

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Paula Šimunčić

**Biološke i ekološke značajke invazivne
vrste *Dikerogammarus villosus***

Završni rad

Zagreb, 2021.

Ovaj rad je izrađen na Zoološkom zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu,
pod voditeljstvom doc. dr. sc. Sandre Hudine.

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Invazivne strane vrste u makrozoobentosu slatkovodnih ekosustava.....	2
3. Biologija i ekologija vrste <i>Dikerogammarus villosus</i> (Sowinsky, 1894).....	3
4. Invazivnost i mehanizmi širenja	6
5. Pravci unosa i distribucija u Europi	9
6. Pregled stanja u Hrvatskoj	11
7. Zaključak.....	13
8. Literatura.....	14
9. Sažetak	18
10. Summary	18
11. Životopis.....	19

1. Uvod

Autohtona ili zavičajna vrsta je ona koja nastanjuje određeno geografsko područje, uključujući područje koje može doseći i zauzeti svojim prirodnim sustavom širenja (*ICES, 1994*). Vrsta koja ne obitava na za nju svojstvenom području rasprostranjenosti, nego je u njega uvedena ciljanim ili slučajnim utjecajem čovjeka naziva se strana ili alohtona vrsta (*MINGOR, 2020*). Ukoliko strana vrsta na području u koje je unesena djeluje štetno, ugrožava biološku raznolikost i ima izravan ili neizravan utjecaj na ekosustav i dobrobit ljudi smatra se invazivnom stranom vrstom (*Uredba EU, 2014*).

Nakon uvođenja na novo područje, invazivne strane vrste vrlo brzo uspostavljaju stabilnu populaciju. To im omogućuju specifične karakteristike i prilagodbe: velika predatorska sposobnost, širok izbor hrane, kratko generacijsko vrijeme, rano postizanje reproduktivne zrelosti i visok fekunditet. Odlikuje ih eurivalentnost, što znači da su otporne na česte promjene okolišnih čimbenika, primjerice promjene u temperaturi, kakvoći vode i salinitetu (*Žganec, Gottstein i Hudina, 2009*). Utjecaj invazivnih stranih vrsta na zavičajne vrste značajan je i negativan. Očituje se u izravnoj kompeticiji za stanište i hranu, predatorstvu, prijenosu patogena i bolesti (*MINGOR, 2020*). Utjecajem na staništa i hranidbene navike zavičajnih vrsta, invazivne strane vrste direktno ili indirektno mijenjaju strukturu hranidbenih mreža.

Invazivne strane vrste nerijetko imaju negativne utjecaje na ljudsko zdravlje i gospodarstvo. Ekonomska šteta koju godišnje prouzroče u Europskoj uniji procjenjuje se u milijardama eura. Izravne štete bilježe se u smanjenju prinosa u pojedinim gospodarskim granama, primjerice u poljoprivredi, šumarstvu, ribarstvu i turizmu (*MINGOR, 2020*). Prema Elliottu (2003) štetni ekološki i ekonomski učinci uvedenih invazivnih stranih vrsta percipiraju se kao „biološko zagađenje“.

Iako njihova pojava nije novost modernog vremena, povećanje trgovine, transportnog prijevoza i putovanja u dvadeset i prvome stoljeću itekako doprinosi širenju mnogih stranih vrsta, uzrokujući tako globalan i kontinuiran porast novih unosa i naseljavanje invazivnih stranih vrsta na nova područja (*MINGOR, 2020*). Prema Jażdżewskom (1980) najvažnija ljudska aktivnost koja je olakšala širenje stranih vrsta u europske slatke vode bilo je međusobno povezivanje velikih europskih rijeka brojnim kanalima. Nakon otvaranja kanala Rajna – Majna – Dunav 1992. godine i povezivanjem njihovih tokova ostvarena je poveznica između ponto-kaspijskog područja (područje Kaspijskog jezera, Azovskog i Crnog mora) i

zapadne Europe koja je omogućila širenje velikog broja stranih vrsta (Bij de Vaate i sur., 2002).

Tijekom proteklih desetljeća u europske slatke vode dospjele su mnoge vrste ponto-kaspijskih beskralješnjaka čiji je invazivan učinak golem. Među najuspješnijim invazivnim stranim vrstama beskralješnjaka su rakovi iz reda Amphipoda (Žganec, Gottstein i Hudina, 2009). Rakušac *Dikerogammarus villosus* ponto-kaspijska je invazivna vrsta koja ima negativan učinak na zavičajnu bentosku zajednicu europskih kopnenih voda (Rewicz i sur., 2015).

2. Invazivne strane vrste u makrozoobentosu slatkovodnih ekosustava

Lodge (2000) zastupa mišljenje da su invazivne strane vrste, nakon uništavanja staništa, vodeći faktor smanjenja bioraznolikosti na globalnoj razini. Najveću prijetnju predstavljaju u osjetljivim ekosustavima koji su geografski izolirani (MINGOR, 2020), a jedan od takvih ekosustava jesu kopnene vode. Prema Hudini (2009) ugroženost kopnenih voda biološkim invazijama može rezultirati potpunom dominacijom invazivnih stranih vrsta. Invazivne strane vrste u vodenim staništima imaju tendenciju bržeg rasprostranjivanja i teže ih je detektirati, a još ih je teže ukloniti i držati njihovu brojnost pod kontrolom. Strani beskralješnjaci, posebno rakovi i mekušci, imaju snažan utjecaj na zavičajne vrste i procese ekosustava u kopnenim vodama širom svijeta (Žganec i sur., 2020).

Preko riječnih plovnih koridora povezane su važne trgovačke luke u Europi, što je omogućilo širenje stranih vrsta beskralješnjaka, bilo pričvršćenih za trup plovila ili preko balastnih voda (Bij de Vaate sur., 2002). Procjenjuje se da se u svijetu godišnje preveze do deset milijardi tona balastnih voda, a s njima i do 7.000 različitih biljnih i životinjskih vrsta. Jedan metar kubični balasta može sadržavati između 3.000 i 10.000 organizama različitih vrsta (Kurtela, Jelavić i Novaković, 2007). Navedenim načinom širenja Europom rasprostranili su se rakušci porodice *Gammaridae*.

