

UTICAJ IZGRADNJE LINEARNE INFRASTRUKTURE NA ŠIRENJE JAPANSKOG DVORNIKA (*REYNOUTRIA* SPP.) U SRBIJI

Jovo Pokrajac¹, Tamara Stevović, Đurđe Đuković, Matija Petković

Arup d.o.o., Bulevar Vojvode Mišića 17/4, 11000 Beograd, Srbija

Rezime: Invazivne biljne vrste predstavljaju sve veću pretnju biodiverzitetu u priobalnim ekosistemima, a razvoj putne infrastrukture olakšava njihovo širenje. Japanski dvornik (*Reynoutria* spp.) formira guste monokulture koje potiskuju autohtonu vegetaciju i destabilizuju rečne obale. Ova studija ispituje rasprostranjenost, ekologiju i uspešnost upravljanja populacijama ove biljke u okviru zona izgradnje putne infrastrukture u Srbiji, na osnovu rezultata monitoringa i digitalnog mapiranja, poredeći ih sa rezultatima međunarodnih studija. Utvrđeno je da građevinske aktivnosti značajno utiču na širenje japanskog dvornika, pri čemu se njihov povećani intenzitet poklapa sa pojavom novih i obnovom prethodno uklonjenih populacija. Tretirane lokacije pokazale su znatno smanjenje populacija i sprečavanje daljeg širenja u poređenju sa netretiranim, potvrđujući da izgradnja linearne infrastrukture povećava rizik od širenja invazivnih vrsta, i da je pravovremena i dugoročna primena mera suzbijanja ključna za efikasno upravljanje.

Ključne reči: priobalni ekosistemi; invazivne vrste; *Reynoutria* spp.; linearna infrastruktura; mere suzbijanja

THE IMPACT OF LINEAR INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT ON THE SPREAD OF JAPANESE KNOTWEED (*REYNOUTRIA* SPP.) IN SERBIA

Abstract: Invasive plant species represent an increasing threat to biodiversity in riparian ecosystems, and the development of road infrastructure facilitates their spread. Japanese knotweed (*Reynoutria* spp.) forms dense monocultures that suppress native vegetation and destabilize riverbanks. This study examines the distribution, ecology, and management effectiveness of populations of this species within road-construction zones in Serbia, based on monitoring results and digital mapping, comparing them with findings from international studies. It was determined that construction activities significantly influence the spread of Japanese knotweed, with increased activity intensity coinciding with the emergence of new populations and the re-establishment of previously removed ones. Treated locations showed a substantial reduction in populations and prevention of further spread compared to untreated sites, confirming that linear infrastructure development increases the risk of invasive species expansion and that timely and long-term application of control measures is crucial for effective management.

Keywords: riparian ecosystems; invasive species; *Reynoutria* spp.; linear infrastructure; control measures

1. UVOD

1.1. Invazivne biljne vrste

Invazivne alohtone vrste sve više se prepoznaju kao jedan od vodećih pokretača globalnog gubitka biodiverziteta, doprinoseći u ~60% zabeleženih izumiranja, narušavajući ekosistemske usluge (Gallardo et al., 2024), smanjujući bezbednost hrane i ugrožavajući ljudsko zdravlje. Među njima, invazivne biljne vrste predstavljaju posebnu pretnju zbog svoje sposobnosti da brzo kolonizuju narušena staništa, potisnu autohtonu floru i izmene ekološke procese. Globalno širenje ovih vrsta u velikoj meri je omogućeno antropogenim aktivnostima, uključujući trgovinu, transport i promene u korišćenju zemljišta, pri čemu razvoj infrastrukture ima značajnu ulogu u njihovom rasprostranjivanju.

Priobalne (riparijalne) zone, prelazni ekosistemi između kopnenih i vodenih sredina, prepoznate su kao žarišta bioloških invazija zbog svoje dinamične hidrologije, čestog remećenja i povezanosti kroz predele. Ova područja su ekološki bogata, obezbeđujući ključnu povezanost staništa, filtraciju vode i kontrolu erozije. Međutim, ona su ujedno i veoma osetljiva na poremećaje koji nastaju usled infrastrukturnih projekata kao što su putevi, železnice i radovi na regulisanju rečnih tokova. Takvi poremećaji često dovode do destabilizacije zemljišta, uklanjanja vegetacije i hidroloških promena, stvarajući idealne uslove za uspostavljanje i širenje invazivnih vrsta.

Sveobuhvatna studija Srednjeg Podunavlja u Srbiji (Anđelković et al., 2022) pokazala je da su ova staništa posebno ranjiva kada su u pitanju invazivne alohtone biljke, pri čemu su slivovi Dunava i Timoka pokazali najviše nivoa invazije. Ustanovljeno je da na intenzitet invazije značajno utiče nadmorska visina, pri čemu niža područja (<200 m n.v.) podržavaju najveće bogatstvo i pokrovnost invazivnih biljnih vrsta. Poljoprivredno korišćenje

¹ Autor zadužen za korespondenciju: Jovo.Pokrajac@arup.com

zemljišta u blizini rečnih zona identifikovano je kao glavni pokretač invazija, verovatno zbog povećanog dotoka nutrijenata i olakšane disperzije propagula. Zanimljivo je da su kanali poput mreže Dunav–Tisa–Dunav (DTD) pokazali niže nivoe invazije nego reke, potencijalno usled redovnih mera održavanja kao što je košenje. Pored toga, struktura vegetacije imala je ključnu ulogu. Lokacije sa dominantnom žbunastom vegetacijom pokazale su najveću pokrovnost invazivnih vrsta, naglašavajući značaj lokalnih stanišnih karakteristika u oblikovanju dinamike invazija.

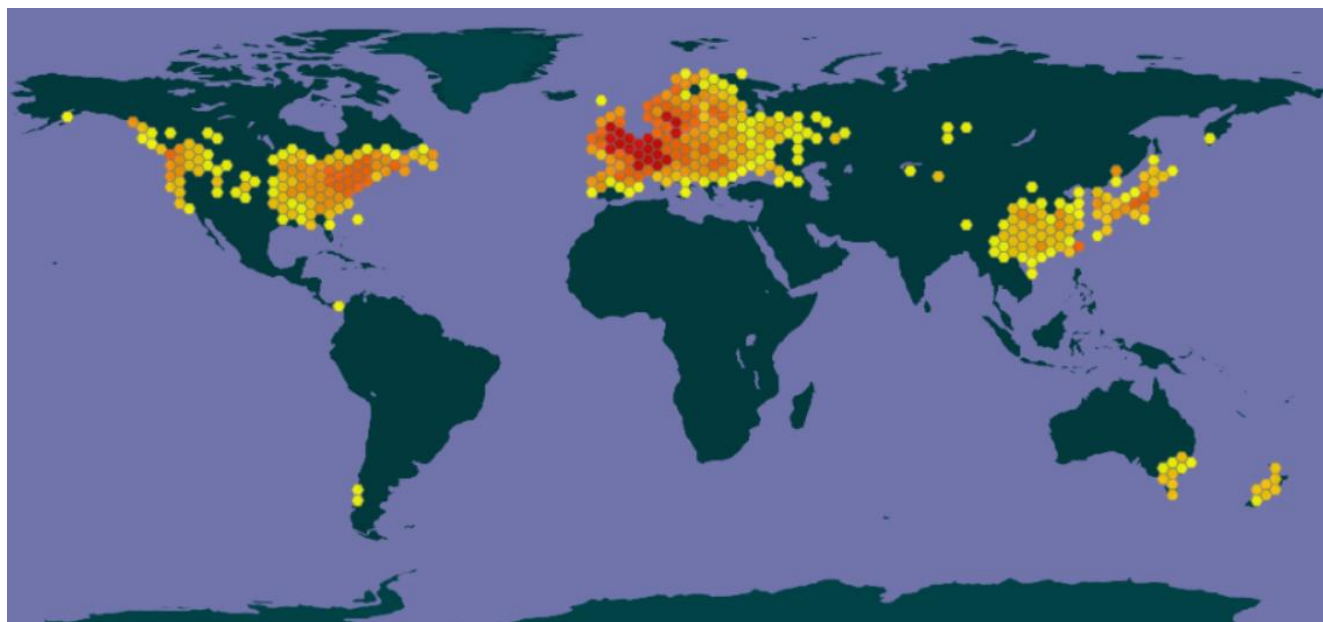
1.2. *Reynoutria* spp. – ekologija i invazivnost

