

Invazivna podvrsta *Dreissena rostriformis bugensis* Andrusov, 1897 (Mollusca, Bivalvia)

Jakopčić, Mihaela

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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:217:007739>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-31**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

INVAZIVNA PODVRSTA *DREISSENA ROSTRIFORMIS BUGENSIS* ANDRUSOV,
1897
(MOLLUSCA, BIVALVIA)

INVASIVE SUBSPECIES *DREISSENA ROSTRIFORMIS BUGENSIS* ANDRUSOV,
1897
(MOLLUSCA, BIVALVIA)

SEMINARSKI RAD

Mihaela Jakopčić
Preddiplomski studij Znanosti o okolišu
(Undergraduate Study of Environmental Sciences)
Mentor: izv. prof. dr. sc. Jasna Lajtner

Zagreb, 2020.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TAKSONOMIJA, BIOLOGIJA I EKOLOGIJA	1
3. RASPROSTRANJENOST	4
4. UTJECAJ.....	6
4.1. Razlozi invazivnosti	6
4.2. Ekološki, ekonomski i rekreacijski utjecaj.....	7
4.3. Ekološki učinak u litoralnoj i profundalnoj zoni.....	8
5. MJERE KONTROLE	9
5.1. Metode.....	9
5.2. Mogućnosti praćenja	10
6. ZAKLJUČAK.....	11
7. LITERATURA	12
8. SAŽETAK.....	15
9. SUMMARY.....	15

1. UVOD

Invazivna vrsta jest strana vrsta izvan područja svoje prirodne rasprostranjenosti čije naseljavanje i rasprostranjenje ima negativan utjecaj na autohtone vrste, zdravlje ljudi, gospodarstvo te predstavlja direktnu prijetnju bioraznolikosti ekosustava u koji je unesena. Budući da je takve novonastale populacije invazivnih vrsta rijetko moguće u potpunosti ukloniti iz staništa, jedno od važnijih izazova zaštite prirode su kontrola njihova unosa i širenja kao i smanjenje negativnih utjecaja (URL 1). U posljednjih nekoliko godina došlo je do sve većeg širenja vrsta iz Pontokaspijskog bazena na područje zapadne Europe. Širenje je olakšano izgradnjom kanala koji su povezali različite riječne sustave. Izgradnja kanala unaprijedila je trgovačke pravce, ali i omogućila stvaranje novih koridora za prolaz vrsta s istoka na zapad. Mnoge od tih vrsta sa sobom su donijele velike ekološke promjene te prouzročile znatnu ekonomsku štetu (Aldridge i sur. 2014). *Dreissena rostriformis bugensis* je slatkovodni školjkaš iz porodice Dreissenidae s područja Pontokaspijskog bazena koja je kolonizirala slatkovodne ekosustave Europe i Sjeverne Amerike. U ovom završnom radu iznijet će se osnovni razlozi invazivnosti, učinci vrste u uneseni ekosustav, metode kontrole i mogućnosti praćenja vrste.

2. TAKSONOMIJA, BIOLOGIJA I EKOLOGIJA

Taksonomski podaci podvrste *Dreissena rostriformis bugensis* Andrusov, 1897:

Carstvo: Animalia

Koljeno: Mollusca

Razred: Bivalvia

Red: Veneroidea

Porodica: Dreissenidae

Rod: *Dreissena*

Vrsta: *rostriformis*

Podvrsta: *bugensis*

Unutar porodice Dreissenidae postoje tri roda *Mytilopsis*, *Congeria* i *Dreissena*. Isključivši rod *Mytilopsis*, porodici pripadaju sesilni organizmi koji imaju podrijetlo iz morskog okoliša no danas žive u slatkim ili bočatim vodama sjeverne hemisfere. *Dreissena rostriformis bugensis* je podvrsta vrste *Dreissena bugensis* čiji fosilni nalazi datiraju iz kasnog miocena, prije otprilike 3,5 milijuna godina, s područja zapadnog dijela Paratetisa (Orlova 2013). Paratetis je tercijarno more koje je nastalo izdizanjem Alpa, Dinarida i Karpata te je odvojeno od nekadašnjeg Tetis oceana (URL 2). Područje Paratetisa odgovara današnjem Crnom moru, Aralskom i Kaspijskom jezeru (Orlova 2013).

Podvrsta *D. r. bugensis* nastanjuje slatkovodna i bočata staništa. Moguće ju je pronaći na različitim dubinama i na različitim vrstama sedimenata (Therriault i sur. 2013). Pričvršćuje se za tvrde podloge poput kamena, metala, betona, šljunka, ljuštore drugih školjkaša (Prié i Fruget 2017). U profundalnoj zoni živi pojedinačno ili formira male nakupine (Karatayev i sur. 2015). Pričvršćivanje je omogućeno izlučivanjem bisusa iz bisusnih stopalnih žlijezda. Tijekom pričvršćivanja stopalo se priljubi uz podlogu te bisusne žlijezde kroz žlijeb na stopalu počinju izlučivati konhiolin, protein koji se oblikuje u niti (Habdija i sur. 2011).