Važnu ulogu u slatkovodnim ekosustavima čini bentos koji predstavlja kompleksnu zajednicu organizama koji nastanjuju dno rijeka, jezera, bara, mora i oceana (Khan i sur., 2007). Zajednica bentosa uključuje velik broj različitih organizama: bakterije, biljke (fitobentos) i životinje (zoobentos) koji pripadaju različitim karikama hranidbenog lanca (Tagliapietra i Sigovini, 2010). Najveći predstavnici životinjske bentoske zajednice jesu organizmi čija veličina prelazi 1.0 mm, takozvani makrozoobentos. Makrozoobentos ima važnu ulogu u vodenom ekosustavu koja se očituje u mineralizaciji, miješanju sedimenata i kruženju organske

tvari (Khan i sur., 2007). Rakušci (porodica *Gammaridae*) su sastavni dio makrozoobentoskih zajednica. Često dominiraju u pogledu brojnosti ili biomase (Žganec, Gottstein i Đurić, 2010) i vrlo su važna komponenta slatkovodnih hranidbenih mreža, uključujući tekuće vode i jezera. Na zavičajnu bentosku zajednicu europskih slatkih voda sve veći utjecaj imaju ponto-kaspijski rakušci, njihove uspješno uspostavljene zajednice na mnogim su mjestima nadmašile ili u potpunosti zamijenile domaće vrste (Žganec, Gottstein i Hudina, 2009). Kada se nađu u novom području njihova imobilnost i adaptacija omogućuju vrlo brzo invazivno širenje i utjecaj na hranidbene odnose novog područja. Taj utjecaj može biti izravan, predacijskim i kompeticijskim ponašanjem rakušaca ili neizravan, zbog sposobnosti rakušaca da mijenjaju stanište i sastav hranidbenih mreža.

Rakušac podrijetlom iz ponto-kaspijske regije, *Dikerogammarus villosus* posljednjih se desetljeća raširio i nastanio u vodenim ekosustavima Europe. Njegove brzorastuće populacije, zahvaljujući invazivnim karakteristikama vrste, uzrokovale su značajne ekološke promjene. Interakcije između vrste *D. villosus* i zavičajnih vrsta iz roda *Gammarus* mogu rezultirati potiskivanjem ili lokalnim izumiranjem zavičajnih vrsta, čime se smanjuje bioraznolikost određenog ekosustava (URL 1).

3. Biologija i ekologija vrste *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1894)

Dikerogammarus villosus (Sowinsky, 1894) pripada redu Amphipoda i porodici *Gammaridae*. Ova je vrsta zavičajna u ponto-kaspijskoj regiji, no zadnjih desetljeća nastanjuje kopnene vode diljem Europe i mijenja uspostavljen ekosustav (Rolla, Consuegra i de Leaniz, 2020). Vrsta je postala poznata pod nazivom "killer shrimp" zbog svog predatorskog učinka i širokog raspona plijena kojim se hrani (Casellato i sur., 2006).

Amphipoda su red makroskopskih rakova razreda Malacostraca. Pripadaju nadredu Peracaridia čiji životni ciklus karakterizira izravan razvoj, što znači da ne postoji stadij ličinke i proces metamorfoze, nego juvenilne jedinice sazrijevaju nakon nekoliko presvlačenja. Većina vrsta su epibentoske, bentoske ili podzemne (Väinölä i sur., 2008)

Tijelo mu je segmentirano, lateralno spljošteno i blago uvijeno u luk, podijeljeno na 13 segmenata grupiranih u tri regije: glavu, toraks i zadak. Glava i toraks su s dorzalne strane spojene u čvrst i uglavnom nepokretan oklop, tzv. egzoskelet. Za vrijeme svoga razvoja nekoliko ga puta presvlače (URL 2). *D. villosus* javlja se u prugastom uzorku ili jednolikom svijetlosmeđem obojenju. Veličinom dominira među slatkovodnim rakušcima, a može doseći

do 30 mm u dužini tijela. S obzirom na godišnje doba razlikuje se stopa rasta, tako je mjesečni rast zimi između 1.3 i 2.9 mm, dok pri višim temperaturama u ljetnih mjeseci mogu narasti od 2 do 2.6 mm mjesečno. Životni vijek im je 2 do 3 godine, a budući da imaju nekoliko generacija godišnje dominiraju brojnošću (URL 1 , URL 2)).



Slika 1: *Dikerogammarus villosus* (preuzeto iz Rewicz i sur., (2014))

Na glavi se nalaze dva para ticala koja predstavljaju osjetila za okus i miris, jedan par sjedećih lateralno smještenih složenih očiju i usni aparat. Mandibule vrste *D. villosus* relativno su velike i moćne, što predstavlja vrlo učinkovit mehanizam za predaciju. Toraks je građen od 7 segmenata. Svaki segment sadrži jedan par nogu za hodanje. Prva dva para nogu izmijenjena su i pomažu u hranjenju. Specifično je za ženke što na nogama za hodanje imaju dodatne ogranke kojima tvore prostor za inkubaciju i čuvanje jajašaca. Zadak gradi 6 segmenata i podijeljen je u dva dijela. Prvi set segmenata sadrži tri para obraslih nogu koji nalikuju na četku, tzv. pleopodi. Drugi set segmenata sadrži tri para kraćih i nepokretnih privjesaka zvanih uropodi koji im služe za plivanje (MacNeil i sur., 2010, URL 1).

Razmnožavaju se spolno i to tijekom cijele godine, zbog čega su obilježja ove vrste izrazito visok fekunditet i kratko generacijsko vrijeme. U populaciji vrste *D. villosus* dominantna je ženka. Mužjak pred samu oplodnju drži ženku sve dok ona ne presvuče svoj egzoskelet, zatim položi sperm u njenu jajnu vrećicu. Razmnožavanje može potrajati i do nekoliko dana (URL 2).



Slika 2: Dvije jedinke *Dikerogammarus villosus* u parenju
(preuzeto iz Tricarico i sur., (2010))

Ženka može istovremeno nositi 50 jaja u komori na trbušnoj strani tijela. Juvenilne jedinke kada izađu iz jajeta morfološki nalikuju odraslima, no mnogo su manjih dimenzija. Spolno su zreli kada dosegnu veličinu od 6 mm, što postižu nakon šestog presvlačenja (URL 1).