Jedna od ekološki i ekonomski najštetnijih invazivnih alohtonih biljaka u rečnim zonama širom Evrope jeste japanski dvornik (*Reynoutria japonica* Houtt., sin. *Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decr.) (Slika 1), zajedno sa srodnim vrstama *R. sachalinensis* i hibridom *R. × bohemica*. Hibridne forme, naročito *R. × bohemica*, mogu nadmašiti roditeljske taksone, što dodatno otežava identifikaciju i kontrolu. Morfološke i anatomske karakteristike japanskog dvornika detaljno su opisane u novijim istraživanjima koja ističu značaj tih osobina za pouzdanu identifikaciju vrste (Stojanović et al., 2024). Studije su potvrdile njihove anatomske adaptacije na stres i sposobnost da dominiraju ruderalnom vegetacijom. Ove vrste poseduju ekološke osobine koje ih čine izuzetno uspešnim u invaziji područja u umerenom klimatu. Poreklom iz istočne Azije, ove rizomske višegodišnje biljke introdukovane su u Evropu i Severnu Ameriku tokom 19. veka kao ukrasne vrste i u svrhu kontrole erozije, ali su ubrzo dospele u prirodna staništa i postale široko rasprostranjene (Slika 2). Njihov ekološki uspeh proističe iz kombinacije vegetativnog razmnožavanja, brzog rasta i tolerancije na širok spektar uslova sredine. *Reynoutria* spp. uspevaju i na siromašnim zemljištima, podnose poplave i sušu, te lako kolonizuju narušena staništa poput puteva, obala reka i gradilišta (Mortensen et al., 2009; Ward et al., 2020).



Slika 1. Populacija *Reynoutria* spp. fotografisana duž obale vodotoka u Srbiji

Populacije ovih vrsta se pre svega šire klonalnim razmnožavanjem (Cao et al., 2024), putem opsežnih podzemnih rizomskih mreža koje mogu da se pružaju po nekoliko metara horizontalno i da prodiru duboko u zemljište. Čak i mali fragmenti rizoma ili stabla mogu regenerisati novu biljku (Lawson et al., 2021), što mehaničku kontrolu čini teškom i često kontraproduktivnom. Polno razmnožavanje je retko u evropskim populacijama zbog dominacije sterilnih ženskih klonova, naročito kod *R. japonica*, iako je hibridizacija sa *R. sachalinensis* povećala genetičku varijabilnost i invazivnost u nekim regionima.



Slika 2. Globalna rasprostranjenost *Reynoutria japonica* (izvor: GBIF)

Ekološki, *Reynoutria* spp. formiraju guste monokulture koje potiskuju autohtonu vegetaciju zasenjivanjem, alelopatijom i konkurencijom za resurse. Njihovo prisustvo menja hemijski sastav zemljišta (Dassonville et al., 2007), a posledično i sastav zajednice zemljišnih mikroorganizama. Pored toga, smanjuje diverzitet beskičmenjaka i destabilizuje rečne zone zamenom autohtonih vrsta sa dubokim korenskim sistemom sastojinama dvornika koji karakteriše relativno plitak koren (Aguilera et al., 2010; Lavoie, 2017). Ove promene mogu pojačati eroziju i smanjiti kvalitet staništa za vodene i kopnene vrste (Matte et al., 2022; Vilà et al., 2024).

Nedavna studija (Miroshnyk et al., 2025) pokazala je da se očekuje da invazivna vrsta *Reynoutria japonica* doživi i proširenje i povlačenje u svom evropskom arealu usled klimatskih promena. Konkretno, predviđa se širenje na sever za 13,6–17%, dok će se u južnim regionima areal smanjiti za do 26,5%, što ukupno dovodi do procenjenog neto smanjenja od 9–13% do 2100. godine. Studija je identifikovala sezonalnost temperature i izotermalnost kao najuticajnije klimatske faktore koji oblikuju distribuciju ove vrste, pri čemu se padavine tokom najtoplijeg dela godine izdvajaju kao ključan faktor preživljavanja. Srednja temperatura najhladnijeg dela godine, koja je trenutno manje značajna, očekuje se da postane sve važnija u budućim klimatskim scenarijima. Ovi nalazi ukazuju da će se ekološka niša vrste pomerati ka umerenijim severnim i planinskim regionima, vođena promenama režima temperature i vlažnosti.

1.3. Strategije kontrole i eradikacije

U mnogim zemljama razvijene su specifične smernice za upravljanje invazivnim vrstama tokom izgradnje saobraćajne infrastrukture (Environment Agency, 2013; Transport Infrastructure Ireland, 2020; Massachusetts Department of Transportation, 2025). Tradicionalne strategije suzbijanja često nisu uspešne zbog duboke i otporne rizomske mreže ove biljke, koja skladišti značajne rezerve ugljenih hidrata i onemogućava efikasnu translokaciju herbicida, kao i zbog ograničenja životne sredine, zakonskih restrikcija ili ograničene dugoročne efikasnosti. Mere kontrole najčešće uključuju mehaničko uklanjanje, redovno košenje i primenu herbicida. Tretmani herbicidima, uključujući ubrizgavanje direktno u stabljiku i površinsko prskanje glifosatom ili triklapirom, uobičajeni su, ali zahtevaju pažljivo tempiranje i praćenje kako bi se izbegle neželjene posledice. Međutim, hemijska kontrola u blizini vodenih tela nosi rizike kontaminacije i uticaja na druge vrste, uključujući vodozemce, ribe i akvatične beskičmenjake. Biološka kontrola pomoću vaši *Aphalara itadori*, koja se hrani biljnim sokom dvornika, pokazala je ohrabrujuće rezultate u Velikoj Britaniji, Kanadi i Holandiji, smanjujući rast i biomasu biljke za više od 50%, ali još uvek nije široko primenjena u drugim zemljama. Obnova rečnih ekosistema nakon eradikacije je moguća, ali složena i zahteva dugoročnu posvećenost, uključujući ponovno sađenje autohtonih vrsta i praćenje regeneracije kako bi se sprečila reinvazija, budući da fragmenti rizoma mogu opstati u zemljištu godinama.