Ovaj školjkaš posjeduje veliku varijabilnost u obliku i boji ljuštore. Boja ljuštore varira od isključivo crne, smeđe ili bijele i kao kombinacija različitih prugastih uzoraka. Lijeva i desna ljuska su asimetrične bez ravne, bijele linije koja se kod vrste *Dreissena polymorpha* proteže od umba prema stražnjem kraju ljuštore (Raković i sur. 2013). Ljuštura je trokutasta, ventralna strana je konveksna, a distalni dio zaobljen (Slika 1). Niti bisusa nalaze se u neposrednoj blizini brave. U proksimalnom dijelu ljuske su povezane ligamentom. Umbo, najstariji i najdeblji dio ljuštore, je šiljast i usmjeren prema donjem dijelu ljuštore (Woźniczka i sur. 2016). Ljuštura je građena kao složeni organsko-anorganski sustav, vanjski periostrakum je sastavljen od konhiolina, dok su srednji oostrakum i unutarnji hipostrakum izgrađeni od kristala kalcijeva karbonata (Habdija i sur. 2011). Ukoliko su linije prirasta vidljive, tada su koncentrično raspoređene tako da su svjetlije linije bliže bravi (Woźniczka i sur. 2016).



Slika 1. Vanjski izgled ljuštore školjkaša *Dreissena rostrifomis bugensis* (preuzeto iz Woźniczka i sur. 2016).

Podvrsta *D. r. bugensis* pripada aktivnim procjeđivačima što znači da samostalno proizvodi struju vode uz pomoć trepetljika na škragama te filtriranjem iz vodenog stupca uzima hranjive čestice (Habdija i sur. 2011). Sastavni izvor hrane čine čestice fitoplanktona, zooplanktona, detritusa i bakterije (Therriault i sur. 2013). U plaštanoj šupljini školjkaša smještene su škrge i stopalo, a plaštana šupljina zatvorena je plaštem koji obavija cijelo tijelo. Na stražnjoj strani plašta nalazi se veliki sifo ili tulajica (Slika 2) (Prié i Fruget 2017). Rod *Dreissena* pripada nadredu Eulamellibranchia čije škrge imaju brojne i opsežno razvijene tkivne spojeve (Habdija i sur. 2011). Pri različitim temperaturama dolazi do promjene brzine disanja kako bi se smanjila metabolička aktivnost te energija usmjerila na fizički rast (Therriault i sur. 2013).

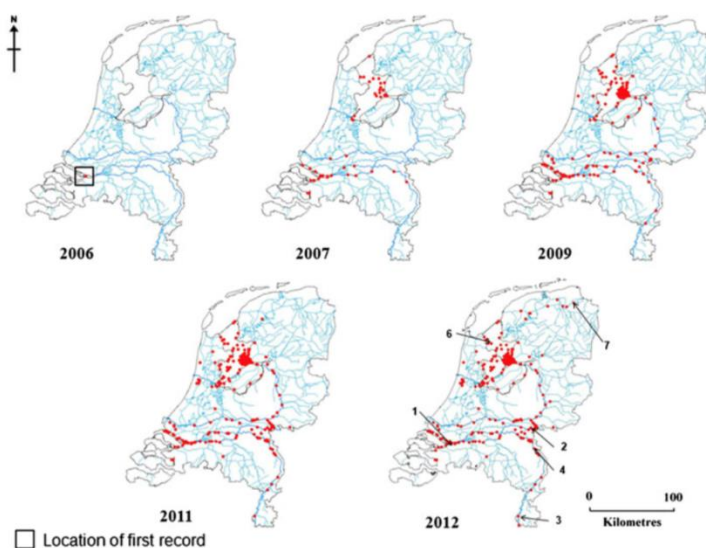


Slika 2. Izgled tulajice školjkaša *Dreissena rostriformis bugensis* (preuzeto iz Prié i Fruget 2017).

