA – euroazijski florni element, CH – cirkumholarktički florni element, ME – mediteranski florni element, WSP - biljke široke rasprostranjenosti (kozmpolitske), CUAD – kultivirane i adventivne biljke), statusom podrijetla (Au – autohtona svojta, Ar – arheofit, Ne – neofit, In – invazivna strana svojta), CSR strategijama, ekološkim indikatorskim vrijednostima (L – svjetlost, M – vlažnost tla, N – hranjivost tla, R – reakcija tla, S – salinitet, T – temperatura) i životnim značajkama (LDMC – sadržaj suhe tvari lista, SLA – specifična površina lista).

| svojta                              | životni oblik | florni element | podrijetlo | CSR | L | M | N | R | S | T | masa sjemenke [mg] | LDMC [mg g <sup>-1</sup> ] | SLA [mm <sup>2</sup> mg <sup>-1</sup> ] | visina biljke [m] |
|-------------------------------------|---------------|----------------|------------|-----|---|---|---|---|---|---|--------------------|----------------------------|-----------------------------------------|-------------------|
| <i>Allium</i> sp.                   |               |                |            |     |   |   |   |   |   |   |                    |                            |                                         |                   |
| <i>Daucus carota</i> L.             | H             | EUA            | Au         | CR  | 8 | 4 | 4 | 7 | 0 | 6 | 1.081              | 232.000                    | 19.667                                  | 0.393             |
| <i>Pastinaca sativa</i> L.          | H             | EUA            | Au         | C   | 8 | 4 | 5 | 8 | 0 | 6 | 4.000              | 152.000                    | 33.000                                  | 0.600             |
| <i>Achillea millefolium</i> L.      | Ch            | WSP            | Au         | C   | 8 | 4 | 5 | 5 | 1 | 5 |                    | 185.500                    | 17.739                                  | 0.396             |
| <i>Artemisia vulgaris</i> L.        | Ch, H         | WSP            | Au         | C   | 7 | 6 | 8 | 6 | 0 | 6 |                    | 258.000                    |                                         | 1.400             |
| <i>Bellis perennis</i> L.           | H             | CEU            | Au         | CSR | 8 | 5 | 5 | 5 | 0 | 5 | 0.000              | 113.500                    | 27.000                                  | 0.055             |
| <i>Bupthalmum salicifolium</i> L.   | H             | CEU            | Au         | C   | 8 | 4 | 3 | 8 | 0 | 5 | 0.500              | 181.000                    | 26.000                                  | 0.350             |
| <i>Centaurea jacea</i> L.           | H             | EUA            | Au         | C   | 7 | 5 | 4 | 6 | 0 | 5 |                    | 220.000                    |                                         | 0.850             |
| <i>Centaurea macroptilon</i> Borbás | H             | SEU            | Au         | CSR |   |   |   |   |   |   |                    |                            |                                         |                   |
| <i>Centaurea nigrescens</i> Willd.  | H             | SEU            | Au         | C   | 8 | 4 | 6 | 6 | 1 | 6 |                    |                            |                                         | 0.600             |
| <i>Centaurea scabiosa</i> L.        | H             | EUA            | Au         | C   | 7 | 3 | 3 | 8 | 0 | 5 |                    | 197.000                    |                                         | 0.825             |
