

Ekogeografija invazivne flore Hrvatske

Vuković, Nina

Doctoral thesis / Disertacija

2015

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:565197>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-04**



Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

Nina Vuković

**EKOGEOGRAFIJA INVAZIVNE FLORE
HRVATSKE**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2015



University of Zagreb

FACULTY OF SCIENCE
DIVISION OF BIOLOGY

Nina Vuković

**ECOGEOGRAPHY OF THE INVASIVE FLORA
OF CROATIA**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2015

Ovaj je doktorski rad izrađen u Botaničkom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom prof. dr. sc. Svena Jelaske, u sklopu Sveučilišnog poslijediplomskog dokorskog studija Biologije pri Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

ZAHVALA

Prilikom izrade i pisanja ovog doktorskog rada, jedan od većih problema s kojime sam se susrela bio je – kako i kome zahvaliti. Jer, znanstveni rad je toliko dugotrajan i kompleksan, da je zahvala odabranim pojedincima zbilja nezahvalan zadatak. Ipak ću pokušati, i krenuti određenim redom, u nadi da će barem većem dijelu moje iskrene zahvalnosti ostati neki pisani trag.

Zahvaljujem se, duboko i od srca, svojem mentoru, voditelju i (trenutno) nadređenoj osobi, Svenu Jelaski. Puno je zadataka, a time i odgovornosti, na plećima jednog mentora. One zadatke, meni osobno najvažnije – razumijevanje, susretljivost, spremnost na diskusiju i suradnju, odradio je za čistu peticu. Hvala Ti, šefe, što si me tretirao kao sebi ravnu.

Zahvaljujem se dalje svim svojim kolegama, s Botaničkog zavoda i šire, s kojima sam ikada imala prilike surađivati. Ne mogu ovdje nabrajati imena, jer ih je toliko, da mogu samo biti sretna što poznajem sve te divne ljude, koji su spremni uskočiti mišlju ili djelom, i time obogatiti nečiji rad. Hvala Vam, dragi kolege i prijatelji, što ste bili nezamjenjivi dijelovi ove slagalice.

Apsolutno moram zahvaliti svojim studenticama koje su vlastitim radom pomogle u prikupljanju i obradi podataka. Hvala Vam, Margarita Miletić, Maša Pavićević, Marlena Filipas i Ana Hrgovčić, što ste fizički i mentalno sudjelovale u cijeloj priči.

Niti jedna zahvala ne može proći bez spomena mojih roditelja, bez kojih ne bi bilo ni mene, ni ovog doktorata, ni zahvale. Hvala Vam, dragi roditelji, što ste me pustili i prepustili ovome svijetu i biologiji, bez da sumnjate u ishod. Mojoj užoj obitelji, Majiću starijem i mlađem, ne mogu dovoljno zahvaliti ni u idućim životima. Hvala Vam, najdraži moji, što me volite cijelim putem.

Draga Sara, Tebi ide posebna zahvala. Kada bih morala izdvojiti najdraže trenutke svojeg rada na ovom mjestu, to bi bili naši ručkovi. Hvala Ti što si putokaz kroz ova bespuća, i svjetlo na kraju tunela.

Ah da, ne smijem propustiti zahvaliti svojoj dragoj prijateljici Ashwagandhi. Bez nje teško da bi bilo ove 82 stranice koje slijede u nastavku.

Ekogeografija invazivne flore Hrvatske

Nina Vuković

Botanički zavod, Biološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Marulićev trg 20/II, 10000 Zagreb.

Na globalnoj razini, invazije stranih organizama predstavljaju jednu od najvećih prijetnji bioraznolikosti. Iz tog razloga, u posljednja tri desetljeća izrazito se intenziviraju istraživanja invazivnih vrsta, a fokus se najčešće stavlja na proučavanje invazivnih vrsta i njihovih staništa, utvrđivanje utjecaja na autohtone vrste i zajednice, te mogućnosti kontrole. Sustavna istraživanja invazivne flore Hrvatske započeta su relativno nedavno, stoga Hrvatska uglavnom oskudijeva znanstvenim radovima ove tematike. U ovom radu istražene su potencijalne alelopatske sposobnosti pojedinih invazivnih vrsta, povezanost načina rasprostranjivanja i okolišnih čimbenika, razina fenoplastičnosti i utjecaj na CSR strategije, te odnos između CSR strategija invazivnih vrsta i prostorne heterogenosti staništa. Kod pojedinih invazivnih vrsta uočen je trend inhibicije nicanja i rasta klijanaca pšenice i gorušice, odnosno postojanje alelopatskog potencijala. Istraživanje na Medvednici pokazalo je da okolišni uvjeti mogu utjecati pojavljivanje određenih tipova rasprostranjivanja, te da su anemohorne invazivne biljke češće rasprostranjene u područjima s većom nadmorskom visinom, dok antropohorne biljke češće dolaze u područjima s većom duljinom putova i cesta. Na primjeru vrste *Erigeron annuus* utvrđeno je da pojedine morfološke osobine pokazuju veliku fenotipsku plastičnost, kao i da različite populacije mogu imati različitu CSR strategiju. Osim toga, na primjeru Medvednice je utvrđeno da brojnost invazivnih vrsta raste sa raznolikošću staništa i vrsta, a opada sa nadmorskom visinom. U analizi zavisnosti CSR strategija o heterogenosti staništa izostala je očekivana veza između većeg udjela vrsta ruderalne strategije s većom heterogenošću staništa.

(82 stranice, 20 slika, 15 tablica, 139 literaturnih navoda, 8 priloga, jezik izvornika hrvatski)

Ključne riječi: alelopatija, rasprostranjivanje, fenoplastičnost, CSR strategije, heterogenost staništa

Mentor: dr. sc. Sven Jelaska, izv. prof.

Ocjenjivači: dr. sc. Božena Mitić, red. prof.
dr. sc. Ante Seletković, izv. prof.
dr. sc. Maja Šćepanović, doc.

Rad prihvaćen: 06.05.2015.

Ecogeography of the invasive flora of Croatia

Nina Vuković

Division of Botany, Department of Biology, Faculty of Science, University of Zagreb, Marulićev trg 20/II, 10000 Zagreb.

Invasions by alien biota are nowadays recognized as one of the major threats to global biodiversity. Accordingly, intensive studies of invasive species are continuously being performed during the last three decades, mainly focusing on invasive species traits and habitats, their impact on resident species and communities, and their efficient management. Until recently, there was no systematic research of the invasive flora of Croatia; therefore scientific literature on Croatian invasive plants is rather scarce. This study aimed to detect allelopathic potential of selected invasive species, to find connection between dispersal types of invasive flora and environmental factors, to detect the level of phenotypic plasticity and its impact on CSR strategies of invasive plants, and to explain the relationship between the occurrence of CSR strategies and habitat heterogeneity. As a result, inhibition of seedling emergence and growth of white mustard and wheat, i.e. allelopathic potential, was found in some cases. Study of Mt. Medvednica has shown that environmental factors can influence the occurrence of dispersal types, whereas anemochory was more common in higher altitudes, and anthropochory was more common in areas with more paths/roads. The example of *Erigeron annuus* has shown that some morphological traits are largely plastic, and different populations can have different CSR strategies. In addition, the analysis on Mt. Medvednica has shown that the number of invasive species is higher in areas with greater habitat and species diversity, while higher altitudes support less invasive species. The analysis of CSR strategies in dependence of habitat heterogeneity did not confirm the expected connection between R-strategists and greater habitat heterogeneity.

(82 pages, 20 figures, 14 tables, 139 references, 8 supplements, original in Croatian)

Keywords: invasive flora, allelopathy, dispersal, phenotypic plasticity, CSR strategies, habitat heterogeneity

Supervisor: dr. sc. Sven Jelaska, Assoc. Prof.

Reviewers: dr. sc. Božena Mitić, Prof.
dr. sc. Ante Seletković, Assoc. Prof.
dr. sc. Maja Šćepanović, Asst. Prof.

Thesis accepted: 06.05.2015.

1	UVOD	1
1.1	Hipoteza.....	4
1.2	Ciljevi	4
2	LITERATURNI PREGLED	5
2.1	Invazivne biljke	5
2.1.1	Definicija.....	5
2.1.2	O invazivnim biljkama općenito.....	5
2.2	Neki od potencijalnih mehanizama invazivnosti.....	9
2.2.1	Alelopatija	9
2.2.2	Uloga rasprostranjivanja.....	11
2.2.3	Fenoplastičnost i CSR strategije	12
2.2.4	Značaj staništa u invaziji.....	14
2.3	Projekti i inicijative u svijetu i Europi.....	16
2.4	Istraživanja invazivne flore u Hrvatskoj.....	17
3	MATERIJALI I METODE	19
3.1	Utjecaj vodenog ekstrakta listova istraživanih invazivnih vrsta na nicanje i rast test biljaka.....	19
3.2	Povezanost između tipova rasprostranjivanja invazivnih biljnih vrsta i okolišnih čimbenika	23
3.3	Fenoplastičnost i CSR strategije invazivne vrste <i>Erigeron annuus</i>	28
3.4	Utjecaj staništa na rasprostranjenost invazivne flore Medvednice i CSR strategije invazivne flore Hrvatske	32
4	REZULTATI.....	37
4.1	Utjecaj vodenog ekstrakta listova istraživanih invazivnih vrsta na nicanje i rast test biljaka.....	37
4.2	Povezanost između tipova rasprostranjivanja invazivnih biljnih vrsta i okolišnih čimbenika	42
4.3	Fenoplastičnost i CSR strategije invazivne vrste <i>Erigeron annuus</i>	44
4.4	Utjecaj staništa na rasprostranjenost invazivne flore Medvednice i CSR strategije invazivne flore Hrvatske	51
5	RASPRAVA	56
5.1	Utjecaj vodenog ekstrakta listova istraživanih invazivnih vrsta na nicanje i rast test biljaka.....	56
5.2	Povezanost između tipova rasprostranjivanja invazivnih biljnih vrsta i okolišnih čimbenika	61
5.3	Fenoplastičnost i CSR strategije invazivne vrste <i>Erigeron annuus</i>	62

5.4	Utjecaj staništa na rasprostranjenost invazivne flore Medvednice i CSR strategije invazivne flore Hrvatske	65
6	ZAKLJUČAK	68
7	LITERATURA.....	70
8	POPIS PRILOGA.....	82
9	ŽIVOTOPIS	XCII

1 UVOD

Prema definiciji, *ekogeografija* predstavlja proces prikupljanja i sinteze podataka o ekološkoj, geografskoj, taksonomskoj i genetičkoj raznolikosti (Castañeda Álvarez i sur. 2011). U novije vrijeme, ubrzan razvoj geografskih informacijskih sustava (GIS) omogućuje gotovo rutinsku analizu prostorno-vremenskih podataka, stoga se ekogeografske studije sve češće provode u biologiji, s ciljem objašnjavanja određenih pojava u geografskom kontekstu. U ovom radu, pojam *ekogeografija* odnosi se na istraživanje utjecaja okolišnih čimbenika na rasprostranjenost invazivne flore u Hrvatskoj.

Invazivne biljne vrste definiraju se kao one koje su u nekom području strane ali naturalizirane (u prirodi su uspostavile samo-održive populacije), te pokazuju izrazitu sposobnost širenja, u vidu uspješnog razmnožavanja, rasprostiranja i osvajanja novog prostora (Mitić i sur. 2008). Širenje invazivnih vrsta danas se smatra jednim od najvećih problema u zaštiti prirode koje u tom kontekstu predstavlja veliki izazov. Po važnosti odmah nakon direktnog uništavanja staništa, biološke invazije ozbiljno ugrožavaju različite ekosustave, te nerijetko imaju negativan učinak na biološku raznolikost (npr. formiranjem monokultura), ekonomiju (npr. korovne vrste) i/ili ljudsko zdravlje (npr. alergene ili otrovne biljke) (Nikolić i sur. 2014). Sve bolja povezanost kontinenata te općenito velika mobilnost ljudi doveli su do povećanog priljeva stranih vrsta na nova područja, te su se brojne strane vrste do danas uspješno udomaćile u područjima izvan njihovog prirodnog areala. Negdje oko 1800 godine, uslijed industrijske revolucije i ubrzanog razvoja transporta, trgovine i turizma, započeo je eksponencijalan rast broja stranih vrsta u novim područjima (Lambdon i sur. 2008) koji se nastavlja i u današnje doba.

U Hrvatskoj, najranije navode o nekim vrstama koje danas smatramo invazivnima nalazimo u najstarijim florama i među herbarijskim listovima prvih botaničara s ovih prostora kao što su Roberto de Visiani (na primjer *Xanthium spinosum* L. i *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, Visiani 1847, 1852) te Josip K. K. Schlosser i Ljudevit F. Vukotinović (na primjer *Robinia pseudoacacia* L. i *Erigeron annuus* (L.) Pers., Schlosser i Vukotinović 1869), koji datiraju iz druge polovice 19. stoljeća. No, izvjesno je da su neke od ovih vrsta u Hrvatsku prispjele i ranije, obzirom da ponekad ovi izvori, nama poznati kao prvi, već navode kako je vrsta česta i široko rasprostranjena. Od prvih botaničkih istraživanja do danas, prisutnost invazivnih biljaka u

Hrvatskoj bilježi se redovito, no ipak isključivo sporadično, kroz rezultate višegodišnjeg rada pojedinaca različite botaničke tematike. Prvi značajniji sustavni napori u tom smjeru javljaju se 2006. godine, kad je proveden prvi nacionalni projekt s ciljem standardizacije terminologije i kriterija, te definiranja i inventarizacije invazivnih biljaka Hrvatske (Boršić i sur. 2008, Mitić i sur. 2008), a narednih godina započinju i intenziviraju se ozbiljnija istraživanja invazivne flore Hrvatske (Vuković i sur. 2010, Nikolić i sur. 2013). Potrebno je naglasiti da se takva istraživanja u svijetu provode znatno dulje nego u Hrvatskoj, o čemu svjedoči opsežna količina znanstvene i stručne literature koja se povećava iz godine u godinu (Pyšek i sur. 2006, Theoharides i Dukes 2007, Caffrey i sur. 2014).

Vrlo je važno primijetiti da, unatoč jako velikom broju stranih vrsta koje „pobjegnu“ iz svoje domovine, samo se određeni manji dio uspije toliko uspješno proširiti da ih možemo smatrati invazivnima. Znanost dugo pokušava odgovoriti na pitanje što pojedine strane vrste čini toliko uspješnima, odnosno, zašto pojedine vrste iskazuju invazivno ponašanje a druge ne? Stručnjaci diljem svijeta na različite načine pristupaju tom problemu, pa iako zasad nema jedinstvenog odgovora, postoji nekoliko zaključaka o procesu invazije koji generalno (iako ne uvijek) vrijede. Općenito, smatra se da su tri grupe čimbenika ključne za uspješnost invazivnih vrsta: količina dostupnih dijaspora u određenom vremenu i prostoru (eng. *propagule pressure*), značajke novo pridošle vrste koje joj omogućavaju invazivnost, te otpornost ili neotpornost samog staništa na proces invazije (Lonsdale 1999).

Novija literatura intenzivno se bavi proučavanjem biljaka invazivnog ponašanja, tražeći objašnjenje za njihovu agresivnost u okolišu. Invazivnim biljkama često se pripisuje iznimna sposobnost razmnožavanja (Moravcova i sur. 2010), koja može biti odgovorna za njihov uspjeh u širenju na nova područja. Ponekad im se pripisuje i značajna fenotipska plastičnost (Richards i sur. 2006), koja općenito omogućava biljkama da zauzmu veći broj ekoloških niša. Često se navodi da invazivne vrste imaju povećanu kompetitivnost u odnosu na autohtone (Vilà i Weiner 2004), izražene alelopatske sposobnosti pomoću koje se „bore“ sa susjedima (Hierro i Callaway 2003) i/ili povećanu otpornost na herbivore koja im omogućava lakši opstanak (Lake i Leishman 2004). Kad je riječ o staništima, poznato je da invazivne biljke ne nastanjuju sve tipove staništa u jednakoj mjeri, već se češće mogu naći na staništima s velikim antropogenim utjecajem (Pyšek i sur. 2010), odnosno smatra se da ljudska prisutnost i aktivnost znatno pogoduju invazijama.

Kako invazivne vrste predstavljaju direktnu prijetnju biološkoj i krajobraznoj raznolikosti, ekonomiji i zdravlju, tako postaju predmetom interesa cijelog niza međunarodnih organizacija (npr. SCOPE – *Scientific Committee on Problems on the Environment*, IUCN ISSG – *Invasive Species Specialist Group*, Europska komisija, ESENIAS – *East and South European Network for Invasive Alien Plants*, NOBANIS – *European Network on Invasive Alien Species*) koje uključuju invazivne vrste u različite projekte i programe (SCOPE *Programme on Biological Invasions*, GISP – *Global Invasive Species Programme*, DAISIE – *Delivering Alien Invasive Species in Europe*, COST *Alien Challenge*). Konačno i zakonodavstva mnogih zemalja (uključujući hrvatsko) prepoznaju potrebu za aktivnim rješavanjem problema invazivnih vrsta. Upravo radi prevencije širenja stranih vrsta, Zakonu o zaštiti prirode (NN 80/13, Članak 68), regulira njihov uvoz, uvođenje u ekosustave u kojima prirodno ne obitavaju i stavljanje na tržište Republike Hrvatske. Na europskoj razini, nedavno je donesena Uredba o sprječavanju i upravljanju unošenja i širenja invazivnih stranih vrsta (Anonymous 2014), koja propisuje donošenje popisa invazivnih stranih vrsta koje izazivaju zabrinutost u Uniji, te zabranu njihovog unošenja na područje Unije. U tom kontekstu, sustavno istraživanje invazivne flore predstavlja iznimno važan segment biološke znanosti, jer nalazi direktnu primjenu u borbi za očuvanjem biološke i krajobrazne raznolikosti, koja se danas odvija intenzivnije no ikad.

1.1 Hipoteza

Invazivne vrste nisu rasprostranjene slučajno, već njihova invazivnost ovisi o ekološkim uvjetima staništa i značajkama samih vrsta. Sukladno tome, hipoteza ovog rada podrazumijeva da:

- pojedine invazivne vrste su uspješnije zahvaljujući alelopatskom djelovanju,
- uspješnost invazivnih vrsta može ovisiti o načinu rasprostranjivanja,
- fenotipska plastičnost pojedinih invazivnih vrsta može dovesti do promjene njihove CSR strategije,
- invazivne vrste su uspješnije na područjima gdje je heterogenost vegetacije/staništa veća.

Pri tome pojam „uspješnost“ podrazumijeva učinkovit opstanak i osvajanje novih prostora.

1.2 Ciljevi

- utvrditi postojanje i odrediti razinu alelopatskog djelovanja invazivnog drveća i grmlja
- odrediti značaj načina rasprostranjivanja u širenju invazivnih vrsta
- ustanoviti razinu fenoplastičnosti pojedinih vrsta, te utvrditi dolazi li do promjene njihove CSR strategije u ovisnosti o stanišnim uvjetima
- ustanoviti odnos između prevladavajuće CSR strategije i prostorne raznolikosti staništa

2 LITERATURNI PREGLED

2.1 Invazivne biljke

2.1.1 Definicija

Jedan od glavnih zadataka proučavanja ekologije invazivnih vrsta jest utvrditi zašto su neke vrste uspješnije u osvajanju prostora od drugih pa se u tom smislu javlja potreba za točnim definiranjem pojmova i koncepata u biologiji stranih vrsta (Richardson i sur. 2006). Vrstama koje danas nazivamo invazivnima kroz povijest su dodjeljivani različiti nazivi koji su ih više ili manje dobro opisivali. U literaturi (posebice starijoj) koja se bavi ovom tematikom, često susrećemo nazive poput: strane vrste, alohtone, egzotične, ruderalne, naturalizirane vrste, korovi, štetnici i slično (Richardson i sur. 2006, Pyšek i sur. 2004), no nijedan od ovih pojmova ne opisuje u potpunosti i isključivo vrste koje su invazivne.

Novije koncepte i definicije pojmova koji se danas najčešće koriste u ekološkim istraživanjima invazivnih biljaka dali su Richardson i sur. (2006). Prema ovim autorima, invazivne vrste su one koje su strane ali naturalizirane (uspostavile su samo-održive populacije u prirodi) te proizvode produktivno potomstvo, često u velikom broju, na značajnoj udaljenosti od roditeljske biljke (približno: više od 100 m kroz manje od 50 godina za vrste koje se šire sjemenkama i ostalim dijasporama i/ili više od 6 m kroz 3 godine za vrste koje se šire korijenjem, rizomima, stolonima ili puzajućim stabljikama) te na taj način imaju potencijal širenja na značajnim površinama. Ova definicija preuzeta je i u prijedlogu nacionalnih standarda, uz dodatnu napomenu da su invazivne vrste one čiji unos i/ili širenje predstavlja prijetnju biološkoj raznolikosti na razini ekosustava, staništa i vrsta te imaju negativne učinke na ljude (Mitić i sur. 2008).

2.1.2 O invazivnim biljkama općenito

Dolazak stranih vrsta na nova područja gotovo je isključivo posljedica ljudskog djelovanja. Jedan od najvažnijih trenutaka u ljudskoj povijesti, otkriće Amerike, predstavlja i jedan od najvažnijih trenutaka u povijesti biljnih invazija Europe, obzirom da su mnoge vrste tada po prvi puta prenesene s jednog kontinenta na drugi, uz pomoć čovjeka prelazeći udaljenosti koje same nikada ne bi mogle prevaliti. Danas je uobičajeno strane vrste Europe dijeliti na tzv. arheofite, odnosno

strane vrste koje su se u Europi nastanile prije 1500. godine, i neofite, odnosno vrste koje su preselile u novu domovinu nakon otkrića Novog Svijeta (Richardson i sur. 2006, Lambdon i sur. 2008). Nekoliko je glavnih putova unosa stranih biljaka u nova područja, a mogu se podijeliti na slučajan i namjeran unos. Smatra se da je gotovo dvije trećine stranih biljnih vrsta u Europi uneseno namjerno (Keller i sur. 2011), a radi se biljkama koje su ljudima korisne, te se koriste npr. u hortikulturi (japanski dvornik, *Reynoutria japonica* Houtt.), industriji (bagrem, *Robinia pseudoacacia* L.), ishrani (čičoka, *Helianthus tuberosus* L.) i sl. Slučajno se prenose npr. biljke čije sjeme dolazi kao kontaminacija drugog sjemena (korovi poput ambrozije, *Ambrosia artemisiifolia* L.), zatim one koje se prenose uz pomoć različitih vektora poput automobilskih guma i sl.

Period oko 1800-te godine uzima se kao važna prekretnica u povijesti bioloških invazija. Tadašnja industrijska revolucija dovela je do naglog razvoja transporta, trgovine i turizma, pa je i unos stranih vrsta u nova područja doživio naglo povećanje (Lambdon i sur. 2008). Rast broja stranih vrsta u novim područjima nastavlja se i u današnje doba, u vrijeme izuzetne povezanosti između geografski udaljenih područja i vrlo velike mobilnosti ljudske populacije te su se tisuće novih vrsta do današnjeg dana uspješno udomaćile i izvan svojeg prirodnog areala. No, u praksi je jasno vidljivo da samo neke od stranih vrsta toliko dobro uspijevaju na novom području da postanu invazivne. Istraživanja pokazuju da se otprilike od svakih 100 unesenih vrsta 10 uspješno naturalizira; dok od svakih 100 naturaliziranih, otprilike 10 postane invazivno (tzv. „*tens rule*“, Williamson i Fitter 1996). Što je razlog tome, odnosno zašto se neke unesene vrste ponašaju invazivno na novom području a druge ne, pitanje je koje znanstvena zajednica pokušava odgovoriti već godinama, pritom ulažući goleme napore. Općenito govoreći, uspjeh (ili neuspjeh) neke invazivne vrste ovisiti će o tri glavne skupine čimbenika: količini dijaspora dostupnoj u nekom prostoru i vremenu (eng. *propagule pressure*), osobinama novo-pridošle vrste (urođenoj „invazivnost“ vrste), te osobinama staništa koje će vrsta zaposjesti u novom području („ranjivosti“ staništa na proces invazije) (Lonsdale 1999). Iz ovoga je vidljivo da uspješno osvajanje novih prostora ima ključnu ulogu u ekologiji invazivne flore, stoga su istraživanja redovito usmjerena u tom pravcu, često ispitujući osobine pojedinih invazivnih vrsta i/ili njihovih staništa te njihovu ulogu u procesu zaposjedanja prostora.

Još je Baker (1965, 1974), uspoređujući vrste istih rodova, a različitog ponašanja, sastavio popis značajki „idealnog korova“ (Tablica 1) i došao do zaključka da će vrste koje posjeduju više

navedenih značajki iskazivati izuzetno korovno ponašanje, a vrste koje posjeduju malo navedenih značajki biti će manje korovne, s time da njegova definicija korova podrazumijeva vrste čije populacije u potpunosti ili većinom uspijevaju na područjima s primjetno velikim čovjekovim utjecajem.

Tablica 1. Značajke „idealnog korova“ prema Bakeru (1965, 1974)

1	Klijanje je moguće u velikom broju različitih okoliša
2	Diskontinuirano, interno kontrolirano klijanje i dugovječne sjemenke
3	Brzi rast tijekom vegetativne faze do cvjetanja
4	Kontinuirana proizvodnja sjemena dokle god to dopuštaju uvjeti za rast
5	Samo-kompatibilna ali ne potpuno autogamna ili apomiktična biljka
6	U slučaju strano-oplodnje, bez specijaliziranih oprašivača ili anemofilna
7	Stvaranje vrlo velikog broja sjemenki u povoljnim uvjetima
8	Proizvodnja sjemenki u širokom rasponu ekoloških uvjeta; tolerantna i plastična vrsta
9	Posjeduje prilagodbe za rasprostranjivanje na male i velike udaljenosti
10	Ako je višegodišnja biljka, ima sposobnost izrazitog vegetativnog razmnožavanja ili regeneracije iz fragmenata
11	Ako je višegodišnja biljka, odlikuje se krhkošću i teško se uklanja iz tla
12	Sposobnost kompeticije uz pomoć posebnih svojstava (rozete, rast kojim “zagušuje” susjede, alelopatija)

Vidljivo je da su, prema Bakeru (1965, 1974), za „korovnost“ biljne vrste presudne značajke koje omogućuju osvajanje prostora i ostvarivanje prevlasti u okolišu. To su u prvom redu razmnožavanje, a zatim rasprostranjivanje, uspješan rast, tolerancija različitih ekoloških uvjeta i sposobnost kompeticije. Sukladno tome, novija istraživanja invazivnih biljaka idu upravo Bakerovim stopama, te suvremeni znanstvenici stavljaju različite pojave poput alelopatije (Hierro i Callaway 2003, Callaway i sur. 2008, Murell i sur. 2011), kompeticije (Bakker i Wilson 2001, Brewer i Cralle 2003, Bennett i sur. 2011), razmnožavanja (Richardson i Kluge 2008, Morimoto i sur. 2009), fenotipske plastičnosti (Richards i sur. 2006) i dr. u fokus mnogobrojnih studija o invazivnim vrstama. Veliki broj ovih (međusobno različitih) studija ima isti cilj, a to je rasvijetliti potencijalne mehanizme uspješnosti pojedinih invazivnih vrsta.

Osim vrsta i njihovih značajki, predmetom interesa biljnih ekologa često postaju staništa koja uspješno (ili neuspješno) osvajaju invazivne vrste. Analize invazivne flore raznih područja često uključuju analizu tipova staništa zahvaćenih invazijom (Chytrý i sur. 2005, Lambdon i sur. 2008, Chytrý i sur. 2009), te ukazuju na to da su antropogena staništa puno podložnija invazijama od

prirodnih. To je povezano s činjenicom da su poremećaji (eng. *disturbance*) na staništu vrlo važan aspekt ekologije invazivnih biljaka (Hobbs i Huenneke 1992, Davis i sur. 2000), stoga staništa s jače izraženim poremećajima redovito sadrže i veći broj invazivnih vrsta. Iz perspektive čitavog krajobraza, prostorni raspored različitih tipova staništa na određenom području (raznolikost staništa i njihov odnos u prostoru) također igraju važnu ulogu u procesu invazije, te procesi poput fragmentacije staništa mogu znatno utjecati na ishod i tijek invazije (With 2002, 2004; Vilà i Ibáñez 2011).

Jasno je da čovjekovo „premještanje“ vrsta u nova područja ozbiljno narušava prirodnu ravnotežu u okolišu, te da strane vrste u novoj sredini mogu prouzročiti brojne probleme. Posljednjih nekoliko desetljeća bilježe se brojni štetni učinci invazivnih vrsta, pa tako i biljaka, na cjelokupan ekosustav. Dobro su dokumentirani negativni učinci na bioraznolikost (Nikolić i sur. 2014), a posebno je ekstreman primjer tzv. monokultura, gdje određena invazivna vrsta u gustoj populaciji zaposjeda čitavo područje gdje je nekada uspijevala autohtona zajednica (Slika 1).



Slika 1. Primjer monokulture vrste *Erigeron annuus* (izvor: Sven Jelaska).

Osim toga, važno je napomenuti da invazivne vrste mogu imati izuzetno štetan utjecaj na ljudsko zdravlje – svakako je jedan od najpoznatijih primjera ambrozija (*Ambrosia artemisiifolia* L.), čiji polen izaziva alergijske reakcije kod velikog broja ljudi, a u Hrvatskoj je vrlo raširena. I neke druge vrste predstavljaju opasnost za ljude, poput vrsta *Heracleum mantegazzianum* Sommier et

Levier i *Parthenium hysterophorus* L., jer mogu izazvati ozbiljne dermatološke probleme (Nielsen i sur. 2005, Patel 2011). Ove dvije vrste zasad ne rastu u Hrvatskoj – iako je vrsta *H. mantegazzianum* nedavno zabilježena, relativno brzo je uklonjena s poznatih lokaliteta (Boršić i sur. 2014). Na koncu, invazivne biljke uzrokuju i značajne ekonomske gubitke, posebice u poljoprivredi, turizmu, zdravstvu itd. (Nikolić i sur. 2014).

2.2 Neki od potencijalnih mehanizama invazivnosti

2.2.1 Alelopatija

Još su stari Grci i Rimljani, stoljećima prije nove ere, primjećivali da neke biljne vrste bolje uspijevaju u društvu drugih vrsta, i obrnuto, da pojedine vrste inhibiraju rast svojih susjeda (Willis 2007). Pojam koji bi definirao takve interakcije pojavio se tek 1937. godine, a uveo ga je austrijski biljni fiziolog Hans Molisch kombinirajući grčke riječi *allelon* („zajedničko“, „međusobno“) i *pathos* („osjećaj“, „patnja“). Zbog pomalo nespretnog izbora riječi, mnogi su alelopatiju poistovjetili s negativnim, inhibirajućim učincima, iako je Molisch prvotno podrazumijevao i pozitivne i negativne učinke (Willis 2007). Od tada pa sve do danas, pojam je nekoliko puta mijenjao definiciju i značenje, a definiciju koja se danas uobičajeno koristi dao je Rice (1984), kao „svaki direktni ili indirektni štetan ili koristan učinak jedne biljke (uključujući mikroorganizme) na drugu, kroz proizvodnju kemijskih tvari koje se ispuštaju u okoliš“. Iako novija istraživanja redovito citiraju ovu definiciju, važno je napomenuti da se alelopatija u znanstvenim radovima i dalje najčešće poistovjećuje s inhibicijom.

Istraživanja alelopatije česta su i mnogobrojna, posebice u agronomiji (Rizvi i Rizvi 1992), obzirom da poznavanje biokemijskih interakcija među različitim kulturama (u smislu plodoređa) te utjecaja korovnih vrsta na rast kultura (i obrnuto) nalazi praktičnu primjenu u povećanju prinosa i smanjenju ekonomskih gubitaka. Osim toga, vrlo dinamična istraživanja alelopatije odvijaju se i u botanici, posebice u kontekstu invazivnih biljaka (Hierro i Callaway 2003), što proizlazi iz pretpostavke da one vrste koje mogu inhibirati susjede, lakše uspostavljaju prevlast u okolišu. Štoviše, primijećeno je da invazivne biljke u novim područjima često formiraju tzv. monokulture, što može upućivati na izlučivanje biokemijskih tvari koje im pomažu u procesu njihovog širenja. Na koncu, jedna od vodećih hipoteza kojom se pokušava objasniti uspješnost

invazivnih biljaka odnosi se upravo na alelopatsko djelovanje (eng. *novel weapon hypothesis*, Callaway i Ridenour 2004). Prema toj hipotezi, biokemijski spojevi porijeklom od stranih biljnih vrsta predstavljaju novitet u okolišu na koji domaće biljke nisu prilagođene, što je posljedica izostanka zajedničkog suživota kroz dulji vremenski period, a samim time i koevolucije.