Uprkos široko rasprostrinjenoj zabrinutosti i značajnim godišnjim troškovima sanacije (npr. procenjeno je da u Velikoj Britaniji godišnji troškovi sanacije iznose £165,6 miliona (Williams et al., 2010)), i dalje postoji nedostatak empirijskih dokaza prilagođenih različitim prostornim skalama, koji bi vodili ka efektivnim i održivim praksama upravljanja. Ovaj jaz doveo je do neujednačenih rezultata u kontroli i neefikasnog trošenja resursa, često vođenog neproverenim iskustvom ili komercijalnim interesima, a ne naučnim podacima.

Kako bi se to prevazišlo, sprovedeno je do sada najveće i najdugotrajnije terensko istraživanje suzbijanja japanskog dvornika (Jones et al., 2019), testirajući 19 fizičkih, hemijskih i kombinovanih tretmana tokom tri godine. Njihovi nalazi pokazali su da su tretmani zasnovani na glifosatu, tempirani tako da se poklope sa sezonskim promenama u dinamici preraspodele hranljivih materija u rizomima, znatno efikasniji od drugih metoda. Jesenja prskanja i ubrizgavanje glifosata u stabljike postigli su najveće smanjenje pokrovnosti i gustine tretiranih populacija, dok su kombinovani pristupi koji uključuju fizičko remećenje često umanjivali efikasnost herbicida. Studija naglašava da su vreme primene i pokrivenost, a ne doza herbicida, presudni za uspešno suzbijanje, te da je fizička ekskavacija, iako efikasna, ekonomski i ekološki izuzetno zahtevna. Ovi uvidi pružaju snažnu osnovu za razvoj preporučljivih praksi zasnovanih na dokazima u upravljanju invazivnim biljkama, posebno za vrste koje formiraju rizome, poput *R. japonica*.

Nedavna višegodišnja terenska studija (Michelot-Antalik et al., 2024) pokazala je da kombinacija mesečnog košenja i sadnje kompetitivnih autohtonih biljnih vrsta predstavlja održivu i efikasnu strategiju za suzbijanje *R. japonica*. Tokom tri godine, ovaj kombinovani pristup smanjio je rast biljaka u visinu do 60%, rast u širinu za 37% i gustinu populacija za 34%, dok je specifična lisna površina porasla za 22–34%, što ukazuje na fiziološki stres i promene u raspodeli resursa kod tretiranih biljaka. Na površinama gde su populacije dvornika suzbijene, uspešno su se uspostavile četiri kompetitivne autohtone vrste: *Symphytum × uplandicum*, *Dactylis glomerata*, *Schedonorus arundinaceus* i *Trifolium pratense*. Ove vrste pokazale su komplementarne dinamike rasta i doprinele dugoročnom suzbijanju *R. japonica*. Obnovljene biljne zajednice vremenom su postajale sve raznovrsnije, pri čemu je pokrov *R. japonica* opao sa 19,4% na 5%, a gola zemlja bila je zamenjena stabilnom vegetacijom. Ovi rezultati naglašavaju ekološku relevantnost i ekonomsku isplativost upravljanja zasnovanog na restauraciji, nudeći praktične preporuke za primenu u transportnim koridorima i urbanim zelenim površinama. Studija ističe važnost prilagođenih, lokalno specifičnih intervencija i dugoročnog monitoringa radi obezbeđivanja trajne kontrole i oporavka ekosistema.

1.4. *Reynoutria* spp. u Srbiji

U Srbiji je prisustvo *Reynoutria japonica* i srodnih vrsta sve češće dokumentovano, posebno u urbanim, ruderalnim i priobalnim (riparijalnim) staništima, koja su često povezana sa narušenim zemljištem i infrastrukturnim razvojem. Sveobuhvatne ekološke procene i usklađene strategije upravljanja i dalje su ograničene, naglašavajući potrebu za ciljanim istraživanjima i monitoringom u regionima koji prolaze kroz brze promene u korišćenju zemljišta.

Iako je *Reynoutria × bohemica* zabeležena na relativno malom broju lokaliteta u Srbiji, njena ekološka povezanost sa riparijalnim staništima i zonama srednjih nadmorskih visina (200–500 m n.v.) ukazuje na visok potencijal za buduće širenje. U skorašnjoj studiji (Anđelković et al., 2022) istaknuto je da Srbija poseduje najveći broj pogodnih staništa za ovaj takson u jugoistočnoj Evropi, posebno duž reka poput Drine i Zapadne Morave. Upotpunjujući ovo, rezultati klimatskog modelovanja (Miroshnyk et al., 2025) ukazuju na potrebu proaktivnog monitoringa i upravljanja taksonima roda *Reynoutria* u Srbiji, naročito u rečnim koridorima koji mogu poslužiti kao koridori za njihovo širenje u uslovima promenljive životne sredine.

Zona izgradnje putne infrastrukture analizirana u ovoj studiji obuhvata više riparijalnih zona i regulisanih vodnih tela, uključujući jednu veliku nizijsku reku i njenu plavnu ravnica. Procene uticaja na životnu sredinu identifikovale su potencijalne rizike po biodiverzitet, uključujući olakšano širenje invazivnih vrsta usled remećenja zemljišta, izmenjene hidrologije i povećane povezanosti između staništa.

1.5. Ciljevi istraživanja

Ova studija ispituje način na koji izgradnja puta u rečnom koridoru utiče na dinamiku japanskog dvornika, koristeći podatke monitoringa prikupljene duž putne infrastrukture u Srbiji tokom tri uzastopne godine. Ona sumira prostorne

i vremenske obrasce, površine populacija, blizinu vodi, vreme i rezultate tretiranja, kao i tipove lokaliteta koji su najčešće povezani sa intenzivnim širenjem populacija.

Ciljevi ovog istraživanja su:

- Detektovati i kartirati populacije *Reynoutria* spp. u riparijalnim zonama pogođenim analiziranom putnom infrastrukturom.
- Pratiti dinamiku populacija tokom tri uzastopne godine, procenjujući sezonske i prostorne promene.
- Proceniti efikasnost hemijskih mera kontrole, sa fokusom na folijarnu primenu.
- Uporediti nalaze sa međunarodnim studijama slučaja, identifikujući najbolje prakse i ekološke reakcije.
- Doprineti razumevanju ekologije *Reynoutria* spp. u kontekstu Srbije, uključujući reproduktivne strategije i stanišne preferencije.
- Proceniti uspeh i ograničenja postojećih mera kontrole, obezbeđujući preporuke za blagovremene intervencije, zasnovane na prikupljenim podacima.

2. MATERIJAL I METODE

2.1. Prostorno-vremenski okvir istraživanja

Istraživanje je sprovedeno duž zone izgradnje putne infrastrukture u Srbiji, koja prati rečnu dolinu i prolazi blizu nekoliko urbanih centara, na prosečnoj nadmorskoj visini od oko 200 m. Studija je bila fokusirana na riparijalne zone unutar plavne ravnice reke i njenih pritoka, smeštene unutar ili u neposrednoj blizini granica puta. Lokacije za terenska istraživanja odabrane su na osnovu njihove blizine zonama izgradnje, područjima regulacije reke i poznatim ili pretpostavljenim populacijama vrsta roda *Reynoutria*. Sve istraživane populacije su kartirane radi prostorne preciznosti i omogućavanja budućeg monitoringa.