| <i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.   | G             | EUA            | Au         | C   | 8 | 4 | 7 | 6 | 1 | 5 |                    | 141.667                    | 14.278                                  | 0.863             |

|                                                                      |   |      |     |     |   |   |   |   |   |   |         |         |        |       |
|----------------------------------------------------------------------|---|------|-----|-----|---|---|---|---|---|---|---------|---------|--------|-------|
| <i>Erigeron annuus</i> (L.) Desf.                                    | H | CUAD | In  | CR  | 7 | 6 | 6 | 6 | 0 | 6 |         | 201.000 |        | 0.788 |
| <i>Inula salicina</i> L.                                             | H | EUA  | Au  | CS  | 8 | 6 | 2 | 9 | 1 | 6 | 0.000   | 237.000 | 26.500 | 0.500 |
| <i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.                                     | H | CH   | Au  | C   | 7 | 4 | 3 | 6 | 0 | 5 |         | 129.667 | 18.368 | 0.364 |
| <i>Tanacetum vulgare</i> L.                                          | H | EUA  | Au  | C   | 8 | 5 | 5 |   | 0 | 6 |         | 221.000 | 21.500 | 0.825 |
| <i>Symphytum officinale</i> L.                                       | H | EU   | Au  | C   | 7 | 8 | 8 | 6 | 0 | 6 | 7.500   | 82.000  |        | 0.567 |
| <i>Arabis hirsuta</i> (L.) Scop.                                     | H | WSP  | Au  | CSR | 7 | 4 |   | 8 | 0 | 5 | 0.000   | 166.000 | 28.250 | 0.323 |
| <i>Cerastium brachypetalum</i> Pers.                                 | T | SEU  | Au  | SR  | 9 | 3 | 2 | 7 | 0 | 7 |         |         |        |       |
| <i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke                               | H | SEU  | Au  | CSR | 8 | 5 | 2 | 7 | 0 | 6 | 1.000   | 166.000 | 20.000 | 0.270 |
| <i>Crepis biennis</i> L.                                             | H | CEU  | Au  | CR  | 7 | 5 | 5 | 6 | 0 | 5 | 1.333   | 132.500 | 31.333 | 0.575 |
| <i>Chondrilla juncea</i> L.                                          | H | EUA  | Au  | CS  | 8 | 3 | 5 | 6 | 0 | 7 |         | 217.000 | 7.500  | 0.500 |
| <i>Picris hieracioides</i> L.                                        | H | EUA  | Au  | CSR | 8 | 4 | 4 | 8 | 0 | 5 | 1.000   | 182.800 | 24.833 | 0.638 |
| <i>Tragopogon pratensis</i> L. ssp.<br><i>orientalis</i> (L.) Čelak. | H | EUA  | Au  | CSR | 7 | 5 | 6 | 7 | 0 | 5 |         | 173.000 |        | 0.350 |
| <i>Hypericum perforatum</i> L.                                       | H | WSP  | Au  | C   | 7 | 4 | 3 | 6 | 0 | 6 |         | 303.000 |        | 0.358 |
| <i>Calystegia sepium</i> (L.) R. Br.                                 | G | WSP  | Au  | C   | 8 | 6 | 8 | 7 | 0 | 6 |         | 184.000 | 29.556 | 1.288 |
| <i>Convolvulus arvensis</i> L.                                       | G | WSP  | Ars | CR  | 7 | 4 | 5 | 7 | 0 | 6 | 11.692  | 172.500 | 28.308 | 0.263 |
| <i>Echinocystis lobata</i> (Michx.) Torr.<br>et A. Gray              | T | CUAD | In  | CR  | 6 | 6 | 7 | 7 | 0 | 6 | 237.000 |         |        | 3.500 |
| <i>Carex distans</i> L.                                              | H | EU   | Au  | CS  | 9 | 7 | 3 | 8 | 1 | 6 | 1.273   | 304.000 |        | 0.200 |
| <i>Carex spicata</i> Huds.                                           | H | EUA  | Au  | CS  | 7 | 5 | 4 | 6 | 0 | 5 | 2.600   | 249.667 | 20.667 | 0.275 |
| <i>Knautia arvensis</i> (L.) Coult.                                  | H | EUA  | Au  | C   | 7 | 4 | 4 | 5 | 0 | 6 | 4.273   | 183.667 | 20.000 | 0.433 |