Slika 3: *Dikerogammarus villosus* u različitim fazama života
(Preuzeto iz MacNeil i sur., (2010))

Vrsta *D. villosus* pokazuje brojne osobine karakteristične za invazivne vrste poput kratkog embrionalnog razvoja, brzog rasta i spolnog sazrijevanja, dugog reproduktivnog razdoblja i velike reproduktivne sposobnost (Tricarico i sur., 2010). Osim što je detritivor i filtrira suspendirane alge, omnivorni je predator sa širokim izborom plijena, uključujući razne beskralješnjaka kao što su ličinke trzalca i vretenaca, vodeni kukci, pijavice, izopodni rakovi i drugi rakušci (Rewicz i sur., 2014, Dick, Platvoet i Kelly, 2002), ali čak i jaja, ličinke i odrasle jedinke riba (Devin i sur., 2003, Tricarico i sur., 2010). Izrazito je agresivan pri lovu, ubija plijen ugrizom pa ga usitni svojim snažnim mandibulama zahvaljujući kojima dominira u kompetitivnim interakcijama sa zavičajnim rakušcima (Dick, Platvoet i Kelly, 2002). Takav način prehrane daje mu važnu ulogu u hranidbenoj mreži slatkovodnih ekosustava, a zbog velike brojnosti služi i kao hrana brojnim ribama, osobito kada je u juvenilnom stadiju (MacNeil i sur., 2010). Kanibalizam, osobito kod odraslih jedinki koje jedu juvenilne jedinke, nije rijedak za rakušce. Stoga prostorna segregacija koja se javlja kod vrste *D. villosus* smanjuje generacijsko preklapanje i ograničava intraspecijsku konkurenciju (Kinzler i sur., 2009).

Najučestaliji je u slatkovodnim staništima: rijekama, jezerima i kanalima, ali u velikom broju je zastupljen i u brakičnim vodama. Sposoban je kolonizirati sve tipove supstrata izuzev pijeska, a dominantna je vrsta na kamenitom dnu (URL 1). Vrsta podnosi širok raspon okolišnih uvjeta. Euritermična je i eurihalina vrsta, a također može živjeti i u uvjetima niske koncentracije kisika (MacNeil i sur., 2010, URL 1). Vrsta *D. villosus* može živjeti u intervalu temperatura između 0 i 30 °C, a gornja granična temperatura za vrstu iznosi 35 °C (MacNeil i sur., 2010). Preferira slatke i brakične vode čiji je salinitet od 0‰ do 10‰, sposoban je živjeti u vodama čiji salinitet iznosi 20‰, dok mu je gornja granica 24‰ (Bruijs i sur., 2001, Truhlar i Aldridge, 2015).

4. Invazivnost i mehanizmi širenja

Dikerogammarus villosus, eurivalentni rakušac ponto-kaspijskog podrijetla pripada u najgorih stotinu invazivnih vrsta u Europi (Rewicz i sur., 2014, citirano prema DAISIE 2009). Diljem Europe ugrožava slatkovodne ekosustave i njihovu bioraznolikost. Vrsta posjeduje nekoliko osobina koje su joj olakšale izuzetno brzo širenje. Fiziološki je tolerantna i prilagodljiva na abiotičke i biotičke čimbenike u novome staništu što je prema Bij de Vaateu (2002) nužno za uspostavljanje stabilne populacije. Da bi alohtona vrsta uspostavila stabilnu populaciju mora doći u dovoljnom broju u određenom vremenu. Uspješne invazije obično se

odvijaju kroz niz uzastopnih faza, u kojima se invazivna vrsta prilagođava novom staništu. U tom vremenu vrsta mora biti sposobna razmnožavati se i dovršiti svoj životni ciklus (Bij de Vaate i sur., 2002). Stvaranjem stabilne populacije i pronalaskom odgovarajuće ekološke niše, vrsta se smješta u ekosustav u kojem ranije nije postojala i na njega vrši utjecaj, bilo pozitivni ili, još češće, negativni kao što je to slučaj s vrstom *D. villosus*.

Kako je već rečeno najvažnije osobine koje su promovirale uspjeh vrste *D. villosus* su: kratko generacijsko vrijeme, brzi rast i razvoj, rano dosezanje spolne zrelosti i visok fekunditet iz čega se može zaključiti da vrsta u vrlo kratkom vremenu ima vrlo brojno potomstvo što je čini izvrsnim kolonizatorom. Pöckl (2007) navodi da jedna ženka vrste *D. villosus* sposobna dati više potomstva u jednom leglu, nego što to mogu učiniti ženke vrsta *Gammarus fossarum*, *G. pulex* ili *G. roeselii* (zavičajne vrste europskih kopnenih voda) tijekom cijelog svog života. Što znači da bi potencijalno trebala samo jedna ili dvije ženke vrste *D. villosus* da uspostave stabilnu populaciju na novom području (Pöckl, 2007). Vrsta ima sposobnost raširiti se na velike udaljenosti u relativno kratkom vremenu (Bruijs i sur., 2001), zahvaljujući tendenciji aktivnog kretanja u vodenom stupcu (Rewicz i sur., 2014). Prema istraživanju van Riel i sur. (2011) *D. villosus* dominantna je komponenta aktivno pokretljive faune beskralješnjaka i stoga može lako kolonizirati rijeke nizvodnim kretanjem. Nespecifična preferencija prema hrani uz izraženo agresivno i predatorsko ponašanje ugrožavaju zavičajne vrste. S veličinom tijela većom od ostalih europskih slatkovodnih vrsta roda *Gammarus* (Devin i sur., 2003) zajedno sa snažnim mandibulama, svladava plijen iako je zaštićen egzoskeletom. Njegovo agresivno ponašanje dovodi do toga da često ozljeđuje ili ubija ostale vrste beskralješnjaka bez njihove konzumacije, što dodatno povećava utjecaj ovog napadača na populacije potencijalnog plijena (Dick, Platvoet i Kelly, 2002). Ovakva se grabežljivost očituje i na ribljim jajima i juvenilnim ribljim jedinkama. *D. villosus* u ekosustavu može funkcionirati čak i kao glavni predator koji zauzima istu trofičku razinu kao ribe. Smatra se da bi *D. villosus* zapravo mogao imati i veći utjecaj na zajednice bentoskog plijena od riba, jer se javlja u većem broju i ima veličinu tijela sličnu potencijalnom plijenu (Rewicz i sur., 2014) Ovaj potonji čimbenik omogućuje mu da proдре u mala skrovišta u kojima bi plijen bio posve zaštićen od ribljih grabežljivaca (Rewicz i sur., 2014). Osim izravnog predatorskog učinka na ostale rakušce *D. villosus* ima i neizravan učinak. Pokazalo se da sama prisutnost vrste *D. villosus* navodi druge rakušce da napuste prethodno zauzeta staništa, podižu se u vodenom stupcu čime postaju ranjiviji i izloženiji, a time i plijen ostalih grabežljivaca (Kinzler i Maier, 2006). U Nizozemskim jezerima Ijsselmeer i Markermeer utvrđeno je da je *D. villosus* zamijenio ostale vrste rakušaca, pri čemu je *Gammarus duebeni* potpuno nestao, a *Gammarus*

tigrinus se povukao u mekše sedimente, dublje u jezeru (Dick i Platvoet, 2000; Dick, Platvoet i Kelly, 2002). Obrazac raseljavanja koji se obično javlja u svim novokoloniziranim područjima predstavlja jedini mehanizam koji omogućava ostalim rakušcima da koegzistiraju s vrstom *D. villosus*. Rakušci budu protjerani u makrofite ili meke sedimente, dok na kamenim staništima dominira *D. villosus* (Devin i sur., 2003; Rewicz i sur., 2014). Meki sedimenti predstavljaju suboptimalna staništa za vrstu *D. villosus*, a Platvoet (2009) je primjetio da izbjegavaju pijesak. Sve ove karakteristike uključujući iznimnu toleranciju na promjene abiotičkih čimbenika kao što su temperatura, salinitet i dostupnost kisika daju vrsti potencijal širokog rasprostranjenja u slatkovodnom ekosustavu duž Europe. Minchin (2019) je primijetio da u svom prirodnom području rasprostranjenosti, *D. villosus* nije najbrojnija vrsta rakušaca i ponašanje mu nije toliko agresivno kao u europskim slatkim vodama koje je nastanio.