Terenske aktivnosti sprovedene su tokom vegetacione sezone (april–novembar), u periodu od tri uzastopne godine. Istraživanja su realizovana od maja do oktobra prve, zatim u julu i novembru druge, i u maju i avgustu treće godine. Cilj je bio da se dokumentuju fenološke promene u rastu biljaka, reproduktivnim aktivnostima i reakcijama na tretmane. Obuhvatanjem više sezona omogućena je procena dinamike populacija i efikasnosti tretmana kroz različite faze razvoja biljke.

2.2. Mere kontrole i kriterijumi procene stanja populacija

Hemijska kontrola sprovedena je folijarnom primenom herbicida na bazi glifosata (u razblaženju prema uputstvu proizvođača) u septembru i oktobru druge, kao i u periodu jun–jul treće godine, koristeći prskalicu sa ciljanom aplikacijom kako bi se smanjilo raznošenje hemijskog sredstva. Svaki put tretirane su sve dostupne populacije. Lokacije su ponovo obilježene tokom narednih sezona radi procene uspešnosti tretmana, pri čemu su korišćeni kriterijumi kao što su smanjenje gustine i pokrovnosti populacija, odsustvo ponovnog pojavljivanja izdanaka i vizuelni znaci dejstva herbicida (hloroza/nekroza).

Tokom narednih terenskih istraživanja, korišćene su sledeće kategorije za opis stanja/trenda populacije (sa klasifikacijom kao povoljno, neutralno ili nepovoljno):

- Iskorenjena: 100% smanjenje bez ponovnog pojavljivanja izdanaka (povoljno)
- U opadanju: bilo koji nivo smanjenja bez ponovnog pojavljivanja izdanaka (povoljno)
- Stabilna: nema smanjenja, ali ni ponovnog pojavljivanja izdanaka (neutralno)
- Obnavlja se: vidljiva oštećenja od herbicida, ali uz primetan oporavak i prisustvo ponovnog pojavljivanja izdanaka (nepovoljno)
- Nova populacija/ponovo pojavljivanja izdanaka: novi izdanci na mestu gde ih ranije nije bilo, ili na lokaciji ranije evidentiranoj kao iskorenjenoj (nepovoljno)
- U porastu: populacija proširuje svoju površinu (nepovoljno)

2.3. Obrada i analiza podataka

Podaci prikupljeni o populacijama *Reynoutria* spp. obuhvataju godinu prvog uočavanja, kategorizaciju na riparijalne i neriparijalne lokalitete, deskriptore tipa/konteksta lokacije (Tabela 1), procenjene trendove populacija,

istoriju tretmana, geografske koordinate, površinu i obim svake populacije, kao i najkraće rastojanje do vodnog tela zabeleženo u septembru treće godine.

Analize prikupljenog skupa podataka fokusirale su se na:

- Identifikovanje dominantnih trendova/stanja populacija u odnosu na tretmane herbicidima.
- Procenu da li su populacije izložene većem broju tretmana pokazivale povoljnije ishode.
- Ispitivanje odnosa između blizine vodnih tela i broja zabeleženih populacija.
- Kvantifikovanje veze između površine poligona i najkraćeg rastojanja do vode korišćenjem Pirsonove korelacije i, s obzirom na pozitivnu asimetričnost distribucije površine, Spirmanove rang-korelacije, kao i Pirsonove korelacije sa log10-transformisanom površinom u svrhu provere robusnosti rezultata.
- Izračunavanje metrike kompaktnosti (cirkularnosti/izoperimetrijskog odnosa) za površine populacija zabeležene treće godine, definisane kao $C = (4\pi P)/O^2$, gde je P površina, a O obim i ispitivanje odnosa ove metrike sa površinom i udaljenošću od vode.

3. REZULTATI

U celokupnom istraživanju zabeleženo je 77 populacija *Reynoutria* spp., pri čemu je 26 populacija po prvi put detektovano u prvoj, 10 u drugoj, a 41 u trećoj godini (Tabela 1). Riparijalne lokacije dominiraju u uzorku, sa 60 riparijalnih naspram 17 neriparijalnih.

Tabela 1. Sažetak zabeleženih populacija *Reynoutria* spp. duž istraživane površine, uključujući prikupljene informacije, pri čemu je stanje populacija kategorizovano (0 – iskorenjena; 1 – u opadanju; 2 – stabilna; 3 – obnavlja se; 4 – nova ili ponovno pojavljivanje; 5 – u porastu)

Godina prve detekcije	Br.	Površina (m ²)	Obim (m)	Cirkularnost (izoperimetrijski odnos)	Distanca do vode (m)	Riparijalna populacija (+/-)	Primarni tip/kontekst lokacije	Sekundarni tip/kontekst lokacije	Stanje populacije (jul, godina II)	Stanje populacije (novembar, godina II)	Stanje populacije (ma, godina III)	Stanje populacije (avgust, godina III)	Tretman septembar, godina II (+/-)	Tretman oktobar, godina II (+/-)	Tretman jul, godina III (+/-)	Ukupan broj tretmana
I	1	2.70	6.63	0.77	65	-	Pristupni put	-	2	2	2	1	-	-	-	0
	2	1424.49	454.09	0.09	215	-	Pristupni put	Odlagalište	5	1	2	2	+	+	+	3
	3	86.87	114.50	0.08	0	+	Regulisan vodotok	Pozajmište	2	2	0	4	-	-	-	0
	4	32.59	23.13	0.76	55	+	Pristupni put	Most	2	2	0	4	-	-	-	0
	5	4659.92	337.73	0.51	0	+	Obala reke	Prirodna šuma	2	2	5	5	-	-	-	0
	6	1757.53	280.45	0.28	10	+	Pristupni put	-	5	1	2	5	+	+	-	2
	7	6450.28	1019.18	0.08	0	+	Pristupni put	Regulisan vodotok	2	2	2	5	-	-	-	0
	8	485.73	246.41	0.10	0	+	Regulisan vodotok	-	5	1	0	4	+	+	-	2
	9	422.42	85.60	0.72	50	-	Prirodna šuma	Pristupni put	2	2	2	2	-	-	-	0
	10	-	-	-	20	+	Pristupni put	-	1	1	2	0	+	+	-	2
	11	634.02	211.78	0.18	0	+	Pristupni put	-	5	1	2	5	+	+	-	2
	12	1055.91	416.01	0.08	0	+	Pristupni put	Pozajmište	5	1	5	3	+	+	+	3
	13	894.66	255.82	0.17	0	+	Obala reke	-	2	2	0	4	-	-	-	0
	14	150.62	62.92	0.48	250	-	Put u izgradnji	-	5	1	2	3	+	+	+	3