| <i>Knautia drymeia</i> Heuff.                                        | H | SEU  | Au  | C   | 5 | 6 | 5 | 6 | 0 | 6 |         |         |        | 0.400 |
| <i>Scabiosa triandra</i> L.                                          | H | SEU  | Au  |     | 7 | 5 | 2 | 6 | 0 | 7 |         |         |        |       |

|                                           |    |      |     |     |   |   |   |   |   |   |        |         |        |       |
|-------------------------------------------|----|------|-----|-----|---|---|---|---|---|---|--------|---------|--------|-------|
| <i>Equisetum arvense</i> L.               | G  | CH   | Au  | CR  | 6 | 6 | 3 | 6 | 0 | 5 |        | 237.500 | 12.300 | 0.325 |
| <i>Euphorbia esula</i> L.                 | H  | EUA  | Au  | CSR | 8 | 4 | 5 | 7 | 0 | 6 |        | 222.000 |        | 0.425 |
| <i>Anthyllis vulneraria</i> L.            | H  | SEU  | Ne  | CSR | 8 | 3 | 3 | 7 | 0 | 6 | 3.250  | 170.000 | 16.400 | 0.200 |
| <i>Coronilla varia</i> L.                 | H  | EU   | Au  | C   | 7 | 4 | 3 | 9 | 0 | 6 |        | 168.000 |        | 0.442 |
| <i>Dorycnium herbaceum</i> Vill.          | Ch | SEU  | Au  | CSR | 7 | 3 | 3 | 9 | 0 | 6 |        |         |        |       |
| <i>Lathyrus hirsutus</i> L.               | T  | ME   | Ars | CR  | 7 | 4 | 3 | 7 | 0 | 6 |        |         |        | 0.650 |
| <i>Lathyrus nissolia</i> L.               | T  | ME   | Ars | CR  | 7 | 4 | 4 | 7 | 0 | 8 |        | 201.000 |        | 0.375 |
| <i>Lathyrus pratensis</i> L.              | H  | EUA  | Au  | C   | 7 | 6 | 6 | 7 | 0 | 5 |        | 273.667 | 25.974 | 0.567 |
| <i>Lembotropis nigricans</i> (L.) Griseb. | P  | SEU  | Au  | C   | 6 | 4 | 2 | 4 | 0 | 6 | 5.000  | 258.000 | 16.000 | 1.100 |
| <i>Lotus corniculatus</i> L.              | H  | WSP  | Au  | CSR | 7 | 4 | 3 | 7 | 1 | 5 | 1.438  | 186.000 | 23.643 | 0.429 |
| <i>Medicago lupulina</i> L.               | T  | WSP  | Ar  | CSR | 7 | 4 | 4 | 8 | 1 | 5 |        | 196.000 |        | 0.250 |
| <i>Medicago sativa</i> L.                 | H  | CUAD | Ars | C   | 8 | 4 | 5 | 7 | 0 | 6 |        |         |        |       |
| <i>Trifolium campestre</i> Schreb.        | T  | WSP  | Au  | R   | 8 | 4 | 3 | 7 | 0 | 5 |        | 250.250 |        | 0.288 |
| <i>Trifolium pratense</i> L.              | H  | EUA  | Au  | C   | 7 | 6 | 5 | 6 | 0 | 5 |        | 223.250 |        | 0.283 |
| <i>Trifolium repens</i> L.                | H  | WSP  | Au  | CSR | 8 | 5 | 6 | 6 | 1 | 5 |        | 185.500 |        | 0.350 |
| <i>Vicia angustifolia</i> L.              | T  | EU   | Ar  | CR  | 7 | 3 | 5 | 8 | 0 | 6 |        |         |        |       |
| <i>Vicia cracca</i> L.                    | H  | EUA  | Au  | C   | 7 | 5 | 4 | 6 | 1 | 5 | 15.909 | 223.000 | 25.429 | 0.883 |
| <i>Vicia hirsuta</i> (L.) Gray            | T  | EUA  | Ar  | R   | 7 | 3 | 5 | 8 | 0 | 6 | 6.000  | 240.333 | 22.000 | 0.275 |
| <i>Salvia pratensis</i> L.                | H  | EU   | Au  | CSR | 8 | 3 | 4 | 8 | 0 | 6 | 2.450  | 171.000 | 25.333 | 0.442 |
| <i>Clinopodium vulgare</i> L.             | H  | WSP  | Au  | CS  | 7 | 4 | 3 | 7 | 0 | 6 | 0.000  | 258.000 | 24.000 | 0.375 |
| <i>Glechoma hederacea</i> L.              | H  | CH   | Au  | CSR | 6 | 6 | 7 | 6 | 0 | 6 | 1.000  | 160.000 | 34.800 | 0.270 |
| <i>Salvia verticillata</i> L.             | H  | SEU  | Au  | CSR | 9 | 4 | 5 | 7 | 0 | 6 |        | 226.500 | 14.500 | 0.300 |
| <i>Teucrium chamaedrys</i> L.             | Ch | SEU  | Au  | CSR | 7 | 2 | 1 | 8 | 0 | 6 |        | 305.750 | 19.333 | 0.140 |