Istraživanja alelopatije općenito se provode na nekoliko logistički različito zahtjevnih razina. U literaturi najčešće nalazimo tzv. biotestove, gdje se učinak neke biljke na početni rast i razvoj druge vrste nastoji utvrditi u Petrijevim posudama s filter-papirom (Šćepanović i sur. 2007, Vrchotová i Šerá 2008). Pritom je uobičajeno tretirati sjemenke testne biljke otopinom priređenom od biljnih dijelova potencijalno alelopatske biljke, te mjeriti učinke na klijanje i rast klijanaca. Iako su ova istraživanja lako provodljiva i sukladno tome obavljaju se vrlo često, jasno je da rezultate ne možemo jednoznačno prenijeti na uvjete kakvi vladaju u prirodi. Stoga je uobičajeno eventualne učinke utvrđene ovom metodom nazivati „alelopatskim potencijalom“. Drugi najčešći tip istraživanja uključuje ispitivanje alelopatskih učinaka na testnim biljkama koje su posijane ili posađene u posude s komercijalno dostupnim supstratom (Murrell i sur. 2011), a ponekada se provode i istraživanja na uzorcima uzetima iz prirode (Inderjit i sur. 1996). U istraživanjima se ponekada koristi biljni materijal (svježi i/ili uhi) pomiješan sa supstratom (Murrell i sur. 2011), no češće se pripremaju otopine različitih koncentracija, od svježeg ili suhog materijala (Šćepanović i sur. 2007), u vodi ili nekom organskom otapalu. Općenito govoreći, metodologija istraživanja alelopatije izuzetno je raznolika, a često se susreću i kombinacije različitih metoda (Heisey 1997, Qasem 2010, Bennett i sur. 2011).

Utvrđeno je da mnoge biljne vrste u određenoj mjeri i u određenim okolnostima imaju alelopatski učinak na druge vrste (Inderjit i sur. 2005). U tom kontekstu daleko je najpoznatiji primjer vrste obični orah (*Juglans regia* L.), koji značajno inhibira rast i razvoj susjednih biljaka, o čemu postoje zapisi još iz vremena prije nove ere te predstavljaju jedne od prvih zapisa o alelopatskom djelovanju uopće (Willis 2000, 2007). Što se tiče ispitivanja alelopatskog potencijala pojedinih invazivnih vrsta, količina literaturnih podataka je zbilja obimna (Inderjit i sur. 1996, Heisey 1997, Nasir i sur. 2005, Šćepanović i sur. 2007, Callaway i sur. 2008, Vrchotová i Šerá 2008, Murrell i sur. 2011) te s velikom sigurnošću upućuje na činjenicu da pojedine vrste uspostavljaju prevlast u okolišu zahvaljujući (barem djelomice) i tom fenomenu.

2.2.2 Uloga rasprostranjivanja

Kad strana vrsta dolazi u novo područje, na svojem putu nailazi na ozbiljne prepreke, koje treba prevladati da bi preživjela, uspostavila populacije i postala invazivna. Prema Blackburn i sur. (2011), nakon što vrsta prijeđe (1) geografsku barijeru, treba (2) „pobjeći“ iz zatočeništva ili uzgoja (ukoliko se tamo nalazi), nakon čega mora biti sposobna (3) preživjeti u prirodi. U idućim koracima, vrsta mora imati sposobnost (4) uspješnog razmnožavanja i (5) rasprostranjivanja, te na koncu mora imati (6) sposobnost opstanka u ekološkim uvjetima koji vladaju na novom području.

Jasno je da širenje neke biljne vrste u okolišu ovisi o uspješnom rasprostranjivanju putem dijaspora, a invazivne biljne vrste nisu iznimka, štoviše, one se očigledno šire brže i bolje od autohtonih biljaka. Upravo je zato posebna pažnja znanstvenika često usmjerena u istraživanje razmnožavanja i rasprostiranja invazivnih biljaka. Takve studije pokazuju da ovi procesi u pojedinim slučajevima mogu biti od presudne važnosti za invaziju (Von Holle i Simberloff 2005, Coutts i sur. 2011).

Važno je napomenuti da invazivne vrste vrlo često istovremeno posjeduju nekoliko osobina koje su povezane s uspješnim razmnožavanjem i rasprostiranjem. Na primjer, posebno agresivne vrste drveća *Robinia pseudoacacia* L. (bagrem) i *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle (pajasen) stvaraju veliki broj cvjetova, iz kojih nastaje veliki broj anemohornih plodova. Istovremeno, obje vrste se izrazito uspješno šire vegetativnim izbojcima iz stabljike i korijena (Heisey 1997, Sabo 2000). Uza sve navedeno, jasno je da ove vrste pokazuju reproduktivnu nadmoć u odnosu na autohtone vrste, uz pomoć koje lakše ostvaruju uspjeh u zauzimanju okoliša (Castro-Díez i sur. 2014). Kao primjer reproduktivno uspješne zeljaste biljke može se navesti jednogodišnja vrsta *Erigeron annuus* (L.) Pers. (krasolika), koja se vrlo učinkovito razmnožava stvarajući veliki broj cvjetova. Obzirom da je ova vrsta apomiktična te razvoj sjemena ne ovisi o oplodnji, iz cvjetova redovito nastaje ogroman broj sjemenki. Sjemenke su izrazito sitne i nose čuperak dlačica, stoga se vrlo lako prenose vjetrom na velike udaljenosti. Količina proizvedenih sjemenki po jednoj populaciji može biti izuzetno velika, obzirom da ova vrsta često stvara monokulture na većim površinama (Slika 1).

Kada govorimo o životnom ciklusu invazivnih biljnih vrsta, istraživanja pokazuju da je vrlo često riječ o terofitima, odnosno jednogodišnjim biljkama kratkog životnog ciklusa (Pyšek i sur. 2002,

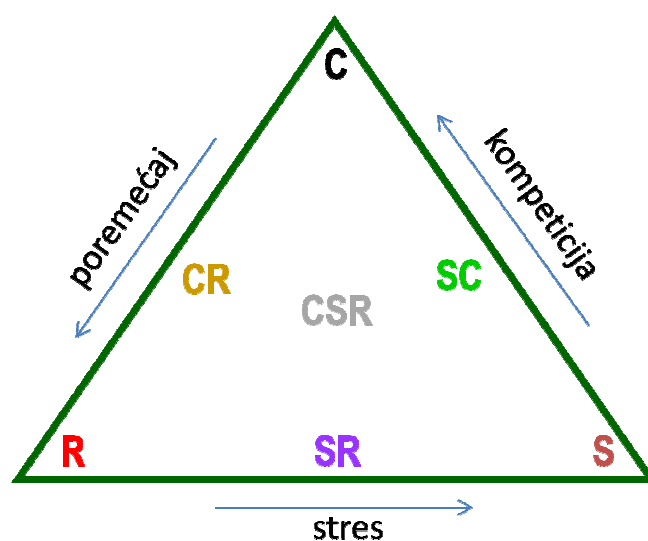
Marini i sur. 2012), što pokazuje i analiza hrvatske invazivne flore (Boršić i sur. 2008). Kratkoća životnog ciklusa daje im prednost, jer omogućava proizvodnju veće količine sjemena u jedinici vremena. Osim toga, invazivne biljke reproduktivni uspjeh često postižu stvaranjem velikog broja cvjetova i sjemenki (Heisey 1997), i/ili izrazitom sposobnošću agresivnog vegetativnog razmnožavanja (Heisey 1997, Townsend 1997, Sabo 2000). Način rasprostranjivanja dijaspora je također vrlo važan u osvajanju novih prostora. Pokazalo se da prelazak velikih udaljenosti u obliku lako pokretljivih dijaspora, često vjetrom ili kralješnjacima, može biti od iznimnog značaja za širenje invazivnih biljaka (Lake i Leishman 2004, Lloret i sur. 2005, Coutts i sur. 2011, Pergl i sur. 2011). Na koncu, činjenica jest da invazivne biljke nerijetko posjeduju cijeli niz osobina koje im osiguravaju reproduktivni uspjeh, što posljedično donosi prevlast nad autohtonim vrstama u borbi za životni prostor.

2.2.3 Fenoplastičnost i CSR strategije

Fenotipska svojstva živih bića rezultat su zajedničkog djelovanja genetike i okolišnih uvjeta u kojima jedinke obitavaju. Poznato je da okoliš može znatno utjecati na ekspresiju genetičkih zapisa, a svojstvo određenog genotipa da se u različitim okolišnim uvjetima različito fenotipski ispoljava naziva se fenotipska plastičnost (Bradshaw 1965). Plastičnost je općeprisutna u živom svijetu te je većina osobina kod živih organizama donekle fenotipski prilagodljiva. Ipak, poznato je da su neke osobine više, a neke manje „plastične“, te da neke vrste mogu biti ukupno „plastičnije“ od drugih (Bradshaw 1965). Fenotipska plastičnost može imati značajnu ulogu u adaptaciji, posebice kod biljaka, obzirom da se radi o statičnim organizmima koji su pod velikim utjecajem okoliša u kojem borave (Bradshaw 1965). Veća plastičnost može omogućiti pojedinim vrstama da se prilagode na veći raspon staništa, i tako povećaju svoj uspjeh u okolišu, što je od posebnog značaja kada govorimo o invazivnim biljkama (Richards i sur. 2006, Richardson i Pyšek 2006, Theoharides i Dukes 2007). Upravo se zato cijeli niz istraživanja invazivne flore bavi ovom pojavom (Pohlman i sur. 2005, Richards i sur. 2006, Caño i sur. 2008, Davidson i sur. 2011, Porte i sur. 2011), te se općenito smatra da povećana fenotipska plastičnost omogućava veću invazivnost.

Teoriju CSR strategija postavio je i razvio istaknuti britanski ekolog John Philip Grime, sedamdesetih godina prošlog stoljeća (Grime 1977). Ova teorija podrazumijeva da biljke,

prilagođavajući se postojećem okolišu, razvijaju određene strategije korištenja resursa koje im omogućavaju optimalno preživljavanje, obzirom na intenzitet dva tipa ograničavajućih čimbenika – stresa i poremećaja (eng. *disturbance*) (Grime 1977, 2002). Pri tome stres podrazumijeva one ekološke čimbenike koji ograničavaju biljnu produkciju (npr. nedostatak ili suvišak hranjivih tvari), a poremećaj uključuje čimbenike koji uništavaju biljnu biomasu (npr. gaženje, košnja). Prema CSR teoriji, okoliš u kojem vladaju uvjeti izrazitog stresa i poremećaja nije pogodan za život biljaka, odnosno ne postoje biljke prilagođene takvim uvjetima. S druge strane, biljke se mogu prilagoditi staništima 1) bez prisutnosti stresa i poremećaja, 2) s visokim intenzitetom stresa ili 3) s visokim intenzitetom poremećaja, pritom razvijajući prilagodbe koje povećavaju 1) kompetitivnu sposobnost, 2) sposobnost toleriranja stresa ili 3) sposobnost preživljavanja poremećaja (Grime 1977, 2002). Sukladno tome, biljke možemo svrstati u jednu od tri glavne kategorije (C – kompetitor, S – stres tolerator, R – ruderalna vrsta) i cijeli niz među-kategorija (Hodgson i sur. 1999, Grime 2002, Slika 2).



Slika 2. Grafički prikaz CSR strategija biljnih vrsta (tzv. „CSR trokut“) u ovisnosti o intenzitetu čimbenika stresa i poremećaja u okolišu.

Određivanje CSR strategija biljnih vrsta temelji se na određivanju vrijednosti nekoliko fenotipskih svojstava (visina biljke, bočno širenje, suha masa lista, sadržaj suhe tvari lista/LDMC *Leaf Dry Matter Content*, specifična lisna površina/SLA *Specific Leaf Area*, period cvatnje i početak cvatnje), koja mogu poslužiti kao indikatori za pojedinu strategiju, obzirom da je

detaljnim analizama ustanovljeno da ekspresija ovih svojstava relativno dobro opisuje način na koji pojedina biljka koristi resurse iz okoliša. Metodologiju su razvili i predstavili Hodgson i sur. (1999), te su također pripremili i Excel aplikaciju s unaprijed ugrađenim algoritmima pomoću koje se može određivati CSR strategija određene vrste, nakon unosa vrijednosti traženih svojstava.

U Hrvatskoj sve do 2014. godine nije bilo istraživanja CSR strategija, kada su određene strategije za 15 invazivnih vrsta te je prikazan sustavni pregled CSR strategija invazivne flore Hrvatske (Vuković i sur. 2014).

2.2.4 Značaj staništa u invaziji

Poznato je da su uvjeti na staništu od ključnog značaja za svu floru i faunu koja obitava na nekom prostoru, uključujući i invazivne vrste. Jedna od teorija koja nudi objašnjenje za činjenicu da su neka staništa podložnija invazijama jest tzv. „teorija fluktuirajućih resursa“ (Davis i sur. 2000). Ova teorija govori o tome da okoliš postaje „ranjiviji“ na invaziju u trenutku kada postoji povećana dostupnost resursa (prostor, svjetlost, voda, hranjive tvari itd.). To može biti posljedica 1) povećanog dotoka resursa, 2) smanjenog korištenja resursa od strane drugih organizama ili 3) oboje. Dostupnost resursa u okolišu mijenja se, između ostalog, pojavom poremećaja (Hobbs i Huenneke 1992), a poremećaji su vrlo često izazvani ljudskim djelovanjem. Studije o rasprostranjenosti invazivnih biljnih vrsta u različitim područjima nedvojbeno ukazuju na to da su antropogena staništa puno izloženija od prirodnih, obzirom da staništa s velikim ljudskim utjecajem (ruderalna, s puno poremećaja) redovito „udomljuju“ najveći postotak invazivnih vrsta nekog područja (Chytrý i sur. 2005, Vilà i sur. 2007, Lambdon i sur. 2008, Chytrý i sur. 2009). Prema tome, pojava i širenje poremećaja u krajoliku predstavljaju važan čimbenik u ekologiji invazivnih vrsta, a njihov intenzitet, između ostalog, ovisi i o prostornoj raznolikosti samog krajolika (Turner 1989). Jedna od dugoročnih posljedica ljudskog djelovanja na ekosustav jest promjena u strukturi staništa, prouzročena fragmentacijom postojećih i pojavom novih, antropogenih stanišnih tipova u okolišu. Kao rezultat dugotrajne ljudske prisutnosti, današnji krajolici sastavljeni su od mozaika međusobno isprepletenih prirodnih, polu-prirodnih i antropogenih površina, različite veličine, oblika i prostornog rasporeda. Proučavanjem strukture i funkcije krajolika i njihove uloge u ekologiji bavi se čitava grana ekologije, tzv. krajobrazna

ekologija (eng. *landscape ecology*), koja svoje korijene vuče iz davnih 30-tih godina prošlog stoljeća. Istaknuti njemački geograf Carl Troll tada je po prvi puta upotrijebio pojam *Landschaftsoekologie* (Troll 1939), te time utemeljio ovu granu znanosti, koja posebno ubrzani razvoj doživljava 80-tih i 90-tih godina prošlog stoljeća (Turner 1989, Wiens i sur. 2007) usporedo s razvojem informatičke tehnologije, te danas predstavlja vrlo dinamično područje ekoloških istraživanja.

Krajobrazna ekologija bavi se razmatranjima tri glavne osobine krajolika, a to su struktura, funkcija i promjena strukture i/ili funkcije u vremenu (Turner 1989, McGarigal i Marks 1994). Da bi se mogle proučavati navedene osobine nekog krajolika, nužno je prvo na neki način kvantificirati njegovu strukturu. U tu svrhu opisane su različite mjere za raznolikost i strukturiranost staništa, koje imaju oblik brojčanih indeksa, te nam izračun i interpretacija odabranih indeksa omogućavaju da objasnimo ovisnost ekoloških procesa o prostornoj strukturiranosti staništa. Ovdje je važno razlučiti pojmove *fragmentacija* i *heterogenost*, obzirom da se radi o različitim pojmovima, a kvantificiraju se uz pomoć istih indeksa. Pojam *fragmentacija* podrazumijeva „usitnjavanje“ neke veće, homogene površine, a kad su u pitanju staništa, fragmentacija se događa uglavnom na način da je ukupna površina fragmentiranog staništa manja od ishodišne površine (Franklin i sur. 2005). S druge strane, *heterogenost* podrazumijeva raznolikost, odnosno sastavljenost od više različitih dijelova (Franklin i sur. 2005). Prema tome, o većoj ili manjoj fragmentiranosti govorimo na razini jednog tipa staništa, odnosno kad promatramo pojedini tip staništa u različitim područjima, ili kroz određeni vremenski period. S druge strane, kad međusobno uspoređujemo cijele krajolike koji sadrže niz različitih tipova staništa, onda govorimo o heterogenosti staništa (McGarigal i Marks 1994).

Danas se istraživanja strukture i funkcije krajolika mogu provoditi (i često se provode) brzo i rutinski za velika područja, uslijed razvoja različitih alata za analizu prostornih podataka (npr. GIS programi, *Fragstats*) te dostupnosti satelitskih snimaka i drugih georeferenciranih podloga, kao i baza podataka o rasprostranjenosti biljnih vrsta. Kako je poznato da struktura krajolika snažno utječe na razne ekološke procese (Turner 1989, McGarigal i Marks 1994), tako se sve veća pažnja pridaje proučavanju uloge strukture krajolika u razumijevanju bioloških invazija u vremenu i prostoru. Općenito se smatra da struktura krajolika na više načina i u nekoliko faza može utjecati na ishod procesa invazije (With 2002), te da veća fragmentiranost staništa može olakšati invaziju (With 2002, 2004; Marvier 2004).

2.3 Projekti i inicijative u svijetu i Europi

Biološke invazije postaju predmetom opsežnih znanstvenih istraživanja u relativno novije vrijeme. U posljednja tri desetljeća izuzetno se intenziviraju istraživanja ove pojave, te se broj znanstvenih publikacija iz godine u godinu sve više povećava. Obzirom na širinu negativnih utjecaja koje invazivne vrste mogu imati na svoju okolinu (Mack i sur. 2000, Scalera i sur. 2012, Simberloff i sur. 2013), te činjenicu da se radi o jednoj od najvećih prijetnji bioraznolikosti (Genovesi i Shine 2004, Scalera i sur. 2012), potreba za razumijevanjem fenomena bioloških invazija temeljena je najvećim dijelom na potrebi za aktivnim djelovanjem. Upravo iz tog razloga kontinuirano raste broj projekata, simpozija, radionica i općenito organizacija koje se bave biološkim invazijama, kako na svjetskoj, tako i na europskoj razini.

Opsežniji pristup problemu bioloških invazija započeo je 80-tih godina, kada je Znanstveni odbor za probleme u okolišu (eng. *Scientific Committee on Problems of the Environment*, SCOPE) koji djeluje pod okriljem UN-a pokrenuo međunarodni program o biološkim invazijama (Drake i sur. 1989), s ciljem sistematiziranja dotad poznatih podataka o biološkim invazijama i aktualiziranja tog rastućeg problema, što je rezultiralo objavljivanjem knjige o biološkim invazijama (Drake i sur. 1989). Godine 1992, u Rio de Janeiru donesena je Konvencija o biološkoj raznolikosti, jedan od najvažnijih međunarodnih dokumenata u zaštiti prirode uopće, koji je između ostalog obvezao zemlje potpisnice da donesu potrebne mjere za očuvanje biološke raznolikosti (McNeely i sur. 2001). Tematika bioloških invazija obuhvaćena je članakom 8(h) ove Konvencije, koji obavezuje potpisnice da „*spriječe unos, stave pod kontrolu ili istrijebe one strane vrste koje ugrožavaju ekosustave, staništa ili vrste*“ (McNeely i sur. 2001). Tragom toga dokumenta nastao je jedan od najistaknutijih međunarodnih projekata o biološkim invazijama, GISP program (eng. *Global Invasive Species Programme*) pokrenut 1997. godine kako bi pomogao u globalnoj implementaciji članka 8(h) Konvencije o biološkoj raznolikosti. Ovaj projekt pokrenut je od strane tri organizacije: organizacije za zaštitu okoliša SCOPE, organizacije za poljoprivredu i okoliš CAB International te Međunarodnog saveza za zaštitu prirode (eng. *International Union for the Conservation of Nature*, IUCN). GISP program je između ostalog rezultirao donošenjem globalne strategije o invazivnim vrstama (McNeely i sur. 2001), no na koncu je ugašen 2010. godine u svjetlu globalne ekonomske krize. Kako invazivne vrste ipak globalno predstavljaju jedan od gorućih problema u zaštiti prirode, IUCN se i dalje aktivno bavi ovom tematikom, te

unutar ove organizacije od 1994. godine djeluje posebna grupa stručnjaka zadužena za invazivne vrste, eng. *Invasive Species Specialist Group* (ISSG). Jedan od glavnih rezultata suradnje GISP programa i ISSG grupe jest osnivanje opsežne međunarodne baze podataka o invazivnim vrstama, eng. *Global Invasive Species Database* (GISD 2015).

Posljednjih desetak godina, tematika bioloških invazija postaje sve aktualnija i na europskoj razini. Prije otprilike desetak godina, Europska komisija pokrenula je projekt DAISIE (eng. *Delivering Alien Invasive Species Inventory for Europe*), s ciljem objedinjavanja podataka o stranim invazivnim vrstama u Europi, što je rezultiralo objavljivanjem znanstvenog rada i stručnog priručnika o stranim vrstama u Europi (Lambdon i sur. 2008, DAISIE 2009), te pokretanjem europske baze podataka o invazivnim vrstama (DAISIE 2015). Također, na Europskoj razini posebna se pažnja pridaje umrežavanju znanstvenika i stručnjaka iz područja bioloških invazija, putem različitih mreža (eng. *European Network on Invasive Alien Species – NOBANIS*, *East and South European Network for Invasive Alien Species – ESENIAS*) i akcija (razne akcije u okviru COST programa, eng. *European Cooperation in Science and Technology*).

2.4 Istraživanja invazivne flore u Hrvatskoj

Prve navode o pojavljivanju stranih biljnih vrsta u Hrvatskoj nalazimo već u drugoj polovici 19. stoljeća, u najstarijim florama s ovog područja, kao što su *Flora Croatica* (Schlosser i Vukotinović 1869) i *Flora Dalmatica* (Visiani 1847, 1852). U pojedinim slučajevima ovi najstariji navodi već opisuju stranu vrstu kao naturaliziranu i čestu, stoga je jasno (iako nema točnih podataka o prvim unosima) da su neke od ovih vrsta prisutne u Hrvatskoj još iz ranijih vremena. Iako je povijest florističkih istraživanja na području Hrvatske relativno bogata, Hrvatska ipak generalno oskudijeva literaturom koja se sustavno bavi invazivnom florom. Cijeli niz desetljeća bilježe se, uglavnom sporadično i slučajno, adventivne, pridošle, neofitske, ruderalne, korovne (itd.) biljne vrste Hrvatske (npr. Košćec 1913, Pevalek 1947, Ilijanić 1957, Marković-Gospodarić 1963, Marković 1978, Hulina 1985, Franjić 1993, Cigić i sur. 2003), bez sustavnog pristupa ovoj tematici.

Tek početkom novog tisućljeća javljaju se prvi pokušaji sistematiziranja problematike invazivne flore. Prvi popis stranih vrsta u Hrvatskoj, uz analizu pripadnosti porodicama, udjela životnih oblika i originalnog porijekla, sastavljen je 2005. godine (Dobrović i sur. 2005), a sadržavao je

206 vrsta, od kojih je 48 označeno kao invazivne vrste. Iduće godine započeo je prvi nacionalni projekt Državnog zavoda za zaštitu prirode koji se bavio problematikom invazivne flore, tijekom kojeg gore spomenuti autori sastavljaju preliminarni popis invazivne flore Hrvatske te isti predstavljaju na 9. Hrvatskom biološkom kongresu (Dobrović i sur. 2006). Konačno, dvije godine kasnije objavljuje se prijedlog standardizacije terminologije i kriterija (Mitić i sur. 2008) te u skladu s tim, preliminarna lista invazivne flore Hrvatske od 64 biljne svojte (Boršić i sur. 2008), s analizom pripadnosti porodicama, te spektrom životnih oblika i porijekla. U istom periodu te u okviru gore navedenog projekta, razvija se nacionalna baza podataka o alohtonj flori, kao jedan od modula već postojeće baze *Flora Croatica* (Mitić i sur. 2008), koja između ostalog sadržava i popis invazivnih biljaka. Tijekom vremena ova se baza osvježava i nadopunjuje novim podacima, te trenutno broji 74 biljne svojte s oznakom invazivnosti (Nikolić 2014). Navedena preliminarna lista, predloženi nacionalni standardi te prateća baza podataka predstavljaju prijelomni trenutak u istraživanjima invazivne flore Hrvatske, budući da se novija istraživanja u Hrvatskoj uglavnom temelje na ovim rezultatima. S ciljem boljeg razumijevanja uzroka i posljedica rasprostranjenosti invazivne flore, u novije vrijeme analizirana je rasprostranjenost invazivne flore Parka prirode Medvednica (Vuković i sur. 2010) te invazivne flore Hrvatske (Nikolić i sur. 2013). Konačno, višegodišnja nastojanja da se ova tema sistematizira i popularizira urodila su objavljivanjem prve stručne knjige o invazivnim biljkama Hrvatske, sveučilišnog udžbenika koji detaljno prikazuje većinu invazivnih vrsta s preliminarnog popisa (Nikolić i sur. 2014). S ciljem poboljšanja protoka informacija među različitim institucijama i pojedincima koji se na neki način dotiču invazivnih vrsta, u Zagrebu je krajem 2014 godine održan i prvi Hrvatski simpozij o invazivnim vrstama (Jelaska 2014), gdje su predstavljeni rezultati istraživanja niza znanstvenika i stručnjaka iz područja bioloških invazija. Važno je napomenuti da se i hrvatsko zakonodavstvo posljednjih godina aktivnije bavi problemom stranih/invazivnih vrsta. Zakon o zaštiti prirode prvi puta dotiče ovu tematiku 2003 godine (NN 107/03, Čl. 64), a aktualna verzija Zakona zabranjuje „uvoz, stavljanje na tržište Republike Hrvatske stranih vrsta i/ili njihovo uvođenje u prirodu na području Republike Hrvatske i u ekosustave u kojima prirodno ne obitavaju“ (NN 80/13, Čl. 68), te propisuje novčane kazne za prekršitelje ovog Zakona.

3 MATERIJALI I METODE

3.1 Utjecaj vodenog ekstrakta listova istraživanih invazivnih vrsta na nicanje i rast test biljaka

Za testiranje alelopatskog učinka odabrano je šest invazivnih biljnih vrsta prisutnih u Hrvatskoj (Boršić i sur. 2008), a odabrane su sve vrste drveća s preliminarnog popisa (*Acer negundo*, *Ailanthus altissima*, *Broussonetia papyrifera*, *Robinia pseudoacacia*), te dvije grmolike vrste (*Amorpha fruticosa*, *Reynoutria japonica*). Ove vrste su odabrane radi mogućnosti usporedbe s ranije izvedenim eksperimentom, gdje je istraživan učinak ekstrakata ovih biljaka (pripremljenih od 1, 3 i 5 g suhog lišća na 100 mL destilirane vode) na klijanje sjemenki gorušice i pšenice i rast klijanaca gorušice u Petrijevim posudama (Pavićević 2013). Iznimka je jedino vrsta *B. papyrifera*, koja je dodatno uključena u ovo istraživanje, a nije bila korištena u eksperimentu od Pavićević (2013).

Acer negundo L. (javor negundovac) – porijeklom iz Sjeverne Amerike, ova se vrsta prvi puta bilježi u Europi krajem 17. stoljeća, a prvi navodi za Hrvatsku datiraju s početka 20. stoljeća (Nikolić i sur. 2014). Radi se o brzo rastućem, kratko živućem listopadnom drvetu neparno perasto sastavljenih listova (za razliku od većine ostalih javora, koji imaju cjelovite listove), koje se koristi kao ukrasno drvo. Razmnožava se vegetativno (izbojcima) i spolno, stvarajući veliki broj okriljenih sjemenki koje se rasprostranjuju vjetrom. Rado raste na svijetlim staništima s puno vlage, a u Hrvatskoj se proširio ponajviše u dolinama riječnih tokova (Nikolić i sur. 2014, Prilog 1.).

Ailanthus altissima (Mill.) Swingle (pajasen) – ova Azijska vrsta unesena je u Europu sredinom 18. stoljeća kao ukrasno drvo, a prvi podaci za Hrvatsku datiraju s početka 19. stoljeća (Nikolić i sur. 2014). Radi se o listopadnom drvetu velikih, perasto sastavljenih listova, koje ima izrazitu sposobnost vegetativnog razmnožavanja, te se vrlo brzo i uspješno širi i djeluje poput pionirske vrste. Također, stvara velike količine okriljenih sjemenki koje se rasprostranjuju vjetrom. Pajasen je vrlo otporna biljka koja može tolerirati širok raspon ekoloških čimbenika. U Hrvatskoj je jako rasprostranjen i vrlo agresivan, te često raste u vrlo gustim sklopovima (Nikolić i sur. 2014, Prilog 1.).

Amorpha fruticosa L. (amorfa, čivitnjača) – ova je sjevernoamerička grmolika mahunarka dospjela u Europu u 18. stoljeću, te je prvi puta zabilježena u Hrvatskoj sredinom 20. stoljeća (Nikolić i sur. 2014). Izrazito je medonosna vrsta, a koristi se i u sprječavanju erozije riječnih obala, obzirom da raste upravo na vlažnim staništima. Razmnožava se stvaranjem jako velikog broja sitnih plodova koji se rasprostranjuju vodom. U Hrvatskoj je rasprostranjena uglavnom na poplavnim područjima, gdje često stvara monokulture na otvorenim staništima (Nikolić i sur. 2014, Prilog 1.).

Broussonetia papyrifera (L.) Vent. (dudovac, smokovača) – radi se o drvenastoj vrsti porijeklom iz Azije, koja se uzgaja u Europi od 18. stoljeća, a prvi podaci za Hrvatsku datiraju iz 19. stoljeća (Nikolić i sur. 2014). Listovi su cjeloviti, urezani, vrlo nalikuju listovima srodne vrste smokve te djeluju dekorativno, što je razlog uzgajanja ove vrste. Razmnožava se vegetativno i spolno, a osjetljiva je na mrazeve i preferira topliju klimu, stoga raste poglavito u primorskom dijelu Hrvatske (Nikolić i sur. 2014, Prilog 1.).

Reynoutria japonica Houtt. (japanski dvornik) – kao što samo ime kaže, radi se o Azijskoj vrsti koja je stigla na područje Europe tijekom 19. stoljeća, kad je prvi puta zabilježena i u Hrvatskoj (Nikolić i sur. 2014). Ova se višegodišnja zeljasta biljka odlikuje izrazito bujnim, grmolikim habitusom, velikim listovima, snažnim stabljikama i izuzetno brzim rastom, zbog čega često formira monokulture na staništima koja naseljava (Townsend 1997). Razmnožava se vrlo uspješno, uglavnom vegetativnim putem, a čitava nova biljka može se razviti i iz vrlo malih fragmenata rizoma. Iako cvate vrlo bujno te proizvodi ogromne količine sitnog sjemenja, sjemenke su rijetko vijabilne (Townsend 1997). Zbog dekorativnog izgleda i lakog uzgoja, nekoć je bila vrlo omiljena među vrtlarima, a s vremenom je zadobila ugled prave „pošasti“, obzirom da se vrlo teško iskorjenjuje iz područja koja je osvojila (Townsend 1997). U Hrvatskoj je široko rasprostranjena, posebice u kontinentalnom dijelu, a posebno rado naseljava rubove riječnih tokova i nasipe (Prilog 1).

Robinia pseudoacacia L. (bagrem) – bagrem je prvo drvo koje je iz Sjeverne Amerike preneseno u Europu, na prijelazu iz 16. u 17. stoljeće, a prvi navodi u Hrvatskoj odnose se na sredinu 19. stoljeća (Nikolić i sur. 2014). Bagrem je brzorastuće, pionirsko drvo koje se uspješno razmnožava vegetativno, a stvara i veliki broj anemohornih plodova te sjemenki. Kao vrsta, bagrem je vrlo koristan za ljude (koristi se u sprječavanju erozije, drvnjoj industriji, kao medonosna biljka, ukrasna biljka i dr.) stoga se danas uzgaja po cijelome svijetu, te predstavlja

jednu od najrasprostranjenijih vrsta drveća uopće. Također, u svim područjima gdje je unesen, bagrem pokazuje invazivno ponašanje, a u Hrvatskoj je zabilježen gotovo posvuda (Sabo 2000, Nikolić i sur. 2014, Prilog 1.).

Osim invazivnih, u pokus je uključena i ne-invazivna vrsta obični orah (*Juglans regia* L.), kao svojevrsna „pozitivna kontrola“, zbog unaprijed poznatog i dobro istraženog alelopatskog djelovanja (Willis 2000, 2007).

Tijekom rujna i listopada 2012 godine sakupljeni su listovi navedenih biljaka na području Grada Zagreba. Izuzetak je vrsta *A. fruticosa* koja je u Zagrebu rijetka, pa je sakupljena na području PP Lonjsko polje gdje raste u velikoj brojnosti. Dodatno, vrsta *B. papyrifera* je vrlo rijetka u kontinentalnom području, odnosno raste u kulturi na svega par lokaliteta, stoga su njezini listovi sakupljeni tijekom kolovoza 2012. godine na području grada Pule i u okolici grada Splita, gdje je puno šire rasprostranjena. Nakon dopremanja u laboratorij, listovi su osušeni u sušioniku na 80 °C tijekom 48 sati i spremljeni u plastične vrećice sa silikagelom (da bi se spriječilo vlaženje), gdje su uskladišteni otprilike 4 mjeseca, do trenutka pripreme otopina za pokus isključivanja.