Put unosa ili invazije opisan je kao skup procesa koji može rezultirati unosom strane vrste na novo područje (Pyšek, Jarošík i Pergl, 2011). Može se opisati i kao geografska ruta kojom vrsta napušta svoje zavičajno područje. Međusobne veze glavnih europskih riječnih tokova putem kanala, brodski trgovački i putnički prijevoz, kao i namjerna i nenamjerna uvođenja sinergijski su olakšala širenje velikog broja stranih vrsta na nova područja, među kojima je velik broj beskralješnjaka, od kojih mnogi potječu iz ponto-kaspijskog bazena (Jazdżewski, 1980; Bij de Vaate i sur., 2002; Cuk i sur., 2019). Širenje invazivnih rakušaca po Europi omogućili su riječni koridori, uglavnom prijevozom na trupovima plovila ili balastnim vodama (Casellato i sur., 2006). Rewicz (2017) navodi da su turističke brodice vjerojatno glavni vektor širenja vrste *D. villosus* u alpska jezera. Primijećeno je da vrsta ima tendenciju skrivanja u školjci *Dreissena polymorpha* koje prekrivaju trup brodova. Među takvim nakupinama školjki mogu preživjeti najmanje 6 dana, čak i kada su ti brodovi izvan vode (Rewicz i sur., 2014). Zahvaljujući širokoj toleranciji na okolišne uvjete koje može podnijeti, najčešći način širenja za vrstu *D. villosus* predstavljaju balastne vode.

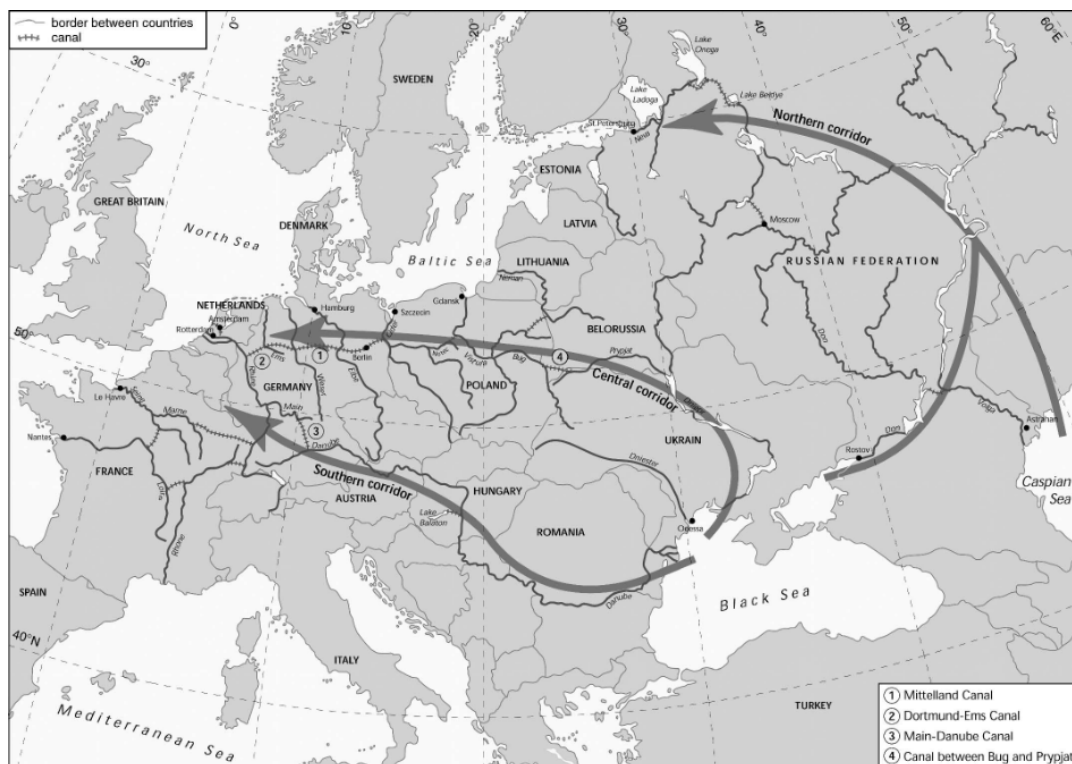
Osim nenamjernog uvođenja, rakušci su također namjerno uvedeni kao hrana za ribu (Casellato i sur., 2006). Osim širenja putem balastnih voda ponto-kaspijski rakušci, uključujući vrstu *D. villosus*, prepoznati su kao važna hrana za ribe i namjerno uvedeni u slatkovodna staništa kako bi olakšali bržu proizvodnju ribe (Rewicz i sur., 2014), takav slučaj zabilježen je u sustavu rijeke Dnjepar. Casellato (2006) primjećuje da se brojnost invazivnih stranih vrsta povećala tijekom posljednjih nekoliko desetljeća u područjima u kojima postoje intenzivne aktivnosti u akvakulturi. Slatkovodni ekosustavi često olakšavaju širenje stranih vrsta jer se same vrste mogu prenijeti strujom vode, a također i mnoge vrste mogu plivati koristeći vodu kao koridor širenja. *D. villosus* dobro se snalazi u stupcu vode što mu

omogućava postepeno širenje. Velika sposobnost zadržavanja vrste *D. villosus* za predmete uronjene u vodu poput konopa, mokrih odijela i mreža, također doprinosi njegovu širenju. Unutar tri desetljeća na navedene načine *D. villosus* uspio je kolonizirati većinu glavnih unutarnjih europskih plovnih putova, zamijenivši brojne zavičajne vrste rakušaca (Bij de Vaate i sur., 2002).