|                                                        |      |     |     |     |   |   |   |   |   |   |       |         |        |       |
|--------------------------------------------------------|------|-----|-----|-----|---|---|---|---|---|---|-------|---------|--------|-------|
| <i>Thymus pulegioides</i> L.                           | Ch   | SEU | Au  | CS  | 8 | 4 | 1 | 6 | 0 | 5 | 0.000 |         | 24.500 | 0.182 |
| <i>Linum catharticum</i> L.                            | T    | WSP | Au  | SR  | 7 | 7 | 2 | 7 | 1 | 5 | 0.000 | 210.000 | 30.250 | 0.117 |
| <i>Anacamptis pyramidalis</i> (L.) Rich. (NT)          | G    | EU  | Au  | CSR | 8 | 3 | 2 | 9 | 0 | 7 |       | 112.000 | 45.000 | 0.300 |
| <i>Plantago lanceolata</i> L.                          | H    | CH  | Au  | CSR | 6 | 4 | 5 | 6 | 0 | 5 |       | 166.875 | 18.238 | 0.161 |
| <i>Plantago major</i> L.                               | H    | WSP | Au  | CSR |   |   |   |   |   |   |       | 107.000 |        | 0.370 |
| <i>Plantago media</i> L.                               | H    | EUA | Au  | CSR | 7 | 4 | 3 | 7 | 0 | 5 |       | 145.333 |        | 0.172 |
| <i>Briza media</i> L.                                  | H    | EUA | Au  | CSR | 8 | 6 | 2 | 5 | 0 | 5 | 0.250 | 298.000 | 21.714 | 0.165 |
| <i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) J. Presl et C. Presl | H    | EU  | Au  | C   | 8 | 5 | 7 | 7 | 0 | 5 | 3.067 | 291.333 | 28.200 | 1.275 |
| <i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) P. Beauv.            | H    | EUA | Au  | CS  | 6 | 4 | 4 | 7 | 0 | 5 |       |         |        |       |
| <i>Bromus erectus</i> Huds.                            | H    | WSP | Au  | CS  | 8 | 3 | 3 | 8 | 0 | 5 | 4.385 | 339.556 | 17.000 | 0.500 |
| <i>Bromus racemosus</i> L.                             | T    | WSP | Au  | CR  | 6 | 8 | 5 | 5 | 0 | 6 | 6.714 | 182.000 |        | 0.770 |
| <i>Calamagrostis epigejos</i> (L.) Roth                | H    | EU  | Au  | C   | 7 | 5 | 6 | 7 | 0 | 5 |       | 400.000 |        | 1.000 |
| <i>Dactylis glomerata</i> L.                           | H    | EUA | Au  | C   | 7 | 5 | 6 | 4 | 0 | 5 | 0.917 | 262.500 | 24.417 | 0.454 |
| <i>Elymus hispidus</i> (Opiz) Melderis                 | H, G | SEU | Au  | CS  | 7 | 3 | 3 | 7 | 0 | 6 |       |         |        |       |
| <i>Elymus repens</i> (L.) Gould                        | G    | WSP | Au  | C   | 7 | 5 |   | 7 |   | 6 | 2.400 | 273.250 | 23.615 | 0.750 |
| <i>Festuca pratensis</i> Huds.                         | H    | EUA | Au  | C   | 8 | 6 | 6 | 5 | 0 | 5 |       | 265.250 | 20.000 | 0.550 |
| <i>Festuca rubra</i> L.                                | H    | CH  | Au  | C   | 8 | 5 | 4 | 5 | 0 | 5 | 0.765 | 267.000 | 19.286 | 0.483 |
| <i>Holcus lanatus</i> L.                               | H    | EUA | Au  | C   | 7 | 6 | 4 | 6 | 1 | 6 | 0.167 | 230.000 | 34.167 | 0.325 |
| <i>Hordeum murinum</i> L.                              | T    | WSP | Ars | R   | 8 | 4 | 5 | 8 | 1 | 7 | 9.200 | 197.333 | 37.000 | 0.308 |
| <i>Lolium multiflorum</i> Lam.                         | H    | ME  | Ne  | C   | 7 | 4 | 6 | 7 | 0 | 7 | 2.800 | 265.000 | 30.250 | 0.325 |
| <i>Lolium perenne</i> L.                               | H    | EU  | Au  | C   | 8 | 5 | 7 | 7 | 0 | 6 | 2.000 | 214.500 | 25.700 | 0.125 |

[illegible]

Prilog 3. Tablica korelacija sa koeficijentima korelacije i  $p$  vrijednostima (SLA- specifična površina lista, LDMC – sadržaj suhe tvari lista). Statistički značajne vrijednosti ( $p < 0.05$ ) su podebljane.