3. RASPROSTRANJENOST

Prirodna rasprostranjenost školjkaša *Dreissena rostriformis bugensis* odnosi se na područje rijeka Južnog Buga i Dnjeptra u Ukrajini. Početak širenja prema istočnoj Europi uočen je ubrzo nakon izgradnje brane na rijeci Dnjepar 1940. godine. Opaženo je da se širenje odvija u tri glavna smjera: na sjever, duž kaskade rezervoara rijeke Dnjepar; na istok, kroz sustav rijeke Don, a odatle na sjever, prema rijeci Volgi; te sjeverozapadno, preko rijeke Dnjestar. Do 1980.-ih godina rasprostranjenost *D. r. bugensis* ograničena je na području vodenih masa Rusije i Ukrajine (Woźniczka i sur. 2016). Nakon toga dolazi do introdukcije na područje Sjeverne Amerike gdje je tijekom 1989. godine uočena na području Velikih jezera. Smatra se da je do prijenosa došlo s crnomorskog područja Ukrajine 1980.-tih godina transportom balastnih voda iz komercijalnih brodova koji su potom ispražnjeni u jezeru Erie. *D. r. bugensis* je naknadno prevezena putem kopnenih brodova za rekreaciju u druge izolirane vodene površine Sjeverne Amerike poput jezera Mead (Choi i sur. 2013).

Otkriće ovog školjkaša u rumunjskom dijelu Dunava 2004. godine označilo je početak širenja podvrste na zapad Europe. Kanal Rajna-Majna-Dunav predstavlja glavni put za širenje ove podvrste s istoka prema zapadu. Prvi zabilježeni slučaj uspostave populacije je na području Hollandsch Diepa, estuarija rijeka Rajne i Meuse u Nizozemskoj tijekom 2006. godine. Do 2011. kolonizirani su gotovi svi glavni vodotoci i veća jezera u Nizozemskoj (Slika 3). U Njemačkoj je prvi zabilježeni slučaj invazije na područje rijeke Majne 2007. godine, a u Belgiji u rijeci Meuse (Maas) 2009. godine. Rijeka Moselle (Mosel) smatra se prvim zabilježenim slučajem invazije školjkaša u Francuskoj 2011. godine (Bij de Vaate i sur. 2013). U Srbiji je podvrsta prvi puta pronađena u rijeci Dunav 2010. godine (Raković i sur. 2013).



Slika. 3 Rasprostranjenost školjkaša *Dreissena rostriformis bugensis* od prvog zabilježenog slučaja 2006. do 2012. godine u Nizozemskoj (preuzeto iz Matthews i sur. 2013).

Postoje razni mehanizmi prijenosa školjkaša *D. r. bugensis* kako vodenim tako i kopnenim putem. Ljudskom aktivnošću omogućen je nenamjeren prijenos putem brodskog prometa i razvojem mreže kanala. Najčešći vektori prijenosa su rekreacijski brodovi i ispuštanje balastnih voda. Prirodni načini prijenosa su vodene struje i pričvršćivanje za druge organizme i vegetaciju (Hofius i sur. 2015; Matthews i sur. 2014).

Budući da je većinu vodenih tijela *D. r. bugensis* naselila nakon vrste *Dreissena polymorpha* putevi širenja i vektori za invaziju već su bili uspostavljeni. Kasnija invazija ovog školjkaša pripisuje se slabijoj mogućnosti korištenja vektora širenja, razlike u građi i staništu. Naime, *D. polymorpha* posjeduje mogućnost bržeg stvaranja bisusnih niti i spljošteni ventralni dio ljuštore koji joj omogućuje lakše pričvršćivanje (Karatayev i sur. 2015). Promjena staništa, povećanje supstrata za pričvršćivanje i utemeljeni putevi širenja omogućili su bržu disperziju *D. r. bugensis* (Bij de Vaate i sur. 2013). Na pojedinim staništima dolazi do suživota navedenih dviju vrsta dok u nekima dolazi do zamjene jedne vrste drugom. U zapadnoj Europi stopa zamjene *D. polymorpha* s *D. r. bugensis* iznosi između 26 i 36 % dok su istraživanja provedena u Rusiji pokazala kako je potrebno otprilike 5 do 10 godina kako bi jedna vrsta u potpunosti zamijenila drugu. To se pripisuje nižoj stopi disanja, većoj dimenziji i masi ljuštore, bržoj stopi filtracije i većoj učinkovitosti asimilacije tvari *D. r. bugensis* (Aldridge i sur. 2014).

4. UTJECAJ

4.1. Razlozi invazivnosti

Dreissena rostriformis bugensis posjeduje razne karakteristike kao što su visok reproduktivni potencijal, slobodno plivajuća veliger ličinka, bisusne niti u odrasloj fazi pomoću kojih ima mogućnost pričvršćivanja na tvrde podloge te vrlo učinkovitu prehranu procjeđivanjem. Navedena svojstva, karakteristična za morske školjkaše, omogućila su ovom školjkašu brzo širenje i okupiranje novih staništa. Ekološki učinci koje ova podvrsta može prouzročiti u novom staništu povezani su s ulogom inženjera ekosustava odnosno mogućnošću kontrole raspoloživih resursa i fizičkih parametara staništa izravnim ili neizravnim djelovanjem (Karatayev i sur. 2015).