U veljači 2013. godine od listova svake invazivne vrste pripremljene su dvije otopine različitih koncentracija, na način da je maseni udio suhog lišća na 100 mL destilirane vode iznosio 5 i 10 g. Netom prije pripreme otopina, suhi listovi su izvagani, smrvljeni i uronjeni u destiliranu vodu, te dodatno usitnjeni štapnim mikserom. Nakon usitnjavanja, otopine su procijeđene kroz dva sloja sterilne gaze da bi se uklonio talog, te je ostatak u plastičnim bočicama spremljen u hladnjak. Tako pripremljene otopine upotrijebljene su idući dan u pokusu nicanja.

Za testiranje alelopatskog učinka invazivnih vrsta na nicanje i rast klijanaca, odabrane su komercijalno dostupne sjemenke pšenice (*Triticum aestivum* L.) i gorušice (*Sinapis alba* L.). Tretmani su se provodili po jedan dnevno, te je pokus od prvog tretmana do zadnjeg mjerenja suhih izdanaka trajao ukupno 32 dana, završivši s kontrolnim tretmanom. Pri tome je jedan tretman uključivao jednu istraživanu invazivnu vrstu u jednoj koncentraciji u tri replikacije (po tri posudice sa sjemenkama svake test vrste, ukupno šest posudica). Sjemenke test biljaka su prethodno sterilizirane namakanjem u 1%-tnoj otopini natrij-hipoklorita u trajanju od 20 minuta, čemu je slijedilo temeljito ispiranje destiliranom vodom. Sjemenke su zatim posijane u plastične posudice volumena 150 mL, prethodno napunjene komercijalno dostupnim supstratom za sadnju bilja, na način da su položene na supstrat bez ukopavanja (Prilog 2). Korišteno je 17 sjemenki po posudici u tri replikacije (ukupno 51 sjemenka svake test vrste po tretmanu). Svaka posudica je

tretirana s po 50 mL prethodno pripremljene otopine, te su sve posudice prenesene u klimakomoru (Prilog 2). U kontrolnom tretmanu korištena je destilirana voda u istoj količini. Klijanci test biljaka su uzgajani 14 dana, na stalnoj temperaturi od 24 °C. Napredak i stanje klijanaca provjeravani su svaki dan, te su posude po potrebi zalijevane destiliranom vodom (otprilike svaki drugi dan). Sedmi dan od postavljanja pokusa ponovljeno je zalijevanje s 50 mL pripadajuće otopine (svježe pripremljene prethodni dan). Nakon četrnaest dana, klijanci test biljaka su preneseni u laboratorij gdje su obavljena mjerenja (Slika 3, Prilog 3).

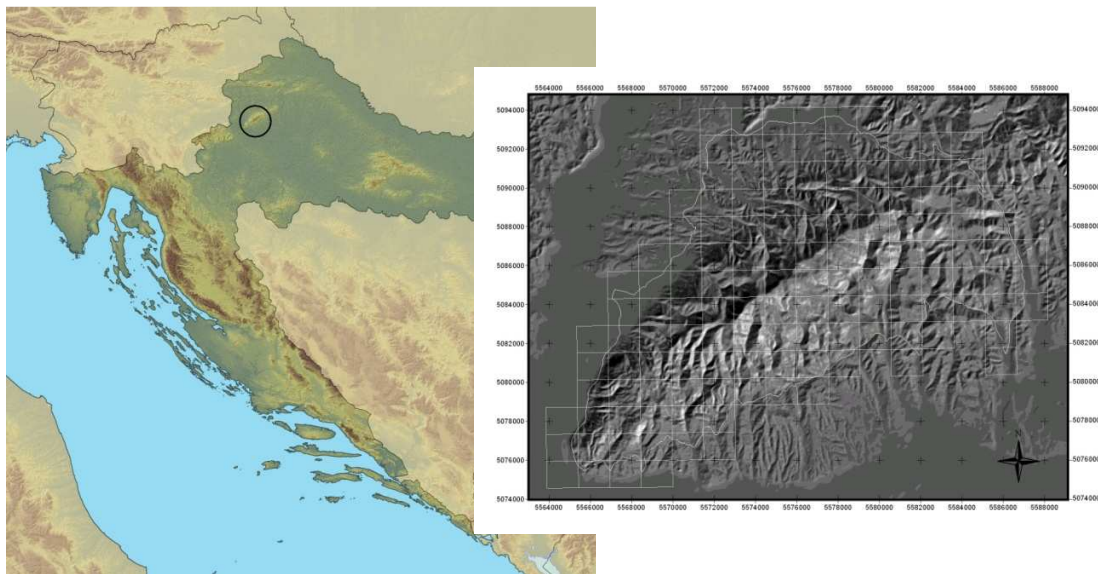


Slika 3. Klijanci pšenice i gorušice netom prije mjerenja, 14 dana nakon sjetve.

U svakom tretmanu zabilježen je broj vijabilnih, pravilno razvijenih klijanaca pšenice i gorušice, a zatim su obavljena mjerenja njihovih izdanaka. Sjemenke koje nisu razvile klijance nakon što je došlo do probijanja klicinog korjenka nisu se računale kao proklijale. Također, klijanci kod kojih je došlo do nepravilnosti u razvoju nisu uzeti u obzir prilikom mjerenja. Kod svih pravilno razvijenih klijanaca svježi izdanci su izvagani i skenirani na HP Scanjet G3110 skeneru, te osušeni u sušioniku na 80 °C u trajanju od 24 h. Nakon sušenja izdanci su ponovo izvagani. Duljina izdanaka izmjerena je naknadno iz fotografija nastalih skeniranjem, uz pomoć kompjuterskog programa *ImageJ* ver. 1.43s (Prilog 4). Dobiveni rezultati analizirani su ANOVA testom u programu *Statistica*.

3.2 Povezanost između tipova rasprostranjanja invazivnih biljnih vrsta i okolišnih čimbenika

Veza između tipa rasprostranjanja invazivne flore i okolišnih čimbenika istraživana je na primjeru Parka prirode Medvednica, planinskog masiva smještenog u sjeverozapadnoj Hrvatskoj, u neposrednoj blizini glavnog grada Zagreba (Slika 4). Niži dijelovi Medvednice okruženi su naseljenim područjima. Osim Zagreba u južnom dijelu, koji predstavlja jedno od najgušće naseljenih područja u Hrvatskoj, od Medvednice prema sjeveru prostire se ruralno područje Hrvatskog Zagorja. Duljina masiva iznosi 42 km, prosječna širina 9 km, a proteže se u smjeru od jugozapada prema sjeveroistoku. Zapadni dio masiva (površine 228.26 km²) proglašen je 1981. godine Parkom prirode, a u tom dijelu se nalazi i najviši vrh Sljeme (1033 m). Zbog svojeg položaja u neposrednoj blizini glavnog grada i statusa zaštićenog područja, Medvednica predstavlja vrlo popularno turističko odredište, te se odlikuje vrlo velikim brojem posjetitelja tokom cijele godine.



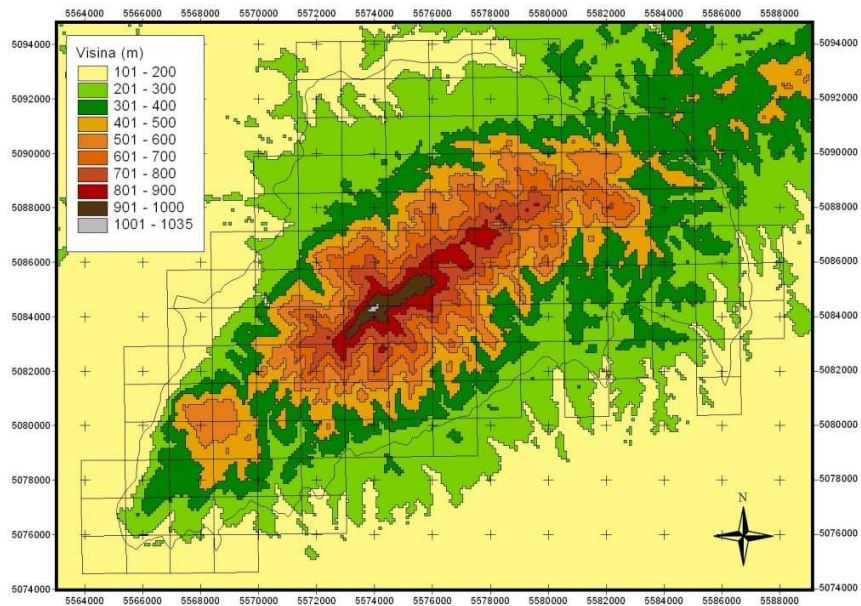
Slika 4. Geografski položaj istraživanog područja. Lijevo: položaj PP Medvednica u Hrvatskoj (crni krug), desno: PP Medvednica u mreži MTB 1/64 polja.

Područje PP Medvednica uglavnom je prekriveno šumskim pokrovom (63%). U gornjim dijelovima Parka dominiraju šume bukve (sveza *Aremonio-Fagion* (Ht 1938) Törek et al. 1989), dok donji dijelovi pripadaju svezi *Carpinion betuli* Issl. 1931, a pojedini dijelovi su prekriveni

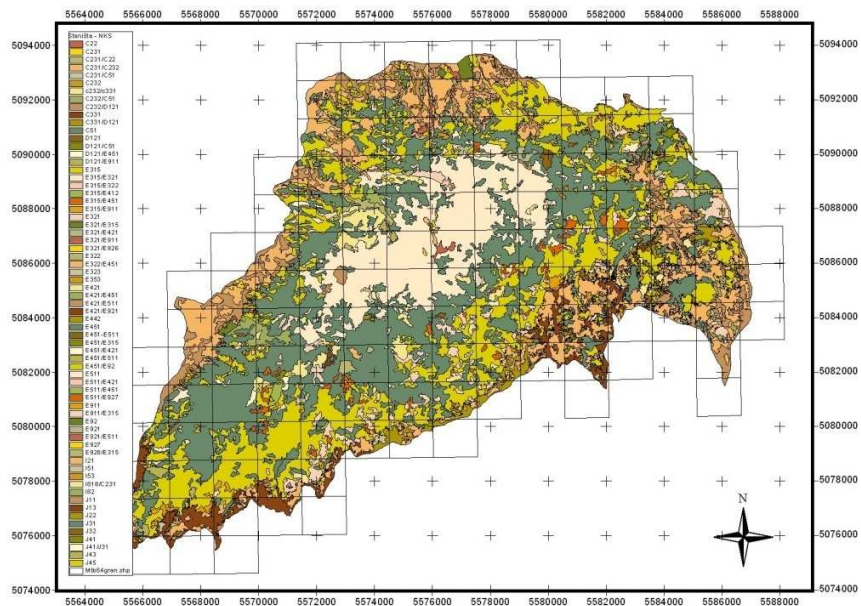
acidofilnim i termofilnim šumama. Travnjaci zauzimaju oko 6.1%, a antropogena staništa oko 30.3% (Dobrović i sur. 2006). Područje Medvednice pripada umjerenoj kontinentalnoj klimi, no lokalne vrijednosti temperature i padalina su uglavnom određene nadmorskom visinom, pa tako oborine bivaju sve obilnije, a temperatura sve niža s povećanjem nadmorske visine. U gornjim dijelovima Medvednice srednja godišnja količina oborina iznosi 1262 mm, a srednja godišnja temperatura 6.9 °C (Dobrović i sur. 2006).

Podaci o rasprostranjenosti invazivne flore u PP Medvednica preuzeti su iz *Flora Croatica* baze podataka (Nikolić 2008), gdje je njihovo porijeklo djelomično bilo iz objavljenih znanstvenih radova, a djelomično se radilo o neobjavljenim terenskim opažanjima iz istraživanja koja su provedena tijekom proteklog desetljeća i evidentirana u bazi. Za analizu tipova rasprostranjivanja preuzeti su podaci o tipu rasprostranjivanja iz baze *Flora Croatica* za svaku vrstu prisutnu na istraživanom području. Pri tome su uzete u obzir najviše kategorije tipova rasprostranjivanja (autohorija, anemohorija, hidrohorija, zoohorija i antropohorija). U slučajevima kada je za jednu vrstu bilo navedeno više tipova rasprostranjivanja, svi tipovi su uzeti u obzir.

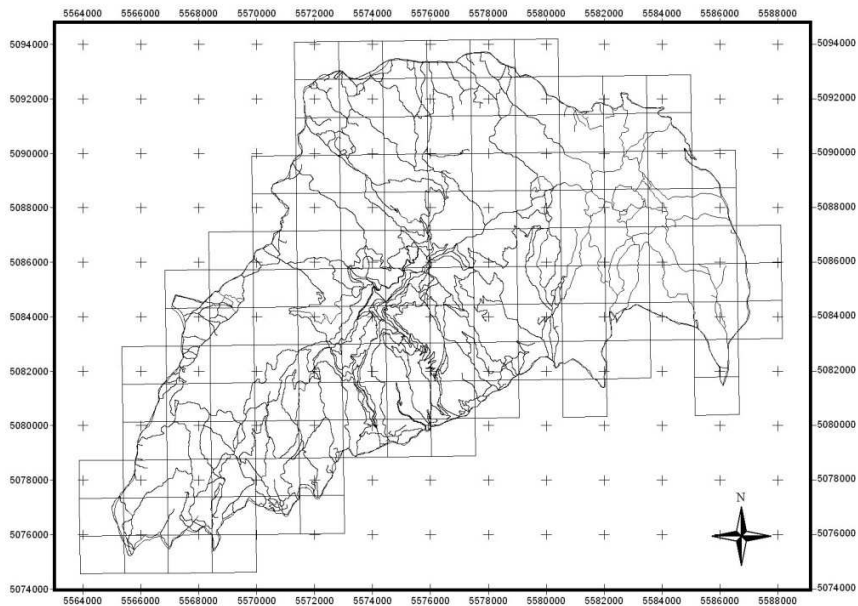
U analizama su također korišteni prostorni podaci o PP Medvednica, a radilo se o slijedećim digitalnim dokumentima: visinska zonacija Parka (izraženo kao 100 metarske visinske zone, Slika 5), karta staništa Parka (u obliku poligona različitih tipova staništa, izvor: JUPP Medvednica, Slika 6), te mreža cesta i putova (izvor: JUPP Medvednica, Slika 7).



Slika 5. Prikaz karte 100 metarskih visinskih zona korištene u analizi utjecaja nadmorske visine na tipove rasprostranjivanja invazivne flore PP Medvednica. Pravokutnici predstavljaju MTB 1/64 mrežu (izvor: Sven Jelaska).

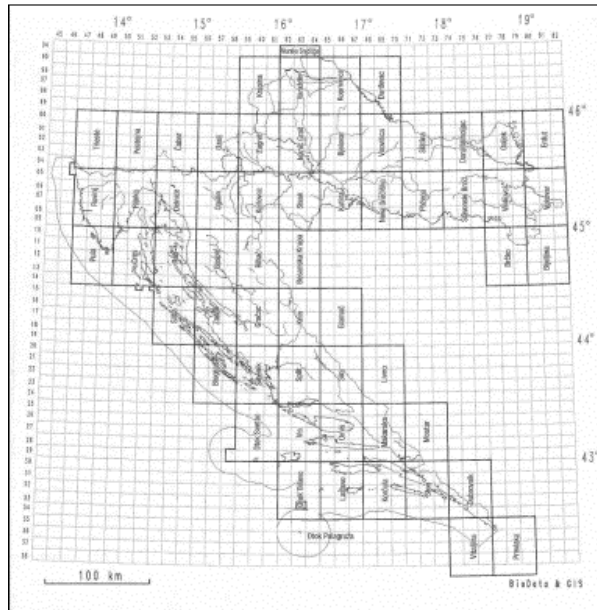


Slika 6. Prikaz karte staništa korištene u analizi utjecaja staništa na tipove rasprostranjivanja invazivne flore PP Medvednica. Pravokutnici predstavljaju MTB 1/64 mrežu (izvor: JUPP Medvednica).



Slika 7. Prikaz karte putova i cesta korištene u analizi njihovog utjecaja na tipove rasprostranjivanja invazivne flore u PP Medvednica. Pravokutnici predstavljaju MTB 1/64 mrežu (izvor: JUPP Medvednica).

Tijekom analize ovisnosti tipa rasprostranjivanja o okolišnim čimbenicima korištena je MTB (njem. *Meßtischblätter*) mreža kvadrana, sastavljena od pravokutnika koji su definirani stupanjskom mrežom po Greenwichu, tako da jedan pravokutnik (osnovno MTB polje) obuhvaća 10' geografske širine x 6' geografske dužine (Slika 8). Iz ovoga slijedi da je svaki kvadratni stupanj stupanjске mreže podijeljen na 60 osnovnih MTB polja, a svako osnovno polje odgovara jednom listu karte mjerila 1:25000 (TK25) uobičajenog izreza. Za potrebe preciznijeg kartiranja, osnovno polje može se dijeliti na manje jedinice, a ovisno o površini istraživanog područja uobičajeno je koristiti polja koja su po površini 1/4, 1/16 ili 1/64 osnovnog polja (Nikolić i sur. 1998).



Slika 8. Karta Hrvatske s mrežom karata TK100 (deblja linija) i osnovnih MTB polja (tanja linija). Izvor: Nikolić i Dobrović 2002.

Za potrebe ove analize, cijelo područje Parka prirode podijeljeno je na MTB 1/64 polja (približnih dimenzija 1.5 x 1.45 km), prema predloženom nacionalnom standardu za kartiranje flore (Nikolić i sur. 1998). Tako je na području Parka dobiveno ukupno 106 MTB 1/64 polja (Slika 4), a prisutnost invazivne flore zabilježena je u njih 102. Polja s oskudnim podacima o flori nisu uključena u analize. U jednom od takvih polja zabilježena je invazivna vrsta *Datura innoxia* Mill., kojoj je to bio jedini nalaz na istraživanom području, stoga je uključena u ukupan popis invazivne flore Parka. Za svako polje izračunato je nekoliko okolišnih varijabli, uz pomoć kompjuterskog programa *ArcView 3.3* (@ESRI):

- 1) Srednja vrijednost nadmorske visine – izražena kao suma vrijednosti različitih visinskih zona pomnožena sa njihovim površinskim udjelom u cijelom MTB 1/64 polju.
- 2) Raznolikost staništa – izražena kao Shannon-Wienerov indeks raznolikosti, izračunat prema slijedećoj jednadžbi:

$$H = - \sum_{1}^{s} p_i \ln(p_i)$$

gdje s označava broj različitih staništa, p_i označava udio pojedinog stanišnog tipa u MTB 1/64 polju.

3) Ukupan broj poligona staništa – broj svih poligona staništa u pojedinom MTB 1/64 polju. Svi poligoni su uzeti u obzir, i kada je u pojedinom polju bilo prisutno nekoliko poligona istog stanišnog tipa, te je ova varijabla uzeta kao jednostavna mjera za fragmentiranost/heterogenost staništa.

4) Ukupna duljina putova i cesta – duljina svih putova i cesta u pojedinom MTB 1/64 polju izražena u kilometrima.

U svrhu otkrivanja potencijalne povezanosti između tipa rasprostranjivanja i gore navedenih okolišnih varijabli, primijenjena je RDA analiza u programu CANOCO 4.5 (ter Braak i Šmilauer 2002, Lepš i Šmilauer 2003).

3.3 Fenoplastičnost i CSR strategije invazivne vrste *Erigeron annuus*

Za utvrđivanje razine fenoplastičnosti i određivanje CSR strategija odabrana je sjevernoamerička vrsta *Erigeron annuus* (L.) Pers. (jednogodišnja krasolika, Slika 1). Prvi zapis o ovoj vrsti u Hrvatskoj datira iz druge polovice 19. stoljeća (Schlosser i Vukotinović 1869, kao *Diplopappus annuus* Cass.), gdje je ova vrsta navedena kao česta, a sukladno tome danas je rasprostranjena po čitavoj Hrvatskoj (Prilog 5). Najčešće raste na staništima s puno poremećaja (eng. *disturbance*) u blizini ljudi; na napuštenim poljima, rubovima cesta, željezničkih pruga i riječnih nasipa, na smetlištima itd. Flora Europaea (Halliday 1976) navodi da se radi o vrlo varijabilnoj, apomiktičnoj vrsti s tri opisane podvrste (*E. annuus* (L.) Pers. ssp. *annuus*, *E. annuus* (L.) Pers. ssp. *septentrionalis* (Fernald et Wiegand) Wagenitz, *E. annuus* (L.) Pers. ssp. *strigosus* (Mühlent. ex Willd) Wagenitz, koje su prisutne i u Hrvatskoj (Nikolić i sur. 2014).

Uzorkovanje je obavljeno tijekom dvije vegetacijske sezone (2013 i 2014), a odabrane su populacije sa što različitijih mikro-staništa, s ciljem utvrđivanja utjecaja staništa na mjerene parametre. Ukupno je uzorkovano 18 populacija na području središnje Hrvatske (Slika 9), a biljke su uzimane iz staništa na način da su iskopane zajedno s korijenom te odmah prenesene u kantu s vodom, radi sprječavanja dehidracije. Odabrane su dobro razvijene jedinke u cvatu, bez vidljivih oštećenja te je uzorkovano 5-10 jedinki po populaciji. Jedinke su dopremljene u laboratorij u

najkraćem mogućem roku, obzirom da je ustanovljeno da vrlo brzo gube turgor i lako venu, unatoč tome što cijelo vrijeme borave u kanti s vodom. Ovisno o njihovom stanju u trenutku dopremanja u laboratorij, ostavljene su u vodi različito dugo radi rehidracije (nekoliko sati do dva dana), nakon čega su obavljena mjerenja na pet jedinki po populaciji. Za identifikaciju jedinki do razine podvrste korišten je priručnik Flora Europaea (Halliday 1976), te diplomski rad o varijabilnosti svojti roda *Erigeron* u Hrvatskoj (Momčilović 1975).



Slika 9. Geografski položaj istraživanih populacija vrste *Erigeron annuus*.

Sa svakog lokaliteta uzet je po jedan uzorak tla radi laboratorijske analize pojedinih abiotičkih čimbenika na staništu, odnosno stjecanja uvida u postojeće okolišne uvjete. Uzorci tla uzimani su na način da je uklonjen površinski sloj listinca i raslinja, ukoliko ga je bilo, te je obavljeno uzorkovanje sondom okruglog presjeka promjera 4.5 cm (ukupno 238.44 cm³ tla), do dubine od 15 cm. U pojedinim slučajevima tlo je uzorkovano običnom lopaticom, u približnoj količini kao kod uzorkovanja sondom, jer je velika količina kamenja u tlu onemogućavala bušenje sondom. Uzorci su dopremljeni u laboratorij, gdje je kasnije izmjerena pH vrijednost tla (u destiliranoj vodi i KCl-u), sadržaj organske tvari (žarenjem u mufolnoj peći na 600 °C u trajanju od 4 sata), te količina dušika u tlu metodom digestije po Kjeldahl-u. Količina dušika u uzorcima uzetim u populacijama BAN1 i STU2 nije izmjerena, uslijed neplaniranog tehničkog kvara aparature. Svakoj jedinki je izmjerena visina, te je odabrano pet listova za daljnju analizu (Prilog 6). Obzirom da se listovi kod ove vrste sukcesivno smanjuju od dna stabljike prema vrhu, te su najveći listovi ujedno i najstariji (redovito prestari za uzorkovanje jer u trenutku pune cvatnje

pokazuju znakove uvenuća), kod svake jedinke uzorkovani su listovi s točno polovice visine. Listovi su izvagani u svježem stanju, skenirani na HP Scanjet G3110 skeneru i osušeni u sušioniku na 80 °C u trajanju od 48 h, nakon čega su opet izvagani. Listovima je naknadno određena površina iz fotografija dobivenih skeniranjem, uz pomoć kompjuterskog programa *ImageJ* ver. 1.43s (Prilog 7). Podaci o masi i površini listova upotrijebljeni su za određivanje razine fenoplastičnosti te izračun CSR strategija pojedinih populacija.

U svrhu određivanja razine fenoplastičnosti istražena je varijabilnost visine biljke, površine lista, svježe i suhe mase lista, specifične lisne površine (SLA) i sadržaja suhe tvari lista (LDMC).

Radi utvrđivanja utjecaja okolišnih čimbenika na morfološku varijabilnost vrste *E. annuus*, provedena je analiza korelacije između izmjerenih vrijednosti i klimatskih čimbenika (nadmorska visina, minimalna godišnja temperatura, srednja godišnja temperatura i ukupna godišnja količina oborina) te izmjerenih vrijednosti pH, količine organske tvari i dušika u tlu. Pritom su korišteni podaci o klimi Hrvatske. Podaci su statistički analizirani u programu Statistica.

CSR strategije pojedinih populacija određene su uz pomoć unaprijed pripremljene Excel aplikacije (Hodgson i sur. 1999), na način da su u aplikaciju uneseni prethodno izmjerene parametri (Tablica 2), te je iz aplikacije očitana predviđena CSR strategija za zadanu populaciju (Tablica 3). Podatak o visini biljke dobiven je izračunom srednje vrijednosti visina pet uzorkovanih jedinki po populaciji. Sadržaj suhe tvari lista (LDMC), suha masa lista i specifična lisna površina (SLA) dobiveni su izračunom srednjih vrijednosti svakog od navedenih parametara za 25 uzorkovanih listova po populaciji. Podaci o periodu cvatnje, početku cvatnje i bočnom širenju dobiveni su opažanjem na terenu.

Tablica 2. Definicije parametara potrebnih za određivanje CSR strategija (preuzeto i prilagođeno iz Hodgson i sur. 1999).

Parametar	Definicija	
Visina biljke	Visina biljke (mm)	
Sadržaj suhe tvari lista (LDMC)	Omjer između suhe i svježe mase lista (%)	
Period cvatnje	Trajanje cvatnje u mjesecima	
Početak cvatnje	Klasifikacija u šest točaka	1 Prvo cvjetanje u ožujku ili ranije 2 u travnju 3 u svibnju 4 u lipnju 5 u srpnju 6 u kolovozu ili kasnije, ili prije listova u proljeće
Bočno širenje	Klasifikacija u šest točaka (kod trava) (kod ne-trava) (kod trava) (kod ne-trava)	1 Biljka kratko živuća 2 Rahli busenovi oko glavne osi, bez zadebljanja pri dnu 2 Kompaktni busenovi oko glavne osi, bez zadebljanja pri dnu 3 Kompaktni izbojci zbijeni jedni uz druge pri bazi 3 Kompaktni izbojci oko glavne osi, postoji zadebljanje pri dnu 4 Kratko puzajuća biljka, <40 mm između izbojaka 5 Puzajuća biljka, 40-79 mm između izbojaka 6 Izrazito puzajuća biljka, >79 mm između izbojaka
Suha masa lista	Suha masa lista (mg)	
Specifična lisna površina(SLA)	Omjer između površine lista (mm) i mase suhog lista (mg)	

Tablica 3. Određivanje CSR strategije putem Excel aplikacije na primjeru populacije vrste *Erigeron annuus* s lokaliteta Banija 1 (preuzeto i prilagođeno iz Hodgson i sur. 1999).

<i>Za NE-TRAVE, itd</i>		<i>Erigeron annuus BANI</i>
<i>Ispunite crveno označena polja: vrsta (opcionalno, gore) i vrijednosti parametara (obavezno, dolje)</i>		
Visina biljke	658	(milimetara)
Sadržaj suhe tvari lista (LDMC)	24	(postotak u potpuno razvijenim listovima)
Vrijeme cvatnje	3	(trajanje u mjesecima)
Bočno širenje	1	(klasifikacija u šest točaka)
Suha masa lista	9	(mg potpuno razvijenih listova)
Specifična lisna površina (SLA)	27	(mm ² po mg suhe težine potpuno razvijenih listova)
Početak cvatnje	4	(klasifikacija u šest točaka)
<i>Predviđena strategija:</i>	CR	<i>Temeljem gore unesenih podataka</i>

3.4 Utjecaj staništa na rasprostranjenost invazivne flore Medvednice i CSR strategije invazivne flore Hrvatske

Istraživanje utjecaja staništa na invazivnu floru obavljeno je na dvije razine. Prvo je istraživana rasprostranjenost invazivnih vrsta u PP Medvednica u ovisnosti o okolišnim čimbenicima, a zatim utjecaj heterogenosti staništa na udio CSR strategija invazivne flore na području cijele Hrvatske.

Prije analize invazivne flore PP Medvednica, cijelo područje Parka podijeljeno je na MTB 1/64 polja (Nikolić i sur. 1998, za detaljniji opis vidi potpoglavlje 3.2 poglavlja Materijali i metode). Podaci o lokalitetima biljnih vrsta preuzeti su iz baze podataka *Flora Croatica* (Nikolić 2008) te su za analizu korišteni prostorni podaci o PP Medvednica kao u potpoglavlju 3.2 poglavlja Materijali i metode. Za ukupno 102 MTB 1/64 polja u kojima je zabilježena prisutnost invazivne flore izračunat je broj invazivnih biljnih vrsta, ukupna floristička raznolikost (prikazana kao ukupni broj svih biljnih vrsta), srednja nadmorska visina, Shannon-Wienerov indeks raznolikosti staništa, te ukupna duljina putova i cesta, kao u potpoglavlju 3.2 poglavlja Materijali i metode. Zatim je provedena analiza korelacije među pojedinim varijablama po MTB 1/64 poljima, te naknadno i *forward stepwise* regresijska analiza, uz pomoć programa Statistica.

Analiza ovisnosti CSR strategija o heterogenosti staništa obavljena je uz pomoć podataka o lokalitetima invazivne flore na području Hrvatske, preuzetih iz baze podataka *Flora Croatica* (Nikolić 2014). Ova baza podataka sadrži zapise o nalazima svih biljaka u Hrvatskoj, koji uključuju Gauss-Kruegerove koordinate uz informaciju o prostornoj preciznosti pojedine koordinate, gdje prostorna preciznost može iznositi od "0" (najmanje precizan podatak o lokalitetu, označava da je vrsta prisutna u Hrvatskoj) do „11“ (najprecizniji podatak, označava da su koordinate preuzete s GPS uređaja, Nikolić 2007, Prilog 8). Dodatno, svaka kategorija prostorne preciznosti opisana je približnom površinom unutar koje je najvjerojatnije da je vrsta lokalizirana. Kategorija prostorne preciznosti „5“ označava da je vrsta zabilježena u određenom naseljenom mjestu, te prosječno odgovara površini od 5 km². Iako je u trenutku obavljanja analize baza podataka sadržavala više od 11300 zapisa o lokalitetima invazivne flore Hrvatske, zbog relativno male površine pojedinih prostornih jedinica u analizu su uključeni samo zapisi prostorne preciznosti ≥ 5 .

Podaci o CSR strategijama invazivne flore Hrvatske preuzeti su iz Vuković i sur. (2014). Da bi se utvrdila veza između pojedinog tipa ekološkog „ponašanja“ invazivnih biljaka i heterogenosti staništa, CSR strategije su preinačene u vrijednosti „C“ (opisuje sposobnost kompeticije), „S“ (opisuje sposobnost toleriranja stresa) i „R“ (opisuje sposobnost toleriranja poremećaja) prema shemi prikazanoj u Tablici 4. Zatim su za svaku osnovnu prostornu jedinicu (korištenjem dvije karte staništa na tri prostorne razine) izračunati postoci „C“, „S“ i „R“ vrijednosti, na temelju podataka o lokalitetima invazivne flore.

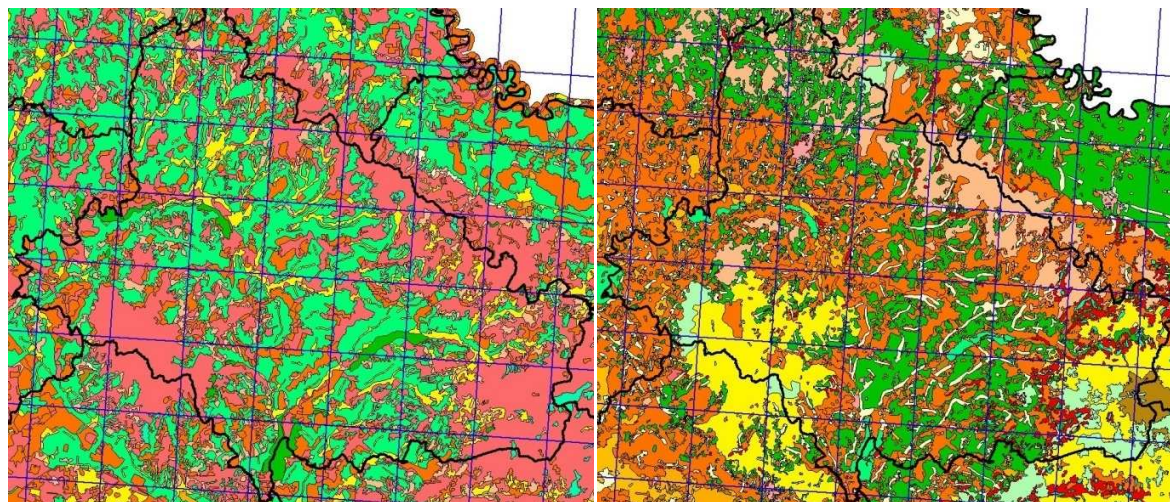
Tablica 4. Prikaz sheme korištene prilikom prebacivanja CSR strategija u „C“, „S“ i „R“ vrijednosti.