|                | suha biomasa                                 | broj svojti                                   | svježa biomasa                                | FD                                           | % suhe mase                                  | visina biljke       | SLA                                           | LDMC                | masa sjemenke |
|----------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------|---------------------|---------------|
| suha biomasa   |                                              |                                               |                                               |                                              |                                              |                     |                                               |                     |               |
| broj svojti    | -0,2924<br>$p=0,272$                         |                                               |                                               |                                              |                                              |                     |                                               |                     |               |
| svježa biomasa | 0,3641<br>$p=0,166$                          | <b>-0,5554</b><br><b><math>p=0,026</math></b> |                                               |                                              |                                              |                     |                                               |                     |               |
| FD             | 0,0666<br>$p=0,806$                          | <b>0,7172</b><br><b><math>p=0,002</math></b>  | <b>-0,5661</b><br><b><math>p=0,022</math></b> |                                              |                                              |                     |                                               |                     |               |
| % suhe mase    | <b>0,6801</b><br><b><math>p=0,004</math></b> | 0,1189<br>$p=0,661$                           | -0,4100<br>$p=0,115$                          | <b>0,5503</b><br><b><math>p=0,027</math></b> |                                              |                     |                                               |                     |               |
| visina biljke  | 0,0151<br>$p=0,956$                          | 0,0094<br>$p=0,973$                           | 0,1852<br>$p=0,492$                           | 0,2124<br>$p=0,430$                          | -0,0815<br>$p=0,764$                         |                     |                                               |                     |               |
| SLA            | 0,1821<br>$p=0,500$                          | <b>-0,6648</b><br><b><math>p=0,005</math></b> | 0,4961<br>$p=0,051$                           | -0,2405<br>$p=0,370$                         | -0,1406<br>$p=0,603$                         | 0,1158<br>$p=0,669$ |                                               |                     |               |
| LDMC           | 0,3294<br>$p=0,213$                          | <b>0,5617</b><br><b><math>p=0,024</math></b>  | -0,4765<br>$p=0,062$                          | <b>0,5729</b><br><b><math>p=0,020</math></b> | <b>0,6503</b><br><b><math>p=0,006</math></b> | 0,1011<br>$p=0,709$ | <b>-0,6353</b><br><b><math>p=0,008</math></b> |                     |               |
| masa sjemenke  | 0,0003<br>$p=0,999$                          | 0,3927<br>$p=0,132$                           | -0,1280<br>$p=0,637$                          | <b>0,5214</b><br><b><math>p=0,038</math></b> | 0,1291<br>$p=0,634$                          | 0,2035<br>$p=0,450$ | -0,0540<br>$p=,843$                           | 0,2322<br>$p=0,387$ |               |