5. Pravci unosa i distribucija u Europi

Ponto-kaspijska regija smatra se najistaknutijim ishodištem taksonomski različitih slatkovodnih stranih vrsta u Europu (Rewicz i sur., 2015), a odnosi se na prostor Kaspijskog, Azovskog i Crnog mora, njihovih brakičnih laguna i donjih tokova rijeka koje u njih utječu (Rewicz i sur., 2014). Učestale promjene vodostaja, temperature i kemijskog sastava vode u toj regiji doveli su do evolucije euritermni i erihalinih vrsta tolerantnih na brze promjene u okolišu (Rewicz i sur., 2014), što je doprinijelo uspjehu ponto-kaspijskih vrsta u njihovom širenju u europske kopnene vode (Bij de Vaate i sur., 2002). *Dikerogammarus villosus* zavičajna je vrsta ponto-kaspijske regije, a prisutna je u većini glavnih rijeka (Dunav, Dnjepar, Dnjestar, Don i Volga) i limna Crnog, Azovskog i Kaspijskog mora iz kojih se počeo širiti prema zapadu Europe. Za manje od dvadeset godina kolonizirao je većinu glavnih europskih kopnenih voda (Rewicz i sur., 2014) i postupno postaje dominantna vrsta tamošnjih makrozoobenotskih zajednica (Devin i sur., 2003).

Jażdżewski (1980) i Bij de Vaate (2002) navode tri glavna migracijska koridora koji su omogućili širenje ponto-kaspijske faune do srednje i zapadne Europe, to su južni, središnji i sjeverni koridor. Južni koridor pokriva rijeke Dunav i Rajnu povezane kanalom Rajna – Majna – Dunav. Središnji koridor čine rijeke Dnjepar i Pripjat, povezane s područjem Baltičkog mora rijekama Bug i Vislom, a zatim sa slijevom Sjevernog mora preko kanala Mittelland. Sjeverni koridor sastoji se uglavnom od rijeke Volge, jezera Beloye, Ladoga i Onega te rijeke Neve koja utječe u Baltičko more. Za uspjeh vrste *D. villosus* najvažniji pravac širenja bio je južni koridor.



Slika 4: Migracijski koridori ponto-kaspijskih vrsta u Europi

(Preuzeto iz Bij de Vaate (2002))

Invazija vrste *D. villosus* južnim koridorom započela je još 1926. godine, gdje je praćenjem makrobekralješnjaka u rijeci Dunav prvi put potvrđena prisutnost ove vrste u Mađarskoj. Zatim je pedesetih godina prošlog stoljeća vrsta potvrđena na jezeru Balaton, nedugo nakon otvaranja kanala koji povezuje jezero s Dunavom. *D. villosus* nastavlja riječnu migraciju uz Dunav, 1989. otkriven je u Austriji, a 1995. u Slovačkoj (Rewicz i sur., 2014). Među glavnim pritocima Dunava, 2007. godine ustanovljena je brojna populacija u hrvatskom dijelu rijeke Drave (Žganec, Gottstein i Hudina, 2009) i u donjem dijelu rijeke Vah u Slovačkoj 2001 godine (Lipták, 2013). Godine 19992. završena je izgradnje kanala koji je povezivao Dunav, preko Majne s rijekom Rajnom, *D. villosus* brzo koristi navedeni plovni put za svoje daljnje širenje. Vrsta je potvrđena u gornjoj (Bavarska) i donjoj Rajni (Nizozemska) do 1994. godine. Praćenje vrste od 1997. do 2002. godine pokazalo je da je *D. villosus* proširio cijelim tokom Rajne, kolonizirajući rijeku Moselle (1999.), rijeku Seinu (2000.) i rijeku Loire (između 2001. i 2003. godine) (Rewicz i sur., 2014).

Od rijeke Rajne, *D. villosus* se najvjerojatnije proširio prema istoku, ulazeći u središnji koridor kroz kanal Mittelland do rijeke Elbe i odatle u njezin najveći prtok Vltavu (Bij de Vaate i sur., 2002). Nastavljajući migraciju prema istoku, uzastopno se proširio u rijeke Havel, Šprevu i Odru, stigavši u potonju do 1999. Iz rijeke Odre brzo se proširio uzvodno i nizvodno, dosežući oligohalinu Szczecin lagunu. Iznimno je duga bila migracija do rijeke Varte,

najvećeg pritoka Odre, vrsta je slijedila vrlo dugačku zaokruženu rutu od gotovo 4500 km, koja je započela od crnomorskog slijeva, nastavila se kroz rijeke sjevernomorskog slijeva i na kraju završila u baltičkom slijevu (Rewicz i sur., 2014). *D. villosus* je plovnim putem Dunav - Rajna stigao i u alpsko područje (Rewicz i sur., 2017). Potvrđen je u 12 alpskih jezera i rijeci Mincio u Italiji 2003. godine (Casellato i sur., 2006), a 2008. godine stigao je do jezera Bilancino u blizini Firence (Tricarico i sur., 2010).

U rijeci Dnjepar proširio se jer je bio uveden kao hrana ribama 1950-ih, sve do rijeke Pripjat. Proširio se i u bjeloruskom dijelu rijeke Dnjepar, zatim kroz rijeku Bug i najveću rijeku odvodnog područja Baltičkog mora, Vislu. *D. villosus* također je zabilježen u sustavu rijeke Volge, gdje je prošao udaljenost od 4000 km uzvodno. 2000. godine prvi je put otkrivenu umjetnom jezeru Samara (rezervoar Kuybyshev) što je najsjeverniji podatak za ovu vrstu u sjevernom koridoru (Rewicz i sur., 2014).

Vrsta je prvi put otkrivena izvan kontinentalnog dijela Europe 2010. godine kada je zabilježena u Velikoj Britaniji, u engleskom rezervoaru Grafham Water. Ubrzo nakon toga potvrđeno je još je nekoliko populacija u drugim dijelovima Engleske i Walesa (MacNeil i sur., 2010). Zbog visoke reproduktivne sposobnosti u kombinaciji sa sposobnošću vrlo brzog širenja, vjerojatno je da bi vrsta u budućnosti mogla postati kozmopolitska. Ricciardi i MacIsaac (2000) smatraju da bi domet vrste mogao proširiti izvan Europe do sjevernoameričkih slatkih voda, poput Velikih jezera, kao što je to ranije uspjelo ponto-kaspijskim invazivnim vrstama *Dreissena polymorpha* (školjka) i *Echinogammarus ischnus* (rakušac).