	C	C/CR	C/SC	CR	CS	CSR	R	R/CR	SC/CSR	SR
C	1	0.75	0.75	0.5	0.5	0.34		0.25	0.42	
S			0.25		0.5	0.33			0.42	0.5
R		0.25		0.5		0.33	1	0.75	0.16	0.5

Analiza heterogenosti staništa provedena je uz pomoć GIS programa SAGA 2.0.6 (eng. *System for Automated Geoscientific Analyses*) i ArcView 3.3 ESRI[®] s Patch Analyst dodatkom (Elkie i sur. 1999).

Za analizu heterogenosti staništa korištena su dva izvora podataka o staništima (Slika 10):

- 1) karta staništa Republike Hrvatske mjerila 1:100000 i minimalne površine kartiranja 9 ha, klasificiranih prema Nacionalnoj klasifikaciji staništa (NKS) na trećoj razini klasifikacije (DZZP 2014) koja je sadržavala ukupno 109 tipova staništa, i
- 2) karta Corine Land Cover 2006 minimalne površine kartiranja 25 ha (CLC), na trećoj razini klasifikacije (EIONET 2014) koja je sadržavala ukupno 38 tipova staništa.



Slika 10. Prikaz CLC (lijevo) i NKS (desno) karte staništa na primjeru Bjelovarsko-bilogorske županije. Crne linije – granice županija, plave linije – ETRS 10 x 10 km mreža kvadranata.

Analiza heterogenosti staništa provedena je na tri prostorne razine (Slika 11), gdje su osnovne prostorne jedinice bile definirane kako slijedi: biogeografske regije (ukupno tri prostorne jedinice, kontinentalna, mediteranska i alpinska regija, European Commission 2012), mreža poligona dobivena kombinacijom biogeografskih regija i županija (ukupno 27 prostornih jedinica) te ETRS mreža kvadranata dimenzija 10 x 10 km (ukupno 583 prostorne jedinice, EEA 2012).



Slika 11. Prikaz tri prostorne razine korištene u analizi heterogenosti staništa. Lijevo – karta biogeografskih regija, sredina – karta poligona dobivenih kombinacijom biogeografskih regija i županija, desno – ETRS mreža kvadranta dimenzija 10 x 10 km.

Za svaku prostornu jedinicu na sve tri gore navedene prostorne razine određena je heterogenost staništa korištenjem obje karte staništa (NKS i CLC). Heterogenost je izražena uz pomoć slijedećih indeksa, izračunatih prema formulama iz McGarigal i Marks (1994), gdje veće vrijednosti ovih indeksa podrazumijevaju veću heterogenost staništa:

- 1) Broj poligona staništa (eng. *Number of Patches*, NumP) – ukupan broj svih poligona staništa u osnovnoj prostornoj jedinici.
- 2) Gustoća poligona staništa (eng. *Patch Density*, PD) – broj poligona staništa u ovisnosti o površini osnovne prostorne jedinice, izražen kao broj poligona po 100 ha.
- 3) Ukupan rub (eng. *Total Edge*, TE) – suma opsega svih poligona staništa prisutnih u osnovnoj prostornoj jedinici.
- 4) Gustoća ruba (eng. *Edge Density*, ED) – količina rubova u ovisnosti o površini osnovne prostorne jedinice, izražena kao duljina svih rubova (u metrima) po 1 ha.
- 5) Shannon-Wienerov indeks (H) – Shannon-Wienerov indeks razolikosti staništa za svaku osnovnu prostornu jedinicu, izračunat kao:

$$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln(p_i)$$

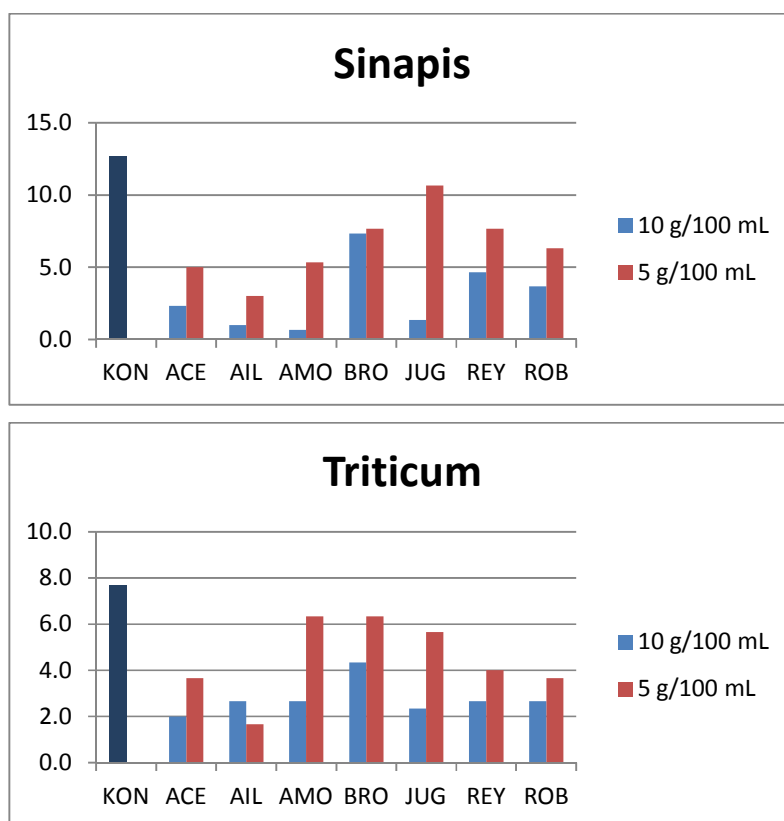
gdje s označava broj različitih staništa, p_i označava udio pojedinog stanišnog tipa u osnovnoj prostornoj jedinici.

Konačna analiza uključivala je izračun koeficijenta korelacije između postotaka „C“, „S“ i „R“ i indeksa heterogenosti staništa (izračunatih za obje karte staništa), za svaku osnovnu prostornu jedinicu na tri prostorne razine, uz pomoć programa Statistica.

4 REZULTATI

4.1 Utjecaj vodenog ekstrakta listova istraživanih invazivnih vrsta na nicanje i rast test biljaka

Rezultati mjerenja ukupnog nicanja sjemenki test biljaka nakon tretmana otopinama pripremljenih od suhih listova invazivnih biljaka prikazani su na Slici 12. Rezultati pokazuju da su svi tretmani imali inhibirajući učinak na nicanje sjemenki test biljaka, te da je učinak na gorušicu bio nešto izraženiji. Veće koncentracije (10 g/100 mL) su u pravilu jače inhibirale nicanje od manjih koncentracija (5 g/100 mL), iznimka je jedino tretman pšenice vrstom *Ailanthus altissima*.



Slika 12. Prosječan broj izniknutih sjemenki gorušice (*Sinapis alba*) i pšenice (*Triticum aestivum*) nakon tretmana otopinama pripremljenih od suhih listova invazivnih vrsta (5 i 10 g/100 mL). KON – kontrola, ACE – *Acer negundo*, AIL – *Ailanthus altissima*, AMO – *Amorpha fruticosa*, BRO – *Broussonetia papyrifera*, JUG – *Juglans regia*, REY – *Reynoutria japonica* i ROB – *Robinia pseudoacacia*.

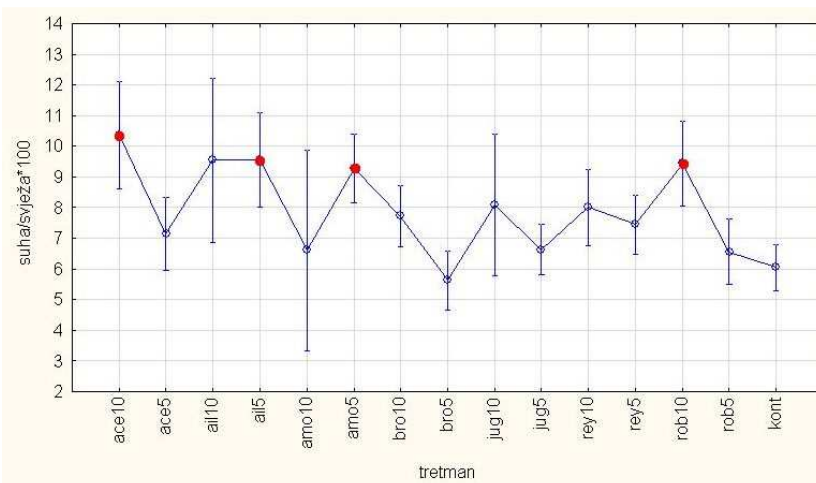
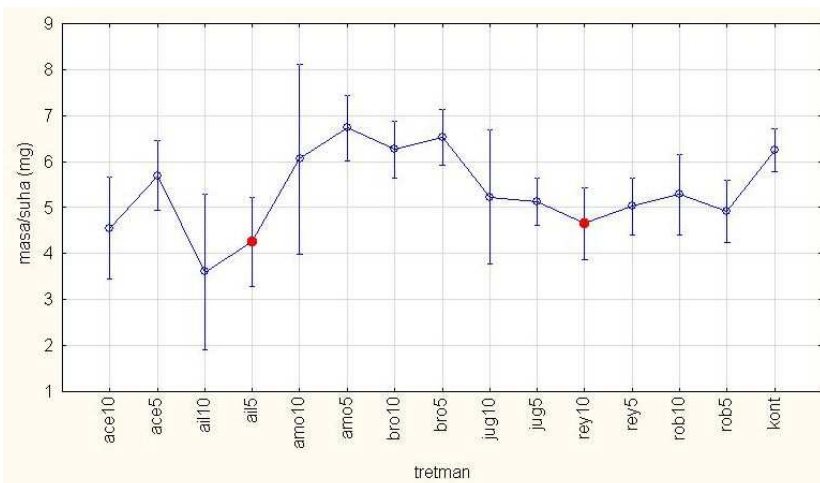
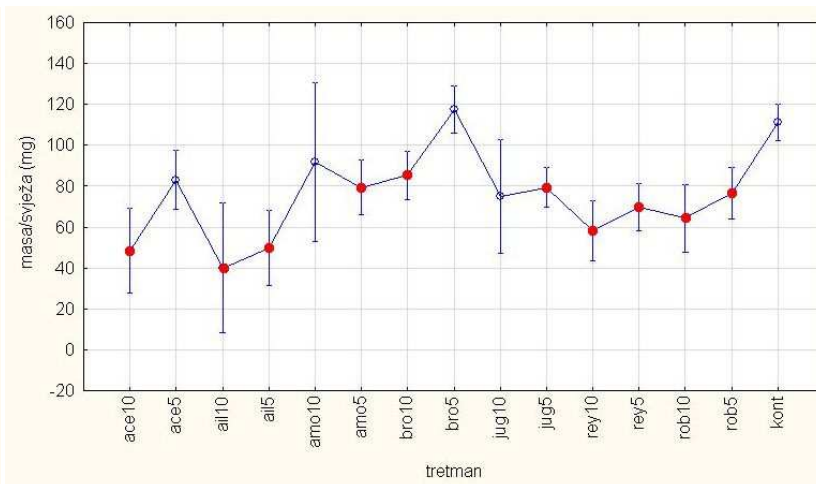
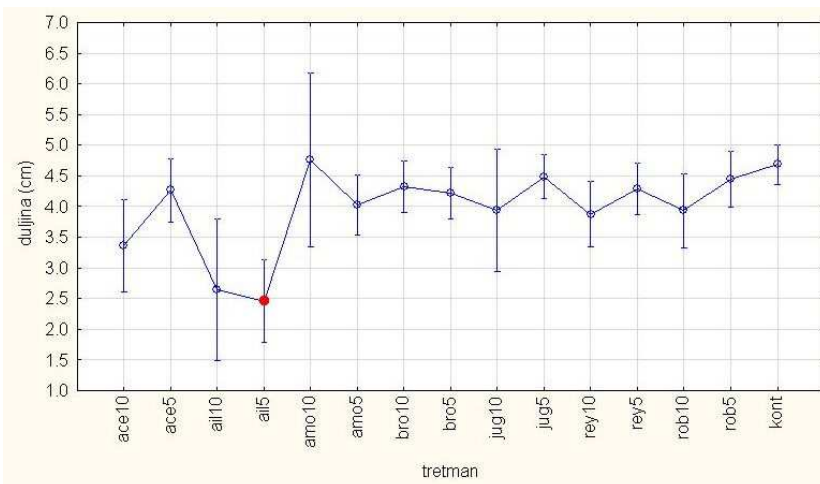
Sjemenke gorušice najslabije su nicale nakon tretmana otopinama pripremljenih od vrsta *Ailanthus altissima*, *Amorpha fruticosa* i *Juglans regia* (10 g/mL), dok su sjemenke pšenice najslabije nicale nakon tretmana sa vrstama *Acer negundo*, *Juglans regia* (10 g/mL) i *Ailanthus altissima* (5 g/mL).

Osim razlike u broju izniklih sjemenki po tretmanima, test biljke su općenito različito reagirale na tretmane tijekom pokusa nicanja. Kod gorušice je u pojedinim slučajevima primijećeno da su sjemenke niknule, no nije došlo do pravilnog rasta i razvoja klijanaca. U pojedinim slučajevima izdanak nije razvijao listove unutar vremenskog trajanja pokusa već je u gornjem dijelu izdanka zaostala sjemena lupina koja je obavijala supke, a to je primijećeno gotovo kod svih tretmana. Posebno je zanimljiv tretman vrstom *Broussonetia papyrifera*, gdje je uočeno da su pojedine sjemenke gorušice uredno nicale i razvijale zdrave klijance, kojima se naknadno osušio gornji dio. S druge strane, izniknute sjemenke pšenice razvijale su isključivo zdrave klijance unutar vremenskog trajanja pokusa.

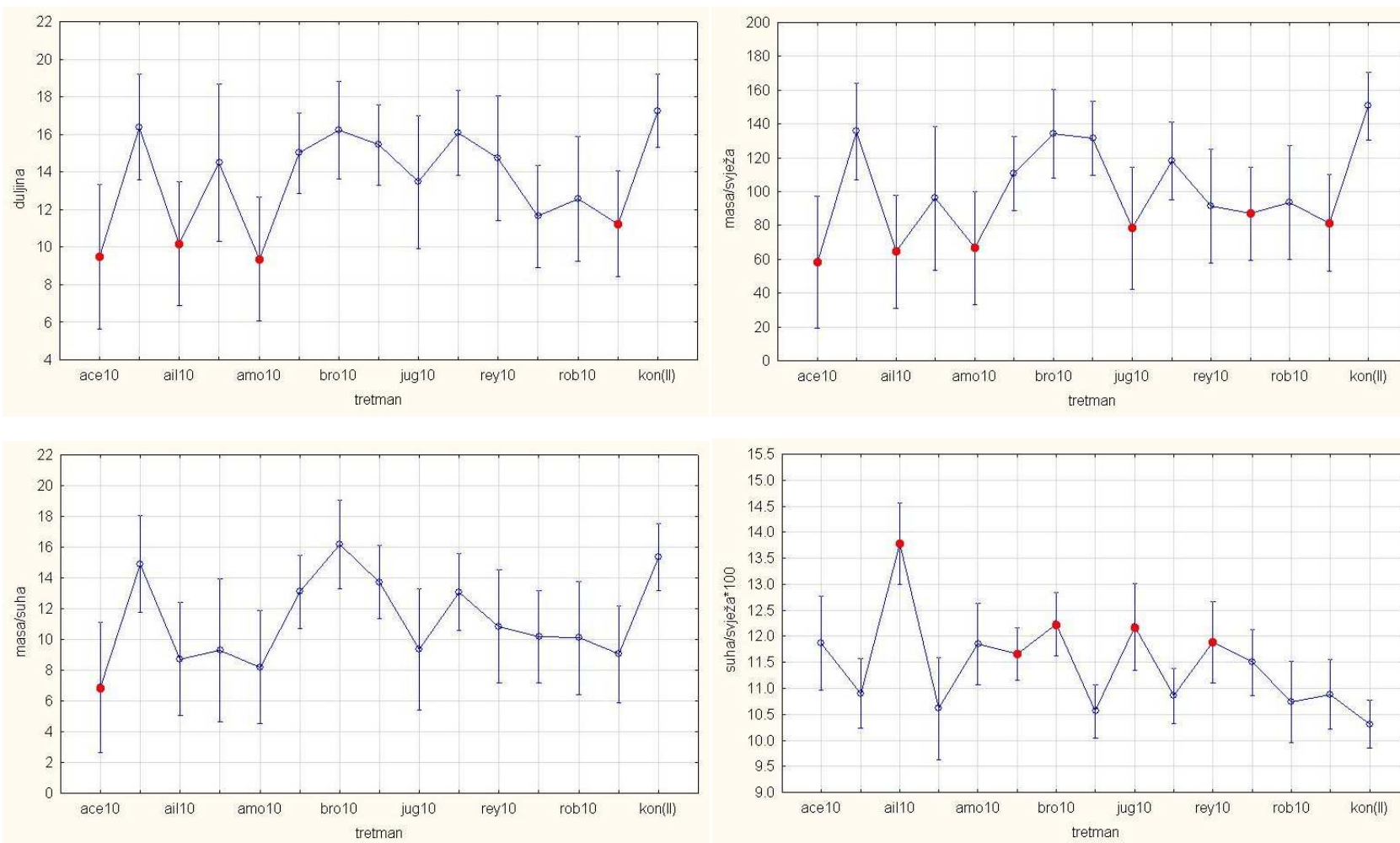
Mjerenja duljine i mase izdanka kod klijanaca test biljaka pokazala su da je svaka od ispitivanih invazivnih vrsta barem u nekom od tretmana uzrokovala statistički značajnu razliku u odnosu na kontrolu (Slike 13-14). Iako su rezultati u manjem broju slučajeva bili statistički značajni, mjerenja duljine te svježe i suhe mase izdanaka ukazuju na trend inhibicije rasta i razvoja pšenice i gorušice (Slike 13-14). Kod obje test vrste, najčešće je inhibirana svježe masa izdanka (statistički značajno različiti od kontrole svi tretmani osim ACE5, AMO10, BRO5 i JUG10 kod gorušice, te statistički značajno različiti od kontrole tretmani ACE10, AIL10, AMO10, JUG10, REY5 i ROB5 kod pšenice). Svježja masa izdanka kod gorušice je općenito bila najpodložnija utjecajima, te je kod ovog parametra ustanovljeno najviše statistički značajnih razlika tretmana u odnosu na kontrolu (10 od ukupno 14 tretmana). Dvije koncentracije pripremljenih otopina (5 i 10 g/100 mL) u pravilu nisu pokazivale značajno različite utjecaje na sjemenke test biljaka. Iznimka je jedino omjer suhe i svježe mase, gdje je ustanovljena statistički značajna razlika među tretmanima BRO5 i BRO10 kod gorušice, te BRO5 i BRO10 i AIL5 i AIL10 kod pšenice.

Kod gorušice, otopina AIL5 je inhibirajuće djelovala na duljinu i masu izdanaka (svježju i suhu), sa statistički značajnim razlikama od kontrole za sve mjerene parametre (Slika 13). Dodatno, u slučaju duljine izdanka kod gorušice, tretman AIL5 je pokazao statistički značajne razlike prema tretmanima ACE5, AMO5, BRO10, BRO5, JUG5, REY5 i ROB5, dok drugih značajnih razlika među tretmanima nije bilo. Također kod gorušice, izdanci tretirani otopinom BRO5 dosegali su

prosječno najveće svježe mase (Slika 13), sa statistički značajnom razlikom prema svim ostalim tretmanima osim AMO10 i JUG10, dok značajne razlike prema kontroli nije bilo. Kod pšenice, gledajući sve mjerene parametre, statistički značajne razlike tretmana prema kontroli uglavnom su se javljale kod većih koncentracija (10 g/100 mL, Slika 14). Također kod pšenice, tretman AIL10 je pokazao statistički značajne razlike od kontrole u najviše mjerenih parametara, u svima osim suhe mase izdanka (Slika 14).



Slika 13. Prosječne vrijednosti duljine, svježe mase, suhe mase i omjera suhe/svježe mase izdanaka gorušice (*Sinapis alba*) nakon tretmana otopinama pripremljenih od suhih listova ispitivanih biljaka koncentracije 5 i 10 g/100 mL (ace – *Acer negundo*, ail – *Ailanthus altissima*, amo – *Amorpha fruticosa*, bro – *Broussonetia papyrifera*, jug – *Juglans regia*, rey – *Reynoutria japonica*, rob – *Robinia pseudoacacia*) i kontrolnog tretmana (kont). Tretmani statistički značajno različiti od kontrole pri $p < 0.05$ prikazani su crvenom točkom.



Slika 14. Prosječne vrijednosti duljine, svježe mase, suhe mase i omjera suhe/svježe mase izdanaka pšenice (*Triticum aestivum*) nakon tretmana otopinama pripremljenih od suhih listova ispitivanih biljaka koncentracije 5 i 10 g/100 mL (ace – *Acer negundo*, ail – *Ailanthus altissima*, amo – *Amorpha fruticosa*, bro – *Broussonetia papyrifera*, jug – *Juglans regia*, rey – *Reynoutria japonica*, rob – *Robinia pseudoacacia*) i kontrolnog tretmana (kont). Tretmani statistički značajno različiti od kontrole pri $p < 0.05$ prikazani su crvenom točkom.

4.2 Povezanost između tipova rasprostranjanja invazivnih biljnih vrsta i okolišnih čimbenika

U flori Medvednice zabilježeno je ukupno 27 invazivnih biljnih vrsta (Tablica 5). Analiza je pokazala da je među njima prisutno pet glavnih tipova rasprostranjanja. Prema udjelu u ukupnom broju pojavljivanja među vrstama, najzastupljeniji su anemohorija i zoohorija (svaki po 27%), zatim slijede autohorija (21%) i antropohorija (15%), a najmanje je zastupljena hidrohorija (10%) (Tablica 5). Analiza pojavljivanja pojedinih tipova rasprostranjanja po MTB 1/64 poljima pokazala je da najveću prosječnu frekvenciju pojavljivanja ima anemohorija (35% svih polja), zatim autohorija (25% svih polja), zoohorija (20% svih polja) i antropohorija (16% svih polja), dok je hidrohorija bila zastupljena u svega 3% polja (Tablica 5).

Tablica 5. Popis invazivne flore PP Medvednica s pripadnošću porodicama, tipom rasprostranjanja (tip) i brojem MTB 1/64 polja u kojima je vrsta zabilježena (Br.p.). Ae – anemohorija, At – antropohorija, Au – autohorija, Hi – hidrohorija, Zo – zoohorija.

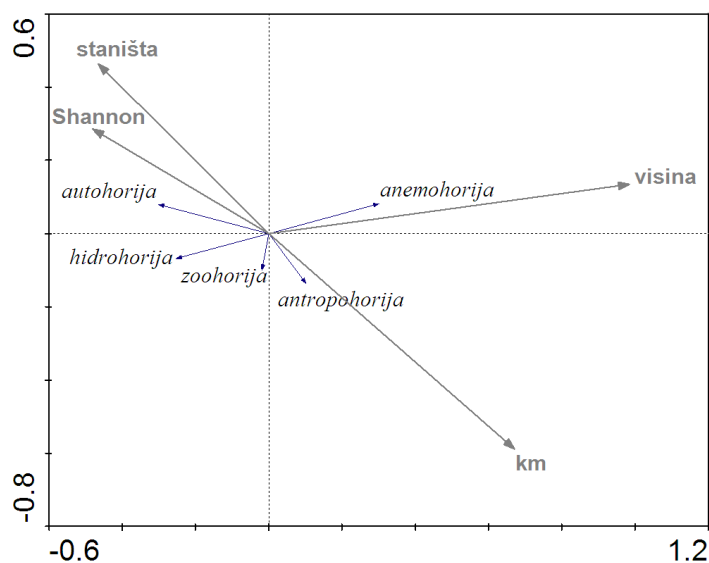
Vrsta	Porodica	Tip	Br.p.
<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	Simaroubaceae	Ae	3
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	Amaranthaceae	At	30
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	Asteraceae	At	49
<i>Angelica archangelica</i> L.	Apiaceae	Ae, Hi	5
<i>Artemisia verlotiorum</i> Lamotte	Asteraceae	Ae	2
<i>Asclepias syriaca</i> L.	Asclepiadaceae	Ae	4
<i>Chamomilla suaveolens</i> (Pursh) Rydb.	Asteraceae	Zo	1
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	Asteraceae	Ae	35
<i>Datura innoxia</i> Mill.	Solanaceae	Ae, Zo	-
<i>Datura stramonium</i> L.	Solanaceae	Ae, Zo	5
<i>Echinocystis lobata</i> (Michx.) Torr. et Gray	Cucurbitaceae	Au, Hi	2
<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers.	Asteraceae	Ae	93
<i>Galinsoga ciliata</i> (Raf.) S. F. Blake	Asteraceae	Ae	26
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	Asteraceae	Ae, Zo	33
<i>Helianthus tuberosus</i> L.	Asteraceae	Au, Hi	12
<i>Impatiens balfourii</i> Hooker f.	Balsaminaceae	Au	18
<i>Impatiens glandulifera</i> Royle	Balsaminaceae	Au, Hi, Zo	8
<i>Impatiens parviflora</i> DC.	Balsaminaceae	Au, Zo	6
<i>Juncus tenuis</i> Willd.	Juncaceae	At, Zo	21
<i>Panicum capillare</i> L.	Poaceae	At, Au, Zo	13
<i>Phytolacca americana</i> L.	Phytolaccaceae	Zo	3
<i>Reynoutria japonica</i> Houtt.	Polygonaceae	At, Au	8
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Fabaceae	Au	83
<i>Solidago canadensis</i> L.	Asteraceae	Ae, At, Au, Zo	5
<i>Solidago gigantea</i> Aiton	Asteraceae	Ae, Zo	22
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Poaceae	Ae, At, Hi, Zo	9
<i>Veronica persica</i> Poir.	Scrophulariaceae	Au, Zo	39

Prve dvije ordinacijske osi RDA analize (Slika 15, Tablica 6) objašnjavale su svega 7.6% varijabilnosti među vrstama, no u analizi udjela tipova rasprostranjivanja, prve dvije osi su objašnjavale 98.2% varijabilnosti u podacima u ovisnosti o okolišnim varijablama. Prosječna nadmorska visina utjecala je uglavnom na prvu ordinacijsku os, dok su duljina putova i cesta i prosječna nadmorska visina uglavnom utjecali na drugu ordinacijsku os (Tablica 6).

Tablica 6. Sažetak RDA analize za 106 MTB 1/64 polja, tipove rasprostranjivanja i četiri okolišne varijable s rezultatima Monte Carlo testa značajnosti za prvu i za sve kanoničke osi. U donjem dijelu tablice prikazani su kanonički koeficijenti za standardizirane varijable na prve četiri osi. Visina – prosječna nadmorska visina, km – ukupna duljina putova i cesta, Shannon – Shannon-Wienerov indeks raznolikosti staništa, staništa – ukupni broj poligona staništa.

Osi	1	2	3	4	Ukupna varijanica
Svojtstvene vrijednosti	0.067	0.009	0.001	0.000	1.000
Korelacije vrste – okoliš	0.360	0.159	0.092	0.112	
Kumulativni postotak varijance					
za vrste	6.7	7.6	7.7	7.7	
za odnos vrste – okoliš	87.1	98.2	99.4	100	
Zbroj svih svojstvenih vrijednosti					
Zbroj svih kanoničkih svojstvenih vrijednosti					1.000
Sažetak Monte Carlo testa					0.077
test značajnosti za prvu kanoničku os: svojstvena vrijednost=0.067, F-omjer=6.983, P=0.018					
test značajnosti za sve kanoničke osi: suma=0.077, F-omjer=2.025, P=0.032					
Kanonički koeficijenti za standardizirane varijable					
Osi	1	2	3	4	
km	0.069	-1.069	0.638	-0.404	
visina	0.917	0.99	-0.343	-0.193	
Shannon	0.167	0.095	-1.722	-1.282	
staništa	-0.281	0.455	-1.972	0.334	

Iz RDA dijagrama (Slika 15) vidljivo je da se udio anemohornih invazivnih biljaka povećava s povećanjem nadmorske visine, dok se udio antropohornih invazivnih biljaka povećava sa povećanjem ukupne duljine putova i cesta. Autohorne biljke su češće na područjima s većim brojem poligona i većom raznolikošću staništa, a hidrohorne i zoohorne biljke su ograničene na područja s manjom nadmorskom visinom.



Slika 15. Ordinacijski graf tipova rasprostranjivanja i okolišnih varijabli nakon RDA analize na prvoj (X) i drugoj (Y) ordinacijskoj osi. Visina – prosječna nadmorska visina, km – duljina putova i cesta, Shannon – Shannon-Wienerov indeks raznolikosti staništa, staništa – ukupni broj poligona staništa.

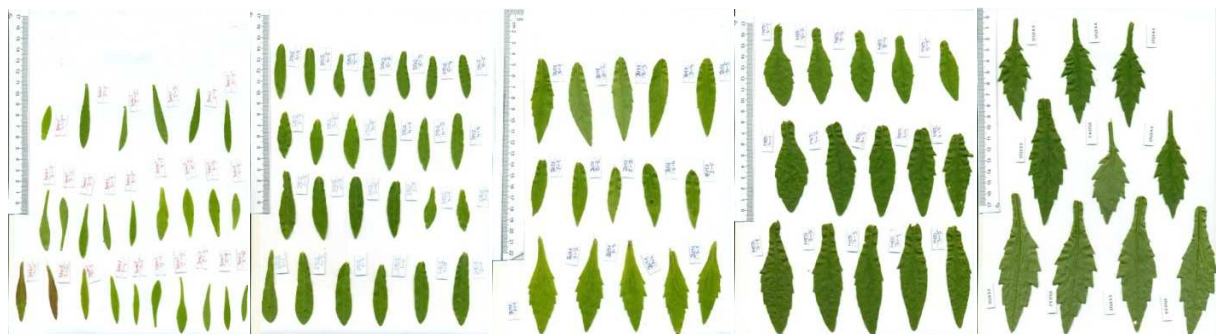
4.3 Fenoplastičnost i CSR strategije invazivne vrste *Erigeron annuus*

Populacije vrste *Erigeron annuus* bilježene su mahom na staništima s izrazito velikim antropogenim utjecajem (zapuštena polja, nasipi, uz prometnice i sl., Tablica 7). Na otvorenim i osunčanim staništima, poput zapuštenih polja i livada, često su bilježene monokulture vrste *E. annuus*, za razliku od rubnih i šumskih staništa, gdje je vrsta bila prisutna s manjom brojnošću. Među 18 uzorkovanih populacija zabilježene su sve tri poznate podvrste; 12 populacija identificirano je kao *E. annuus* ssp. *septentrionalis*, pet kao *E. annuus* ssp. *annuus* a svega jedna populacija kao *E. annuus* ssp. *strigosus* (Tablica 7).

Tablica 7. Uzorkovane populacije vrste *Erigeron annuus*.

	Datum	Lokacija	Kratice	Podvrsta	Opis staništa
1	20.05.2013.	Botanički	BOT	annuus	Centar grada
2	27.05.2013.	Kajzerica	KAJ	annuus	Gradsko naselje
3	13.06.2013.	Borovnjak	BOR	annuus	Rub makadamske šumske ceste
4	13.06.2013.	Livada	LIV	annuus	Strma livada u podnožju Medvednice
5	19.06.2013.	Banovina	BAN1	strigosus	Makadam u bujadištu
6	19.06.2013.	Banovina	BAN2	septentrionalis	Rub makadama
7	27.06.2013.	Delnice	DEL	septentrionalis	Otvoreni travnjak uz parking
8	03.07.2013.	Medvedgrad	MED	septentrionalis	Rub asfaltirane šumske ceste
9	04.07.2013.	Stupnik	STU1	septentrionalis	Otvoreno polje uz makadamsku cestu
10	14.07.2013.	Zvečaj	ZVE	septentrionalis	Livada iznad ugibališta uz cestu
11	14.07.2013.	Stupnik	STU2	septentrionalis	Okućnica koja se kosi
12	19.07.2013.	Žutica	ŽUT1	septentrionalis	Šumska čistina
13	19.07.2013.	Žutica	ŽUT2	septentrionalis	Šumska čistina
14	26.06.2014.	Stupnik šuma	STU3	annuus	Rub makadamske šumske ceste
15	26.06.2014.	Lučko	LUČ	septentrionalis	Nasip uz kanal Sava-Odra
16	01.07.2014.	Islandska	ISL	septentrionalis	Rub sporedne gradske ceste
17	01.07.2014.	MSU	MSU	septentrionalis	Rub lokve na livadi uz cestu
18	01.07.2014.	Bundek most	BUN	septentrionalis	Nasip uz Bundek most

Tijekom terenskog istraživanja uočeno je da se populacije vrste *E. annuus* habitusom vidno međusobno razlikuju, a posebice su se razlikovale u visini, razgranjenosti stabljike te veličini lista i obliku njegova ruba (Slika 16). Ove razlike potvrđene su analizom varijance (ANOVA), koja je pokazala značajne razlike među parovima populacija za sve mjerene parametre (Tablica 8).