## 10. ŽIVOTOPIS

Rođena sam 10. travnja 1996. u Rijeci. Osnovnu školu završila sam u OŠ „Fran Krsto Frankopan“ u Vrbniku 2011. godine. Iste sam godine upisala gimnaziju u Srednjoj školi „Hrvatski Kralj Zvonimir“ u Krku. Nakon završene srednje škole, 2015. godine upisala sam preddiplomski studij biologije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Tijekom preddiplomskog studija odradila sam stručnu praksu na kojoj sam dobila priliku sudjelovati u pisanju svojeg prvog stručnog znanstvenog rada (Hruševac D., Siladi P., Justić M., Mitić B. (2018): Vascular flora of a part of the planned Hrvatsko Zagorje regional park (northwestern Croatia). *Natura Croatica: periodicum Musei historiae naturalis Croatici*, 27(2): 271-292.). Preddiplomski studij završila sam 2018. godine predajom završnog rada naslovljenog „Invazivne biljke Hrvatske“ i iste godine upisala sam Diplomski studij, smjer Eksperimentalna biologija, modul Botanika. Drugu stručnu praksu odradila sam u herbarijskoj zbirci „Herbarium Croaticum“ na Botaničkom zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta gdje sam provodila digitalizaciju istoimene herbarijske zbirke. Također, u sklopu prakse s kolegicama sam provela digitalizaciju i analizu jednog od najstarijih herbarskih građa unutar zbirke. Rezultate smo prezentirale posterom na Šestom Hrvatskom botaničkom simpoziju u Zagrebu (Bučar M., Justić M., Rajčić L., Rešetnik I.: Analysis and digitalisation of the Herbarium of count Franjo Vojković-Vojkffy Klokočki. BOOK OF ABSTRACTS, Sixth Croatian Botanical Symposium with international participation. Jasprica, Nenad, Car, Ana (ur.). Zagreb, Hrvatska: Hrvatsko botaničko društvo, 2019. str. 41-41 (poster, podatak o recenziji nije dostupan, sažetak, znanstveni)). Tijekom diplomskog studija bila sam članica Udruge studenata biologije (BIUS). Osobito sam aktivna bila u djelovanju Sekcije za botaniku s kojom sam 2019. godine provela kartiranje flore otoka Zlarina u sklopu BIUS-ovog projekta istraživanja bioraznolikosti otoka. Rezultate istraživanja prezentirali smo na Šestom Hrvatskom botaničkom simpoziju u Zagrebu (Vizec P., Šegota V., Vuković N., Bučar M., Justić M., Vukres A., Valjak N., Levačić D., Flanjak L., Matijević V., Dragun D.: Floristic mapping of the island of Zlarin (Northern Dalmatia). Book of Abstracts Sixth Croatian Botanical Symposium with International Participation. Jasprica, Nenad, Car, Ana (ur.). Zagreb: Croatian Botanical Society, 2019. str. 32-32 (poster, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni). Godine 2020. bila sam voditeljica BIUS-ove Sekcije za ljekovito bilje. Drugo florističko istraživanje provela sam

zajedno s kolegama u sklopu kolegija Flora Hrvatske. Rezultate tog istraživanja prezentirale smo posterom na Šestom Hrvatskom botaničkom simpoziju u Zagrebu, a rad je publiciran početkom 2021. godine (Justić M., Bučar M., Vizec P., Vukres A., Šegota V. (2020): Vascular flora of Jelenovac Forest Park (Zagreb, Croatia). Glasnik Hrvatskog botaničkog društva (u tisku)). Osim dva navedena znanstvena članka, koautorica sam i jednog kratkog priopćenja (Justić M., Bučar M., Vizec P., Vukres A., Šegota V., Vuković N. (2020): Rare and endangered orchid *Cypripedium calceolus* L. refound in Gorski Kotar (W Croatia) after 126 years. *Natura Croatica: periodicum Musei historiae naturalis Croatici*, 29(1): 55-62.). Bila sam dio tehničke ekipe na dva kongresa: 2019. godine na Šestom Hrvatskom botaničkom simpoziju u Zagrebu i 2020. godine na Jedanaestom međunarodnom kongresu NEOBIOTA u Vodicama. Od početka listopada 2020. do kraja siječnja 2021. godine radila sam u herbariju Botaničkog zavoda na projektu digitalizacije herbarijske zbirke Ive i Marije Horvat (ZAHO), a u veljači sam krenula raditi na projektu unosa podataka u Flora Croatica Database bazu podataka.