UTICAJ IZGRADNJE LINEARNE INFRASTRUKTURE NA ŠIRENJE JAPANSKOG DVORNIKA (REYNOUTRIA SPP.) U SRBIJI

	15	117.75	45.76	0.71	30	+	Pristupni put	Regulisan vodotok	2	2	2	2	-	-	-	0
	16	-	-	-	20	+	Pristupni put	Put u izgradnji	5	1	2	0	-	+	-	1
	17	1500.31	310.78	0.20	45	-	Pristupni put	Nadvožnjak	5	1	2	3	-	+	+	2
	18	-	-	-	200	-	Put u izgradnji	-	5	1	0	0	+	+	-	2
	19	-	-	-	20	+	Put u izgradnji	-	5	1	0	0	+	+	-	2
	20	384.04	162.31	0.18	0	+	Put u izgradnji	Regulisan vodotok	2	2	2	4	-	-	+	1
	21	53.63	32.73	0.63	5	+	Pristupni put	-	5	1	2	2	+	+	+	2
	22	135.96	70.17	0.35	5	+	Pristupni put	-	5	1	2	3	+	+	+	2
	23	47.70	35.11	0.49	5	+	Pristupni put	Most	2	2	1	3	-	-	+	1
	24	376.38	193.97	0.13	0	+	Regulisan vodotok	-	2	2	2	2	-	-	-	0
	25	172.36	57.38	0.66	5	+	Pristupni put	-	5	2	2	3	-	+	+	2
	26	-	-	-	40	+	Regulisan vodotok	Nadvožnjak	2	2	0	0	-	-	-	0
=	27	6.98	12.14	0.59	5	+	Pristupni put	Regulisan vodotok	-	5	2	1	-	+	+	3
	28	28.21	32.95	0.33	0	+	Pristupni put	Regulisan vodotok	-	5	2	1	-	+	+	2
	29	44.73	48.68	0.24	30	-	Pristupni put	Obradiva površina	-	5	2	2	-	+	-	1
	30	-	-	-	5	+	Pristupni put	Regulisan vodotok	-	5	5	0	-	+	+	2
	31	24.31	20.23	0.75	20	+	Pristupni put	Regulisan vodotok	-	5	2	3	-	+	+	2
	32	3738.41	535.65	0.16	15	+	Pristupni put	Regulisan vodotok	-	5	2	3	-	+	+	2
	33	220.26	146.66	0.13	90	-	Pristupni put	Put u izgradnji	-	5	5	3	-	+	+	2
	34	39.86	83.71	0.07	160	-	Prirodna šuma	-	-	2	2	2	-	-	-	0
	35	-	-	-	0	+	Pristupni put	Regulisan vodotok	-	5	2	0	-	+	-	1
	36	-	-	-	25	+	Pristupni put	-	-	5	0	0	-	+	-	1
≡	37	536.67	135.43	0.37	0	+	Regulisan vodotok	-	-	-	2	1	-	-	+	1
	38	65.23	35.09	0.67	150	-	Pozajmište	-	-	-	0	4	-	-	-	0
	39	617.77	209.71	0.18	20	+	Pristupni put	Regulisan vodotok	-	-	2	3	-	-	+	1
	40	-	-	-	0	+	Pozajmište	-	-	-	2	0	-	-	+	1
	41	5308.62	513.23	0.25	30	-	Pristupni put	-	-	-	2	5	-	-	+	1
	42	1238.79	252.04	0.24	15	+	Pristupni put	-	-	-	2	5	-	-	-	0
	43	-	-	-	0	+	Regulisan vodotok	-	-	-	0	0	-	-	-	0
	44	-	-	-	400	-	Pristupni put	-	-	-	0	0	-	-	-	0
	45	13.12	16.57	0.60	10	+	Regulisan vodotok	Pozajmište	-	-	0	4	-	-	+	1
	46	267.14	90.45	0.41	75	-	Odlagalište	Obradiva površina	-	-	2	2	-	-	+	1
	47	52.97	33.54	0.59	280	-	Pristupni put	Odlagalište	-	-	2	2	-	-	+	2
	48	1926.26	177.79	0.77	45	+	Pristupni put	Regulisan vodotok	-	-	2	3	-	-	+	2
	49	195.24	99.31	0.25	15	+	Pristupni put	Regulisan vodotok	-	-	2	5	-	-	-	0
	50	-	-	-	15	+	Pristupni put	Regulisan vodotok	-	-	2	0	-	-	+	1
	51	-	-	-	15	+	Pristupni put	Regulisan vodotok	-	-	0	0	-	-	-	0
	52	1618.12	225.86	0.40	20	+	Pristupni put	Regulisan vodotok	-	-	-	3	-	-	+	1
	53	235.13	74.65	0.53	20	+	Pristupni put	Regulisan vodotok	-	-	-	3	-	-	+	1
	54	278.53	92.44	0.41	10	+	Pristupni put	Regulisan vodotok	-	-	-	5	-	-	-	0
	55	2329.52	245.79	0.48	35	+	Pristupni put	Regulisan vodotok	-	-	-	3	-	-	+	2
	56	145.84	90.96	0.22	10	+	Put u izgradnji	-	-	-	-	5	-	-	-	0
	57	141.00	50.83	0.69	20	+	Pristupni put	Regulisan vodotok	-	-	-	2	-	-	+	1