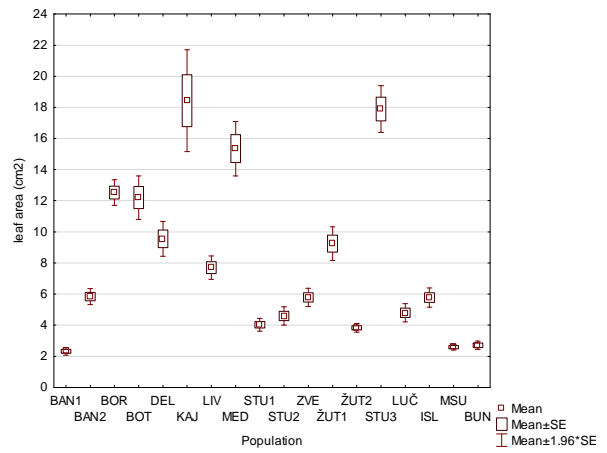
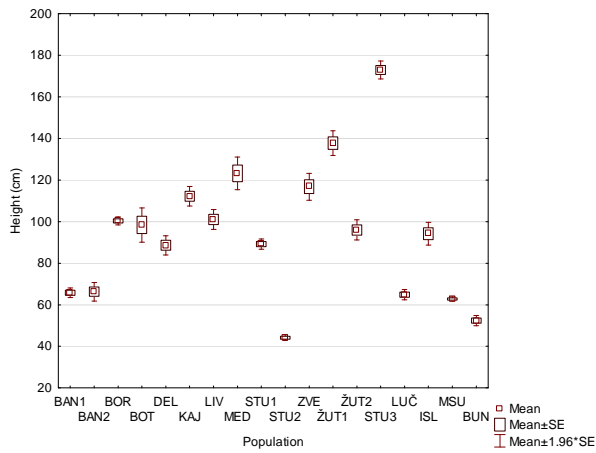


Slika 16. Primjer morfoloških razlika u listovima kod nekoliko istraživanih populacija vrste *Erigeron annuus*. S lijeva na desno: BAN1, STU2, ŽUT1, MED, STU3.

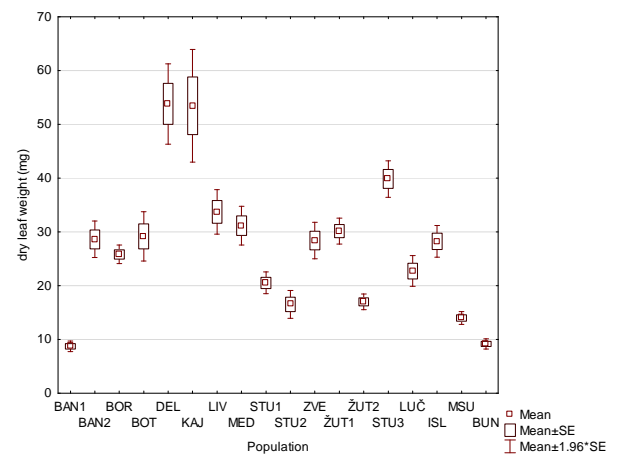
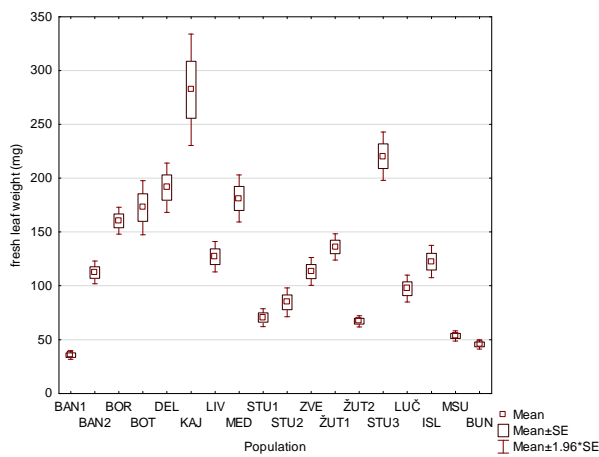
Tablica 8. Rezultati ANOVA analize mjerenih parametara kod istraživanih populacija vrste *Erigeron annuus*. SLA – specifična lisna površina, LDMC – sadržaj suhe tvari lista. Sve razlike su značajne pri $p < 0.05$.

	SS	df	MS	SS	df	MS	F	p
Visina biljke	440293	17	25899.6	61007.3	431	141.548	182.9736	0.00
Površina lista	11444	17	673.2	3579.5	431	8.305	81.0523	0.00
Svježa masa lista	1809045	17	106414.4	954445.3	431	2214.490	48.0537	0.00
Suha masa lista	68272	17	4016.0	44404.5	431	103.027	38.9803	0.00
SLA	49721	17	2924.8	6612.1	431	15.341	190.6470	0.00
LDMC	699448	17	41144.0	179811.7	431	417.197	98.6202	0.00

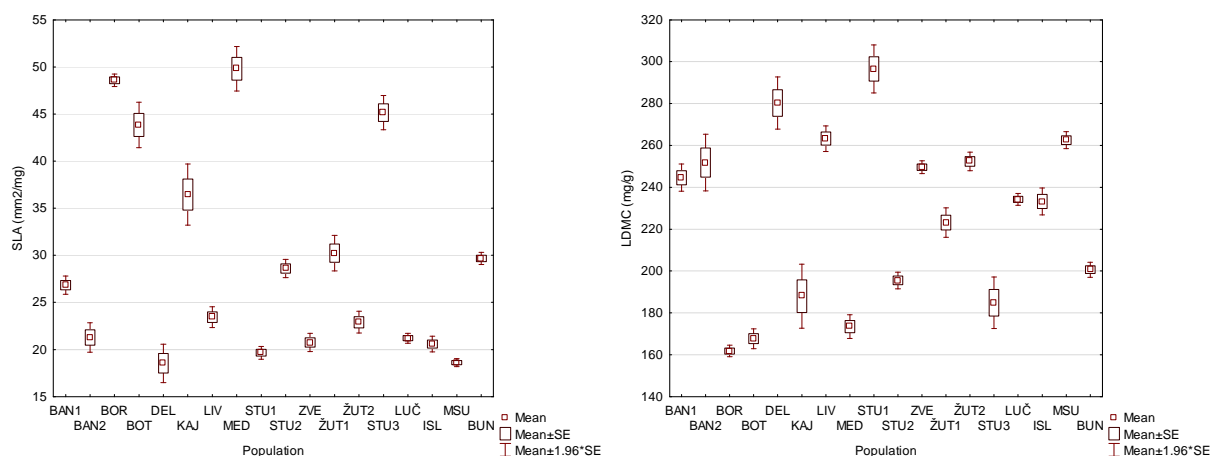
Raspon vrijednosti mjerenih parametara po populacijama prikazan je na slikama 17-19. Od mjerenih parametara, najveću varijabilnost pokazali su visina biljke, specifična lisna površina (SLA) i sadržaj suhe tvari lista (LDMC) (Slika 17, 19). Najmanja prosječna visina zabilježena je kod populacije STU2 i BUN (oko 50 cm), a najveće su bile biljke iz populacije STU3 (više od 170 cm) (Slika 17). Najveća prosječna površina lista zabilježena je u populacijama KAJ i STU3, a najmanja u populacijama BAN1, MSU i BUN (Slika 17). Najveća prosječna svježa masa lista zabilježena je u populaciji KAJ, a najveća prosječna suha masa lista zabilježena u populacijama DEL i KAJ (Slika 18). U populacijama BAN1, MSU i BUN zabilježene su najmanje prosječne vrijednosti svježe i suhe mase lista (Slika 18). Vrijednosti specifične lisne površine (SLA) i sadržaja suhe tvari lista (LDMC) odnosile su se obrnuto proporcionalno, te su populacije s najvećim vrijednostima SLA (BOR, BOT, KAJ, MED, STU3) istovremeno pokazivale i najmanje vrijednosti LDMC (Slika 19).



Slika 17. *Box-Whisker* dijagrami za visinu biljke (lijevo) i površinu lista (desno) kod istraživanih populacija vrste *Erigeron annuus*.



Slika 18. *Box-Whisker* dijagrami za svježu masu lista (lijevo) i suhu masu lista (desno) kod istraživanih populacija vrste *Erigeron annuus*.



Slika 19. Box-Whisker dijagrami za specifičnu lisnu površinu (lijevo) i sadržaj suhe tvari lista (desno) kod istraživanih populacija vrste *Erigeron annuus*.

Analiza tla pokazala je relativno ujednačene pH vrijednosti, koje su se (izmjereno u vodi) kretale u rasponu od 6.1-8.5, dok su se vrijednosti sadržaja organske tvari i dušika među populacijama značajno razlikovale. Sadržaj organske tvari kretao se od 3.4% (populacije MSU i STU2) do čak 29.2% (populacija STU3), a količina dušika od 0.21 mg/g (populacija MSU) do 2.45 mg/g (populacija STU3) (Tablica 9). Iako u okviru ovog rada nije utvrđivan mehanički sastav tla, tijekom samog terenskog rada ustanovljeno je da je tlo kod velike većine uzorkovanih populacija izrazito skeletno, te je u pojedinim slučajevima količina šljunka gotovo onemogućavala uzorkovanje.

Tablica 9. Izmjerene vrijednosti pH tla te količine organske tvari i dušika u tlu na lokalitetima istraživanih populacija *Erigeron annuus*.

Lokacija	Kratica	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	Organska tvar (%)	N (mg/g tla)
Botanički vrt	BOT	7.85	7.28	12.21	1.19
Kajzerica	KAJ	8.02	7.57	8.62	1.05
Borovnjak	BOR	7.96	7.09	6.99	0.42
Livada	LIV	8.14	7.41	11.79	0.91
Banovina	BAN1	6.2	5.45	9.73	-
Banovina	BAN2	8	7.64	10.95	1.26
Delnice	DEL	8.09	7.46	12.19	0.77
Medvedgrad	MED	8.12	7.51	8.59	0.77
Stupnik	STU1	6.68	5.96	8.05	1.05
Zvečaj	ZVE	6.11	5.64	8.50	0.7
Stupnik	STU2	8.28	7.6	3.43	-
Žutica	ŽUT1	8.2	7.59	9.47	1.19
Žutica	ŽUT2	7.73	7.31	12.17	2.1
Stupnik šuma	STU3	6.7	5.97	29.15	2.45
Lučko	LUČ	7.94	7.29	9.79	2.17
Islandska ulica	ISL	8.04	7.48	7.49	0.63
MSU	MSU	8.54	7.95	3.43	0.21
Bundek most	BUN	7.04	7.04	7.97	1.05

Rezultati analize korelacije između izmjerenih vrijednosti parametara vrste *E. annuus* i okolišnih čimbenika prikazani su u Tablici 10, iz koje je vidljivo da postoji određena korelacija između suhe mase lista i nekoliko okolišnih varijabli, gdje je suha masa lista pozitivno korelirana sa nadmorskom visinom i ukupnom godišnjom količinom oborina, a negativno korelirana sa srednjom godišnjom temperaturom. Osim toga, uočena je i pozitivna korelacija između visine biljke i količine organske tvari u tlu.

Tablica 10. Koeficijenti korelacije između izmjerenih vrijednosti parametara vrste *Erigeron annuus* i okolišnih varijabli. N. VISINA – nadmorska visina, MINTEMP – minimalna godišnja temperatura, SRTEMP – srednja godišnja temperatura, UKOBO – ukopna godišnja količina oborina, SLA – specifična lisna površina, LDMC – sadržaj suhe tvari lista. Korelacije značajne pri $p < 0.05$ označene su masnim tiskom.

	Površina lista	Svježa masa lista	Suha masa lista	SLA	LDMC	Visina biljke
N. VISINA	.2024 p=.452	.3076 p=.246	.5470 p=.028	-.0027 p=.992	.1651 p=.541	-.0242 p=.929
MINTEMP	.0110 p=.968	-.0881 p=.746	-.4194 p=.106	.2739 p=.305	-.4582 p=.074	-.1240 p=.647
SRTEMP	-.2558 p=.339	-.3154 p=.234	-.5161 p=.041	-.1021 p=.707	-.1036 p=.702	-.0690 p=.800
UKOBO	.0343 p=.900	.2247 p=.403	.5625 p=.023	-.2747 p=.303	.3708 p=.157	-.1033 p=.703
pH (H ₂ O)	.0682 p=.802	.1234 p=.649	.1364 p=.615	.0226 p=.934	-.0777 p=.775	-.2589 p=.333
pH (KCl)	-.0364 p=.894	.0305 p=.911	.0412 p=.880	-.0444 p=.870	-.0812 p=.765	-.3907 p=.135
Org. tvar (%)	.4880 p=.055	.4177 p=.107	.3835 p=.143	.3226 p=.223	-.1981 p=.462	.6448 p=.007
N (mg/g tla)	.1311 p=.628	.0739 p=.786	.0230 p=.933	.0768 p=.777	-.0772 p=.776	.2860 p=.283

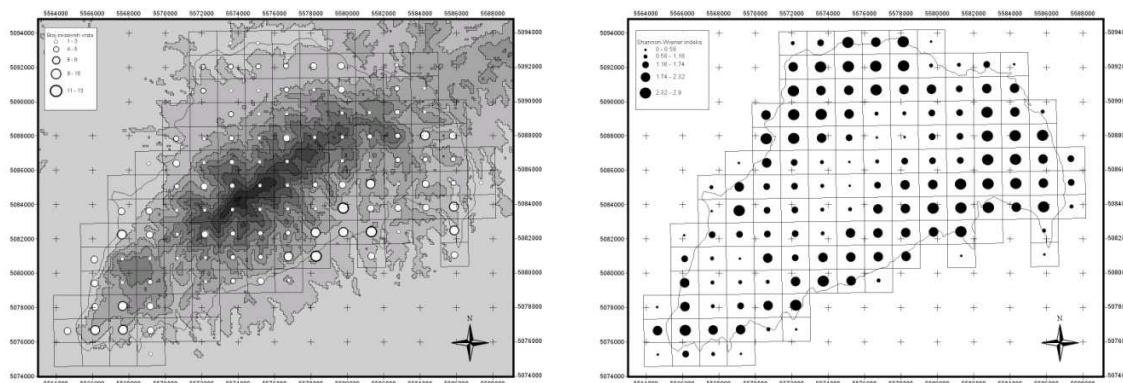
Određivanje CSR strategija pokazalo je da u strategijama gotovo svih populacija dominiraju kompetitivnost (C komponenta) i ruderalnost (R komponenta). Štoviše, sve dobivene strategije uključivale su isključivo C i R komponente, izuzev strategije MSU populacije (Zagreb, okolica Muzeja suvremene umjetnosti), čija strategija je određena kao SR. Ukupno su utvrđena četiri tipa CSR strategija, a prevladavala je strategija CR (devet populacija), zatim C/CR (pet populacija), R/CR (tri populacije) i SR (jedna populacija) (Tablica 11). Tijekom određivanja CSR strategija uočeno je da se populacije međusobno razlikuju u četiri mjerena parametra (visina biljke, SLA, LDMC, suha masa lista), od ukupno sedam. Terenskim opažanjem je ustanovljeno da je vrsta *E. annuus* započinjala cvatnju u lipnju, cvatnja je trajala tri mjeseca, a bočno širenje je bilo vrlo ograničeno i nije imalo utjecaj na vegetativno širenje, obzirom da se radi o jednogodišnjoj biljci (Tablica 11).

Tablica 11. Vrijednosti mjerenih parametara i određene CSR strategije istraživanih populacija vrste *Erigeron annuus*.

Kratica	Visina biljke (mm)	LDMC (%)	Vrijeme cvatnje (mj)	Bočno širenje	Suha masa lista (mg)	SLA (mm ² /mg)	Početak cvatnje	CSR
BOT	984	17	3	1	29	44	4	CR
KAJ	1124	18	3	1	51	36	4	CR
BOR	1004	16	3	1	26	49	4	CR
LIV	1010	26	3	1	34	23	4	C/CR
BAN1	658	24	3	1	9	27	4	CR
BAN2	663	25	3	1	29	21	4	CR
DEL	886	28	3	1	54	19	4	C/CR
MED	1232	17	3	1	31	50	4	CR
STU1	892	30	3	1	21	20	4	C/CR
ZVE	1168	25	3	1	28	21	4	C/CR
STU2	442	20	3	1	17	29	4	CR
ŽUT1	1378	22	3	1	30	30	4	CR
ŽUT2	960	25	3	1	17	23	4	CR
STU3	1730	18	3	1	40	45	4	C/CR
LUČ	65	23	3	1	23	21	4	R/CR
ISL	94	23	3	1	28	21	4	R/CR
MSU	63	26	3	1	14	19	4	SR
BUN	52	20	3	1	9	30	4	R/CR

4.4 Utjecaj staništa na rasprostranjenost invazivne flore Medvednice i CSR strategije invazivne flore Hrvatske

Na primjeru kartiranja invazivne flore Medvednice ustanovljeno je da je invazivna flora rasprostranjena u čitavom Parku, no ponajviše u rubnim dijelovima, a posebno veliki broj invazivnih vrsta bilježen je u MTB poljima južnog dijela Parka, na prijelazu prema gradu Zagrebu (Slika 20). Osim toga, analiza raznolikosti staništa pokazuje da je najveća raznolikost, izražena Shannon-Wienerovim indeksom, također prisutna u rubnim dijelovima Parka (Slika 20).



Slika 20. Broj invazivnih biljnih vrsta (lijevo) i Shannon-Wienerov indeks raznolikosti staništa (desno) po MTB 1/64 poljima u PP Medvednica.

Analiza korelacije između broja invazivnih biljnih vrsta, ukupne florističke raznolikosti (prikazane kao ukupni broj biljnih vrsta) i okolišnih čimbenika (nadmorske visine, raznolikosti staništa, broja poligona staništa i duljine putova i cesta) pokazala je da je broj invazivnih biljnih vrsta značajno pozitivno koreliran sa ukupnim brojem vrsta i raznolikošću staništa, a negativno koreliran sa nadmorskom visinom (Tablica 12), pri čemu ukupna biljna raznolikost objašnjava $r^2=21\%$ raznolikosti invazivnih biljnih vrsta ($r=0.46$, $p=0.000001$).

Tablica 12. Koeficijenti korelacije između broja invazivnih biljnih vrsta, ukupnog broja biljnih vrsta i okolišnih čimbenika po MTB 1/64 poljima na području PP Medvednica. Inv = broj invazivnih biljnih vrsta, Uk = ukupni broj biljnih vrsta, Nv = srednja nadmorska visina, H = Shannon-Wienerov indeks raznolikosti staništa, Poly = broj poligona staništa, Km = ukupna duljina putova i cesta. Korelacije značajne pri $p<0.05$ otisnute su masnim tiskom.

	Inv	Uk	Nv	H	Poly	Km
Inv	1 p=0	0.4615 p=0.000	-0.5083 p=0.000	0.294 p=0.002	0.1564 p=0.109	-0.0841 p=0.391
Uk		1 p=0	-0.1777 p=0.068	0.2404 p=0.013	0.2471 p=0.011	0.0124 p=0.899
Nv			1 p=0	-0.4229 p=0.000	-0.3266 p=0.001	0.5829 p=0.000
H				1 p=0	0.8663 p=0.00	-0.1757 p=0.072
Poly					1 p=0	-0.2249 p=0.02
Km						1 p=0

Rezultati *forward stepwise* regresijske analize provedene s pet nezavisnih varijabli (ukupan broj invazivnih vrsta, ukupan broj svih biljnih vrsta, Shannon-Wienerov indeks raznolikosti staništa, broj poligona staništa, ukupna duljina putova i cesta) prikazani su u Tablici 13. Konačan model uključivao je nadmorsku visinu, duljinu putova i cesta te ukupan broj svih biljnih vrsta, a objašnjavao je $r^2=44\%$ raznolikosti u broju invazivnih biljnih vrsta.

Tablica 13. Rezultati *forward stepwise* regresijske analize po MTB 1/64 poljima PP Medvednica. Nv = srednja nadmorska visina, Uk = ukupan broj svih biljnih vrsta, Km = ukupna duljina putova i cesta.

R=0.6664 R2=0.4442 F(3,102)=27.171 p<0.00000 Std. Error of estimate: 2.2288				
	coefficients B	Std. Err. of B	t(102)	p-level
Intercept	4.619533	7.042714	4.43030	0.000024
Nv	-0.010310	0.001611	-6.39879	0.000000
Uk	0.022026	0.004741	4.64556	0.000010
Km	0.232700	0.082333	2.82632	0.005667

U analizi na razini cijele Hrvatske, dobivene vrijednosti indeksa heterogenosti pokazale su da je u alpinskoj regiji prisutna najmanja heterogenost staništa (Tablica 14). Izračunati indeksi imali su najmanje vrijednosti u ovoj regiji za obje karte staništa, izuzev u slučaju Shannon-Wienerovog indeksa kod CLC karte, gdje je najmanja H vrijednost zabilježena u kontinentalnoj regiji. Također, najveća heterogenost zabilježena je u mediteranskoj regiji, gdje su vrijednosti indeksa uglavnom poprimale najveće vrijednosti, a iznimka su indeksi NumP (broj poligona) i TE (ukupni rub) kod obje karte staništa, čije su vrijednosti bile najveće u kontinentalnoj regiji (Tablica 14).

Usporedba postotka „C“, „S“ i „R“ vrijednosti s indeksima heterogenosti pokazala je da se odnos CSR strategija i heterogenosti staništa mijenja s promjenom prostorne razine na kojoj se obavlja analiza. Najviše statistički značajnih korelacija uočeno je na srednjoj prostornoj razini (biogeografske regije/županije, Slika 11), gdje je uočeno da je postotak „C“ vrijednosti pozitivno, a postotak „R“ vrijednosti negativno koreliran s tri indeksa heterogenosti (NumP, TE i H) pri $p<0.05$, što je vrijedilo za obje karte staništa (Tablica 15).

Tablica 14. Vrijednosti indeksa heterogenosti staništa za tri biogeografske regije. NumP – broj poligona staništa, PD – gustoća poligona staništa, TE – ukupni rub poligona staništa, ED – gustoća ruba poligona staništa, H – Shannon-Wienerov indeks raznolikosti staništa. CLC – Corine Land Cover, NKS – karta staništa Hrvatske prema Nacionalnoj klasifikaciji staništa.

	alpiska	kontinentalna	mediteranska
NKS			
NumP	7281	31171	22716
PD	0.84	1.01	1.33
TE	36334173.99	146723661.5	102601814
ED	4.19	4.76	6.01
H	2.28	2.41	2.79
CLC			
NumP	3002	12464	9241
PD	0.34	0.4	0.54
TE	29998939.76	121439123.1	80861176.86
ED	3.46	3.94	4.73
H	1.93	1.87	2.42

Tablica 15. Koeficijenti korelacije između „C“, „S“ i „R“ vrijednosti i indeksa heterogenosti staništa na tri prostorne razine za dvije karte staništa. NumP – broj poligona staništa, PD – gustoća poligona staništa, TE – ukupni rub poligona staništa, ED – gustoća ruba poligona staništa, H – Shannon-Wienerov indeks raznolikosti staništa. CLC – Corine Land Cover, NKS – karta staništa Hrvatske prema Nacionalnoj klasifikaciji staništa. Statistički značajne vrijednosti pri $p < 0.05$ otisnute su masnim tiskom.

CLC						NKS				
Biogeografske regije										
	NumP	PD	TE	ED	H	NumP	PD	TE	ED	H
C	-0.5105 p=0.659	-0.9983 p=0.037	-0.4065 p=0.734	-0.9996 p=0.018	-0.894 p=0.296	-0.4976 p=0.668	-1.0000 p=0.000	-0.4521 p=0.701	-0.9992 p=0.025	-0.9945 p=0.067
S	-0.755 p=0.455	0.2359 p=0.848	-0.8265 p=0.381	0.1502 p=0.904	0.6005 p=0.590	-0.7647 p=0.446	0.1779 p=0.886	-0.797 p=0.413	0.2167 p=0.861	0.2804 p=0.819
R	0.6677 p=0.535	0.9679 p=0.162	0.5761 p=0.609	0.9861 p=0.106	0.79 p=0.420	0.6565 p=0.544	0.9811 p=0.124	0.6166 p=0.577	0.9727 p=0.149	0.9553 p=0.191
Biogeografske regije/županije										
	NumP	PD	TE	ED	H	NumP	PD	TE	ED	H
C	0.4074 p=0.035	-0.1342 p=0.505	0.4364 p=0.023	-0.2535 p=0.202	0.4395 p=0.022	0.4047 p=0.036	0.0244 p=0.904	0.4291 p=0.026	0.1118 p=0.579	0.5115 p=0.006
S	-0.0316 p=0.876	-0.1473 p=0.463	-0.0327 p=0.871	-0.168 p=0.402	-0.0488 p=0.809	-0.023 p=0.909	-0.0317 p=0.875	-0.0126 p=0.950	0.02 p=0.921	-0.0128 p=0.950
R	-0.4073 p=0.035	0.1944 p=0.331	-0.4368 p=0.023	0.3251 p=0.098	-0.4339 p=0.024	-0.4077 p=0.035	-0.0129 p=0.949	-0.4368 p=0.023	-0.1225 p=0.543	-0.5219 p=0.005
ETRS 10x10 km mreža										
	NumP	PD	TE	ED	H	NumP	PD	TE	ED	H
C	0.0021 p=0.962	-0.03 p=0.497	0.0084 p=0.850	0.0116 p=0.792	0.0395 p=0.371	0.0055 p=0.900	-0.0207 p=0.639	0.005 p=0.909	0.0045 p=0.918	-0.0308 p=0.485
S	-0.0427 p=0.333	-0.028 p=0.525	-0.0379 p=0.390	-0.0515 p=0.242	0.0481 p=0.275	-0.0009 p=0.984	-0.0145 p=0.743	0.0121 p=0.784	0.0042 p=0.923	0.0888 p=0.044
R	0.0091 p=0.836	0.0365 p=0.407	0.001 p=0.982	0.0011 p=0.981	-0.0474 p=0.282	-0.0053 p=0.904	0.0236 p=0.593	-0.0081 p=0.854	-0.0061 p=0.889	0.0088 p=0.843

5 RASPRAVA

5.1 Utjecaj vodenog ekstrakta listova istraživanih invazivnih vrsta na nicanje i rast test biljaka

Istraživanje alelopatskog djelovanja pet invazivnih biljaka i neinvazivne vrste *Juglans regia* (obični orah) na nicanje i rast klijanaca gorušice i pšenice pokazalo je da su sjemenke ove dvije vrste različito osjetljive na tretmane vodenim ekstraktima istraživanih vrsta (Slika 13, 14). Izniknute sjemenke pšenice razvijale su isključivo zdrave klijance, dok su izniknute sjemenke gorušice pokazivale niz reakcija na tretmane. U pojedinim slučajevima kod gorušice (kod gotovo svih tretmana) izdanak nije razvio listove, već je gornji dio sadržavao supke obavijene sjemenom lupinom. Također kod gorušice, u pojedinim slučajevima je vodeni ekstrakt vrste *Broussonetia papyrifera* uzrokovao sušenje gornjeg dijela izdanaka, za razliku od pšenice čiji izdanci nisu pokazali oštećenja u tom smislu. Mjerenja duljine i mase vijabilnih izdanaka pokazala su da je gorušica podjednako reagirala na tretmane različitih koncentracija (5 i 10 g/100 mL) (Slika 13), za razliku od pšenice, gdje je uočeno da su značajne razlike u odnosu na kontrolu zabilježene uglavnom kod otopina većih koncentracija (Slika 14). Nadalje, mjerenje nicanja pokazalo je da su tretmani djelovali inhibirajuće na obje vrste, s nešto izraženijim učinkom na sjemenke gorušice, te ove razlike mogu upućivati na to da je gorušica općenito osjetljivija na izlaganje biokemijskim tvarima iz okoliša od pšenice (Slika 12). Razlike u reakcijama na tretmane mogu se objasniti činjenicom da se radi o srodstveno vrlo udaljenim vrstama, koje pripadaju čak različitim razredima, odnosno gorušica pripada dvosupnicama a pšenica jednosupnicama. Poznato je da se biljke iz ove dvije skupine značajno razlikuju u morfologiji, anatomiji i fiziologiji (Denffer i Ziegler 1988), stoga gorušica i pšenica očekivano drugačije reagiraju na izlaganje biokemijskim tvarima. Da bi se detaljnije istražilo zašto pojedini tretmani uzrokuju odstupanja od uobičajenog procesa klijanja i razvoja klijanaca te utvrdio točan mehanizam alelopatskog djelovanja, potrebno je provesti detaljna biokemijska i fiziološka ispitivanja, koja bi uključila identifikaciju pojedinih alelokemikalija i njihov utjecaj na fiziologiju ispitivanih vrsta, što izlazi iz okvira ovog rada. Suvremena znanstvena literatura uključuje jako puno primjera istraživanja potencijalnih alelopatskih interakcija među biljkama, iz kojih je vidljivo da su reakcije na biokemijske tvari

porijeklom od drugih biljaka gotovo univerzalno prisutne (Rizvi i Rizvi 1992). Također, istraživanja jasno pokazuju da isti tretman može različito djelovati na klijavost i rast klijanaca različitih vrsta (Willis 2000), kao i da ista vrsta može vrlo različito reagirati na različite tretmane (Csiszár i sur. 2012), što otežava donošenje općenitih zaključaka o ovoj pojavi. Važno je napomenuti da je interpretacija rezultata alelopatških istraživanja iznimno osjetljiva, obzirom da se radi o istraživanjima vrlo kompleksnih pojava, koje je gotovo nemoguće simulirati u kontroliranim uvjetima. Iako se zbog lakoće izvedbe provode vrlo često, istraživanja alelopatije u Petrijevim posudama (tzv. biotestovi) mogu poslužiti samo kao preliminarni uvid u postojanje i smjer alelopatške interakcije. Prije izrade ovog rada, obavljena su ispitivanja učinka istih invazivnih vrsta (izuzev vrste *Broussonetia papyrifera*) na klijanje i rast klijanaca u Petrijevim posudama (Pavićević 2013). Pri tome su korištene otopine koncentracija 1, 3 i 5 g suhog lišća/100 mL destilirane vode, a mjereni su klijavost gorušice i pšenice, te duljina izdanka i korjenka klijanaca gorušice nakon pet dana. Ova istraživanja su pokazala da su ekstrakti pripremljeni od listova istraživanih biljaka inhibirali klijanje i rast klijanaca čak i u znatno manjim koncentracijama nego što je korišteno u ovom radu. Primjerice, klijavost je ponegdje inhibirana već kod koncentracija 3 g/100 mL, dok su koncentracije 5 g/100 mL gotovo bez iznimke značajno inhibirajuće djelovale na klijanje gorušice i pšenice (Pavićević 2013). Općenito je primijećeno da je klijavost u Petrijevim posudama pri istoj koncentraciji ekstrakta (5 g/100 mL) redovito bila manje uspješna, nego nicanje test biljaka u ovom radu.

Slično je primijećeno kod mjerenja duljine izdanaka klijanaca gorušice. U Petrijevim posudama dolazilo je do statistički značajno smanjenog rasta izdanka u svim koncentracijama, te su u pojedinim slučajevima već koncentracije 1 g/100 mL značajno inhibirale rast izdanka (kod *Acer negundo* i *Amorpha fruticosa*), a koncentracije 5 g/100 mL su redovito značajno inhibirale rast izdanka (Pavićević 2013). Naprotiv, u eksperimentu nicanja u posudama s tlom, svega jedan tretman je pokazao statistički značajnu razliku duljine izdanka prema kontroli (*Ailanthus altissima* 5 g/100 mL) (Slika 13). Rezultati navedenih eksperimenata pokazuju da je alelopatški potencijal navedenih vrsta u eksperimentu gdje je korišteno tlo „ublažen“ u odnosu na Petrijeve posude. Rezultati alelopatških eksperimenata u Petrijevim posudama nerijetko se razlikuju od eksperimenata u kojima je korišteno tlo (Kaur i sur. 2009, Qasem 2010). Razlog tome jest činjenica da tlo predstavlja medij u kojem se odvijaju sve biokemijske reakcije među biljkama, a sadrži veliki broj mikroorganizama (bakterija i gljivica) te cijeli niz kemijskih tvari, čime aktivno

utječe na ishode biokemijskih procesa. Na primjer, pokazano je da se pojedini alelopatski spojevi u tlu razgrađuju, što može smanjiti njihovo alelopatsko djelovanje u odnosu na alelopatski potencijal (Schmidt 1998, Kaur i sur. 2009). Osim toga, razlike mogu proizlaziti iz činjenice da se alelopatija u tlu ponekada odvija indirektno, na način da alelokemikalije utječu na mikroorganizme tla (Wan-Xue i sur. 2010).