6. Pregled stanja u Hrvatskoj

U Hrvatskoj je Zakonom o sprječavanju unošenja i širenja stranih te invazivnih stranih vrsta i upravljanju njima (NN 15/18, 14/19) zabranjeno bez dozvole nadležnog ministarstva namjerno uvođenje stranih vrsta u prirodu i/ili ekosustave koja prirodno ne nastanjuju. Također zabranjuje se uzgoj stranih vrsta i njihovo plasiranje na tržište. Zakon se primjenjuje za popis invazivnih stranih vrsta za koje se smatra da izazivaju zabrinutost na razini Europske Unije, takozvani Unijin popis (URL 3), a u njega nisu uvršteni rakušci. Ministarstvo koje je nadležno za sprječavanja unosa ili širenja stranih vrsta na područje Republike Hrvatske jest Ministarstva zaštite okoliša i energetike (MINGOR, 2020). U usporedbi s ostalim europskim zemljama, Hrvatska je jedna od rijetkih u kojoj je još uvijek relativno dobro očuvana zavičajna fauna, a posebno fauna slatkovodnih ekosustava. Za razliku od namjernog unošenja riba u

hrvatske slatke vode prošlog stoljeća, invazivne strane vrste beskralješnjaka manje su poznate, ali jednako raširene i štetne. (Hudina i sur., 2009). Unos invazivnih beskralješnjaka prati nenamjerni i namjerni put uvođenja, od kojih su najvažniji brodski prijevoz i unos za hranu riba. Žganec (2020) navodi 29 zabilježenih invazivnih stranih vrsta makrobekralješnjaka u hrvatskim slatkim vodama, od kojih su većina rakovi i mekušci. Većina vrsta podrijetlom je s ponto-kaspijskog područja, a put unosa u Hrvatske vode pratio je južni migracijski koridor. Veliki dio hrvatskih slatkih voda povezan je s crnomorskim slijevom preko Dunava, a time i s južnim migracijskim koridorom (Bij de Vaate i sur., 2002), koji je relativno nedavno, nakon 1992., postao važan prometni pravac, a time i pravac za širenje ponto-kaspijskih vrsta u zapadnu Europu (Žganec, Gottstein i Hudina, 2009). Njime je mnogo ponto-kaspijskih vrsta stiglo na prostor slatkih voda Republike Hrvatske, a ponajprije na područje Dunava.

Među rakušcima hrvatskih slatkih voda vrlo je dominantna ponto-kaspijska invazivna strana vrsta *Dikerogammarus villosus*, uz nju je u Hrvatskoj je zabilježena pojava još 4 vrste ponto-kaspijskih rakušaca, to su: *Chelicorophium curvispinum*, *Obesogammarus obesus*, *Dikerogammarus bispinosus*, *D. haemobaphes* (Žganec, Gottstein i Hudina, 2009). *Dikerogammarus villosus* najveću rasprostranjenost ima u Dunavu, a pokazuje sposobnost brzog širenja i u zadnja se dva desetljeća proširio u tok rijeke Drave i Save, što se vjerojatno dogodilo prijevozom brodova ili malim ribarskim čamcima (Žganec, Gottstein i Hudina, 2009; Žganec i sur., 2020). U rijeci Dravi zabilježena je velika gustoća populacija, pogotovo na kamenom i umjetnom supstratu (betonirane obale i kanali), a brzina njegovog uzvodnog širenja procijenjena je na 17-22 km/god (Dekić i sur., 2012). Primijećeno je da se veličina populacija zavičajnih vrsta rakušaca, vrste *Gammarus fossarum* i *G. roeseli*, drastično smanjila kao posljedica invazije vrste *D. villosus* (Dekić i sur., 2012). Dekić (2012) također navodi da je *D. villosus* u potpunosti potisnuo srodnu invazivnu vrstu *D. hemobaphes*, do tada vrlo brojnu u rijeci Dravi. Osim u Dravi, i u Savi je došlo do smanjenja biološke raznolikosti i promjenama u sastavu i strukturi makrozoobentosa nakon invazije vrste *D. villosus*. U rijeci Savi *D. villosus* pokazuje tendenciju vrlo brzog širenja, prvi je put zabilježen u Donjoj Savi (2011. i 2012.), a 2015. godine zabilježen je na tri lokaliteta u Srednjoj Savi, što znači da se vrsta proširila 440 km uzvodno u 4 godine (Žganec i sur., 2018). Stanje u ostalim hrvatskim rijekama još uvijek nije dovoljno istraženo.

Rijeke Sava i Drava predstavljaju pravac širenja invazivnih ponto-kaspijskih vrsta zapadno od Dunava, što predstavlja značajnu prijetnju biološkoj raznolikosti hrvatskih slatkih voda. Opasnost od biokontaminacije postoji i za rijeke jadranskog slijeva, širenje invazivnih stranih vrsta moglo bi imati negativne učinke na zavičajne i endemske vrste koje tamo obitavaju.

7. Zaključak

Dikerogammarus villosus (Skowinsky, 1894) rakušac iz porodice Gammaridae zavičajna je u ponto-kaspijskoj regiji iz koje se širi diljem Europe gdje se smatra invazivnom stranom vrstom. *D. villosus* poznat je i pod nadimkom „killer shrimp“ zbog svog agresivnog i predatorskog ponašanja prema zavičajnim vrstama rakušaca i ostalim bentoskim beskralješnjacima. Osim na beskralješnjake ima negativna utjecaj i na populacije riba, a često zauzima istu trofičku razinu kao ribe i ima veći negativni utjecaj na zajednicu plijena.

Vrstu karakterizira visoka ekofiziološka tolerancija i vrlo visok fekunditet, što je čini vrlo uspješnim i brzim kolonizatorom. Na područje Europe dospio je nenamjernim načinom unosa: izgradnjom kanala kako bi se olakšao riječni promet i trgovina, zatim prijenosom balastnim vodama i trupovima plovila, ali i namjernim unosom za uzgoj kao hrana u akvakulturi. Plovnim sustavom europskih slatkih voda proširio se sve do Velike Britanije. U Hrvatskoj je prisutnost zabilježena u tri velike hrvatske rijeke (Dravi, Dunavu i Savi), no nedostaje sustavno praćenje njegove rasprostranjenosti. Sustavno praćenje potrebno je kako bi se shvatila dinamika njegova širenja, predvidjeli i smanjili neželjeni utjecaji na okoliš te spriječile buduće invazije, što je posebice važno za rijeke jadranskog slijeva kako bi se očuvala njihova endemska fauna. Za kvalitetno upravljanje invazivnim stranim vrstama neophodno je sprječavanje njihovog unosa u prirodu, što je na razini Europske unije, ali i Hrvatske regulirano zakonima. Nužna bi trebala biti i kontrola plovila prilikom ispuštanja balastnih voda kao i plovila korištenih u svrhu rekreacije, provedena kroz brojne preventivne metode kao što su izlaganje balasta visokim temperaturama, isušivanje, kemijsko ili mehaničko uklanjanje. Uz sve navedeno podizanje svijesti i edukacija javnosti o negativnom utjecaju invazivnih stranih vrsta i posljedicama njihovog puštanja u zavičajnu prirodu nameće se kao vrlo važan dio u sprječavanju njihova širenja. Od osobite je važnosti edukacija rizičnih skupina kao što su ribolovci, vlasnici kućnih ljubimaca i uzgajivači, ali i znanstvenika koji provode terenska istraživanja.