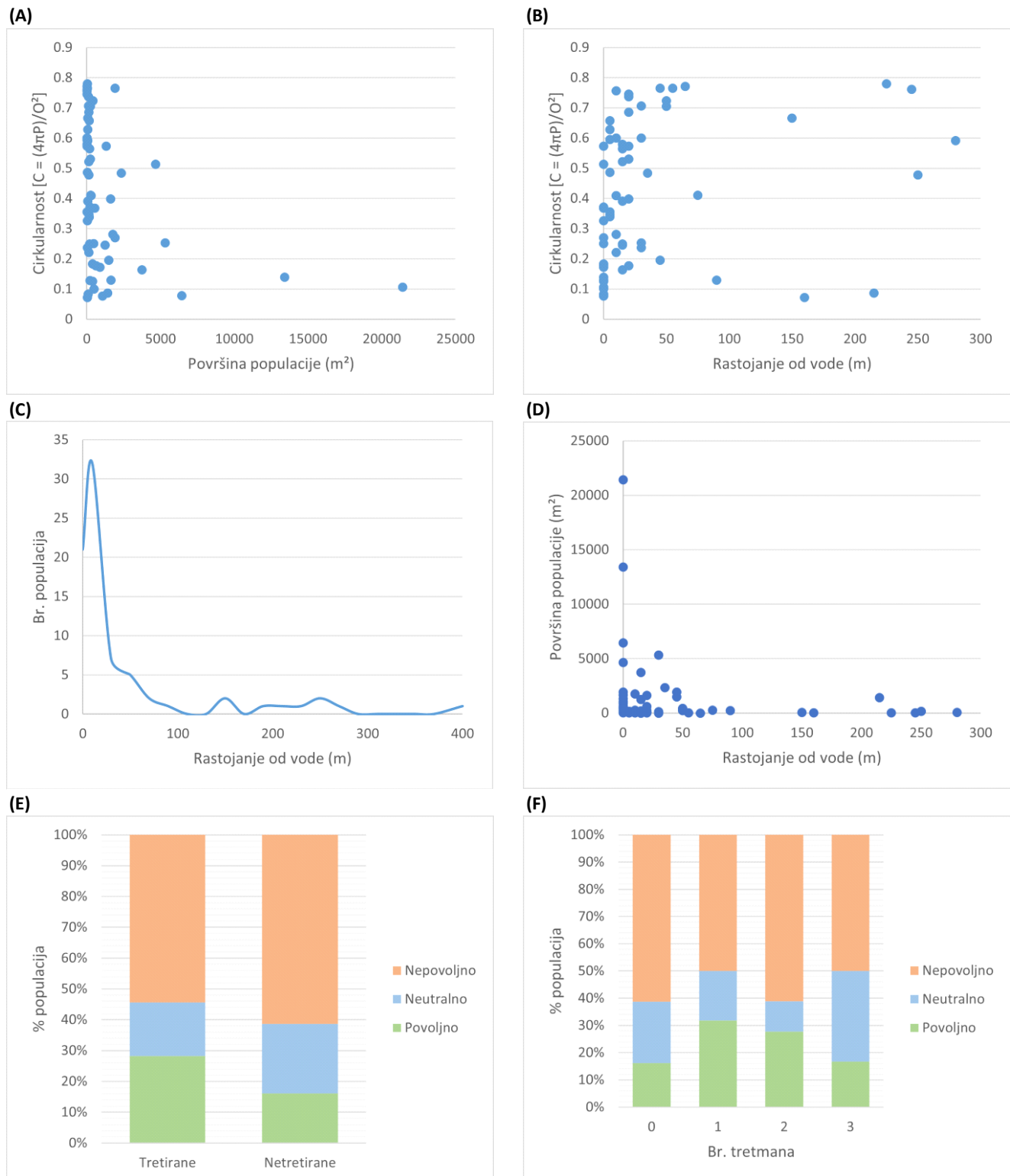
58	105.01	42.30	0.74	20	+	Pristupni put	Regulisan vodotok	-	-	-	3	-	-	+	1
59	169.34	79.21	0.34	5	+	Pristupni put	Regulisan vodotok	-	-	-	3	-	-	+	1
60	1925.39	299.14	0.27	0	+	Put u izgradnji	-	-	-	-	3	-	-	+	1
61	208.09	83.86	0.37	0	+	Most	-	-	-	-	2	-	-	-	0
62	2.05	6.55	0.60	30	+	Pristupni put	Regulisan vodotok	-	-	-	3	-	-	+	1
63	194.43	65.76	0.56	15	+	Pristupni put	Pozajmište	-	-	-	3	-	-	+	3
64	457.37	151.36	0.25	0	+	Pristupni put	Pozajmište	-	-	-	2	-	-	+	1
65	13416.92	1100.08	0.14	0	+	Regulisan vodotok	-	-	-	-	5	-	-	-	0
66	144.59	59.01	0.52	15	+	Pristupni put	Regulisan vodotok	-	-	-	5	-	-	-	0
67	52.31	41.00	0.39	15	+	Obradiva površina	-	-	-	-	5	-	-	-	0
68	2.32	7.09	0.58	15	+	Pristupni put	Regulisan vodotok	-	-	-	1	-	-	+	1
69	236.69	64.95	0.70	50	-	Obradiva površina	-	-	-	-	5	-	-	-	0
70	19.55	20.70	0.57	20	+	Pristupni put	Regulisan vodotok	-	-	-	2	-	-	+	3
71	17.48	16.99	0.76	245	-	Pristupni put	-	-	-	-	2	-	-	-	0
72	14.22	22.43	0.36	5	+	Pristupni put	Regulisan vodotok	-	-	-	4	-	-	-	0
73	10.02	12.90	0.76	10	+	Pristupni put	Regulisan vodotok	-	-	-	4	-	-	-	0
74	1642.41	399.49	0.13	0	+	Regulisan vodotok	-	-	-	-	5	-	-	-	0
75	1305.86	169.17	0.57	0	+	Regulisan vodotok	-	-	-	-	5	-	-	-	0
76	21405.32	1590.42	0.11	0	+	Pristupni put	-	-	-	-	5	-	-	-	0
77	32.92	23.02	0.78	225	-	Put u izgradnji	-	-	-	-	2	-	-	-	0

Mapirani poligoni bili su dostupni za sve 64 populacije prisutne u septembru treće godine, obuhvatajući ukupno 81.281 m². Medijana površine iznosila je 202 m², aritmetička sredina 1.270 m², a 95. percentil 5.211 m². Ova statistika ukazuje na asimetričnu raspodelu veličina, pri čemu relativno mali broj populacija sa velikom površinom čini najveći udeo ukupne površine. Obim je takođe značajno varirao (medijana 84,7 m; srednja vrednost 186,0 m), a cirkularnost (Slika 3A i Slika 3B) je pokazala širok raspon (medijana 0,395; opseg 10–90% ≈ 0,11–0,74), što sugeriše da su mnogi poligoni izduženi ili nepravilni, a ne kompaktni. Tri najveće populacije imale su 21.405 m², 13.417 m² i 6.450 m², pri čemu su sve tri bile neposredno uz vodu i rasle duž pristupnih puteva i/ili na područjima regulacije reke.

Riparijalne populacije su se tipično nalazile unutar 10 m od najbližeg vodnog tela (sa medijanom i srednjom vrednošću rastojanja oko 11,4 m), dok su neriparijalne populacije bile udaljenije (medijana 150 m; srednja ≈ 150,6 m) (Slika 3C). Veza između površine poligona i udaljenosti od vode bila je slabo negativna kada se procenjivala Pirsonovom korelacijom na netransformisanim vrednostima ($r = -0,153$), i nešto izraženija nakon log10 transformacije ($r = -0,206$). Spirmanova rang-korelacija ukazala je na umerenu, značajnu monotonu vezu ($p = -0,309$, $p = 0,013$), potvrđujući da se veće površine češće javljaju bliže rečnoj margini, iako je linearno slaganje slabo. Površine riparijalnih populacija bile su veće u odnosu na neriparijalne (Slika 3D) i kada se posmatra medijana (222 m² u slučaju riparijalnih, naspram 108 m² u slučaju neriparijalnih populacija).

Do avgusta treće godine statusi zabeleženih populacija bili su sledeći: 13 populacija je iskorenjeno, 5 je pokazivalo trend opadanja površine, 15 populacija bilo je stabilno, 19 u oporavku nakon hemijskog tretmana, 16 u porastu, 7 su se ponovo pojavile sa novim izdancima nakon što su ranije procenjene kao iskorenjene, a 2 su zabeležene kao novonastale, na lokacijama gde ih ranije nije bilo. Povoljni i neutralni ishodi obuhvatili su 33 od 77 populacija (42,9%), što odražava mešoviti napredak u okviru istraživanog područja.

Poređenje tretiranih i netretiranih podskupova prema klasifikaciji povoljno/neutralno/nepovoljno (Tabela 2, Slika 3E, Slika 3F) pokazuje da su tretirane lokacije imale više povoljnih ishoda (28,3%) nego netretirane (16,1%), što ukazuje na umerenu neto korist na nivou programa primena mera kontrole i suzbijanja.