Iako je od davnina poznat po svome alelopatskom djelovanju (Willis 2007), obični orah u ovom istraživanju nije pokazao jače alelopatsko djelovanje na nicanje i rast klijanaca test biljaka u odnosu na ostale istraživane vrste. Obični orah je inhibirao nicanje sjemenki obje test vrste, no duljine i mase izdanaka nisu bile značajnije inhibirane u odnosu na kontrolu (Slike 12-14). Ovdje treba naglasiti da su u ovom istraživanju korišteni samo listovi oraha, a poznato je da vrste porodice *Juglandaceae* gotovo u svim dijelovima sadrže fitotoksični juglon. Štoviše, mjerenje koncentracije juglona u različitim tkivima pet kultivara običnog oraha pokazalo je da zelena ovojnica ploda sadrži najveću koncentraciju ovog spoja (Cosmulescu i sur. 2011). Osim toga, poznato je da se količina kemijskih spojeva u biljnim tkivima može mijenjati tijekom vegetacijske sezone, kao što je primjerice pokazalo istraživanje količine pojedinačnih fenolnih spojeva i juglona u listovima običnog oraha tijekom ljetnih mjeseci 2012 (Cosmulescu i sur. 2014), gdje je ustanovljeno da se količina navedenih spojeva tijekom navedenog perioda značajno mijenja, a najveće koncentracije su zabilježene sredinom srpnja. Prema tome, razlika između očekivanih i dobivenih rezultata ispitivanja učinka oraha mogla bi se objasniti smanjenom količinom juglona u listovima u odnosu na ostala biljna tkiva koja nisu korištena u eksperimentu, te sabiranjem listova u nepovoljnijem dijelu godine, kada je količina juglona u listovima manja. Ovdje treba napomenuti da je ideja o običnom orahu kao „referentnoj vrijednosti“ za alelopatski potencijal poznata od ranije. Mađarski znanstvenik Szabó (2000) upotrijebio je juglon, djelatnu tvar kod običnog oraha, kao referentnu točku u usporedbi s učincima odabranih biljnih vrsta, te je u svome radu ispitao učinke otopina pripremljenih od biljnih tkiva (koncentracija 1 i 5 g/100 mL destilirane vode) na klijanje i rast klijanaca gorušice, u usporedbi sa učinkom 1 mM otopine juglona. Na ovaj način može se brojčano izraziti alelopatski potencijal pojedine vrste (u ovom istraživanju definiran kao inhibicija klijanja i rasta klijanaca), kao omjer između učinka juglona i ispitivane biljne vrste. Iako ovakav izračun daje relativno pouzdanu sliku o potencijalu pojedinih vrsta te nalazi praktičnu primjenu u usporedbi, već sam autor naglašava da se treba uzimati isključivo za osnovnu orijentaciju (Szabó 2000).

Od svih istraživanih vrsta, pajasen (*Ailanthus altissima*) je u najvećem broju slučajeva pokazivao alelopatsko djelovanje na nicanje i rast klijanaca gorušice i pšenice, sa statistički značajnim razlikama od kontrole u svim mjerenim parametrima kod obje vrste, izuzev suhe mase izdanka kod pšenice (Slike 13-14). Od ranije je poznato da ova vrsta sadrži fitotoksični spoj ailanton te je ustanovljeno da dodavanje listova i kore ove vrste u tlo pokazuje inhibicijsko djelovanje na klijanje i rast vrste *Lepidium sativum* L. (Heisey 1997), stoga ovi rezultati nisu neočekivani. Ipak, potrebno je naglasiti da se najveće količine ailantona kod ove vrste nalaze u kori (Heisey 1997), pa se može očekivati da se alelopatsko djelovanje u prirodnim uvjetima razlikuje od rezultata ovdje provedenog eksperimenta, gdje su korišteni samo listovi. Također, utvrđeno je da mikroorganizmi u tlu razgrađuju ailanton u roku od nekoliko dana što smanjuje fitotoksičnost tla u kojem se nalazi (Heisey 1997), stoga je bez detaljnijih istraživanja teško donijeti zaključak o realnoj učinkovitosti alelopatije kao mehanizma invazivnosti ove vrste.

Kod vrste japanski dvornik (*Reynoutria japonica*), istraživanja su i ranije pokazala da može imati inhibitorni utjecaj na rast klijanaca gorušice. Vrchotová i Šerá (2008) su provele ispitivanja učinka ekstrakata pripremljenih od rizoma vrsta *Reynoutria japonica* i *R. sachalinensis* te njihovog hibrida *R. x bohemica*, gdje su utvrdile značajnu inhibiciju ovih triju invazivnih svojiti na rast klijanaca gorušice, a iste autorice navode kako nadzemni dijelovi ovih biljaka pokazuju čak i jači alelopatski potencijal od podzemnih. Prethodno ispitivanje učinka otopina pripremljenih od listova ove vrste također je ukazalo na određenu inhibiciju klijanja pšenice, te rasta klijanaca gorušice (Pavićević 2013), no učinak je bio relativno slab u usporedbi s učinkom ostalih testiranih vrsta. Rezultati ovog rada bili su slični rezultatima od Pavićević (2013), te je značajnije djelovanje ove vrste utvrđeno samo u manjem broju slučajeva (Slike 13-14).

Prethodna istraživanja bagrema (*Robinia pseudoacacia*) ukazuju na to da ova vrsta također može djelovati alelopatski na susjedne biljke, obzirom da je nađeno kako sadrži nekoliko fitotoksičnih spojeva koji inhibiraju razvoj klijanaca pojedinih vrsta (Nasir i sur. 2005, Soltys i sur. 2012). Štoviše, eksperiment s Petrijevim posudama (Pavićević 2013) je pokazao da *R. pseudoacacia* ima najizraženije alelopatsko djelovanje na klijanje gorušice i pšenice te rast klijanaca gorušice od svih ispitivanih vrsta, te se u navedenom istraživanju ova vrsta jasno istaknula po svome učinku. Ipak, u eksperimentu sa zemljom, učinak bagrema nije bio značajnije izražen, iako su u pojedinim slučajevima zabilježene razlike u odnosu na kontrolne tretmane (Slike 13-14).

Zabilježena inhibicija nicanja i rasta klijanaca govori u prilog tome da istraživane vrste barem djelomično uspijevaju zahvaljujući izlučivanju fitotoksičnih spojeva. No, točnu razinu alelopatskog djelovanja pojedine vrste u prirodnim uvjetima, kao i udio alelopatije u ukupnim mehanizmima uspješnosti invazivnih vrsta gotovo je nemoguće odrediti. Može se očekivati da stvarno alelopatsko djelovanje na terenu u većini slučajeva odstupa od djelovanja uočenog u posudama sa zemljom, te da prirodni uvjeti „ublažavaju“ alelopatske učinke, posebice zato što je već uočeno „ublažavanje“ učinaka u eksperimentu u kojem je uključena zemlja, u odnosu na Petrijeve posude. Važno je istaknuti da je metodologija istraživanja u alelopatiji vrlo raznolika, pa se način primjene „alelokemikalije“ na neku testnu vrstu može jako razlikovati od studije do studije. Ponekada je riječ o biljnom tkivu (svježem ili suhom) koje se direktno pomiješa sa supstratom (Murrell i sur. 2011), a ponekada o otopinama pripremljenima od biljnog tkiva u vodi ili nekom organskom otapalu (Šćepanović i sur. 2007), čije se koncentracije određuju više-manje proizvoljno. U manjem broju slučajeva je poznato koji su biokemijski spojevi uključeni za neku alelopatsku interakciju, a još je rjeđe poznato u kojim koncentracijama se ispuštaju u okoliš. Stoga je u istraživanjima alelopatije iznimno važno da se jednoznačni zaključci o prirodnim procesima ne donose na temelju rezultata dobivenih korištenjem samo jedne metode, posebice kada se eksperimentalni uvjeti jako razlikuju od prirodnih uvjeta, kao što je slučaj s biotestovima (Qasem 2010). Nadalje, u prirodnim uvjetima vladaju vrlo kompleksni odnosi među jedinkama koje zajedno obitavaju, uključujući različite vrste biljaka, životinja i mikroorganizama, a ujedno i abiotički čimbenici na staništima mogu biti vrlo raznoliki, što će utjecati na gore navedene odnose. Istraživanja alelopatije obično uključuju izdvajanje pojedinih vrsta iz konteksta okoliša, ne bi li se učinak alelopatije utvrdio nezavisno od drugih sličnih procesa, primjerice kompeticije. Ipak, u realnosti se postavlja pitanje ima li smisla odvojeno razmatrati ove procese, obzirom da nas u konačnici zanima što se događa u prirodnim uvjetima, gdje mnogo procesa simultano djeluje na konačan ishod invazije (Inderjit i del Moral 1997).

Na koncu, na primjeru ispitivanja njihovog utjecaja na nicanje i rast klijanaca gorušice i pšenice, može se zaključiti da sve istraživane invazivne vrste imaju određeni potencijal kao alelopatske biljke. Uz sklonost alelopatiji, većina ovih vrsta pokazuje izuzetnu agresivnost u razmnožavanju (bagrem, pajasen, dvornik, čivitnjača), što znatno pridonosi njihovom širenju, te možemo zaključiti da je invazivnost ovih vrsta vjerojatno potpomognuta alelopatijom, ali nije isključivo uzrokovana.

5.2 Povezanost između tipova rasprostranjivanja invazivnih biljnih vrsta i okolišnih čimbenika

Oduvijek je poznato da je biljkama važno imati prilagodbe za rasprostranjivanje plodova i sjemenki da bi osigurale osvajanje novih prostora. Poznato je također da učinkovito rasprostranjivanje, posebice na velike udaljenosti, ima ključnu ulogu u dolasku stranih biljaka na nova područja i daljnjem širenju onih vrsta koje postanu invazivne (Baker 1965, 1974, Lockwood i sur. 2005, Blackburn i sur. 2011, Coutts i sur. 2011). Istraživanje tipova rasprostranjivanja invazivne flore Medvednice, kao i neka druga istraživanja invazivne flore (npr. Lake i Leishman 2004, Moravcová i sur. 2010) pokazalo je da su invazivne biljke najčešće anemohorne i zoohorne (Tablica 5). Ovi tipovi rasprostranjivanja omogućuju prelazak velikih udaljenosti te time olakšavaju širenje na većem području, što može značiti da vrste koje imaju takav tip rasprostranjivanja uspješnije osvajaju prostore od drugih vrsta i lakše postaju invazivne. Osim toga, istraživanje povezanosti tipova rasprostranjivanja invazivne flore Medvednice i okolišnih čimbenika pokazalo je da su područja s većom nadmorskom visinom očekivano sadržavala veći udio anemohornih biljaka, dok su područja s većom duljinom putova i cesta sadržavala veći udio antropohornih biljaka (Slika 15, Tablica 6). Povećani udio anemohornih biljaka na područjima veće nadmorske visine mogao bi se objasniti klimatskim prilikama. Kako se u ovom slučaju radi o planinskom masivu, gdje se klimatske prilike sukcesivno mijenjaju s povećanjem nadmorske visine, moguće je da intenzitet vjetra postaje sve izraženiji, obzirom da je ova pojava općenito prisutna u planinskim područjima (DHMZ 2015). Uvjeti povećanog intenziteta vjetra pogodni su za anemohorne biljke, te značajno olakšavaju njihovo daljnje rasprostiranje, stoga se u takvim područjima očekuje povećano pojavljivanje takvih vrsta. Povezanost antropohornih invazivnih biljaka sa duljinom putova i cesta također je sasvim očekivana, obzirom da ljudi često (slučajno ili namjerno) djeluju kao vektori u prijenosu invazivnih vrsta (Von der Lippe i Kowarik 2007, Ansong i Pickering 2014), a putovi i ceste (i druga infrastruktura) mogu se uzeti kao mjera za ljudsku prisutnost, odnosno intenzitet ljudskog utjecaja. Da bi se razjasnila uočena povezanost između autohornih vrsta i raznolikosti staništa (Slika 15, Tablica 6), kao i povezanost između hidrohornih i zoohornih vrsta i smanjenja nadmorske visine (Slika 15, Tablica 6), potrebno je učiniti dodatne analize. Općenito, rezultati ukazuju na to da će invazija određene vrste biti

olakšana ukoliko vrsta posjeduje prilagodbe za rasprostranjivanje u specifičnim uvjetima koji vladaju na nekom području.

5.3 Fenoplastičnost i CSR strategije invazivne vrste *Erigeron annuus*

Vrsta *Erigeron annuus* prisutna je u Europi (Halliday 1976) i Hrvatskoj (Momčilović 1975) s tri podvrste, a u oba slučaja navodi se kao najčešća podvrsta *septentrionalis*, a najrjeđa podvrsta *strigosus*, što se poklapa s rezultatima ovog rada (Tablica 7). Vrsta *E. annuus* opisuje se kao vrlo varijabilna (Halliday 1976), što potvrđuju i morfološka istraživanja roda *Erigeron* (uključujući vrstu *Conyza canadensis* (L.) Cronquist kao *Erigeron canadensis* L.) u Hrvatskoj provedena sedamdesetih godina (Momčilović 1975). Ova istraživanja obuhvaćala su detaljnu usporedbu morfologije stabljike, listova i glavica, a rezultati su pokazali izuzetnu morfološku varijabilnost vrste *E. annuus* (posebice podvrste *annuus*), ponajviše u obliku i nazubljenosti listova (Momčilović 1975).

Danas je vrlo uobičajeno mjeriti morfološke značajke biljaka u traženju odgovora na različita ekološka pitanja. Gotovo da ne postoji osobina koja nije značajna u nekom ekološkom kontekstu, no, poznato je da su neke osobine značajne gotovo univerzalno, jer se nalaze u samoj srži životnog ciklusa biljaka, a to su: veličina biljke (obično se izražava kao visina), veličina sjemenke (obično se izražava kao masa), i struktura lisnog tkiva (često se izražava kao SLA ili LDMC) (Pérez-Harguindeguy i sur. 2013). U ovom radu mjereni su upravo visina biljke, SLA i LDMC (koristeći podatke o površini lista te suhoj i svježoj masi lista) s ciljem utvrđivanja njihove varijabilnosti kod pojedinih populacija iste vrste. Osim toga, zbog njihovog velikog značaja u definiranju ekološkog „ponašanja“ biljnih vrsta, isti ovi parametri koriste se i za određivanje CSR strategije kod biljaka (Hodgson i sur. 1999), uz podatke o cvatnji i bočnom razgranjenju. Stoga se može očekivati da njihova varijabilnost utječe na promjenu CSR strategije u istraživanih populacija, posebice jer je u rezultatima ANOVA analize uočena značajna razlika među parovima populacija za sve mjerene osobine. Osim toga, istraživanja općenito ukazuju na veliku važnost SLA u kontekstu invazivnih biljaka, obzirom da je ustanovljeno da vrijednosti ovog parametra mogu biti značajno veće kod invazivnih, nego kod autohtonih vrsta (Lake i Leishman 2004). Od mjenjenih parametara, visina biljke je očekivano pokazala najveću varijabilnost, barem djelomično zahvaljujući prilagodbama na poremećaje antropogenog

porijekla (Slika 17). Naime, prilikom uzorkovanja jedinki iz populacija s najmanjom visinom (STU2 i BUN) uočeno je da su bile izložene košnji, te su se cvjetovi i plodovi razvili na bočnim ograncima, završavajući životni ciklus unatoč prethodnom uništavanju glavne osi izdanka. Kod vrijednosti SLA i LDMC uočeno je da se u istraživanim populacijama odnose obrnuto proporcionalno (Slika 19), odnosno, populacije kod kojih je izmjerena najveća vrijednost SLA (BOR, BOT, KAJ, MED, STU3) istovremeno su imale najmanje vrijednosti za LDMC, a ujedno je ovim populacijama (izuzev STU3) određena CR strategija (Tablica 11). Vrijednosti SLA i LDMC uobičajeno imaju obrnuto proporcionalan odnos, obzirom da ovi parametri oslikavaju način na koji biljka pretvara resurse u tkivo lista, te ova dva parametra predstavljaju rezultat vrlo sličnih prirodnih procesa. Općenito govoreći, vrste koje dolaze na produktivnim staništima, i/ili staništima s velikom količinom poremećaja uobičajeno (iako ne uvijek) imaju nizak LDMC, a ovaj je parametar u vezi s prosječnom gustoćom, odnosno zbijenošću lisnog tkiva (eng. *leaf thickness*) (Pérez-Harguindeguy i sur. 2013). Također, vrste koje dolaze u staništima s velikom količinom dostupnih resursa u prosjeku imaju veću SLA od onih koje dolaze na siromašnim staništima (Pérez-Harguindeguy i sur. 2013). Prema tome, u produktivnim staništima s velikom količinom dostupnih resursa i mnogo poremećaja, u pravilu očekujemo vrste s visokim vrijednostima SLA/niskim vrijednostima LDMC, i obrnuto. Osim toga, u takvim staništima (produktivna s poremećajima) očekivano nalazimo biljke CR strategije, obzirom da u tim okolnostima poremećaji na staništu ne dopuštaju uspostavljanje dominacije od strane kompetitora (Grime 2002).

Prema definiciji, fenotipska plastičnost podrazumijeva sposobnost istog genotipa da proizvede različite fenotipe, ovisno o okolišu u kojem se nalazi (Bradshaw 1965). Stoga je važno utvrditi, da bismo mogli govoriti o fenotipskoj plastičnosti, je li uočljiva i mjerljiva varijabilnost posljedica utjecaja okoliša na ekspresiju jedinstvenog genetskog zapisa, ili se radi o različitim genetskim zapisima. Iako u ovom radu nisu provedena genetička istraživanja uzorkovanih populacija koja bi utvrdila njihovu genetičku ujednačenost/varijabilnost, činjenica da se radi o vrsti s pretežno apomiktičnim razmnožavanjem ide u prilog postojanja i održavanja malog broja genotipova, koji dobro funkcioniraju u različitim okolišima zavaljujući fenotipskoj plastičnosti. U prilog tome idu i rezultati istraživanja genetičke strukture 29 populacija vrste *E. annuus* u Litvi (Patamsytė i sur. 2013), koji su ukazali na relativno slabu genetičku raznolikost istraživanih populacija u toj zemlji. Prema tome, može se pretpostaviti da je uočena varijabilnost rezultat

različitosti u mikro-staništima istraživanih populacija. Ipak, tijekom analize korelacije između mjerenih biljnih parametara i pojedinih klimatskih čimbenika/čimbenika tla, nije uočen jasan trend koji bi objasnio dobivene razlike među populacijama (Tablica 10). Prilikom usporedbe mjerenih čimbenika tla (pH, organska tvar i količina dušika) s karakteristikama biljaka, uočeno je da su biljke dosezale veću visinu, kada su rasle na staništima s većom količinom organske tvari (Tablica 10). Obzirom da je količina organske tvari u tlu direktno povezana s količinom dušika (Kastori 1983), a vrsta *E. annuus* ima izraženo ruderalno ponašanje, veza između visine biljke i količine organske tvari je očekivana. Unatoč tome, tijekom analize nije se utvrdila značajnija povezanost između količine dušika u tlu i visine biljaka (Tablica 10). Moguće je da je na rezultate ovih mjerenja utjecala priroda samog uzorka, odnosno prisutnost izuzetno velike količine kamenja u tlu kod pojedinih populacija. Analiza klimatskih parametara ukazala je na značajnu korelaciju između suhe mase lista i pojedinih klimatskih parametara (nadmorske visine, srednje godišnje temperature i ukupne godišnje količine oborina), no drugih korelacija nije bilo (Tablica 10). Djelomičan razlog može biti nedovoljan broj uzorkovanih populacija, te njihov relativno ograničeni geografski obuhvat, koji ipak nije dovoljno širok da bi uključio značajno različite klimatske utjecaje (Slika 9). Stoga, da bi se dobila jasnija slika o povezanosti između klimatskih parametara i morfološke varijabilnosti vrste *E. annuus*, potrebno je proširiti istraživanje na način da se poveća geografski obuhvat uzorkovanih populacija.

Na koncu, morfološke varijabilnosti mogu upućivati na varijabilnost u funkcioniranju neke vrste. Teorija CSR strategija kod biljaka govori upravo o funkcionalnim razlikama među biljkama, svrstavajući ih u određene kategorije na temelju njihove morfološke varijabilnosti (CSR strategije, CSR tipovi, funkcionalni tipovi) koje opisuju način na koji biljke funkcioniraju u postojećem okolišu (Grime 1977). U prethodnim istraživanjima CSR strategija invazivne flore Hrvatske, zabilježeno je da *E. annuus* ima kompetitivno-ruderalnu strategiju, CR (Vuković i sur. 2014). I u ovom istraživanju pokazalo se da kod ove vrste prevladava CR strategija (devet od osamnaest populacija), no utvrđene su i tri druge strategije (C/CR, R/CR i SR), što ukazuje na to da *E. annuus* može imati različite strategije, ovisno o okolišu u kojem dolazi (Tablica 11). Tijekom određivanja CSR strategija biljnih vrsta u dvije plohe s različitom razinom poremećaja u zajednici hrasta cera u Turskoj, Kilinç i sur. (2010) su ustanovili da se mnogim vrstama strategija razlikuje po plohama, što ide u prilog teoriji da uvjeti na staništu mogu utjecati na promjenu CSR strategije neke biljke. Treba napomenuti da, iako određena razlika među strategijama istraživanih

populacija *E. annuus* postoji, ona nije jako izražena, obzirom da su dobiveni tipovi strategija međusobno vrlo slični, odnosno sadrže C i R komponentu u različitim omjerima, te se ova vrsta može općenito okarakterizirati kao kompetitivno-ruderalna (Tablica 11). Jedina populacija sa SR strategijom zabilježena je kod Muzeja suvremene umjetnosti u Zagrebu (MSU), na zapuštenom travnjaku usred izrazito urbaniziranog dijela grada (Tablica 11). Za razliku od ostalih istraživanih lokacija, ovu lokaciju je karakterizirala (privremena) prisutnost vode na staništu, a biljke su sabrane na rubnim dijelovima veće lokve. Obzirom na ovu značajnu ekološku razliku u odnosu na druge lokacije, razlika u strategiji naspram drugih istraživanih populacija nije neočekivana.

5.4 Utjecaj staništa na rasprostranjenost invazivne flore Medvednice i CSR strategije invazivne flore Hrvatske

Uz pretpostavku da bogatstvo vrsta oslikava raznolikost staništa nekog područja, znanstvena literatura često istražuje odnos između broja invazivnih i stranih vrsta. Iako se uglavnom očekuje pozitivna povezanost, pokazalo se da broj stranih vrsta može biti pozitivno i negativno koreliran s brojem autohtonih vrsta. Prilikom usporedbe broja alohtonih i autohtonih vrsta na različitim staništima u Češkoj, Chytrý i sur. (2005) su ustanovili da broj stranih vrsta (koje su razdvojili na arheofite i neofite), ovisno o tipu staništa, pozitivno ili negativno korelira s brojem autohtonih vrsta, dok u pojedinim slučajevima nije utvrđena značajna korelacija. Slična istraživanja u Španjolskoj (Vilà i sur. 2007) također pokazuju da se odnos između broja stranih i autohtonih vrsta mijenja ovisno o tipu staništa. Marini i sur. (2012) istražuju invazivne biljke duž visinskog gradijenta u Alpama (Italija), te zaključuju da strane i autohtone vrste na različite načine reagiraju na pritiske iz okoliša, stoga se njihova brojnost različito ponaša u istom gradijentu okolišnih čimbenika. Prema njihovom istraživanju, na broj autohtonih vrsta utječe nekoliko klimatskih i antropogenih čimbenika, dok su značajan utjecaj na invazivne vrste imali samo ljudska populacija i temperatura. Istraživanjem invazivne flore Medvednice uočena je značajna pozitivna korelacija između broja invazivnih vrsta i ukupne florističke raznolikosti (Tablica 12), vjerojatno uslijed visinskog gradijenta koji utječe na brojnost vrsta. Brojnost invazivnih biljnih vrsta redovito je negativno korelirana s nadmorskom visinom, odnosno, veće nadmorske visine sadrže značajno manji broj invazivnih biljaka, što je utvrđeno i u istraživanju invazivne flore Medvednice (Tablica 12). Znanstvena literatura najčešće ovu povezanost objašnjava 1)

klimatskim ograničenjem, odnosno činjenicom da su strane vrste koje se unose u nova područja uglavnom prilagođene na topliju klimu (Alexander i sur. 2011) i 2) smanjenim antropogenim utjecajem u područjima s većom nadmorskom visinom (Marini i sur. 2012). Naime, poznato je da su takva područja slabije naseljena i manje posjećena, a prisutnost ljudi predstavlja jedan od vodećih čimbenika u širenju invazivnih vrsta (Marini i sur. 2012). Ova dva čimbenika nisu međusobno isključiva, stoga najvjerojatnije zajednički određuju raznolikost invazivnih vrsta duž određenog visinskog gradijenta.

Trenutačna raznolikost staništa Medvednice rezultat je dugotrajne ljudske djelatnosti te pretvaranja prirodnog šumskog pokrova u poluprirodna i antropogena staništa (Dobrović i sur. 2006), između ostalog i putem fragmentacije prirodnih površina. Literatura često navodi povezanost fragmentacije staništa (With 2002, 2004) i antropogenog utjecaja (Marini i sur. 2012) s invazivnim vrsta, gdje su staništa s većom fragmentacijom i izraženijim ljudskim utjecajem povoljnija za naseljavanje invazivnih vrsta. Prema tome, pozitivna koreliranost broja invazivnih vrsta s raznolikošću staništa na Medvednici (Tablica 12) nije iznenađujuća, posebice zato što veća raznolikost staništa podrazumijeva veći broj mogućnosti za biljke, u vidu dostupnih ekoloških niša.

Usporedba biogeografskih regija prema strukturi staništa pokazuje da je u mediteranskoj regiji zabilježena najveća heterogenost staništa, dok je u alpskoj regiji heterogenost bila najmanja (Tablica 14). Ovakva raspodjela heterogenosti moguće proizlazi iz činjenice da je mediteranska regija kroz izuzetno dugi vremenski period izložena intenzivnom ljudskom utjecaju koji je znatno utjecao na danas prisutnu strukturu krajolika. Kao posljedica stoljetnog korištenja zemljišta, raznih modifikacija te neizbježne fragmentacije staništa, u mediteranskom području gotovo je nestao prirodni vegetacijski pokrov, a zamijenio ga je cijeli niz poluprirodnih i antropogenih staništa. Slično vrijedi i za kontinentalnu regiju koja je također vrlo pogodna za ljudski život, dok je alpska regija, najmanje pogodna za ljude, posljedično kroz povijest doživjela najmanji intenzitet ljudskog utjecaja i s time povezanu fragmentaciju staništa. Osim što uzrokuje promjene u strukturi staništa, ljudska aktivnost uvodi niz različitih poremećaja u okoliš, koji pogoduju pojavljivanju ruderalnih vrsta, a negativno djeluju na kompetitorske i (posebno) stres toleratorske vrste (Grime 1977). Iz tog razloga donekle je očekivano najveći postotak invazivnih vrsta R-strategije zabilježen u mediteranskoj (najheterogenijoj), a najmanji u alpskoj (najmanje heterogenoj) regiji. Dodatno, kada se promatra postotak najčešćih CSR strategija invazivnih

biljaka u Hrvatskoj (a to su redom CR, C i R strategije), uočljivo je da su vrste C-strategije od svih regija s najvećim postotkom prisutne u alpskoj (najmanje heterogenoj), a vrste CR-strategije u kontinentalnoj (srednje heterogenoj) regiji (Vuković i sur 2014).

Ipak, kada su CSR strategije invazivne flore preinačene u vrijednosti „C“ (opisuje sposobnost kompeticije), „S“ (opisuje sposobnost toleriranja stresa) i „R“ (opisuje sposobnost toleriranja poremećaja) te je napravljena analiza korelacije s indeksima heterogenosti, na razini biogeografskih regija nije ustanovljena značajnija korelacija (Tablica 15). Iako zbog premalog uzorka (N=3) rezultate dobivene na ovoj prostornoj razini treba svakako promatrati s rezervom, ovaj rezultat nije bio očekivan. Nadalje, analiza na srednjoj prostornoj razini (poligoni dobiveni kombinacijom biogeografskih regija i županija) pokazala je nekoliko statistički značajnih, ali neočekivanih korelacija (Tablica 15). U ovom slučaju je vrijednost „C“ bila pozitivno, a vrijednost „R“ negativno korelirana sa tri indeksa heterogenosti (NumP, TE, H), dok kod vrijednosti „S“ nisu utvrđene značajne korelacije. Ovaj rezultat upućuje na povećano pojavljivanje kompetitorskih i smanjeno pojavljivanje ruderalnih vrsta u područjima s većom heterogenošću staništa, te izostanak utjecaja heterogenosti staništa na stres-toleratorske vrste. Nažalost, analiza na prostornoj razini ETRS 10 x 10 km mreže nije razjasnila ove rezultate, obzirom da na ovoj razini nisu utvrđene značajne korelacije gotovo ni u jednom slučaju (Tablica 15).

6 ZAKLJUČAK

Sve ispitivane invazivne vrste (*Acer negundo*, *Ailanthus altissima*, *Amorpha fruticosa*, *Broussonetia papyrifera*, *Reynoutria japonica* i *Robinia pseudoacacia*), pokazuju inhibicijsko djelovanje različitog intenziteta na nicanje i rast klijanaca gorušice i pšenice. Utvrđeni alelopatski potencijal vjerojatno olakšava uspostavljanje njihovih populacija u okolišu, no ne predstavlja odlučujući čimbenik. Alelopatsko djelovanje bilo je manje u posudama sa zemljom, u odnosu na Petrijeve posude, odnosno što su uvjeti bili sličniji prirodnima.

Analiza invazivne flore PP Medvednica ukazuje na važnost anemohorije kao tipa rasprostranjivanja invazivne flore. Ovaj tip rasprostranjivanja prisutan je kod najvećeg broja ispitivanih vrsta, te ujedno predstavlja i najrašireniji tip rasprostranjivanja na području Parka (u smislu površine). Povećanje nadmorske visine očekivano pogoduje širenju anemohornih biljaka, kao i da prisutnost čovjeka (izraženo kroz duljinu putova i cesta) pogoduje širenju antropohornih biljaka. Povezanost autohornih biljaka sa raznolikošću staništa, te zoohornih i hidrohornih biljaka sa smanjenjem nadmorske visine potrebno je dodatno razjasniti. Uvjeti na staništu će podržavati širenje bolje prilagođenih vrsta, utječući time na zavisnost sastava invazivnih vrsta o kombinaciji stanišnih uvjeta.

Na primjeru vrste *Erigeron annuus* utvrđeno je da pojedine morfološke značajke pokazuju veliku varijabilnost među populacijama. Također, utvrđeno je da različite populacije ove vrste imaju različite CSR strategije. Na temelju rezultata zaključujemo da *E. annuus* razvija različite strategije korištenja dostupnih resursa ovisno o uvjetima koji vladaju u okolišu, zahvaljujući velikoj prilagodljivosti, te posljedično učinkovitije osvaja i koristi životni prostor. Analiza ovisnosti morfoloških značajki ove vrste o klimatskim čimbenicima i čimbenicima tla nije objasnila točan mehanizam utjecaja okoliša na morfološku i funkcionalnu varijabilnost ove vrste.

Na primjeru invazivne flore Medvednice uočeno je da veća raznolikost staništa i ukupna floristička raznolikost pozitivno utječu na rasprostranjenost invazivnih biljnih vrsta, dok povećanje nadmorske visine ima negativan utjecaj. U analizi CSR strategija, u zavisnosti od

heterogenosti staništa izostala je očekivana veza između većeg udjela vrsta ruderalne strategije s većom heterogenošću staništa.

Za uspješnost pojedinih invazivnih vrsta najčešće je odgovorno više čimbenika. Jačina utjecaja pojedinog čimbenika na proces invazije ovisiti će o vrsti i ekološkom kontekstu u kojem dolazi. Izvjesno je da svaki poremećaj prirodne ravnoteže ugrožava ekosustav i predstavlja prvi korak ka biološkim invazijama. Najbolju zaštitu od negativnih posljedica biljnih invazija predstavlja očuvanje prirodnih ekosustava i procesa, kao temelj očuvanja biološke i krajobrazne raznolikosti.