Školjkaš *D. r. bugensis* živi u populacijama sastavljenim od mužjaka i ženki koji se obično razmnožavaju masovnim otpuštanjem gameta u vodu. Oplodnja je vanjska te se ubrzo nakon nje razvija ličinka trohofora, prva faza ličinačkog stadija bez ljuštore. Iz trohofore se razvija planktonska veliger ličinka koja na leđnoj strani ima ljušturu. Nakon otprilike 3-5 tjedana postižu juvenilni stadij što omogućava školjki da se pričvrsti za podlogu pomoću bisusnih niti (Therriault i sur. 2013). Tijekom razvoja ličinke dolazi do kontinuiranog izlučivanja, zadebljavanja i ojačavanja ljuštore koja na taj način povećava zaštitu od negativnog utjecaja okoliša (Choi i sur. 2013). Jedinka postaje spolno zrela nakon 1-2 godine života. Optimalna temperatura za mrijest varira između 18 i 28 °C. Potpuno zrela ženka sposobna je proizvesti više od milijun jajašaca po sezoni (Therriault i sur. 2013).

4.2. Ekološki, ekonomski i rekreacijski utjecaj

Širenje školjkaša *Dreissena rostriformis bugensis* ima višestruke nepoželjne učinke u riječnim i jezerskim ekosustavima. Zabilježeni ekološki učinci odnose se na promjenu prirodnih bentičkih zajednica, kompeticiju za prostor s autohtonim vrstama, mrijest riba, promjenu hranidbenog režima, promjenu ekosustava smanjenjem fitoplanktona, bioakumulaciju raznih metala i spojeva (Wakida-Kusonoki i sur. 2015). Uspostava populacije *D. r. bugensis* povezana je s promjenom u strukturi postojeće slatkovodne zajednice odnosno povećanjem gustoće populacija bentičkih organizama (Mills i sur. 2019). Takvim povećanjem gustoće organizama dolazi do promjene sastava i smanjenja ujednačenosti populacije (Aldridge i sur. 2014). Izlučivanje pseudofecesa i naknadno stvaranje biofilma i makrofita predstavlja izvor hrane herbivornim i detritivornim vrstama. Dodatna faunalna raznolikost i bogatstvo u staništima s nižom koncentracijom kisika dovodi sustav u neravnotežu uz mogućnost pojave anoksije (Mills i sur. 2019).

Prisutnost ovog školjkaša može povoljno utjecati na naseljavanje drugih invazivnih vrsta, posebice iz područja pontokaspijske regije uzrokujući invazijski slom (eng. *invasion meltdown*) (Mills i sur. 2019). Invazijski „*meltdown*“ označava pojavu gdje prisutnost jedne vrste pogoduje i olakšava naseljavanje druge invazivne vrste čiji negativni utjecaji na autohtone vrste tada postaju kompleksniji te se njihov utjecaj dodatno pojačava (Montgomery i sur. 2012). Primjerice, uočeno je kako *Dikerogammarus* spp., invazivna i grabežljiva vrsta rakušca ima afinitet za naknadnu invaziju staništa na području rijeke Wraybury u Velikoj Britaniji i jezeru Müritz u Njemačkoj (Slika 4; Mills i sur. 2019; Meßner i Zettler 2015). Ubrzo nakon invazije, zbog velikog kapaciteta filtracije vode, dolazi do uklanjanja fitoplanktona i drugih suspendiranih čestica te voda postaje bistrija. Na taj način omogućeno je dublje prodiranje sunčeve svjetlosti što dovodi do naglog bujanja algi i biljaka te do mogućnosti nastanka dubokomorske anoksije (Therriault i sur. 2013).

Osim negativnih, postoji nekoliko pozitivnih učinaka podvrste *D. r. bugensis* koji se odnose na osiguravanje izvora hrane pojedinim vrstama vodenih ptica, riba i rakova (Matthews i sur. 2013). Najmanje 27 vrsta riba u Europi i 14 vrsta riba u Sjevernoj Americi hrane se ovim školjkašem (Karatayev i sur. 2015).

Negativni ekonomski učinci uključuju začepljenje navigacijskih konstrukcija, kaveza za akvakulturu, cijevi, brodskih trupova i dr. (Wakida-Kusonoki i sur. 2015). Posjedovanje bisusnih niti omogućuje rizik od stvaranja biološkog obraštaja te pričvršćivanjem jedne jedinke

za drugu dolazi do njihovog nakupljanja u sustavima za navodnjavanje, elektranama, vodovodima, uređajima za pročišćavanje vode i slično (Cross i sur. 2011).



Slika 4. *Dreissena rostriformis bugensis* i *Dikerogammarus villosus* (preuzeto iz Meßner i Zettler 2015).