Slika 3. (A) Odnos između cirkularnosti zabeleženih populacija i njihove površine (m^2); (B) Odnos između cirkularnosti zabeleženih populacija i njihovog rastojanja (m) od najbližeg vodnog tela; (C) Raspodela zabeleženih populacija u odnosu na rastojanje od najbližeg vodnog tela; (D) Odnos između površine zabeleženih populacija i njihovog rastojanja od najbližeg vodenog tela; (E) Razlika u povoljnosti trenda/stanja populacija između tretiranih i netretiranih populacija *Reynoutria* spp; (F) Razlika u povoljnosti trenda/stanja populacija između netretiranih populacija *Reynoutria* spp. i onih koje su bile podvrgnute jednom, dva ili tri tretmana herbicidima

Tabela 2. Stanje populacija japanskog dvornika (avgust, godina III) prema istoriji tretmana, sa prikazom broja i procenta povoljnih, neutralnih i nepovoljnih ishoda

Stanje/ Trend	Broj tretiranih populacija	Tretirane 1 put	Tretirane 2 puta	Tretirane 3 puta	Broj netretiranih populacija	% tretiranih	% netretiranih
Povoljno	13	7	5	1	5	28.26	16.12
Neutralno	8	4	2	2	7	17.39	22.58
Nepovoljno	25	11	11	3	19	54.35	61.29

Među populacijama klasifikovanim pod kategoriju „u porastu“ u avgustu treće godine, najčešći primarni kontekst lokacije bili su pristupni putevi (9 populacija). Ovo ukazuje na kontinuirani pritisak širenja duž linearnih frontova radova i narušenih ekotonskih (prelaznih) staništa.

4. DISKUSIJA

4.1. Uticaj razvoja infrastrukture na širenje japanskog dvornika u priobalnim ekološkim koridorima

Rezultati ove studije ukazuju da projekti linearne infrastrukture mogu značajno pojačati invazioni pritisak vrsta iz roda *Reynoutria* u riparijalnim okruženjima. Dominacija riparijalnih populacija (78% lokaliteta) i koncentracija najvećih sastojina u blizini vodnih tela potvrđuju da rečni tokovi funkcionišu kao disperzioni koridori za širenje japanskog dvornika. Negativna veza između veličine površine i udaljenosti od vode dodatno pokazuje da se najveće i najstabilnije populacije formiraju neposredno uz obalu.

U blizini zone izgradnje putne infratrakture identifikovana su i velika žarišta duž državnog puta i železničkog koridora, koja verovatno predstavljaju dugotrajn spoljašnji izvor propagula. Pored rečnog koridora, rezultati ukazuju i na značaj infrastrukturnih aktivnosti – pristupni putevi, regulacija reke i pozajmišta često stvaraju poremećena staništa pogodna za uspostavljanje populacija.

Povećanje novodetektovanih populacija u trećoj godini poklopilo se sa intenziviranjem radova na regulaciji reke. Većina populacija koncentrisana je u deonici sa najvećom gustinom radova i najbliža je velikim žarištima van zone gradilišta, što ukazuje na kombinovani uticaj lokalnih poremećaja i stalnog pritiska propagula. Ovi nalazi sugerišu da se nove populacije mogu pojaviti sa vremenskim odlaganjem, jer fragmenti rizoma i redistribuirano zemljište mogu dovesti do izbijanja izdanaka tokom narednih vegetacionih sezona, što predstavlja izazov za procene uticaja zasnovane na kratkoročnom monitoringu.

Ipak, interpretaciju uočenog porasta broja populacija potrebno je sagledati uz izvesna ograničenja, s obzirom na to da intenzitet i sezonska raspodela terenskih obilazaka nisu bili u potpunosti ujednačeni između godina, što može uticati na verovatnoću detekcije.

4.2. Prostorna distribucija i morfologija zabeleženih populacija

Uočena asimetrična raspodela veličina populacija, pri čemu mali broj veoma velikih površina zauzima neproporcionalno veliki deo ukupnog prostora zauzetog populacijama *Reynoutria* spp., karakteristična je za klonalne invazivne vrste i ima važne implikacije za upravljanje. Velike, nepravilne i izdužene površine, što se ogleda u generalno niskim vrednostima cirkularnosti, najčešće su bile povezane sa obalama reka, pristupnim putevima i regulisanim delovima glavnog toka i pritoka. Ovakva morfologija populacija najverovatnije odražava usmereno širenje olakšano linearnim krčenjem prirodnih staništa i fluvijalnim procesima, umesto radijalnog širenja iz jedne tačke uspostavljanja populacije.

Slaba linearna, ali značajna monotona veza između površine i udaljenosti od vode ukazuje da, iako blizina vodi ne određuje deterministički veličinu populacije, ona snažno utiče na gornje granice ekspanzije. Drugim rečima, velike populacije mogu nastati i dalje od vode, ali najveće populacije gotovo isključivo nastaju duž priobalja. Ovakav obrazac u skladu je sa drugim studijama koje pokazuju da poplave, erozija obala i redpozicija sedimenata pospešuju transport rizomskih fragmenata nizvodno, efektivno povezujući hidrološke procese sa antropogenim remećenjem staništa.

4.3. Efektivnost i ograničenja hemijske kontrole u uslovima gradilišta

Hemijski tretmani doveli su do umerenog, ali приметnog poboljšanja u odnosu na netretirane populacije. Tretirane lokacije pokazale su veći udeo povoljnih ishoda, što potvrđuje efikasnost folijarne primene herbicida kao važne komponente upravljanja japanskim dvornikom duž infrastrukturnih koridora. Ovi rezultati su u skladu sa studijama koje ukazuju na prednost dobro tempiranih aplikacija glifosata u odnosu na mehaničke ili visoko disruptivne metode. Ipak, česta ponovna pojava izdanaka, čak i na tretiranim lokalitetima, ukazuje na ograničenja hemijske kontrole kada se primenjuje izolovano ili kratkoročno. Oporavak populacija bio je naročito izražen u riparijalnim zonama i regulisanim delovima reke, što naglašava otpornost rizomskih mreža i mogućnost reinvazije iz susednih populacija. Rezultati sugerišu da hemijski tretmani sami po sebi retko obezbeđuju dugoročnu kontrolu, već su najefikasniji kada se kombinuju sa ciljanim mehaničkim uklanjanjem biomase.

Povećanje broja tretmana nije dovelo do proporcionalnog povećanja povoljnih ishoda, što ukazuje na opadajuću efikasnost pod postojećim uslovima primene. Ovo verovatno odražava neoptimalno tempiranje, nedovoljnu pokrivenost ili stalno remećenje staništa, naročito duž pristupnih puteva i aktivnih gradilišta, koje može umanjiti efekte hemijske supresije.

4.4. Primenjivost nalaza istraživanja na upravljanje invazivnim vrstama u priobalnim sistemima Srbije

Ova studija popunjava značajan empirijski jaz u razumevanju ekologije i upravljanja vrstama roda *Reynoutria* u Srbiji. Dok su prethodne regionalne studije ukazivale na pogodnost rečnih koridora za invaziju, ovi nalazi pokazuju kako savremeni infrastrukturni razvoj može veoma brzo pretvoriti tu pogodnost u ostvareno širenje. Imajući u vidu klimatske projekcije koje ukazuju na nastavak povoljnih uslova za *Reynoutria* spp. u regionu ili njihovo geografsko pomeranje u određenoj meri, može se pretpostaviti da će se važnost proaktivnog upravljanja duž glavnih rečnih koridora vremenom povećavati.

Rezultati takođe ukazuju da postojeći regulatorni i operativni okviri potencijalno potcenjuju postojanost i prostornu dinamiku populacija japanskog dvornika. Mere zaštite životne sredine koje se fokusiraju na sprečavanje inicijalnog uspostavljanja nisu dovoljne kada započnu obimni zemljani radovi. Umesto toga, upravljanje mora biti integrisano u celokupan životni ciklus infrastrukturnih projekata – od istraživanja i definisanja protokola rukovanja zemljištem pre same izgradnje, do uspostavljanja programa monitoringa i restauracije nakon izgradnje.