8. Literatura

- Bij de Vaate A., Jazdzewski K., Ketelaars H. A. M., Gollasch S., Van der Velde V. (2002): Geographical patterns in range extension of Ponto-Caspian macroinvertebrate species in Europe. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 5(7): 1159-1174.
- Brujjs, M. C. M., Kelleherl B., van der Veldel G., bij de Vaate A. (2001): Oxygen consumption, temperature and salinity tolerance of the invasive amphipod *Dikerogammarus villosus*: Indicators of further dispersal via ballast water transport. *Archiv fur Hydrobiologie* 152(4): 633-646.
- Casellato S., La Piana G., Latella L., Ruffo S. (2006): *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1894) (Crustacea, Amphipoda, Gammaridae) for the first time in Italy. *Italian Journal of Zoology* 73(1): 97-104.
- Ćuk, R., Miliša M., Atanacković A., Dekić S., Blažeković L., Žganec K. (2019): Biocontamination of benthic macroinvertebrate assemblages in Croatian major rivers and effects on ecological quality assessment. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 420(11): 1-14.
- Babić S., Dekić, S., (2012): Širenje invazivnih rakušaca i njihov utjecaj na zajednice beskralješnjaka u bentosu rijeke Drave. 11. Hrvatski biološki kongres : zbornik sažetaka: 105-105.
- Devin, S., Piscart C., Beisel J-N., Moreteau J-C. (2003): Ecological traits of the amphipod invader *Dikerogammarus villosus* on a mesohabitat scale. *Archiv fur Hydrobiologie* 158(1): 43-56.
- Dick J. T. A., Platvoet D. (2000): Invading predatory crustacean *Dikerogammarus villosus* eliminates both native and exotic species. *Proc. R. Soc. Lond. B.* 267: 977-983.
- Dick, J. T. A., Platvoet, D., Kelly, D. W. (2002): Predatory impact of the freshwater invader *Dikerogammarus villosus* (Crustacea: Amphipoda). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59(6): 1078-1084.
- Elliott, M. (2003): Biological pollutants and biological pollution - an increasing cause for concern. *Marine Pollution Bulletin* 46(3): 275-80.
- Hudina, S., Faller M., Lucić A, Klobučar G., Maguire I. (2009): Distribution and dispersal of two invasive crayfish species in the Drava River basin, Croatia. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 9: 394-395.
- Hudina, S. Lucić A., Lajtner J., Žganec K., Gottstein S. (2009): Invazivne vrste beskralješnjaka u vodotocima hrvatske. *Hrvatske Vode* 17(69-70): 281-285.

- Jażdżewski, K. (1980): Range Extensions of Some Gammaridean Species in European Inland Waters Caused by Human Activity. *Crustaceana*. Supplement 6: 84-107.
- Khan, A. N., Kamal, D., Mahmud, M. M., Rahman, M. A. and Hossain, M. A. (2007): Diversity, distribution and abundance of benthos in mourri river, Khulna, Bangladesh. *International Journal of Sustainable Crop Production* 2(5): 19-23.
- Kinzler W., Kley A., Mayer G., Waloszek D., Maier G. (2009): Mutual predation between and cannibalism within several freshwater gammarids: *Dikerogammarus villosus* versus one native and three invasives“. *Aquatic Ecology* 43(2): 457-464
- Kinzler, W. i Maier, G. (2006): Selective predation by fish: A further reason for the decline of native gammarids in the presence of invasives?. *Journal of Limnology* 65(1): 27-34.
- Kurtela Ž., Jelavić V., i Novaković T. (2007): Štetno djelovanje ispuštenoga vodenog balasta na morski okoliš. *Naše more* 54(1-2): 1-6.
- Lipták, B. (2013): Non-indigenous invasive freshwater crustaceans (Crustacea: Malacostraca) in Slovakia. *Boris Lipták Water Research and Management* 3(3): 21–31.
- Lodge, D. M., Taylor C. A., Holdich D.M., Skurdal J. (2000): American Freshwater Biodiversity : Lessons from Europe. *Fisheries* 25(8): 7-20.
- Macneil C., Boets P., Lock K., Goethals P. L. M. (2013): Potential effects of the invasive ‚killer shrimp‘ (*Dikerogammarus villosus*) on macroinvertebrate assemblages and biomonitoring indices. *Freshwater Biology* 58(1): 171-182.
- MacNeil, C., Platvoet D., Dick J. T. A., Fielding N., Constable A., Hall N., Aldridge D., Renals T., Diamond M. (2010): „The Ponto-Caspian ‚killer shrimp‘, *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1894), invades the British Isles. *Aquatic Invasions* 5(4): 441-445.
- Minchin, D., Arbačiauskas K., Daunys D., Ezhova, E., Natalja G. Kotta J., Molchanova, N., Olenin, S. Višinskienė, G., Strake S. (2019): Rapid expansion and facilitating factors of the Ponto-Caspian invader *Dikerogammarus villosus* within the Eastern Baltic sea. *Aquatic Invasions* 14(2): 165-181.
- Platvoet, D., Dick, J.T.A., MacNeil, C., van Riel M. C., van der Velde G. (2009): Invader–invader interactions in relation to environmental heterogeneity leads to zonation of two invasive amphipods, *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky) and *Gammarus tigrinus*. Sexton: amphipod pilot species project (AMPIS) report 6. *Biological Invasions* 11(9): 2085-2093.
- Pöckl, M. (2007): Strategies of a successful new invader in European fresh waters: Fecundity and reproductive potential of the Ponto-Caspian amphipod *Dikerogammarus villosus* in