4.3. Ekološki učinak u litoralnoj i profundalnoj zoni

Dosadašnji raspoloživi podaci sugeriraju da je učinak školjkaša *Dreissena rostriformis bugensis* u litoralnoj zoni sličan kao kod vrste *Dreissena polymorpha*. U litoralnoj zoni ovaj školjkaš utječe na stabilnost i raznolikost zajednice te interspecijske odnose. Mijenja fizičke parametre staništa i pruža utočište i hranu drugim bentičkim beskralježnjacima na način da stvara trodimenzionalnu strukturu nalik grebenu unutar koje je omogućeno naseljavanje organizama koji inače ne bi bili prisutni na takvom staništu. Organizmi su zaštićeni od predatora te različitih stresora poput valova, isušivanja i struja. Pozitivni učinci odnose se na epifaunalne vrste beskralježnjaka poput rakušaca (Amphipoda), jednakonožaca (Isopoda), maločetinaša (Oligochaeta), obrubnjaka (Hydrozoa) koji koriste strukturu kompleksnost i prehrambene resurse koje pruža školjkaš. Do negativnih učinaka dolazi zbog iscrpljivanja kisika uzrokovanih visokim koncentracijama organskog materijala iz fecesa i pseudofecesa (Karatayev i sur. 2015).

Većina profundalne zone zbog svoje dubine i stratifikacije ograničena je na manju dostupnost izvora hrane kao i slabije pokretne organizme što uzrokuje veću kompetitivnost za hranidbene resurse i stanište. *D. r. bugensis* smanjuje ukupnu raznolikost vrsta, njihovu gustoću i biomasu. Utjecaj na fitoplankton veći je za vrijeme proljetnih mjeseci kada je cijeli vodeni stupac dobro promiješan (Karatayev i sur. 2015).

5. MJERE KONTROLE

5.1. Metode

Metode za ekonomski isplativu, učinkovitu i ekološki prihvatljivu kontrolu školjkaša *Dreissena rostriformis bugensis* su ograničene. Biološke, kemijske i fizičke metode kontrole su trenutačno u primjeni ili su u fazi daljnjeg razvoja (Wong i Gerstenberger 2011).

Biološke metode u većini slučajeva znače uvođenje prirodnog neprijatelja ciljne invazivne vrste zbog ograničavanja populacije ili kao mehanizam ublažavanja negativnog utjecaja. Izbor vrste ovisi o potencijalnim pozitivnim i negativnim učincima koje ta vrsta ima na uneseni ekosustav u odnosu na ekonomsku i ekološku štetu koju čini sama invazivna vrsta (Myers i Cory 2017). Neka od istraživanja pokazala su kako bakterija *Pseudomonas fluorescens* i riba *Lepomis microlophus* učinkovito uklanjaju ovog školjkaša (URL 3).

Najčešće korišteni moluscidi sadrže klor, brom, ozon, aromatske ugljikovodike, a glavna podjela je na oksidacijska i neoksidacijska sredstva. Uspješnost kemijskih metoda ovisi o životnoj dobi jedinke, vrsti kemikalije i njenoj koncentraciji te vremenu izlaganja populacije školjkaša određenoj kemikaliji za njeno uklanjanje (DiVittorio i sur. 2010).

Postoje različite fizičke metode kao što su ručno uklanjanje struganjem, usisavanjem, obrada grijanom vodom, sprejevi s vrućom vodom, bentičke prostirke. Bentičke prostirke su velike, tamne cerade usidrene na dnu vodnog tijela koje ograničavaju protok vode, zadržavaju kisik i hranu te ne propuštaju svjetlost. Termička obrada kao i sprejevi s vrućom vodom pod pritiskom smatraju se učinkovitim sredstvom za dekontaminaciju brodova od ličinačkih i odraslih stadija budući da *D. r. bugensis* ne podnosi dugotrajno izlaganje visokim temperaturama (30 - 39 ° C). Osim toga, u primjeni je isušivanje zaostale vode (Choi i sur. 2013). Isušivanje uništava sve životne stadije školjkaša, a vrijeme sušenja ovisi o temperaturi i vlažnosti okoline u kojoj se vozilo skladišti. Istraživanja su pokazala kako odrasle jedinke ne preživljavaju ukoliko su izložene isušivanju dva dana pri niskoj vlažnosti i temperaturi od 40 °

C dok primjenom sprejeva efikasnost ubijanja ličinki i odraslih postiže se pri 60 ° C u trajanju 5 do 10 sekundi (Hofius i sur. 2015).

Rekreacijski brodovi smatraju se primarnim vektorom u kopnenom širenju ličinki *D. r. bugensis* između vodenih tijela. Stoga je učinkovita dekontaminacija brodova od zaostale vode nužna u kontroli širenja ove podvrste. Nakon izlaska brodova iz vode preporučena je karantena od nekoliko dana prije korištenja brodova na nekom drugom području (Choi i sur. 2013).