Međunarodni dokazi sve više podržavaju integrisane, restauracione pristupe koji kombinuju supresiju invazivne vrste sa kompetitivnom autohtonom vegetacijom. Iako takve strategije nisu direktno testirane u ovoj studiji, često beležena reinvazija ukazuje da hemijska kontrola sama po sebi može privremeno stabilizovati populacije, ali retko vraća ekološku otpornost staništa. Uključivanje autohtonih riparijalnih vrsta prilagođenih rečnim sistemima Srbije moglo bi da smanji dugoročni rizik od reinvazije i unapredi oporavak ekosistema nakon završetka građevinskih aktivnosti.

5. ZAKLJUČCI

Ovo istraživanje predstavlja prvu višegodišnju studiju dinamike vrsta roda *Reynoutria* u odnosu na izgradnju putne infrastrukture u Srbiji. Rezultati pokazuju da izgradnja puteva i radovi na regulaciji rečnog toka značajno doprinose uspostavljanju, širenju i postojanosti populacija japanskog dvornika, posebno u riparijalnim zonama.

Ključni nalazi uključuju:

- izraženu dominaciju riparijalnih populacija, pri čemu su najveće i najnepravilnije površine zabeležene neposredno uz vodna tela;
- značajnu tendenciju da se veće populacije javljaju bliže vodi, potvrđujući ulogu rečnih koridora kao žarišta invazije;
- merljivu, ali ograničenu korist hemijske kontrole – tretirane populacije su pokazale veći udeo povoljnih ishoda u odnosu na netretirane, ali uz česte obrasce oporavka i ponovnog izbijanja;
- jasnu povezanost između populacija koje su u porastu i aktivnih građevinskih struktura, posebno pristupnih puteva i zona regulacije rečnog toka.

Zajedno, ovi rezultati ukazuju da upravljanje vrstama roda *Reynoutria* u infrastrukturnim koridorima ne može da se oslanjati na kratkoročne ili jedinstvene metode intervencije. Efikasna kontrola zahteva višegodišnje strategije, pažljivo tempiranje tretmana, stroge protokole upravljanja zemljištem i dugoročni monitoring koji traje i nakon završetka građevinskih radova. Za Srbiju i slične države u regionu, u kojima se odvija ubrzana infrastrukturna ekspanzija, integrisanje upravljanja invazivnim vrstama u planiranje projekata ključno je za sprečavanje dugoročnog ekološkog degradiranja riparijalnih sistema.

Obezbeđujući kvantitativne, lokalno specifične podatke iz Jugoistočne Evrope, ova studija doprinosi širem razumevanju načina na koji linearna infrastruktura utiče na ekologiju invazivnih biljnih vrsta roda *Reynoutria* i pruža praktičnu osnovu za unapređenje politika i praksi upravljanja invazivnim vrstama u takvim građevinskim projektima.

Literatura

- [1] Aguilera, A. G., Alpert, P., Dukes, J. S., & Harrington, R. (2010). Impacts of the invasive plant *Fallopia japonica* (Houtt.) on plant communities and ecosystem processes. *Biological Invasions*, 12(5), 1243-1252.
- [2] Anđelković, A., Pavlović, D., Marisavljević, D., Živković, M., Novković, M., Popović, S., ... & Radulović, S. (2022). Plant invasions in riparian areas of the Middle Danube Basin in Serbia. *NeoBiota*, 71(23).
- [3] Cao, P. P., Yin, W. D., Bi, J. W., Lin, T. T., Wang, S. Y., Zhou, H., ... & Li, B. (2024). Clonal plasticity and trait stability facilitate knotweed invasion in Europe. *Journal of Plant Ecology*, 17(6), rtae067.
- [4] Dassonville, N., Vanderhoeven, S., Gruber, W., & Meerts, P. (2007). Invasion by *Fallopia japonica* increases topsoil mineral nutrient concentrations. *Ecoscience*, 14(2), 230-240.
- [5] Environment Agency. (2013). Managing Japanese knotweed: Code of practice (LIT 2695).
- [6] Gallardo, B., Bacher, S., Barbosa, A. M., Gallien, L., González-Moreno, P., Martínez-Bolea, V., ... & Vilà, M. (2024). Risks posed by invasive species to the provision of ecosystem services in Europe. *Nature Communications*, 15(1), 2631.
- [7] Jones, D., & Eastwood, D. (2019). Sustainable control of Japanese knotweed. *Outlooks on Pest Management*, 30(5), 195-200.
- [8] Lavoie, C. (2017). The impact of invasive knotweed species (*Reynoutria* spp.) on the environment: review and research perspectives. *Biological Invasions*, 19(8), 2319-2337.
- [9] Lawson, J. W., Fennell, M., Smith, M. W., & Bacon, K. L. (2021). Regeneration and growth in crowns and rhizome fragments of Japanese knotweed (*Reynoutria japonica*) and desiccation as a potential control strategy. *PeerJ*, 9, e11783.
- [10] Massachusetts Department of Transportation (2025). General recommendations for invasive plant management on roadway construction projects. MassDOT.
- [11] Matte, R., Boivin, M., & Lavoie, C. (2022). Japanese knotweed increases soil erosion on riverbanks. *River Research and Applications*, 38(3), 561-572.
- [12] Mortensen, D. A., Rauschert, E. S., Nord, A. N., & Jones, B. P. (2009). Forest roads facilitate the spread of invasive plants. *Invasive plant science and management*, 2(3), 191-199.
- [13] Michelot-Antalik, A., Kergunteuil, A., Genty, L., Montagne, P., Robin, C., Tehranchi, M., & Lerch, S. (2024). Ecological restoration combining mowing and competition limits the development of invasive *Reynoutria japonica*. *Journal of Environmental Management*, 366, 121818.
- [14] Miroshnyk, N., Grabovska, T., & Roubík, H. (2025). The spread of the invasive species *Reynoutria japonica* Houtt. will both expand and contract with climate change: results of climate modelling for 14 European countries. *Pest Management Science*, 81(7), 3642-3653.
- [15] Stojanović, D., Zbiljić, M., Brežičanin, J., & Maksimović, Z. (2024). Anatomical study of Japanese Knotweed (*Reynoutria japonica* Houtt., Polygonaceae): key insights for identifying an invasive species with medicinal traits. *Lekovite sirovine*, 44(1), e008.
- [16] Transport Infrastructure Ireland. (2020). The management of invasive alien plant species on national roads: Technical guidance (GE-ENV-01105). Transport Infrastructure Ireland.
- [17] Vilà, M., Trillo, A., Castro-Díez, P., Gallardo, B., & Bacher, S. (2024). Field studies of the ecological impacts of invasive plants in Europe.
- [18] Ward, S. F., Taylor, B. S., Dixon Hamil, K. A., Riitters, K. H., & Fei, S. (2020). Effects of terrestrial transport corridors and associated landscape context on invasion by forest plants. *Biological Invasions*, 22(10), 3051-3066.
- [19] Williams, F., Eschen, R., Harris, A., Djeddour, D., Pratt, C., Shaw, R. S., ... & Murphy, S. T. (2010). The economic cost of invasive non-native species on Great Britain. CABI Proj No VM10066, 199.