7 LITERATURA

1. Alexander, J.M., Kueffer, C., Daehler, C.C., Edwards, P.J., Pauchard, A., Seipel, T., MIREN Consortium (2011): Assembly of nonnative floras along elevational gradients explained by directional ecological filtering. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108: 656-661.
2. Anonymous (2014): Uredba EU o sprječavanju i upravljanju unošenja i širenja invazivnih stranih vrsta. Uredba br. 1143/2014. *Službeni list Europske unije* 317, 35-55.
3. Ansong, M., Pickering, C. (2014): Weed seeds on clothing: A global review. *Journal of Environmental Management* 144: 203-211.
4. Baker, H.G. (1965): Characteristics and modes of origin of weeds. U: Baker, H.G., Stebbins, G.L. (ur.) *The genetics of colonizing species*. Academic Press, New York. 147-172.
5. Baker, H.G. (1974): The evolution of weeds. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5: 1-24.
6. Bakker, J., Wilson, S. (2001): Competitive abilities of introduced and native grasses. *Plant Ecology* 157: 38-43.
7. Bennett, A.E., Thomsen, M., Strauss, S.Y. (2011): Multiple mechanisms enable invasive species to suppress native species. *American Journal of Botany* 98: 1086-1094.
8. Blackburn, T., Pyšek, P., Bacher, S., Carlton, J.T., Duncan, R.P., Jarošík, V., Wilson, J.R.U., Richardson, D.M. (2011): A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in Ecology and Evolution* 26: 333-339.
9. Boršić, I., Borovečki-Voska, Lj., Kutleša, P., Šemnički, P. (2014): Nova nalazišta vrste *Heracleum mantegazzianum* Sommier et Levier (Apiaceae) u Hrvatskoj i poduzete mjere kontrole. U: Jelaska, S.D. (ur.) *1. Hrvatski simpozij o invazivnim vrstama s međunarodnim sudjelovanjem. Zbornik sažetaka*. Hrvatsko ekološko društvo, Zagreb. 40-41.

10. Boršić, I., Milović, M., Dujmović, I., Bogdanović, S., Cigić, P., Rešetnik, I., Nikolić, T., Mitić, B. (2008): Preliminary check-list of invasive alien plant species (IAS) in Croatia. *Natura Croatica* 17: 55-71.
11. Bradshaw, A.D. (1965): Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Advances in Genetics* 13: 115-155.
12. Brewer, J.S., Cralle, S.P. (2003): Phosphorus addition reduces invasion of a longleaf pine savanna (Southeastern USA) by a non-indigenous grass (*Imperata cylindrica*). *Plant Ecology* 167: 237-245.
13. Caffrey, J.M., Baars J.-R., Barbour, J.H., Boets P., Boon, P., Davenport, K., Dick, J.T.A., Early, J., Edsman, L., Gallagher, C., Gross J., Heinimaa, P., Horrill, C., Hudin, S., Hulme, P.E., Hynes, S., MacIsaac, H.J., McLoone, P., Millane, M., Moen, T.L., Moore, N., Newman, J., O'Conchuir, R., O'Farrell, M., O'Flynn, C., Oidtmann, B., Renals, T., Ricciardi, A., Roy, H., Shaw, R., van Valkenburg, J.L.C.H., Weyl, O., Williams, F., Lucy, F.E. (2014): Tackling invasive alien species in Europe: the top 20 issues. *Management of Biological Invasions* 5: 1-20.
14. Callaway, R.M., Ridenour, W.M. (2004): Novel weapons: invasive success and the evolution of increased competitive ability. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2: 436-443.
15. Callaway, R.M., Cipolini, D., Barto, K., Thelen, G.C., Hallett, S.G., Prati, D., Stinson, K., Klironomos, J. (2008): Novel weapons: invasive plant suppresses fungal mutualists in America but not in its native Europe. *Ecology* 89: 1043-1055.
16. Caño, L., Escarré, J., Fleck, I., Blanco-Moreno, J.M., Sans, F.X. (2008): Increased fitness and plasticity of an invasive species in its introduced range: a study using *Senecio pterophorus*. *Journal of Ecology* 96: 468-476.
17. Castañeda Álvarez, N.P., Vincent, H.A., Kell, S.P., Eastwood, R.J., Maxted, N. (2011): Ecogeographic surveys. U: Guarino L., Ramanantha Rao V., Goldberg E. (ur.) *Collecting plant genetic diversity: technical guidelines*.
18. Castro-Díez, P., Valle, G., González-Muñoz, V., Alonso, Á. (2014): Can the life-history strategy explain the success of the exotic trees *Ailanthus altissima* and *Robinia pseudoacacia* in Iberian floodplain forests? *PLoS One* 9: e100254.

19. Catford, J.A., Vesk, P.A., Richardson, D.M., Pyšek, P. (2012): Quantifying levels of biological invasion: towards the objective classification of invaded and invadable ecosystems. *Global Change Biology* 18: 44-62.
20. Chytrý, M., Pyšek, P., Tichý, L., Knollová, I., Danihelka, J. (2005): Invasions by alien plants in the Czech Republic: a quantitative assessment across habitats. *Preslia* 77: 339-354.
21. Chytrý, M., Pyšek, P., Willd, J., Pino, J., Maskell, L.C., Vilà, M. (2009): European map of alien plant invasions based on the quantitative assessment across habitats. *Diversity and Distributions* 15: 98-107.
22. Cigić, P., Nikolić, T., Plazibat, M., Hršak, V., Jelaska, S.D. (2003): The distribution of the genus *Impatiens* L. (*Balsaminaceae*) in Medvednica Nature Park, Croatia. *Natura Croatica* 12: 19-29.
23. Cosmulescu, S., Trandafir, I., Nour, V. (2014): Seasonal variation of the main individual phenolics and juglone in Walnut (*Juglans regia* L.) leaves. *Pharmaceutical Biology* 52: 575-580.
24. Cosmulescu, S., Trandafir, I., Achim, G., Baci, A. (2011): Juglone content in leaf and green husk of five walnut (*Juglans regia* L.) cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 39: 237-240.
25. Coutts, S.R., van Klinken, R.D., Yokomizo, H., Buckley, Y.M. (2011): What are the key drivers of spread in invasive plants: dispersal, demography or landscape: and how can we use this knowledge to aid management? *Biological Invasions* 13: 1649-1661.
26. Csiszár, Á., Korda, M., Schmidt, D., Šporčić, D., Teleki, B., Tiborcz, V., Zagyvai, G., Bartha, D. (2012): Study on allelopathic potential of some invasive and potentially invasive neophytes. *International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint*. Sopron, Hungary.
27. DAISIE (2009): *Handbook of Alien Species in Europe*. U: Drake, J.A. (ur.) *Invading nature: springer series in invasion ecology* 3. Springer, Dordrecht.
28. DAISIE (2015): *Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe*. URL: <http://www.europe-aliens.org/> (pristupano: ožujak 2015.)
29. Davis, M., Grime, P.J., Thompson, K. (2000): Fluctuating resources in plant communities: a general theory of invasibility. *Journal of Ecology* 88: 528-534.

30. Davidson, A.M., Jennions, M., Nicotra, A.B. (2011): Do invasive species show higher phenotypic plasticity than native species and, if so, is it adaptive? A meta-analysis. *Ecology Letters* 14: 419-431.
31. Denffer, D. von, Ziegler, H. (1988): *Botanika. Morfologija i fiziologija*. Školska knjiga, Zagreb.
32. DHMZ (2015): Atlas vjetra Hrvatske. URL: <http://mars.dhz.hr/web/index.htm> (pristupano: ožujak 2015.)
33. Dobrović, I., Bogdanović, S., Boršić, I., Cigić, P. (2005): Analisi delle specie esotiche della flora croata. *Informatore Botanico Italiano* 37. Società Botanica Italiana, Firenze.
34. Dobrović, I., Nikolić, T., Jelaska, S.D., Plazibat, M., Hršak, V., Šoštarić, R. (2006): An evaluation of floristic diversity in Medvednica Nature Park (northwestern Croatia). *Plant Biosystems* 140: 234-244.
35. Dobrović, I., Boršić, I., Milović, M., Bogdanović, S., Cigić, P., Rešetnik, I., Nikolić, T., Mitić, B. (2006): Invasive alien species in Croatia – preliminary report. U: Besendorfer, V., Klobučar, G.I.V. (ur.) *Zbornik sažetaka 9. hrvatskog biološkog kongresa*. Hrvatsko biološko društvo 1885, Zagreb.
36. Drake, J.A., Mooney, H.A., Di Castri, F., Groves, R.H., Kruger, F.J., Rejmánek, M., Williamson, M. (1989): *Biological invasions: a global perspective*. Chichester, Wiley.
37. DZZP (2014): Nacionalna klasifikacija staništa. URL: http://www.dzzp.hr/dokumenti_upload/20100527/dzzp201005271405280.pdf (pristupano 02. svibnja 2014.)
38. EEA (2012): EEA reference grid. URL: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eea-reference-grids-2> (pristupano: svibanj 2012.)
39. EIONET (2014): Corine Land Cover. URL: <http://sia.eionet.europa.eu/CLC2000/classes> (pristupano 02. svibnja 2014.)
40. Elkie, P.C., Rempel, R.S., Carr, A.P. (1999): *Patch Analyst User's Manual*. Ontario Ministry of Natural Resources. Northwest Science & Technology. Thunder Bay, Ontario. TM-002.
41. European Commission (2012): Natura 2000. Habitats Directive Sites according to Biogeographical Regions. URL: http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/sites_hab/biogeog_regions/index_en.htm (pristupano: svibanj 2012.)

42. Franklin, A.B., Noon, B.R., George, T.L. (2005): What is habitat fragmentation? *Studies in Avian Biology* 25: 20-29.
43. Franjić, J. (1993): Nova nalazišta vrste *Datura inoxia* Miller (*Solanaceae*) u Hrvatskoj. *Acta Botanica Croatica* 52: 97-100.
44. Genovesi, P., Shine, C. (2004): European strategy on invasive alien species. *Nature and Environment* 137. Council of Europe Publishing, Strasbourg.
45. GISD (2015): Global Invasive Species Database. URL: <http://www.issg.org/database/welcome/> (pristupano: ožujak 2015.)
46. Grime, J.P. (1977): Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *The American Naturalist* 111: 1169-1194.
47. Grime, J.P. (2002): *Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties*. 2. izdanje. Wiley, Chichester.
48. Halliday, G. (1976): *Erigeron* (L.). In: Tutin, T.G., Heywood, V.H., Burges, N.A., Moore, D.M., Valentine, D.H., Walters, S.M., Webb, D.A. *Flora Europaea* 4. Cambridge University Press, Cambridge.
49. Heisey, R.M. (1997): Allelopathy and the secret life of *Ailanthus altissima*. *Arnoldia* 57: 28-36.
50. Hierro, J.L., Callaway, R.M. (2003): Allelopathy and exotic plant invasion. *Plant and Soil* 256: 29-39.
51. Hobbs, R.J., Huenneke, L.F. (1992): Disturbance, Diversity, and Invasion: Implications for Conservation. *Conservation Biology* 6: 324-337.
52. 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: 282-294.
53. Hulina, N. (1985): Vrsta *Panicum dichotomiflorum* Michx. – novi korov u Jugoslaviji. *Fragmenta Herbologica Jugoslavica* 14: 113-120.
54. Ilijanić, Lj. (1957): Nova nalazišta dviju adventivnih mlječika (*Euphorbia maculata* L. i *Euphorbia nutans* Lag.) u Hrvatskoj. *Acta Botanica Croatica* 16, 105-108.
55. Inderjit, del Moral, R. (1997): Is separating resource competition from allelopathy realistic? *Botanical Review* 63: 221-232.

56. Inderjit, Kaur, S., Dakshini, K.M.M. (1996): Determination of allelopathic potential of a weed *Pluchea lanceolata* through a multifaceted approach. *Canadian Journal of Botany* 74: 1445-1450.
57. Inderjit, Weston, L.A., Duke, S.O. (2005): Challenges, achievements and opportunities in allelopathy research. *Journal of Plant Interactions* 1: 69-81.
58. Jelaska, S.D. (ur.) (2014): 1. Hrvatski simpozij o invazivnim vrstama s međunarodnim sudjelovanjem. Zbornik sažetaka. Hrvatsko ekološko društvo, Zagreb.
59. Kastori, R. (1983): Uloga elemenata u ishrani biljaka. Matica srpska, Novi Sad.
60. Kaur, H., Kaur, R., Kaur, S., Baldwin, I.T., Inderjit (2009): Taking ecological function seriously: soil microbial communities can obviate allelopathic effects of released metabolites. *PLoS ONE* 4: e4700.
61. Kiliç, M., Karavin, N., Kutbay, H.G. (2010): Classification of some plant species according to Grime's strategies in a *Quercus cerris* L. var. *cerris* woodland in Samsun, northern Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 34: 521-529.
62. Keller, R.P., Geist, J., Jesche, J.M., Kühn, I. (2011): Invasive species in Europe: ecology, status and policy. *Environmental Sciences Europe* 23: 1-17.
63. Košćec, F. (1913): *Helodea (Elodea) canadensis* Rich. u varaždinskoj okolini. *Glasnik hrvatskog prirodoslovnog društva* 25: 30-39.
64. Lake, J.C., Leishman, M.R. (2004): Invasion success of exotic plants in natural ecosystems: the role of disturbance, plant attributes and freedom from herbivores. *Biological Conservation* 117: 215-226.
65. Lambdon, P.W., Pyšek, P., Basnou, C., Arianoutsou, M., Essl, F., Hejda, M., Jarošík, V., Pergl, J., Winter, M., Anastasiu, P., Andriopoulos, P., Bazos, I., Brundu, G., Celesti-Grapow, L., Chassot, P., Delipetrou, P., Josefsson, M., Kark, S., Klotz, S., Kokkoris, Y., Kühn, I., Marchante, H., Perglová, I., Pino, J., Vilà, M., Zikos, A., Roy, D., Hulme, P.E. (2008): Alien flora of Europe: species diversity, temporal trends, geographical patterns and research needs. *Preslia* 80: 101-149.
66. Lepš, J., Šmilauer, P. (2003): Multivariate analysis of ecological data using CANOCO. Cambridge university press, Cambridge.

67. Lloret, F., Médail, F., Brundu, G., Camarda, I., Moragues, E., Rita, J., Lambdon, P., Hulme, P.E. (2005): Species attributes and invasion success by alien plants on Mediterranean islands. *Journal of Ecology* 93: 512-520.
68. Lockwood, J.L., Cassey, P., Blackburn, T. (2005): The role of propagule pressure in explaining species invasions. *Trends in Ecology and Evolution* 20: 223-228.
69. Lonsdale, W.M. (1999): Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility. *Ecology* 80: 1522-1536.
70. Mack, R.N., Simberloff, D., Lonsdale, W.M., Evans, H., Clout, M., Bazzaz, F. (2000): Biotic Invasions: Causes, Epidemiology, Global Consequences and Control. *Ecological applications* 10: 689-710.
71. Marini, L., Battisti, A., Bona, E., Federici, G., Martini, F., Pautasso, F., Hulme, P.E. (2012): Alien and native plant life-forms respond differently to human and climate pressures. *Global Ecology and Biogeography* 21: 534-544.
72. Marković, Lj. (1978): *Iva xanthifolia* Nutt. i *Amaranthus gracilis* Desf. – dvije nove pridošlice u flori Hrvatske. *Acta Botanica Croatica* 37: 207-210.
73. Marković-Gospodarić, Lj. (1963): Dvije zanimljive ruderalne biljke u flori Hrvatske. *Acta Botanica Croatica* 22: 233-237.
74. Marvier, M., Karevia, P., Neubert, M.G. (2004): Habitat destruction, fragmentation, and disturbance promote invasion by habitat generalists in a multispecies metapopulation. *Risk Analysis* 24: 869-878.
75. McGarigal, K., Marks, B.J. (1994): Fragstats. Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Ver. 2.0. Forest Science Department, Oregon State University, Corvallis.
76. McNeely, J.A., Mooney, H.A., Neville, L.E., Schei, P.J., Waage, J.K. (ur.) (2001): Global strategy on invasive alien species. IUCN Gland, Switzerland and Cambridge.
77. Mitić, B., Boršić, I., Dujmović, I., Bogdanović, S., Milović, M., Cigić, P., Rešetnik, I., Nikolić, T. (2008): Alien flora of Croatia: proposals for standards in terminology, criteria and related database. *Natura Croatica* 17: 73-90.
78. Momčilović, J. (1975): Varijabilnost u adventivnih vrsta roda *Erigeron* na području sjeverozapadne Hrvatske. Diplomski rad. Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.

79. Moravcová, L., Pyšek, P., Jarošík, V., Havlíčková, V., Zákavský, P. (2010): Reproductive characteristics of neophytes in the Czech Republic: traits of invasive and non-invasive species. *Preslia* 82: 365-390.
80. Morimoto, J., Kominami, R., Koike, T. (2009): Distribution and characteristics of the soil seed bank of the black locust (*Robinia pseudoacacia*) in a headwater basin in northern Japan. *Landscape and Ecological Engineering* 6: 193-199.
81. Murrell, C., Gerber, E., Krebs, C., Parepa, M., Schaffner, U., Bossdorf, O. (2011): Invasive knotweed affects native plants through allelopathy. *American Journal of Botany* 98: 38-43.
82. Nasir, H., Iqbal, Z., Hiradate, S., Fuji, Y. (2005): Allelopathic Potential of *Robinia pseudo-acacia* L. *Journal of Chemical Ecology* 31: 2179-2192.
83. Nielsen, C., Ravn, H.P., Nentwig, W., Wade, M. (ur.) (2005): The Giant Hogweed Best Practice Manual. Guidelines for the management and control of an invasive weed in Europe. Forest & Landscape Denmark, Hoersholm.
84. Nikolić, T. (2007): Upute za upotrebu web sučelja baze podataka Flora Croatica. ver. 2.0. Botanički zavod, Biološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu. URL: <http://hirc.botanic.hr/fcd/html/FCD-Manual-2-Jan%202007.pdf>.
85. Nikolić, T. ur. (2008): Flora Croatica Database (URL <http://hirc.botanic.hr/fcd>). Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
86. Nikolić, T. ur. (2014): Flora Croatica Database (URL <http://hirc.botanic.hr/fcd>). Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
87. Nikolić, T., Dobrović, I. (2002): Terenske florne liste. *Natura Croatica* 11: 125-137.
88. Nikolić, T., Mitić, B., Boršić, I. (2014): Flora Hrvatske – invazivne biljke. Alfa, Zagreb.
89. Nikolić, T., Bukovec, D., Šopf, J., Jelaska, S.D. (1998): Kartiranje flore Hrvatske – mogućnosti i standardi. *Natura Croatica* 7, 1-62.
90. Nikolić, T., Mitić, B., Milašinović, B., Jelaska, S.D. (2013): Invasive alien plants in Croatia as a threat to biodiversity of South-Eastern Europe: distributional patterns and range size. *Comptes Rendus Biologes* 336: 109-121.
91. Patamsytė, J., Rančelis, V., Čėsniėnė, T., Kleizaitė, V., Tunaitienė, V., Naugžemys, D., Vaitkūnienė, V., Žvingila, D. (2013): Clonal structure and reduced diversity of the

- invasive alien plant *Erigeron annuus* in Lithuania. *Central European Journal of Biology* 8: 898-911.
92. Patel, S. (2011): Harmful and beneficial aspects of *Parthenium hysterophorus*: an update. *3Biotech* 1: 1-9.
93. Pavićević, M. (2013): Alelopatsko djelovanje ekstrakta listova običnog oraha i nekih invazivnih biljnih vrsta na klijanje pšenice (*Triticum aestivum* L.) i gorušice (*Sinapis alba* L.). Diplomski rad. Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
94. Pérez-Harguindeguy, N., Díaz, S., Garnier, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaureguiberry, P., Bret-Harte, M.S., Cornwell, W.K., Craine, J.M., Gurvich, D.E., Urcelay, C., Veneklaas, E.J., Reich, P.B., Poorter, L., Wright, I.J., Ray, P., Enrico, L., Pausas, J.G., de Vos, A.C., Buchmann, N., Funes, G., Quétier, F., Hodgson, J.G., Thompson, K., Morgan, H.D., ter Steege, H., van der Heijden, M.G.A., Sack, L., Blonder, B., Poschlod, P., Vaieretti, M.V., Conti, G., Staver, A.C., Aquino, S., Cornelissen, J.H.C. (2013): New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 61: 167-237.
95. Pergl, J., Müllerová, J., Perglová, I., Herben, T., Pyšek, P. (2011): The role of long-distance seed dispersal in the local population dynamics of an invasive plant species. *Diversity and Distributions* 17: 725-738.
96. Pevalek, I. (1947): *Dichrocephala sonchifolia* nov pripadnik zagrebačke flore. *Glasnik biološke sekcije Periodicum biologorum Serija II/B* 1: 13-16.
97. Pohlman, C.L., Nicotra, A.B., Murray, B.R. (2005): Geographic range size, seedling ecophysiology and phenotypic plasticity in Australian *Acacia* species. *Journal of Biogeography* 32: 341-351.
98. Porte, A.L., Lamarque, L.J., Lortie, C.J, Michalet, R., Delzon, S. (2011): Invasive *Acer negundo* outperforms native species in non-limiting resource environments due to its higher phenotypic plasticity. *BMC Ecology* 2011, 11:28.
99. Pyšek, P., Chytrý, M., Jarošík, V. (2010): Habitats and land-use as determinants of plant invasions in the temperate zone of Europe. U: Perrings, C., Mooney, H., Williamson, M. (ur.) *Bioinvasions and globalisation. Ecology, economics, management and policy.* Oxford University Press, New York.

100. Pyšek, P., Richardson, D.M., Jarošík, V. (2006): Who cites who in the invasion zoo: insights from an analysis of the most highly cited papers in invasion ecology. *Preslia* 78: 437-468.
101. Pyšek, P., Sádlo, J., Mandák, B. (2002): Catalogue of alien plants of the Czech Republic. *Preslia* 74: 97-186.
102. Pyšek, P., Richardson, D.M., Rejmánek, M., Webster, G.L., Williamson, M., Kirschner, J. (2004): Alien plants in checklists and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists. *Taxon* 53: 131-143.
103. Qasem, J.R. (2010): Differences in the allelopathy results from field observations to laboratory and glasshouse experiments. *Allelopathy Journal* 26: 45-58.
104. Rice, E.L. (1984): *Allelopathy*. Academic Press, New York.
105. Richards, C.L., Bossdorf, O., Muth, N.Z., Gurevitch, J., Pigliucci, M. (2006): Jack of all trades, master of some? On the role of phenotypic plasticity in plant invasions. *Ecology Letters* 9: 981-993.
106. Richardson, D.M., Kluge, R.L. (2008): Seed banks of invasive Australian *Acacia* species in South Africa: role in invasiveness and options for management. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 10: 161-177.
107. Richardson, D.M., Pyšek, P. (2006): Plant invasions – merging the concepts of species invasiveness and community invasibility. *Progress in Physical Geography* 30: 409-431.
108. Richardson, D.M., Pyšek, P., Rejmanek, M., Barbour, M.G., Panetta, F.D., West, C.J. (2006): Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distribution* 6: 93-107.
109. Rizvi, S.J.H., Rizvi, V. (1992): *Allelopathy: basic and applied aspect*. Chapman and Hall, London.
110. Sabo, A.E. (2000): *Robinia pseudoacacia* invasions and control in North America and Europe. *Restoration and Reclamation Review* 6: 1-9.
111. Scalera, R., Genovesi, P., Essl, F., Rabitsch, W. (2012): The impacts of invasive alien species in Europe. EAA Technical Report. European Environment Agency, Luxembourg.

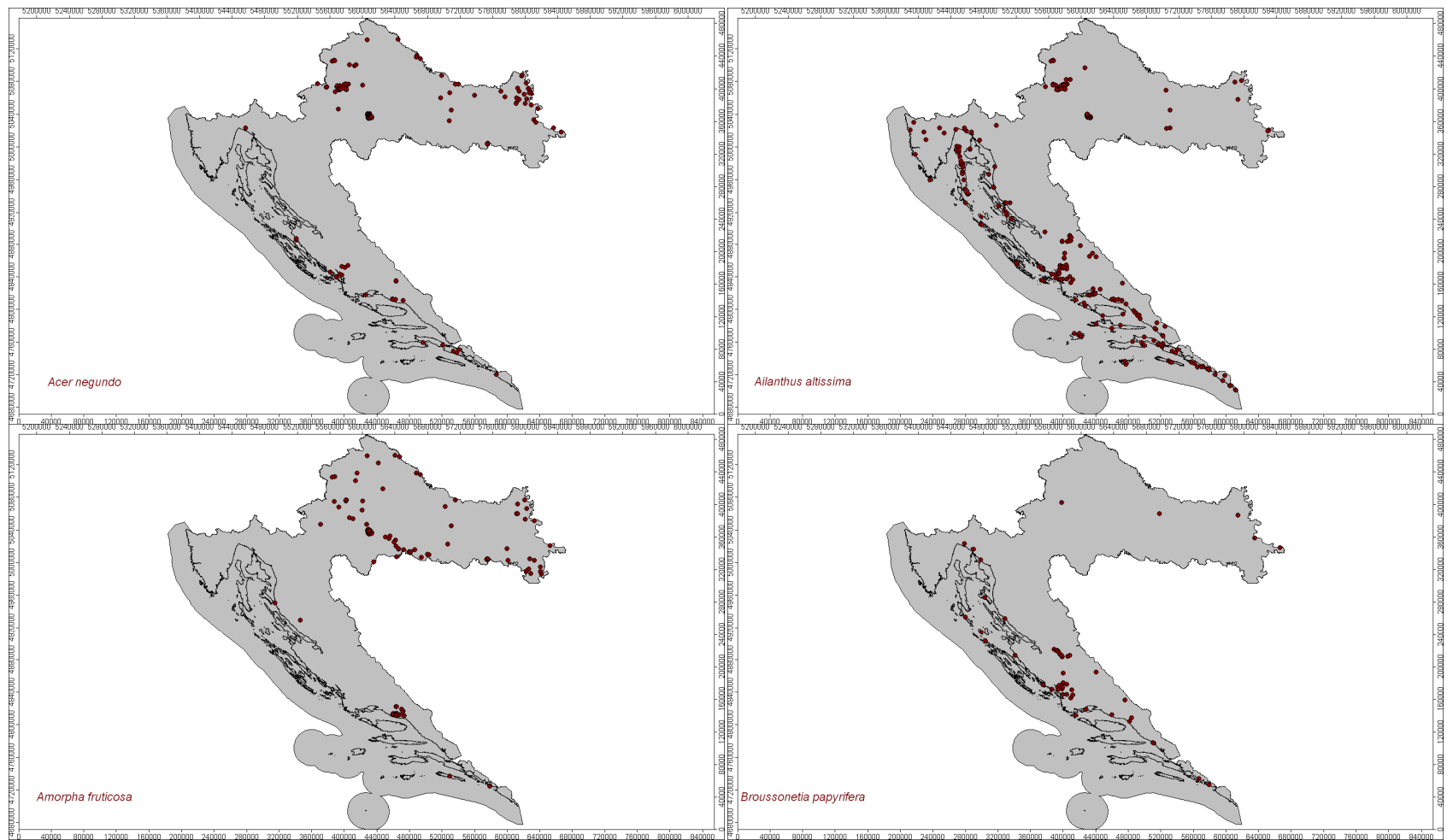
112. Schlosser, J.C.K., Vukotinović, Lj. (1869): *Flora Croatica. Sumptibus et auspiciis academiae scientiarum et artium slavorum meridionalium*, Zagreb.
113. Schmidt, S.K (1988): Degradation of juglone by soil bacteria. *Journal of Chemical Ecology* 14: 1561-1571.
114. Simberloff, D., Martin, J.L., Genovesi, P., Maris, V., Wardle, D.A., Aronson, J., Chourchamp, F., Galil, B., García-Berthou, E., Pascal, M. (2013): Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. *Trends in Ecology & Evolution* 28: 58-66.
115. Soltys, D., Bogatek, R., Gniazdowska, A. (2012): Phytotoxic effects of cyanamide on seed germination and seedling growth of weed and crop species. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica* 54: 87-92.
116. Szabó, L.Gy. (2000): Juglone index – a possibility for expressing allelopathic potential of plant taxa with various life strategies. *Acta Botanica Hungarica* 42: 295-305.
117. Šćepanović, M., Novak, N., Barić, K., Ostojić, Z., Galzina, G., Goršić, M. (2007): Allelopathic effect of two weed species, *Abutilon theophrasti* Med. and *Datura stramonium* L. on germination and early growth of corn. *Agronomski glasnik* 6: 459-472.
118. ter Braak, C.J.F., Šmilauer, P. (2002): *CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (Version 4.5)*. Micro-computer power, Ithaca, New York.
119. Theoharides, K.A., Dukes, J.S. (2007): Plant invasion across space and time: factors affecting nonindigenous species success during four stages of invasion. *New Phytologist* 176: 256-273.
120. Townsend, A. (1997): Japanese Knotweed: A reputation lost. *Arnoldia* 57: 13-20.
121. Troll, C. (1939): Luftbildplan and Ökologische Bodenforschung. Ihr zweckmäßiger Einsatz für die wissenschaftliche Erforschung und praktische Erschließung wenig bekannter Länder. *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde*, Berlin.
122. Turner, M.G. (1989): Landscape Ecology – The effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology and Systematics* 20: 171-197.
123. Vilà, M., Ibáñez, I. (2011): Plant invasions in the landscape. *Landscape Ecology* 26: 461-472.

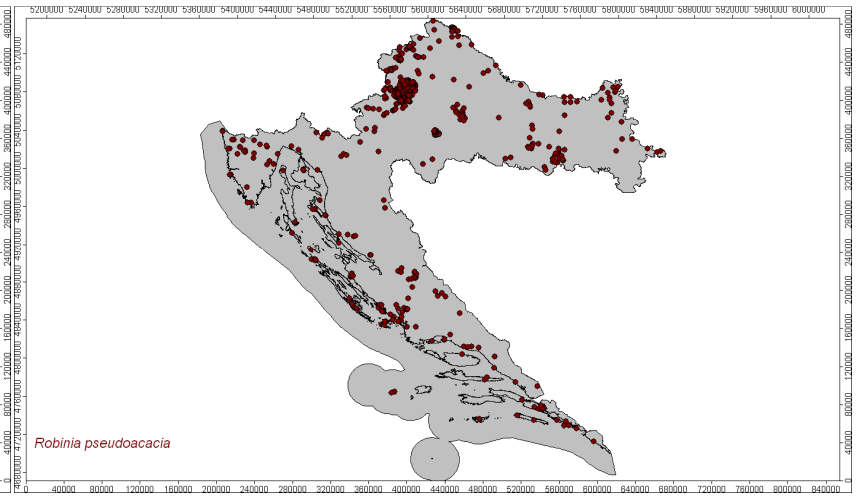
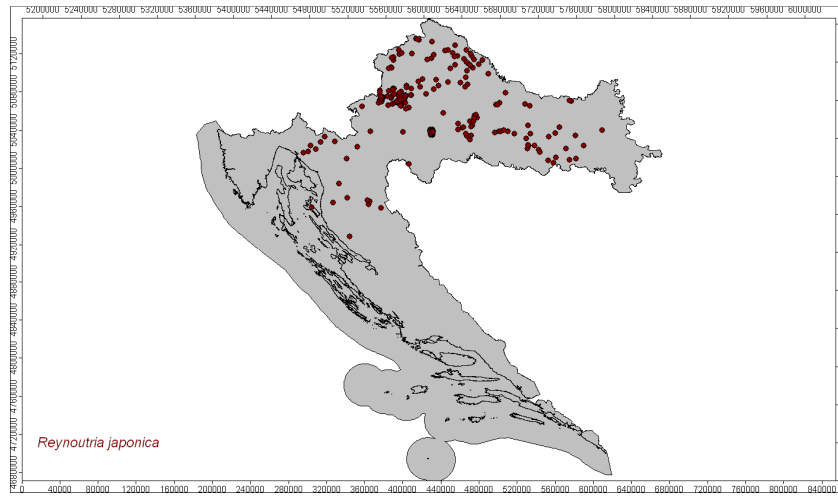
124. Vilà, M., Weiner, J. (2004): Are invasive plant species better competitors than native plant species?—evidence from pair-wise experiments. *Oikos* 105: 229-238.
125. Vilà, M., Pino, J., Xavier, F. (2007): Regional assessment of plant invasions across different habitat types. *Journal of Vegetation Science* 18: 35-42.
126. Visiani, R. (1847): *Flora Dalmatica*. Vol. 2. Apud Fridericum Hofmeister, Lipsiae.
127. Visiani, R. (1852): *Flora Dalmatica*. Vol. 3. Apud Fridericum Hofmeister, Lipsiae.
128. Von Holle, B., Simberloff, D. (2005): Ecological resistance to biological invasion overwhelmed by propagule pressure. *Ecology* 86: 3232-3218.
129. Von der Lippe, M., Kowarik, I. (2007): Long-distance dispersal of plants by vehicles as a driver of plant invasions. *Conservation Biology* 21: 986-996.
130. Vrchotová, N., Šerá, B. (2008): Allelopathic properties of knotweed rhizome extracts. *Plant, Soil and Environment* 54: 301-303.
131. Vuković, N., Miletić, M., Milović, M., Jelaska, S.D. (2014): Grime's CSR strategies of the invasive plants in Croatia. *Periodicum Biologorum* 116: 323-329.
132. Vuković, N., Bernardić, A., Nikolić, T., Hršak, V., Plazibat, M., Jelaska, S.D. (2010): Analysis and distributional patterns of the invasive flora in a protected mountain area - a case study of Medvednica Nature Park (Croatia). *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 79: 285-294.
133. Wiens, J.A., Moss, R.A., Turner, M.G., Mladenoff, D.J. (2007): *Foundation papers in landscape ecology*. Columbia University Press, New York.
134. Williamson, M., Fitter, A. (1996): The varying success of invaders. *Ecology* 77: 1661-1666.
135. Willis, R.J. (2000): *Juglans* spp., juglone and allelopathy. *Allelopathy Journal* 7: 1-55.
136. Willis, R.J. (2007): *The history of allelopathy*. Springer, Dordrecht.
137. With, K.A. (2002): The landscape ecology of invasive spread. *Conservation Biology* 16: 1192-1203.
138. With, K.A. (2004): Assessing the Risk of Invasive Spread in Fragmented Landscapes. *Risk Analysis* 24: 803-815.
139. Wan-Xue, L., Hong-Bang, N., Fang-Hao, W., Bo, L. (2010): Effects of leachates of the invasive plant, *Ageratina adenophora* (Sprengel) on soil microbial community. *Acta Ecologica Sinica* 30: 196-200.

8 POPIS PRILOGA

- Prilog 1. Rasprostranjenost invazivnih vrsta korištenih za testiranje alelopatskog potencijala u Hrvatskoj. Preuzeto i prilagođeno prema Nikolić 2014.
- Prilog 2. Eksperiment nicanja sjemenki pšenice i gorušice. Sjemenke pšenice netom nakon sjetve (gore), posudice sa sjemenkama i klijančima u klimakomori (dolje).
- Prilog 3. Klijanči gorušice (lijevo) i pšenice (sredina) nakon tretmana otopinom koncentracije 5 g/100 mL, i klijanči istih vrsta nakon tretmana otopinom koncentracije 10 g/100 mL (desno) pripremljenom od suhih listova vrste *Ailanthus altissima*, nakon 14 dana isključivanja.
- Prilog 4. Mjerenje duljine klijanaca pšenice u programu *ImageJ* iz fotografija nastalih skeniranjem. Namještanje mjerne skale (lijevo) i mjerenje duljine (desno).
- Prilog 5. Habitus (gore) i rasprostranjenost vrste *Erigeron annuus* u Hrvatskoj (dolje). Podaci o rasprostranjenosti preuzeti i prilagođeni prema Nikolić 2014.
- Prilog 6. Listovi vrste *Erigeron annuus* iz populacije Medvedgrad, prije sušenja (gore), i fotografije nastale skeniranjem istih listova korištene za mjerenje (dolje).
- Prilog 7. Mjerenje površine listova vrste *Erigeron annuus* u programu *ImageJ* na primjeru populacije Medvedgrad. Namještanje mjerne skale (lijevo) i mjerenje površine na fotografiji nastaloj skeniranjem koja je prethodno digitalno obrađena uz pomoć funkcije *Process/Binary/Make Binary* (desno).
- Prilog 8. Razine preciznosti geokodiranja nalaza u bazi podataka *Flora Croatica Database* ovisno o primijenjenoj metodologiji i pouzdanosti izvora. Izvor Nikolić 2007.

Prilog 1. Rasprostranjenost invazivnih vrsta korištenih za testiranje alelopatskog potencijala u Hrvatskoj. Preuzeto i prilagođeno prema: Nikolić 2014.





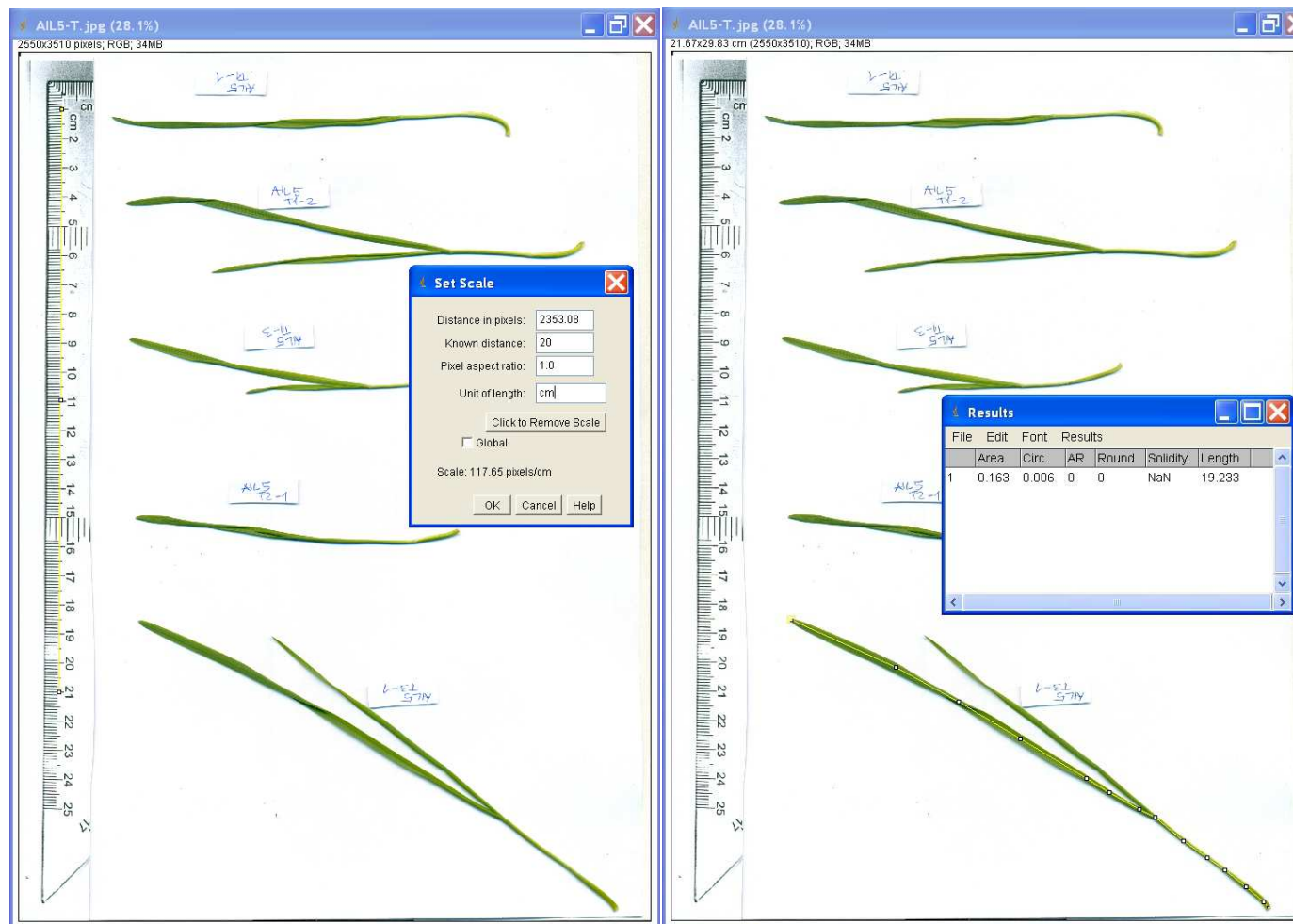
Prilog 2. Eksperiment nicanja sjemenki pšenice i gorušice. Sjemenke pšenice netom nakon sjetve (gore), posudice sa sjemenkama i klijancima u klimakomori (dolje).



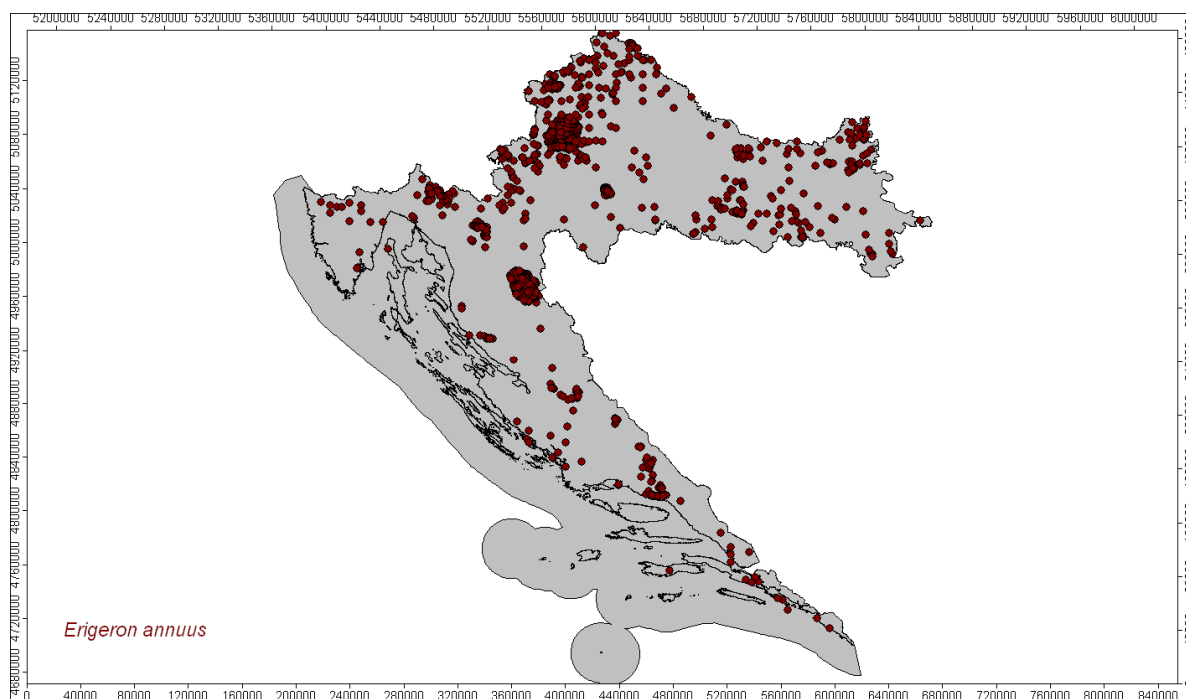
Prilog 3. Klijanci gorušice (lijevo) i pšenice (sredina) nakon tretmana otopinom koncentracije 5 g/100 mL, i klijanci istih vrsta nakon tretmana otopinom koncentracije 10 g/100 mL (desno) pripremljenom od suhih listova vrste *Ailanthus altissima*, nakon 14 dana isključavanja.



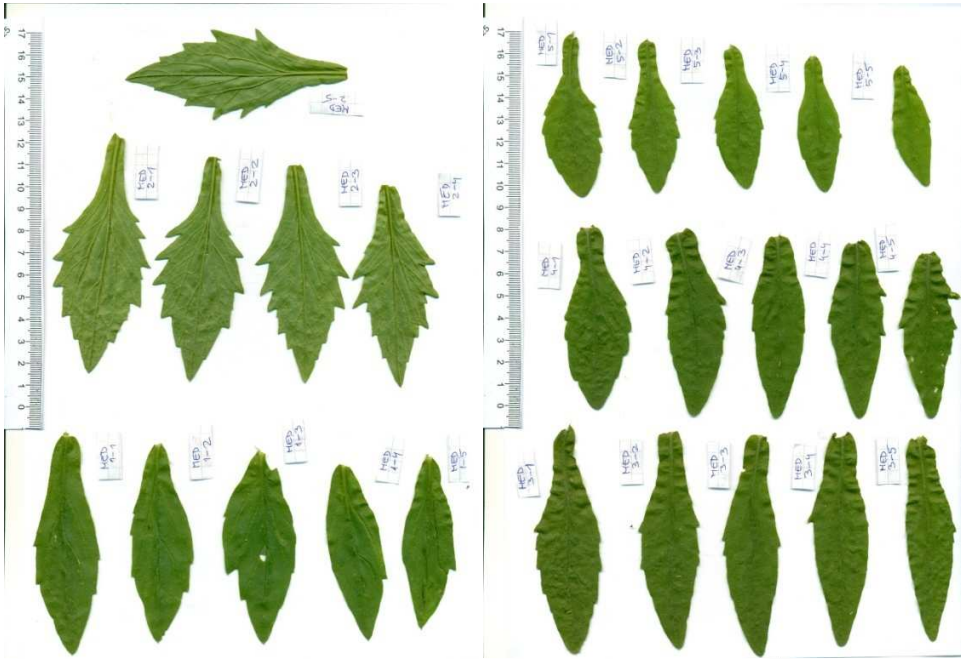
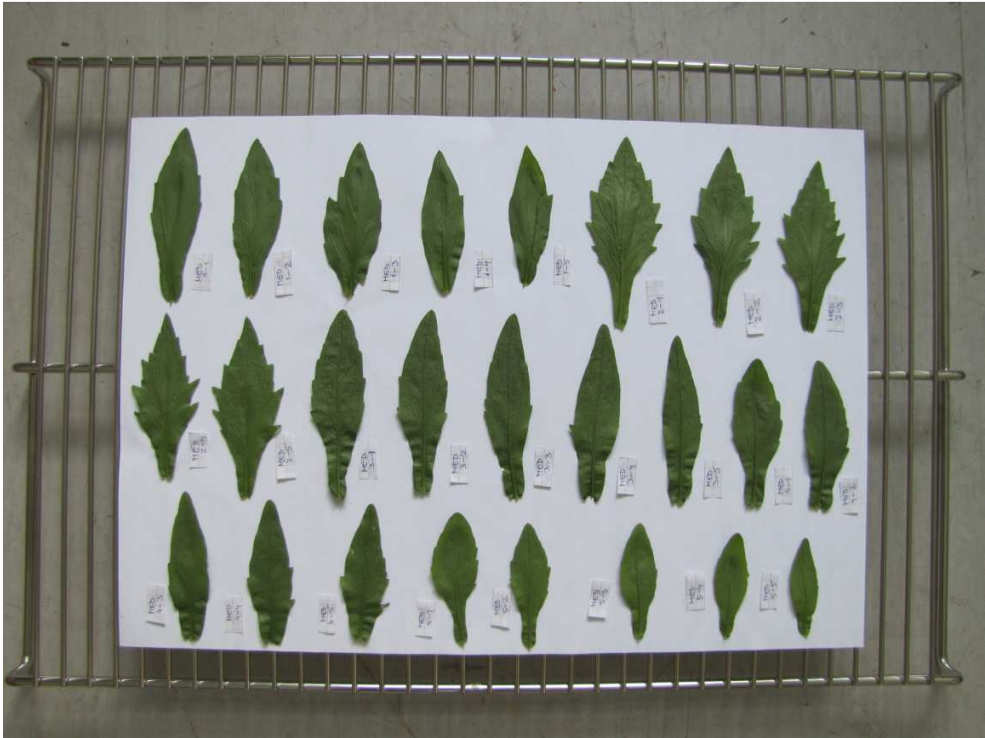
Prilog 4. Mjerenje duljine klijanaca pšenice u programu *ImageJ* iz fotografija nastalih skeniranjem. Namještanje mjerne skale (lijevo) i mjerenje duljine (desno).



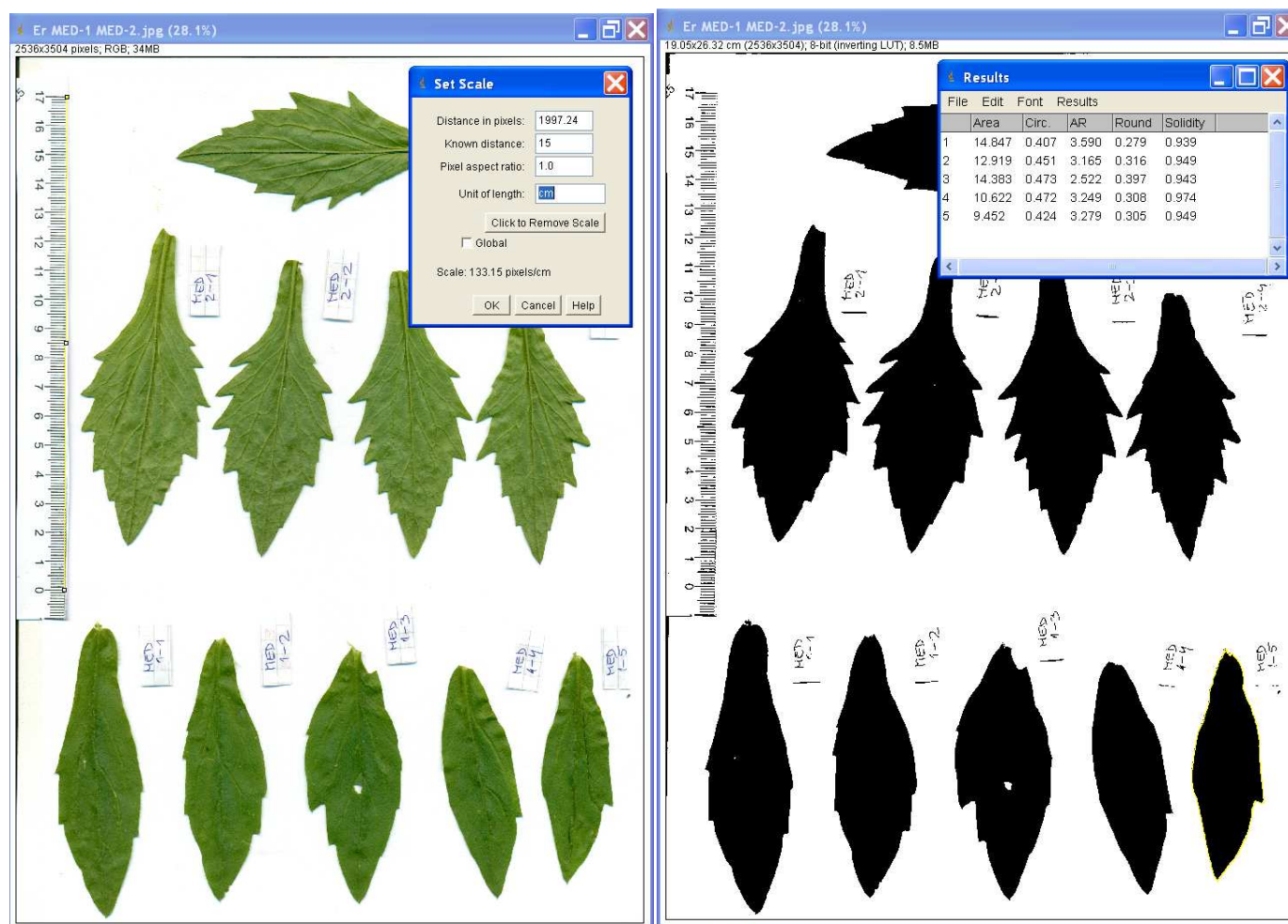
Prilog 5. Habitus (gore) i rasprostranjenost vrste *Erigeron annuus* u Hrvatskoj (dolje). Podaci o rasprostranjenosti preuzeti i prilagođeni prema Nikolić 2014.



Prilog 6. Listovi vrste *Erigeron annuus* iz populacije Medvedgrad, prije sušenja (gore), i fotografije nastale skeniranjem istih listova korištene za mjerenje (dolje).



Prilog 7. Mjerenje površine listova vrste *Erigeron annuus* u programu *ImageJ* na primjeru populacije Medvedgrad. Namještanje mjerne skale (lijevo) i mjerenje površine na fotografiji nastaloj skeniranjem koja je prethodno digitalno obrađena uz pomoć funkcije *Process/Binary/Make Binary* (desno).



Prilog 8. Razine preciznosti geokodiranja nalaza u bazi podataka *Flora Croatica Database* ovisno o primijenjenoj metodologiji i pouzdanosti izvora. Izvor Nikolić 2007.

Razina	Preciznost	Komentar preciznosti
0	Država	Preciznost mala, navodi se samo da je neka svojta nazočna u Hrvatskoj, podatak uglavnom potječe iz strane ili domaće ali starije literature. Ovakav podatak zapravo nije geokodiran, neće se pojaviti niti na jednoj karti rasprostranjenosti, no nesumnjivo može biti važan.
1	Regija	Preciznost mala, toponimi velikog obuhvata, npr. sjeverna Hrvatska, Dalmacija, Slavonija, Velebit i sl. Ovakav se podatak neće pojaviti na karti rasprostranjenosti, no nesumnjivo može biti važan.
2	Mreža MTB 1, UTM 10x10	Preciznost od cca 100 km ² , naznačeno je nalazište u nekom osnovnom polju pravokutnog oblika (npr. MTB ili UTM). Za definiciju mreže osnovnih polja pogledati Nikolić i sur. 1998.
3	Mreža MTB 1/4	Preciznost od cca 25 km ² , naznačeno je nalazište u nekom osnovnom polju pravokutnog oblika (npr. MTB ili UTM). Za definiciju mreže osnovnih polja pogledati Nikolić i sur. 1998.
4	Toponimi s centroidom	Preciznost varijabilna, uglavnom oko 10 km ² , npr. Kalnik, izvor rijeke Kupe, MTB 16 i sl.
5	Naseljena mjesta	Preciznost varijabilna, ovisi o veličini naseljenog mjesta, uglavnom oko 5 km ² (Vinkovci, Jakušani...).
6	Toponimi s centroidom	Preciznost od cca 1 km ² , npr. mali lokaliteti s jasnim centroidom - otočić, hrid, kota, vrh, MTB 64 i sl.
7	1:100000	Preciznost od cca 100-200 m. Podatak je preuzet s karte mjerila 1:100000 ukoliko autor zna prepoznati na karti točku (lokalitet) na kojoj je opažanje obavio.
8	1:50000	Preciznost od cca 50-100 m. Podatak je preuzet s karte mjerila 1:50000 ukoliko autor zna prepoznati na karti točku (lokalitet) na kojoj je opažanje obavio.
9	1:25000	Preciznost od cca 25-50 m. Podatak je preuzet s karte mjerila 1:25000 ukoliko autor zna prepoznati na karti točku (lokalitet) na kojoj je opažanje obavio.
10	1:5000	Preciznost od cca 5-10 m. Podatak je preuzet s karte mjerila 1:5000 (HOK, Hrvatska osnovna karta) ukoliko autor zna prepoznati na karti točku (lokalitet) na kojoj je opažanje obavio. Ove su karte relativno rijetke u masovnijoj upotrebi.
11	GPS	Preciznost od cca ±5-50 m, ovisno o pouzdanosti uređaja i uvjetima rada na terenu.

9 ŽIVOTOPIS

Nina Vuković rođena je 23. prosinca 1980. godine u Puli, gdje je završila osnovnoškolsko i srednjoškolsko obrazovanje. Maturirala je 1999. godine u Prirodoslovno-matematičkoj gimnaziji, nakon čega upisuje studij biologije (smjer ekologija) na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Tijekom studija aktivno sudjeluje u radu Botaničke sekcije studentske udruge BIUS, kao član i voditelj na nekoliko studentskih istraživačkih projekata (Istra, Biokovo, Papuk, Velebit). Također kao student u svojstvu demonstratora više godina sudjeluje u izvođenju praktične nastave na nekoliko botaničkih kolegija. Diplomski rad naziva „Orhideje rta Kamenjaka“ izrađuje pri Botaničkom zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta pod vodstvom prof. dr. sc. Božene Mitić, te ga uspješno brani u lipnju 2005. godine. Nakon diplome nastavlja honorarno raditi na nekoliko projekata pri Botaničkom zavodu te kao vanjski suradnik u nastavi na nekoliko botaničkih kolegija u praktičnoj (Anatomija i morfologija biljaka, Sistematska botanika, Nomenklatura i determinacija biljaka, Upotreba GIS-a u biologiji) i terenskoj nastavi (Kormofita, Ekologija bilja). Godine 2009. zapošljava se kao znanstveni novak na Botaničkom zavodu PMF-a, na projektu „Analiza biološke raznolikosti okolišnim čimbenicima i daljinskim promatranjem“ (broj projekta 119-0000000-3169) voditelja prof. dr. sc. Svena Jelaska, a iste godine upisuje i poslijediplomski studij biologije. Godine 2010. postaje majka malog Vida Majića, te upisuje mirovanje poslijediplomskog studija, koji nastavlja početkom 2011. godine.

Tijekom radnog staža sudjelovala je na nekoliko stručnih projekata. Aktivno sudjeluje u praktičnoj i terenskoj nastavi na tri kolegija (Ekologija bilja, Terenska nastava i Terenska nastava iz botanike) te je angažirana kao pomoćni voditelj nekoliko diplomskih radova. Do sada je kao koautor objavila sedam radova s međunarodnom recenzijom (pet kao prvi autor) te je sudjelovala sa 19 priloga na 12 znanstvenih skupova (5 inozemnih i 7 domaćih).

POPIS RADOVA:

Uredničke knjige:

Nikolić, T., Topić, J., **Vuković, N.** (2010): Botanički važna područja Hrvatske. Prirodoslovno-matematički fakultet i Školska knjiga, Zagreb.

Znanstveni radovi:

Brana, S., **Vuković, N.**, Kaligarič, M. (2014): Least Adder's-tongue (*Ophioglossum lusitanicum* L.) in Croatia – distribution, ecology and conservation. *Acta Botanica Croatica* 73 (2): 471-780.

Giovanetti, M., **Vuković, N.**, Jelaska, S.D. (2014): Australian acacias across eastern Adriatic – abundant but not aggressive. *Periodicum Biologorum* 116(3): 275-283.

Vuković, N., Miletić, M., Milović, M., Jelaska, S.D. (2014): Grime's strategies of the invasive plants in Croatia. *Periodicum Biologorum* 116(3): 323-329.

Vuković, N., Boršić, I., Župan, D., Alegro, A., Nikolić, T. (2013): Vascular flora of Jarun (Zagreb, Croatia). *Natura Croatica* 22(2): 275-294.

Vuković, N., Tommasoni, A., D'Onofrio, T. (2013): The *Ophrys speculum* Link (Orchidaceae) in Croatia. *Acta Bot. Croat.* 72(1): 185-191.

Vuković, N., Brana, S., Mitić, B. (2011): Orchid diversity of the cape of Kamenjak (Istria, Croatia). *Acta Bot. Croat.* 70(1):23-40.

Vuković, N., Bernardić, A., Nikolić, T., Hršak, V., Plazibat, M., Jelaska, S. D. (2010): Analysis and distributional patterns of the invasive flora in a protected mountain area - a case study of Medvednica Nature Park (Croatia). *Acta Soc. Bot. Pol.* 79(4). 285-294.

Sudjelovanja na skupovima:

Giovanetti, M., **Vuković, N.**, Jelaska, S.D. (2014): New data on alien Acacia species in Croatia. U: Čarni, A., Juvan, N., Ribeiro, D. (ur.) 23rd International Workshop of the European Vegetation Survey - Book of Abstracts. 107-107.

Jelaska, S.D., **Vuković, N.**, Miletić, M., Milović, M., Radović, A. (2014): Does heterogeneity of habitats/landcover reflect on the composition of Grime CSR strategies of invasive plants across different landscape scales? U. (ur.) Proceedings of the 8th International Conference on Biological Invasions (NEOBIOTA). From understanding to action. 215-215.

Jelaska, S.D., **Vuković, N.**, Nikolić, T. (2014): What can we learn about ecology of invasive plants from unsystematically collected data? U: Uludag, A., Yazlik, A., Jabran, K., Turkseven, S., Starfinger, U. (ur.) Proceedings of the 8th International Conference on Biological Invasions (NEOBIOTA). From understanding to action. 10-10.

Vuković, N., Jelaska, S.D. (2014): Phenotypic plasticity of *Erigeron annuus* (L.) Pers. in Central Croatia. U: Jelaska, S.D. (ur.) 1. Hrvatski simpozij o invazivnim vrstama s međunarodnim sudjelovanjem. Zbornik sažetaka. 37-38.

- Vuković, N.**, Jelaska, S.D. (2014): Variability of the CSR functional types among Croatian populations of *Erigeron annuus* (L.) Pers. U: Čarni, A., Juvan, N., Ribeiro, D. (ur.) 23rd International Workshop of the European Vegetation Survey - Book of Abstracts. 106-106.
- Radović, A., Nikolić, T., **Vuković, N.**, Jelaska, S.D. (2013): Modelling the number of invasive plants in Croatia according to the habitats and bioclimatic factors: importance of the quality of data. U: Porter, J. (ur.) IALE Book of abstracts. 1-2.
- Vuković, N.**, Filipas, M., Jelaska, S.D. (2013): Osvrt na invazivno ponašanje bagrema (*Robinia pseudoacacia* L.) u Hrvatskoj. U: Alegro, A., Boršić, I. (ur.) Knjiga sažetaka 4. Hrvatskog botaničkog simpozija s međunarodnim sudjelovanjem. 207-208.
- Miletić, M., **Vuković, N.**, Milović, M., Radović, A., Jelaska, S.D. (2012): Plant invasions at landscape level - is there a correlation between heterogeneity of habitats and composition of Grime CSR strategies? U: Jelaska, S.D., Klobučar, G.I.V., Šerić Jelaska, L., Leljak Levanić, D., Lukša, Ž. (ur.), 11. Hrvatski biološki kongres s međunarodnim sudjelovanjem. Knjiga sažetaka: 10-11.
- Radović, A., Mikulić, K., Budinski, I., Šupraha, L., Jelaska, S.D., **Vuković, N.** (2012): Impact of agricultural abandonment on farmland birds in continental part of Croatia: AGRALE project. U: Jelaska, S.D., Klobučar, G.I.V., Šerić Jelaska, L., Leljak Levanić, D., Lukša, Ž. (ur.), 11. Hrvatski biološki kongres s međunarodnim sudjelovanjem. Knjiga sažetaka: 224-225.
- Vuković, N.**, Pavićević, M., Jelaska, S.D. (2012): Alelopatski učinci pet invazivnih vrsta na klijavost i rast klijanaca gorušice (*Sinapis alba* L.) i pšenice (*Triticum aestivum* L.). U: Jelaska, S.D., Klobučar, G.I.V., Šerić Jelaska, L., Leljak Levanić, D., Lukša, Ž. (ur.), 11. Hrvatski biološki kongres s međunarodnim sudjelovanjem. Knjiga sažetaka: 20.
- Miletić, M., **Vuković, N.**, Jelaska, S.D. (2010): Usporedba invazivne flore Hrvatske po biogeografskim regijama. U: Jasprica, N., Pandža, M., Milović, M. (ur.), 3. Hrvatski botanički kongres. Knjiga sažetaka: 139-140. Školska knjiga, Zagreb.
- Mitić, B., Boršić, I., Bogdanović, Dobrović, I., Cigić, P., Rešetnik, I., Šoštarić, R., **Vuković, N.**, Nikolić, T. (2008): Invasive alien plants in Croatia: a case study in the city of Zagreb. U: Pyšek, P., Pergl, J. (ur.): Neobiota: Towards a Synthesis. 5th European Conference on Biological Invasions: 92. Prague, Institute of Botany, Academy of Sciences, Průhonice.
- Mitić, M., Boršić, I., Milović, M., Bogdanović, S., Dobrović, I., Cigić, P., Rešetnik, I., Šoštarić, R., **Vuković, N.**, Nikolić, T. (2008): Invasive alien species in Croatia – Biological approach. U: Štefanić, E., Rašić, S. (ur.): 2. međunarodni simpozij “Intractable weeds and plant invaders”: 35. Agronomski fakultet, Sveučilište J.J. Strossmayera, Osijek.
- Nikolić, T., Boršić, I., Mitić, B., **Vuković, N.** (2008): Flora Croatica Database – Allochthonous plants. U: Štefanić, E., Rašić, S. (ur.): 2. međunarodni simpozij “Intractable weeds and plant invaders”: 35. Agronomski fakultet, Sveučilište J.J. Strossmayera, Osijek.
- Mitić, B., Boršić, I., Milović, M., Bogdanović, S., Dobrović, I., Cigić, P., Rešetnik, I., Šoštarić, R., **Vuković, N.**, Nikolić, T. (2007): Tretiranje invazivnih biljnih vrsta (IAS) u Hrvatskoj – sadašnjost i budućnost. U: Britvec, M., Škvorc, Ž. (ur.), 2. hrvatski botanički kongres 2007. Knjiga sažetaka: 32. Hrvatsko botaničko društvo, Zagreb.

- Vuković, N.**, Milović, M., Župan, D., Boršić, I., Vojnić Rogić, I., Zrnčević, Z., Stančić, Z., Katalinić, A. (2007): Vaskularna flora Parka prirode Vransko jezero s posebnim osvrtom na zanimljive predstavnike. U: Britvec, M., Škvorc, Ž. (ur.), 2. hrvatski botanički kongres 2007. Knjiga sažetaka: 63. Hrvatsko botaničko društvo, Zagreb.
- Vuković, N.**, Alegro, A. (2004): *Origanum vulgare* L. subsp. *prismaticum* Arcang. (*Lamiaceae*) nova svojta u flori Hrvatske. U: Mitić, B., Šoštarić, R. (ur.), 1. Hrvatski botanički simpozij 2004. Knjiga sažetaka: 49. Hrvatsko botaničko društvo, Zagreb.
- Vuković, N.**, Brana, S., Perčić, M. (2004): Orhideje rta Kamenjaka. U: Mitić, B., Šoštarić, R. (ur.), 1. Hrvatski botanički simpozij 2004. Knjiga sažetaka: 49. Hrvatsko botaničko društvo, Zagreb.
- Boršić, I., Župan, D., **Vuković, N.** (2003): Floristic diversity of the karstic ponds on Istrian peninsula (Croatia) U: Redžić, S., Đug, S. (ur.), Third International Balkan Botanical Congress «Plant resources in the creation of new values». Book of Abstracts: 44. Prirodoslovno-matematički fakultet, Univerzitet u Sarajevu (Centar za ekologiju i prirodne resurse), Sarajevo.