Potrebne su nove, inovativne metode koje bi spriječile i ograničile daljnje širenje ovog školjkaša. Jedna od takvih metoda je ultraljubičasto zračenje koje se dosad pokazalo kao metoda bez štetnih utjecaja na okoliš. Najučinkovitije zračenje za onesposobljavanje i sprečavanje pričvršćivanja je ono unutar UVB i UVC elektromagnetskog spektra. Ova metoda učinkovita je jedino za ličinačke stadije budući da nemaju u potpunosti razvijenu ljušturu koja bi im zaštitila unutarnje organe. Utvrđeno je da je šansa za preživljavanje vrste manja što je raniji ličinački stadij izložen zračenju. Učinkovitost metode ovisi o brojnim faktorima no najvažniji jest omjer intenziteta i vremena izlaganja zračenju (Pucherelli i Claudi 2017).

5.2. Mogućnosti praćenja

Kako bi se pronašle adekvatne mjere za smanjivanje negativnih učinaka i usporavanja širenja *D. r. bugensis*, ali i za mogućnost razvoja najprikladnije metode kontrole i eradikcije potrebno je rano otkrivanje i praćenje vrste. U novije vrijeme sve se više koristi metoda eDNA za otkrivanje i kvantificiranje ciljnih vrsta na velikim geografskim područjima slatkovodnih ekosustava (De Ventura i sur. 2017). Kratki fragmenti molekule DNA koje organizam ostavlja u neživom okolišu odnosno vodi, zraku ili sedimentu naziva se okolišna DNA (eng. *environmental DNA*). Izvanstanična i stanična DNA sadržana je u eDNA koju organizam oslobađa kao nusprodukt izlučivanja kroz kožu, urin, feces i sluz u vodeni stupac (Díaz-Ferguson i Moyer 2014). Prednosti ove metode, u odnosu na tradicionalne kao što su ronjenje i uzimanje uzoraka mrežom, su ekonomska isplativost, kratko vrijeme istraživanja, pouzdanost, mogućnost otkrivanja populacija niske gustoće, mogućnost istraživanja nepristupačnih terena, ne zahtjevnost za kompliciranom opremom. Glavna prednost ove metode jest ta da ciljne organizme nije potrebno pronaći i identificirati. Umjesto toga potrebo je sakupiti uzorke vode i ekstrahirati eDNA, a potom naknadno lančanom reakcijom polimeraze s početnicama (eng. *primer*) za određenu ciljnu vrstu utvrditi njenu prisutnost (De Ventura i sur. 2017).

6. ZAKLJUČAK

Dreissena rostriformis bugensis je invazivna podvrsta s područja pontokaspijske regije koja se velikom brzinom širi slatkovodnim ekosustavima Europe i Sjeverne Amerike. Morfološke i anatomske značajke poput velike reproduktivne sposobnosti, bisusnih niti koje predstavljaju sredstvo pričvršćivanja za različite strukture u vodi (kamenje, sediment, druge školjkaše) te slobodno plivajuća ličinka omogućile su ovom školjkašu zauzimanje novih staništa te zadržavanje u istom. Vrlo učinkovita prehrana filtracijom vode omogućuje sposobnost djelovanja na organizme na svim trofičkim razinama. Kako ova podvrsta nastanjuje slatkovodne sustave može doći do nagomilavanja ljuštura u raznim postrojenjima kao što sustavi za navodnjavanje ili opskrbu vodom što tada dovodi do goleme ekonomske štete. Vrlo je zahtjevno odrediti točne puteve širenja budući da postoje razni mehanizmi prijenosa ove podvrste direktnim ili indirektnim putem. Izgradnja kanala Rajna-Majna-Dunav smatra se jednim od glavnih razloga širenja ovog školjkaša s istoka na zapad Europe. U izolirane vodene mase *D. r. bugensis* najčešće biva prenesena rekreacijskim brodovima i opremom koji nisu adekvatno očišćeni. Iz tog razloga nužna je kontrola brodova prilikom ispuštanja balastnih voda kao i brodova koji se prenose između vodenih tijela u svrhu rekreacije. Postoje brojne preventivne metode kao što su izlaganje visokim temperaturama, isušivanje, kemijska sredstva ili mehaničko uklanjanje. Kako su invazivne vrste jedna od najvećih prijetnja bioraznolikosti u svijetu potreban je razvoj uspješnijih metoda kontrole i uklanjanja vrste kao i obrazovanje većeg broja ljudi u svrhu sprječavanja daljnjeg širenja.

7. LITERATURA

- Aldridge, D., Ho, S., Froufe, E., 2014. The Ponto-Caspian quagga mussel, *Dreissena rostriformis bugensis* (Andrusov, 1897), invades Great Britain. *Aquatic Invasions*, 9(4), 529-535.
- Bij de Vaate, A., Van der Velde, G., Leuven, R. S. E. W., Heiler, K. C. M., 2013. Spread of the Quagga Mussel (*Dreissena rostriformis bugensis*) in Western Europe. U: Nalepa, T. F., Schloesser D. W., (ur.) 2014. *Quagga and Zebra Mussels: Biology, Impacts and Control*. CRC Press, 83-90.
- Choi, W., Gerstenberger, S., McMahon, R., Wong, W., 2013. Estimating survival rates of quagga mussel (*Dreissena rostriformis bugensis*) veliger larvae under summer and autumn temperature regimes in residual water of trailered watercraft at Lake Mead, USA. *Management of Biological Invasions*, 4(1), 61-69.
- Cross, C., L., Wong, W., H., Che, T., 2011. Estimating carrying capacity of quagga mussels (*Dreissena rostriformis bugensis*) in a natural system: A case study of the Boulder Basin of Lake Mead, Nevada-Arizona. *Aquatic Invasions*, 6(2), 141-147.
- De Ventura, L., Kopp, K., Seppälä, K., Jokela, J., 2017. Tracing the quagga mussel invasion along the Rhine river system using eDNA markers: early detection and surveillance of invasive zebra and quagga mussels. *Management of Biological Invasions*, 8(1), 101-112.
- Díaz-Ferguson, E., Moyer, G., 2014. History, applications, methodological issues and perspectives for the use environmental DNA (eDNA) in marine and freshwater environments. *Revista de Biología Tropical*, 62(4), 1273-1284.
- DiVittorio, J., Grodowitz, M., Snow, J., 2010. *Inspection and Cleaning Manual for Equipment and Vehicles to Prevent the Spread of Invasives Species*
- Habdija, I., Primc Habdija, B., Radanović, I., Špoljar, M., Matoničkin Kepčija, R., Vujčić Karlo, S., Miliša, M., Ostojić, A., Sertić Perić, M., 2011. *Protista-Protozoa i Metazoa-Invertebrata: Strukture i funkcije*. Zagreb. Alfa d.d., 261-276.
- Hofius, J., Mandella, C., Rackl, S. M., 2015. Evaluation of watercraft quagga mussel decontamination in saltwater. *Management of Biological Invasions*, 6(3), 277-286.

- Karatayev, A., Burlakova, L., Padilla, D., 2015. Zebra versus quagga mussels: a review of their spread, population dynamics, and ecosystem impacts. *Hydrobiologia*, 746(1), 97-112.
- Matthews, J., Van der Velde, G., Bij de Vaate, A., Collas, F. P. L., Koopman, K. R., Leuven, R. S. E. W., 2013. Rapid range expansion of the invasive quagga mussel in relation to zebra mussel presence in The Netherlands and Western Europe. *Biological Invasions*, 16(1), 23-42.
- Meßner, Ul., Zettler, M., 2015. Die Quagga-Muschel *Dreissena (Pontodreissena) bugensis* (Andrusov, 1897) hat die Mecklenburgische Seenplatte und das Oderhaff erreicht (Bivalvia: Dreissenidae). *Lauterbornia*, 80, 31-35.
- Mills, D., N., Chadwick, M., A., Francis R., A., 2019. Artificial substrate experiments to investigate potential impacts of invasive quagga mussel (*Dreissena rostriformis bugensis*, Bivalvia: Dreissenidae) on macroinvertebrate communities in a UK river. *Aquatic Invasions*, 14(2), 365-383.
- Montgomery, W., I., Lundy, M., G., Reid, N., 2012. 'Invasional meltdown': evidence for unexpected consequences and cumulative impacts of multispecies invasions. *Biological Invasions*, 14(6), 1111-1125.
- Myers, J., Cory, J. 2017. Biological Control Agents: Invasive Species or Valuable Solutions?. 10, *Impact of Biological Invasions on Ecosystem Services*, 12, 191-202.
- Orlova, M. I., 2013. Origin and Spread of Quagga Mussels (*Dreissena rostriformis bugensis*) in Eastern Europe with Notes on Size Structure of Populations. U: Nalepa, T. F., Schloesser D. W., (ur.) 2014. *Quagga and Zebra Mussels: Biology, Impacts and Control*. CRC Press, 93-100
- Prié, V., Fruget, J., 2017. Heading south: new records of the invasive quagga mussel *Dreissena rostriformis bugensis* (Andrusov, 1897) in France and further perspectives. *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems*, (418), 37.
- Pucherelli, S., Claudi, R., 2017. Evaluation of the effects of ultra-violet light treatment on quagga mussel settlement and veliger survival at Davis Dam. *Management of Biological Invasions*, 8(3), 301-310.
- Raković, M., Popović, N., Kalafatić, V., Martinović-Vitanović, V. 2013. Spreading of *Dreissena rostriformis bugensis* (Andrusov, 1897) in the Danube River (Serbia). *Acta Zoologica Bulgarica*. 65(3), 349-357.

- Therriault, T. W., Weise, A. M., Higgins S. N., Guo, S., Duhaime, J. 2013. Risk Assessment for Three Dreissenid Mussels (*Dreissena polymorpha*, *Dreissena rostriformis bugensis*, and *Mytilopsis leucophaea*) in Canadian Freshwater Ecosystems. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/174
- Wakida-Kusunoki, A., Wakida, F., De Leon-Sandoval, J., 2015. First record of quagga mussel *Dreissena rostriformis bugensis* (Andrusov, 1897) (Bivalvia, Dreissenidae) from Mexico. *BioInvasions Records*, 4(1), 31-36.
- Wong, W., Gerstenberger, S., 2011. Quagga Mussels in the Western United States: Monitoring and Management. *Aquatic Invasions*, 6(2), 125-129.
- Woźniczka, A., Wawrzyniak-Wydrowska, B., Radziejewska, T., Skrzypacz, A., 2016. The quagga mussel (*Dreissena rostriformis bugensis* Andrusov, 1897) – another Ponto-Caspian dreissenid bivalve in the southern Baltic catchment: the first record from the Szczecin Lagoon. *Oceanologia*, 58(2), 154-159.

URL 1: <http://www.haop.hr/hr/tematska-podrucja/prirodne-vrijednosti-stanje-i-ocuvanje/ugrozenost-vrsta-i-stanista/strane-vrste/o> (kolovoz 2020.)

URL 2: <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=46656> (kolovoz 2020.)

URL 3: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/107770> (kolovoz 2020.)

8. SAŽETAK

Dreissena rostriformis bugensis je invazivna podvrsta slatkovodnog školjkaša, prirodno rasprostranjena na području rijeka Južni Bug i Dnjeper u Ukrajini, koja je u vrlo kratkom razdoblju naselila slatkovodne ekosustave Europe i Sjeverne Amerike. Visok reproduktivni potencijal, slobodno plivajuća veliger ličinka, bisusne niti u odrasloj fazi kao i prehrana filtracijom najvažnije su karakteristike koje ovu podvrstu čine invazivnom. Invazivnost se očituje u višestrukome ekološkom, ekonomskom i socio-ekonomskom učinku. Uspostavom populacije u novom, nenativnom staništu dolazi do promjene u strukturi staništa i hranidbenih odnosa kao i kompeticije za hranu i prostor s autohtonim vrstama. Stvaranje obraštaja u sustavima za opskrbu vodom, energetskim postrojenjima, branama, vozilima, opremi i plažama može prouzročiti znatnu ekonomsku štetu. Postoje razne metode kontrole uključujući kemijske, biološke i fizičke postupke, a kako bi njihovo djelovanje bilo što učinkovitije često se koriste kombinacije navedenih postupaka. Ključnu ulogu predstavlja monitoring invazivnih vrsta zbog praćenja stanja pojedinog staništa u kojem je vrsta prisutna te usporavanja ili čak sprječavanja daljnjeg širenja. Okolišna DNA (eDNA) ima sve veću primjenu u slatkovodnim ekosustavima za identificiranje i kvantifikaciju organizama te se pokazala kao pouzdana metoda za ovu vrstu.

9. SUMMARY

Dreissena rostriformis bugensis is an invasive subspecies of a freshwater bivalve, naturally distributed on the Southern Bug and Dnieper rivers in Ukraine, which has inhabited the freshwater ecosystems of Europe and North America in a very short time period. Its high reproductive potential, the free-swimming veliger larva, byssus threads in the adult stage as well as filter-feeding are the most important characteristics making this subspecies an invasive one. Their invasiveness is evident from multiple environmental, economic, and socioeconomic impacts. By establishing a population in a new, non-native habitat, a change occurs in the habitat's structure and feeding relations, as well as a new nutritive and spatial competition with indigenous species. The formation of fouling in water supply systems, power plants, dams, vehicles, equipment and beaches can cause significant economic damage. There are various control methods, including chemical, biological and physical procedures, and they are often combined which helps make them as effective as possible. The monitoring of invasive species

plays a key part in monitoring the condition of individual habitats in which the species is present, and can help with slowing down or even preventing its further spread. Environmental DNA (eDNA) has proven to be a reliable method for this species, and is increasingly used to identify and quantify organisms in freshwater ecosystems.