- the Austrian Danube, compared with the indigenous *Gammarus fossarum* and *G. roeseli*. *Freshwater Biology* 52(1): 50-63.
- Pyšek, P., Jarošík, V., Pergl, J. (2011): Alien plants introduced by different pathways differ in invasion success: Unintentional introductions as a threat to natural areas. *PLoS ONE* 6(9): e24890.
- Rewicz, T. i sur. (2014): The profile of a ‘perfect’ invader – the case of killer shrimp, *Dikerogammarus villosus*. *Aquatic Invasions* 9(3): 267-288.
- Rewicz, T. i sur. (2015): Out of the Black sea: Phylogeography of the invasive killer shrimp *Dikerogammarus villosus* across Europe. *PLoS ONE* 10(2): e0118121.
- Rewicz, T. i sur. (2017): The killer shrimp, *Dikerogammarus villosus*, invading European Alpine Lakes: A single main source but independent founder events with an overall loss of genetic diversity. *Freshwater Biology* 62(6): 1036-1051.
- Ricciardi, A. i MacIsaac, H. J. (2000): Recent mass invasion of the North American Great Lakes by Ponto-Caspian species. *Trends in Ecology and Evolution* 15(2): 62-65.
- van Riel, M. C., van der Velde, G. i de Vaate, A. B. (2011): Dispersal of invasive species by drifting. *Current Zoology* 57(6): 818-827.
- Rolla, M., Consuegra, S. i de Leaniz, C. G. (2020): Predator recognition and anti-predatory behaviour in a recent aquatic invader, the killer shrimp (*Dikerogammarus villosus*). *Aquatic Invasions* 15(3): 482-496.
- Tagliapietra, D., Sigovini, M. (2010): Benthic fauna: collection and identification of macrobenthic invertebrates. *Terre et Environnement* 88: 253-261.
- Tricarico, E., Mazza G., Orioli G., Rossano C., Scapini F., Gherardi F. (2010): The killer shrimp, *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1894), is spreading in Italy. *Aquatic Invasions* 5(2): 211-214.
- Truhlar, A. M. i Aldridge, D. C. (2015): Differences in behavioural traits between two potentially invasive amphipods, *Dikerogammarus villosus* and *Gammarus pulex*. *Biological Invasions* 17(5): 1569-1579.
- Väinölä R., Witt J.D.S., Grabowski M., Bradbury J.H., Jazdzewski K., Sket B. (2008): Global diversity of amphipods (Amphipoda; Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologie* 595(1): 241-255.
- Žganec, K. Ćuk R., Tomović J., Lajtner J., Gottstein S., Kovačević S., Hudina S., Lucić A., Mirt M., Simić V., Simčić T., Paunović M. (2018): The longitudinal pattern of crustacean (Peracarida, Malacostraca) assemblages in a large south European river: Bank

- reinforcement structures as stepping stones of invasion. *Annales de Limnologie* 54: 15,12.
- Žganec K., Lajtner J., Ćuk R., Crnčan P., Pušić I., Atanacković A., Kralj T., Valić D., Jelić M., Maguire I. (2020): Alien macroinvertebrates in croatian freshwaters. *Aquatic Invasions* 15(4): 593-615.
- Žganec, K., Gottstein, S., Durić, P. (2010): Distribution of native and alien gammarids (Crustacea: Amphipoda) along the course of the Una River. *Natura Croatica* 19(1): 141-150.
- Žganec, K., Gottstein, S., Hudina, S. (2009): Ponto-Caspian amphipods in Croatian large rivers. *Aquatic Invasions* 4(2): 327-335.

Internetski izvori:

ICES (1994):

<https://www.biodiversitya-z.org/content/native-species> (Pristupljeno: 01. lipanj 2021.)

MINGOR (2020):

<tp://www.haop.hr/hr/tematska-podrucja/prirodne-vrijednosti-stanje-i-ocuvanje/ugrozenost-vrsta-i-stanista/strane-vrste/o> (Pristupljeno: 01. lipanj 2021.)

Uredba (EU):

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R1143&from=EN> (Pristupljeno: 01. lipanj 2021.)

URL1:

<https://www.watershedcouncil.org/killer-shrimp.html> (Pristupljeno: 05. lipanj 2021.)

URL 2:

<http://prirodahrvatske.com/2019/04/27/rakusci-gammaridae/> (Pristupljeno: 13. lipanj 2021.)

NN 15/18, 14/19: <https://www.zakon.hr/z/403/Zakon-o-za%C5%A1titi-prirode>

URL3:

https://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/list/index_en.htm (Pristupljeno: 13. srpanj 2021.)

9. Sažetak

Uspješno uspostavljene stabilne zajednice invazivnih makrobekralješnjaka, posebno rakušaca imaju snažan utjecaj na zavičajne bentoske zajednice slatkovodnih ekosustava. Na mnogim su mjestima nadjačali ili čak u potpunosti zamijenili zavičajne vrste. Rakušac *Dikerogammarus villosus* (Skowinsky, 1894) invazivna je strana vrsta iz porodice Gammaridae koja se proširila iz ponto-kaspijskog područja nakon izgradnje kanala Rajna – Majna – Dunav 1992. godine sve do zapadne Europe. Južnim koridorom stigao je i u Hrvatsku gdje se iz Dunava proširio u velike hrvatske rijeke crnomorskog slijeva. Jedna od važnih karakteristika vrste je eurivalentnost, odnosno tolerancija na česte promjene okolišnih čimbenika kao što su temperatura, salinitet i koncentracija otopljenog kisika, što se pokazalo značajnim za širenje vrste uzvodno, bilo pričvršćivanjem za trup plovila ili preko balastnih voda. Kratko generacijsko vrijeme, brzi rast i razvoj, rano spolno sazrijevanje, velika reproduktivna sposobnost i izrazito grabežljivo ponašanje omogućile su vrsti da u vrlo kratkom vremenu postane dominantna u europskim kopnenim vodama gdje utječe na ravnotežu i biološku raznolikost ekosustava.

10. Summary

Successfully established communities of invasive macroinvertebrates, especially gammarids, have a strong impact on indigenous benthic communities of freshwater ecosystems. Upon their establishment in a novel environment, they frequently displace indigenous species. *Dikerogammarus villosus* (Skowinsky, 1894) is an invasive alien species from the family Gammaridae which spread from the Ponto-Caspian area after the construction of the Rhine-Main-Danube canal in 1992 all the way to the Western Europe. It also reached Croatia via the Southern Corridor, where it spread from the Danube into the large Croatian rivers of the Black Sea basin. One of the most important characteristics of the species is its eurivalence, also known as tolerance to frequent changes of environmental factors such as temperature, salinity and dissolved oxygen concentration, which enabled the spread of species all over Europe, either by attaching to the hull or over ballast water. Short generation time, rapid growth and development, early sexual maturation, high reproductive ability and extremely predatory behavior have enabled the species to become dominant in European inland waters in a very short amount of time where it affects the balance and biodiversity of the ecosystem.

11. Životopis

Rođena u Varaždinu, 03.04.1999, gdje završava osnovnoškolsko (Peta osnovna škola Varaždin, 2006.-2014.) i srednjoškolsko obrazovanje (Druga Gimnazija Varaždin, 2014.-2018). 2018. godine upisuje Preddiplomski studij biologije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu.