



KAKO UNESENE GUJAVICE MIJENJAJU EKOSUSTAVE?

Malte Jochum ^{1,2*}, **Nico Eisenhauer** ^{1,2}

¹Experimental Interaction Ecology, German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv), Halle-Jena-Leipzig, Leipzig, Germany

²Institute of Biology, Leipzig University, Leipzig, Germany

MLADI RECENZENTI



LILU

DOB: 10



MICHELLE

DOB: 16

Svi znamo kako su gujavice važni prijatelji u našem vrtu: pomažu biljkama bolje rasti pružajući hranjive tvari, vodu i zrak u tlu. Međutim, u nekim slučajevima, gujavice imaju više negativnih učinaka. To je zato što se drugi organizmi trebaju naviknuti na aktivnosti gujavica kako bi imali koristi od njihove prisutnosti. Neka područja svijeta razvijala su se bez gujavica tisućama godina. Primjerice, na sjeveru Sjeverne Amerike, gujavice su odsutne više od 10 000 godina i ponovno su unesene tek u proteklih ~400 godina. U mnogim slučajevima, unesene gujavice pronalaze savršeno okruženje jer nijedan drugi organizam nije mogao iskoristiti resurse koje ove gujavice sada konzumiraju. Kao takozvani inženjeri ekosustava, gujavice dramatično mijenjaju mnoge karakteristike ekosustava. U ovom članku sažimamo poznate posljedice invazije gujavica, izvještavamo o tome kako znanstvenici proučavaju te posljedice i ističemo preostale praznine u znanju koje biste mogli pomoći riješiti ako odlučite postati ekolog.

FUNKCIJA EKOSUSTAVA

Proces koji se odvija u ekosustavu i predstavlja ili ga pokreće aktivnost organizama. Primjeri uključuju razgradnju organskog materijala, kruženje hranjivih tvari ili zadržavanje vode.

PERTURBACIJA

Poremećaj, u ekologiji obično poremećaj ravnotežnog stanja ili bilo kojeg nivoa biološke organizacije (pojedinaac, populacija, zajednica, ekosustav).

BIORAZNOLIKOST

Raznolikost života na Zemlji, obično izražena kao varijabilnost na genetskoj, vrstnoj ili ekosustavnoj razini.

INŽENJER EKOSUSTAVA

Organizam koji mijenja svoj okoliš redistribuirajući materijal i energiju putem ne-hranidbenih interakcija s živim i mrtvim komponentama svog ekosustava.

INTERAKCIJE ORGANIZAMA POMAŽU EKOSUSTAVIMA PRUŽATI USLUGE LJUDIMA

Unutar ekosustava, različite vrste međusobno stupaju u interakciju, na primjer hraneći se, pomažući ili pružajući stanište jedni drugima. Svaka vrsta troši svoje resurse, a jedu je druge vrste. Sve imaju svoje jedinstvene uloge u prirodi. Neke vrste imaju posebno važne uloge u ekosustavima jer jedu otpalo lišće ili životinje. Te vrste recikliraju materijale i vraćaju ih u ekosustav. Drugi organizmi pomažu biljkama u proizvodnji cvjetova i sjemenja. Svi organizmi obavljaju **funkcije ekosustava** poput razgradnje, oprašivanja i mnogih drugih. Mi ljudi se oslanjamo na funkcije i usluge koje nam netaknuti ekosustavi pružaju. Međutim, te usluge ovise o raznolikosti i interakcijama prisutnih vrsta. **Perturbacije** u ekosustavu mogu promijeniti njegovu **biroznošću** i interakcije vrsta unutar njega. Promjene klime (npr. povišena temperatura), promijenjena uporaba zemljišta (npr. pretvorba šuma u poljoprivredna polja) ili invazije vrsta (uvođenje novih vrsta u ekosustav) imaju potencijal poremetiti ekosustave na načine koji mogu promijeniti funkcije i usluge koje pružaju.

INVAZIVNE VRSTE MIJENJAJU EKOSUSTAVE

Invazivna vrsta je vrsta koja stiže u novi okoliš, uspostavlja se, značajno povećava brojnost i tamo formira nove interakcije koje značajno mijenjaju invadirani ekosustav. Invazije vrsta su jedan od najvažnijih uzroka globalnih promjena u biološkoj raznolikosti. Invadirani ekosustavi se mijenjaju uspostavom novih hranidbenih odnosa, zamjenom prirodnih biljaka s dominantnim invazivnim biljkama, nestankom prethodno uspostavljenih vrsta ili olakšavanjem daljnjih invazija. Učinci invazija vrsta su najjači ako se invazivna vrsta jako razlikuje od vrsta koje već žive u ekosustavu [1]. Razlike mogu uključivati korištenje resursa, otpornost na stresore, brzinu rasta ili sposobnost konzumiranja hrane koju druge vrste ne mogu probaviti. Neke invazivne vrste imaju posebno snažne učinke jer aktivno mijenjaju svoj okoliš stvaranjem ili modificiranjem staništa. Takve vrste nazivaju se **inženjerima ekosustava**. Primjeri su dabrovi koji grade brane i privremeno pretvaraju kopnena staništa u slatkovodna, te gujavice koje mijenjaju tlo **kopanjem** (izgradnjom tunela), **izmetanjem** (izgradnjom malih hrpica njihovih izmeta na i u tlu) i **miješanjem** mrtvog biljnog materijala na tlu s tlom ispod [2].

GUJAVICE SU JAKO VAŽNE ZA EKOSUSTAVE TLA - NA DOBAR ILI LOŠ NAČIN

Gujavice se prirodno nalaze u većini kopnenih ekosustava diljem svijeta. Neprestano strukturiraju tlo u kojem žive. Njihovo **kopanje** miješa tlo i poboljšava protok zraka i vode kroz podzemni svijet. Hranjenjem mrtvim organskim materijalom s površine tla, uvlačenjem istog u tlo i probavljanjem ga, a potom ostavljajući izmet, redistribuiraju hranjive tvari kroz tlo. Ove aktivnosti utječu na ostale organizme ispod i iznad površine. Promijenjena dostupnost zraka, vode i hranjivih tvari mijenja način na koji drugi organizmi koriste svoje resurse, gdje mogu živjeti i koliko dobro mogu rasti i razmnožavati se.

KOPANJE

Aktivnost kopanja tunela gujavica.

IZMETANJE

Aktivnost stvaranja malih hrpica izmeta gujavica na površini tla i u tlu.

MIJEŠANJE

Aktivnost redistribucije različitih dijelova tla jednih s drugima i organskog materijala s površine tla.

Kroz ove aktivnosti, gujavice utječu na bakterije, gljive, skokune, grinje, kukce, biljke i čak životinje koje žive iznad površine tla, poput lisnih uši.

Stoga su gujavice vrlo važni organizmi tla čiji utjecaj seže i izvan podzemnog svijeta. To je u redu na područjima gdje su drugi organizmi navikli na gujavice, ali može postati problematično tamo gdje nisu navikli na ove mekane susjede.

INVAZIVNE VRSTE GUJAVICA SU GLOBALNI PROBLEM

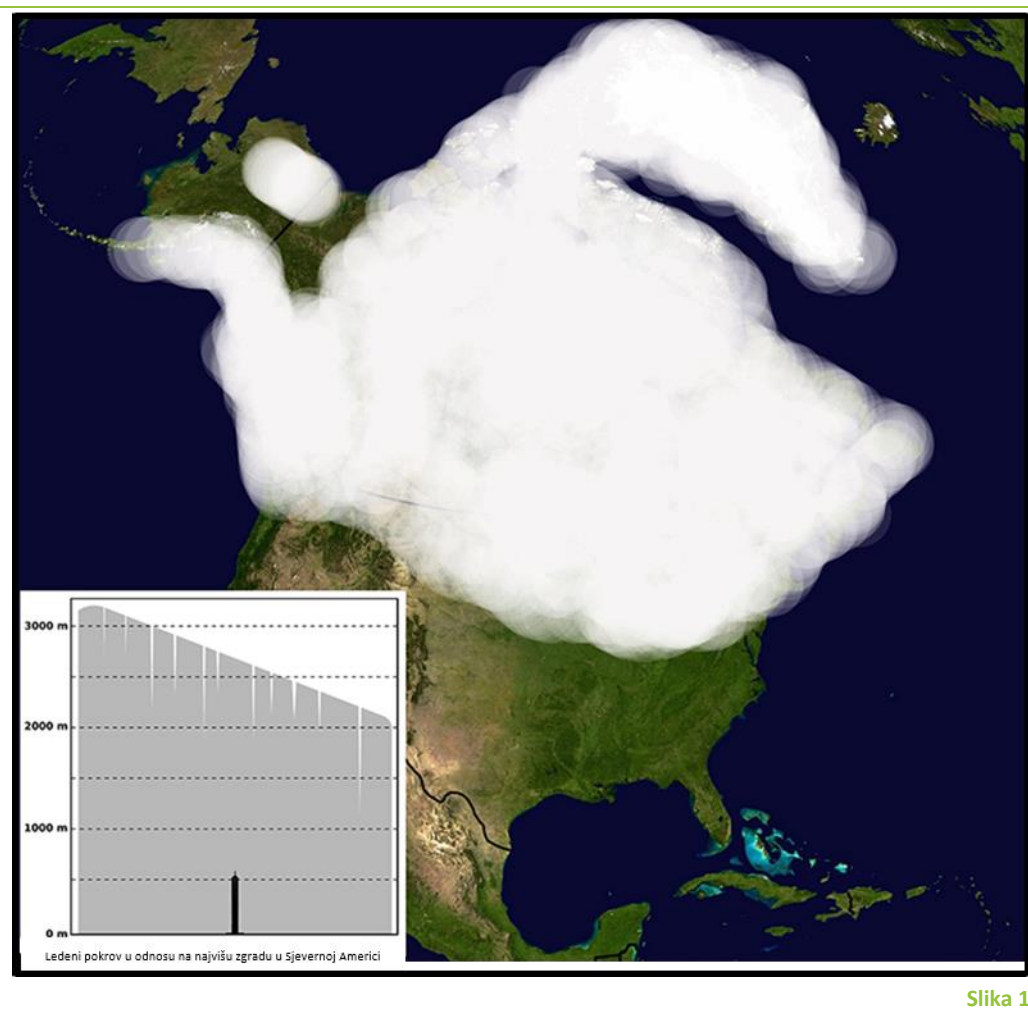
U mnogim se mjestima gujavice smatraju "najboljim prijateljem vrtlara". One poboljšavaju kvalitetu tla u vrtovima, poljima, pašnjacima i šumama. Ostali organizmi dijele ove ekosustave s gujavicama već vrlo dugo vremena i navikli su na njihovo prisustvo i aktivnost. U tim se ekosustavima može pronaći stotine gujavica i do desetak vrsta po kvadratnom metru, ali to nije slučaj svugdje u svijetu. Neke su lokacije siromašne gujavicama, a na drugim područjima gujavice uopće ne postoje [3]. U područjima gdje su gujavice prirodno rijetke ili ih uopće nema, unesene vrste gujavica mogu postati veliki problem [4]. To je zato što se u tim mjestima mikrobne, biljne i životinjske vrste nisu navikle na prisutnost gujavica. Autohtone vrste se možda neće moći nositi s promjenama koje gujavice uzrokuju u vodi, zraku i dostupnosti hranjivih tvari u tlu. Važno je proučavati učinke invazije gujavica na ekosustave i predvidjeti njihov budući utjecaj jer je nemoguće ukloniti gujavice s područja na kojima su se raširile bez ubijanja drugih životinja i biljaka.

SJEVERNI DIO SJEVERNE AMERIKE JE POD INVAZIJOM GUJAVICA

Veliki dijelovi sjeverne SAD-a i Kanade bili su pokriveni ogromnim ledenjacima tijekom posljednjeg ledenog doba (Slika 1). Pod tim ledenjacima gujavice nisu mogle preživjeti. Stoga je, najranije od kad je led nestao, prije otprilike 12 000 godina, većina Sjeverne Amerike prirodno bez gujavica. Za prirodnu reintrodukciju gujavica potrebno je puno vremena, jer se polako šire u nova staništa (manje od 10 m godišnje). Međutim, kad su europski doseljenici stigli u Sjevernu Ameriku, slučajno i/ili namjerno su sa sobom donijeli gujavice². Jednom kad su bile unesene, gujavicama su se jako svidjela mnoga od tih područja. Šume su imale debele slojeve još nerazgrađenog organskog materijala (mrtve ostatke nekada živih stvari), što je bilo izvrsno jelo za gujavice (Slika 2). Udomaćile su se i njihov je broj brzo rastao. Izgradnjom cesta, premještanjem tla, premještanjem biljaka i sličnim aktivnostima, doseljenici su aktivno distribuirali gujavice diljem sjevernog dijela kontinenta puno brže nego što bi gujavice mogle putovati same. Na nekim su područjima gujavice vjerojatno unijeli ribolovci koji su možda odbacili neiskorišteni mamac blizu jezera, potoka ili ribolovnih kućica. Kao rezultat, širenju gujavica pomogli su ljudi koji nisu znali ili se nisu brinuli kakve bi posljedice na razini ekosustava mogli imati ove novopridošlice.

SLIKA 1

Približan raspon sjevernog Sjevernoameričkog ledenog pokrivača tijekom posljednjeg ledenog doba. Graf dolje lijevo prikazuje približnu maksimalnu debljinu leda u usporedbi s najvišom zgradom u Sjevernoj Americi (546 m, One World Trade Center, New York City, USA). Debljina ledenog pokrivača varirala je vremenski i prostorno tijekom glacijacije, izvorna satelitska snimka -NASA, preuzeto s wikipedia.org



Slika 1

FIZIKALNO SVOJSTVO TLA

Svojstva tla povezana s materijom, energijom ili silom. Na primjer, sadržaj vode ili zraka.

KEMIJSKO SVOJSTVO TLA

Svojstva tla povezana s elementima i spojevima atoma, molekula i iona. Na primjer, dostupnost različitih hranjivih tvari i elemenata ili kiselost.

BIOLOŠKO SVOJSTVO TLA

Svojstva tla povezana sa živim bićima. Na primjer, broj prisutnih vrsta, njihove biomase ili interakcije.

ZNANSTVENICI PROUČAVAJU KAKO GUJAVICE MIJENJAJU EKOSUSTAVE

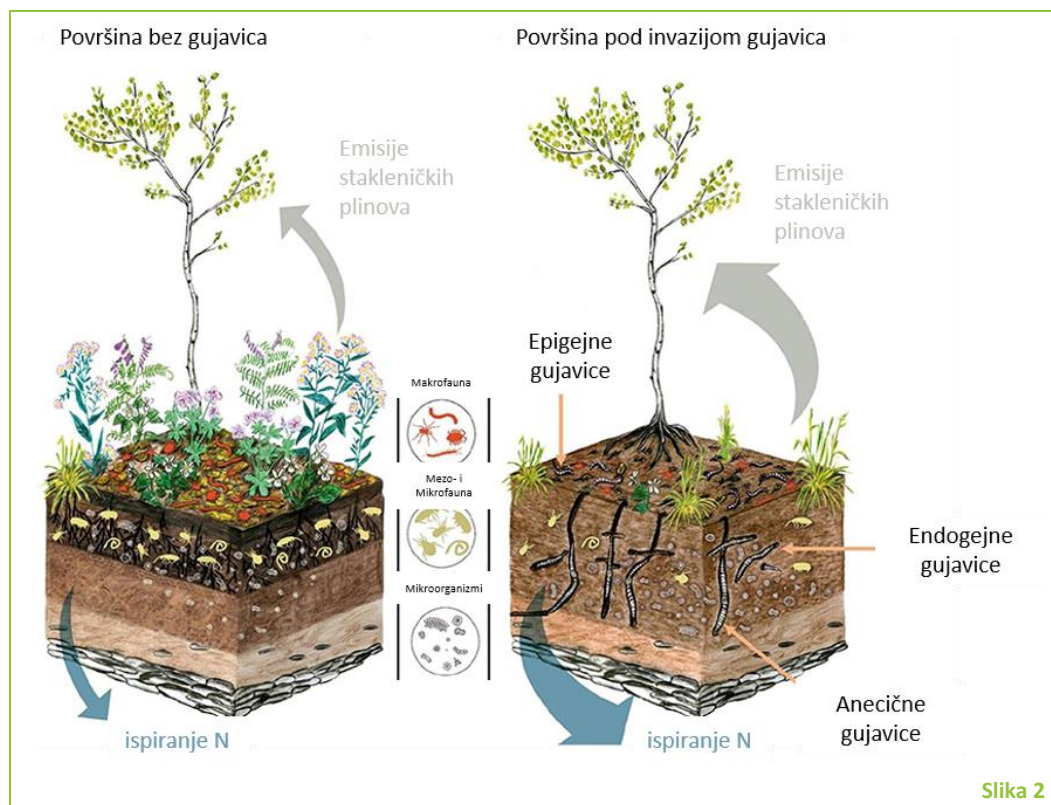
Znanstvenici već desetljećima proučavaju invazije gujavica koristeći tri različita pristupa: Prvo, u terenskim istraživanjima istraživači uspoređuju ekosustave koji nisu zahvaćeni invazijom sa sličnim ekosustavima koji su već invadirani gujavicama. Drugo, u eksperimentima na otvorenom, istraživači uspoređuju male površine bez gujavica s područjima u blizini gdje eksperimentalno naseljavaju gujavice. Druga mogućnost je da prvo izmjere svojstva ekosustava, zatim tamo nasele gujavice i nakon toga ponovno mjere ista svojstva. Treći pristup je održavanje malih pokusnih komada tla s biljkama u laboratoriju pod kontroliranim uvjetima, gdje istraživači kontroliraju svjetlost, vodu i temperaturu. U neke od tih pokusnih komada tada se dodaju gujavice, a u druge ne, kako bi se mogli izravno usporediti. U svim ovim pristupima, istraživači mogu procijeniti načine na koje gujavice mijenjaju ekosustave, kao što su promjene u **fizikalnim, kemijskim i biološkim svojstvima** tla, te različitim **funkcijama ekosustava**. Svi ovi različiti pristupi i mjerenja pomažu nam bolje razumjeti kako invazivne gujavice mijenjaju svoje nove domove.

SLIKA 2

Ilustracija kako invazivne gujavice mijenjaju ekosustave koji su prethodno bili bez gujavica. Kopanjem, hraneći se listincem i miješajući tlo gujavice utječu na svojstva tla izazivajući promjene u slojevima tla, vegetaciji i organizmima tla. Ove promjene utječu na procese u ekosustavima, kao što je emisija stakleničkih plinova i gubitak dušika iz tla. Povećanje atmosferskih razina stakleničkih plinova, npr. ugljikovog dioksida ili dušikovog oksida su okolišni problemi. Na različite funkcionalne skupine organizama tla, prikazano u crnom središnjem okviru (grupe prema veličini od velikih do malih: makrofauna – npr. pauzi i jednakonošci; mezofauna – npr. skokuni i grinje; mikrofauna – npr. nematode i mikroorganizmi – npr. bakterije i neke gljive) utječu tri ekološke skupine gujavica (epigejne – žive u listincu i na površini tla, endogejne – grade većinom vodoravne hodnike u gornjih slojevima tla, i anecične – grade duboke, okomite hodnike: pogledaj desni panel). Koje promjene možeš uočiti? Izvorno objavljeno u (5), reproducirano u dopuštenje izvornog izdavača.

ŠTO VEĆ ZNAMO?

Već znamo prilično puno o tome kako gujavice mijenjaju **kemijska i fizikalna svojstva** tla. Gujavice stvaraju tla koja su toplija, suša i manje kisela, te mijenjaju dostupnost dušika i ugljika u tlu, dva vrlo važna kemijska elementa. Uz to, invazija gujavica često smanjuje broj drugih organizama u tlu i broj različitih životinjskih i biljnih vrsta (Slike 2 i 3).



Slika 2

Ipak, nisu svi organizmi negativno pogođeni. Primjerice, brojnost oribatidnih grinja i skokuna je često smanjena, ali brojnost prostigmatidnih grinja se povećava tamo gdje su se gujavice naselile. Također, neke vrste lokalno nestaju, ali druge vrste, posebice one koje su navikle na prisutnost gujavica, mogu slijediti primjer gujavica i postati invazivne. Invazija gujavica može uzrokovati niz posljedica u ekosustavu koje su također važne za ljude, kao što su promijenjena kvaliteta vode i vjerojatnost šumskih požara (6). Znamo kako invazivne gujavice smanjuju broj biljnih vrsta, ali povećavaju važnost biljaka poput trava i brojnost neautohtonih biljaka. Gujavice također utječu na velike životinje, poput salamandera i ptica koje gnijezde na površini tla. Iako neki salamandera mogu koristiti **hodnike** gujavica za skrivanje i hranjenje na gujavicama, gnijezda ptica koje gnijezde na tlu mogu biti uništena dok gujavice zakopavaju lišće, koje je glavni materijal za izgradnju gnijezda.

SLIKA 3

Ekstremni primjer potencijalnih posljedica invazije gujavica na šumu javora u Minnesoti, SAD. Gornji panel pokazuje šumsku površinu koja nije pod invazijom, donji panel pokazuje šumu koja je pod invazijom europskih gujavica. Fotografirao: Ulrich Pruschitzki (gornja slika), i Olga Ferlian (donja slika), izmijenjeno prema (6).



Slika 3

ISTRAŽIVANJE INVAZIJE GUJAVICA SE NASTAVLJA...

Potrebno je vrijeme kako bi se istražile reakcije ekosustava na **perturbacije** - istraživanja često moraju trajati godinama. Zato, unatoč desetljećima istraživanja učinaka invazije gujavica na njihove nove domove, još uvijek postoji puno toga što ne znamo [7,³]. Više znamo o tome kako invazija gujavica utječe na strukturu tla, druge organizme i **funkcije ekosustava ispod** površine zemlje nego iznad nje. Također ne znamo puno o tome kako invazija gujavica mijenja način interakcije sustava iznad i ispod površine zemlje ili kako energija teče kroz mreže organizama koji jedu jedni druge. Iako znamo kako invazija gujavica mijenja zajednicu biljaka u cjelini, ne znamo puno o tome kako utječe na karakteristike pojedinačnih biljaka, poput veličine njihovih listova, što je vrlo važno za život i funkciju biljke (npr. fotosintezu). Većina našeg znanja temelji se na promatranjima i laboratorijskim eksperimentima, jer su terenski eksperimenti često teški za provođenje i zahtijevaju posebnu pažnju kako bi se osiguralo da gujavice ne mogu pobjeći i invadirati prethodno nenastanjena područja. Naposljetku, vjerojatno znate da se klima našeg planeta brzo mijenja. Više temperature i promjena intenziteta kiše mogu međusobno djelovati s invazijama gujavica. Stoga je važno proučiti što se događa kada se organizmi u ekosustavu istodobno moraju nositi s kombinacijom viših temperatura i njihovih novih mekanih susjeda. Radoznali mladi umovi poput vašeg mogu

pomoći u odgovaranju na ova pitanja i daljnjem otkrivanju tajnih pojedinosti života ispod površine zemlje, posebno u odgovoru na invazivne vrste i njihov utjecaja na ekosustave našeg sve promjenjivijeg planeta.

REFERENCE

1. Wardle, D. A., Bardgett, R. D., Callaway, R. M., and Van der Putten, W. H. 2011. Terrestrial ecosystem responses to species gains and losses. *Science* 332:1273–7. doi: 10.1126/science.1197479
2. Eisenhauer, N., and Eisenhauer, E. 2020. The “intestines of the soil”: the taxonomic and functional diversity of earthworms—a review for young ecologists. *EcoEvoRxiv*. doi: 10.32942/osf.io/tfm5y
3. Phillips, H. R. P., Guerra, C. A., Bartz, M. L. C., Briones, M. J. I., Brown, G., Crowther, T. W., et al. 2019. Global distribution of earthworm diversity. *Science* 366:480–5. doi: 10.1101/587394
4. Hendrix, P. F., Callahan, M. A. Jr., Drake, J. M., Huang, C. Y., James, S. W., Snyder, B. A., et al. 2008. Pandora’s box contained bait: the global problem of introduced earthworms. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 39:593–613. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.39.110707.173426
5. Ferlian, O., Eisenhauer, N., Aguirrebengoa, M., Camara, M., Ramirez-Rojas, I., Santos, F., et al. 2018. Invasive earthworms erode soil biodiversity: a meta-analysis. *J. Anim. Ecol.* 87:162–72. doi: 10.1111/1365-2656.12746
6. Frelich, L. E., Blossey, B., Cameron, E. K., Dávalos, A., Eisenhauer, N., Fahey, T., et al. 2019. Side-swiped: ecological cascades emanating from earthworm invasions. *Front. Ecol. Environ.* 17:502–10. doi: 10.1002/fee.2099
7. Eisenhauer, N., Ferlian, O., Craven, D., Hines, J., and Jochum, M. 2019. Ecosystem responses to exotic earthworm invasion in northern North American forests. *Res. Ideas Outcomes* 5:e34564. doi: 10.3897/rio.5.e34564

DOPRINOSI

Rad je financiran preko Europskog istraživačkog vijeća pod Obzor 2020 programom istraživanja i inovacija Europske unije (odobrenje broj 677232 dodijeljeno Nici Eisenhaueru) i Njemačkog centra za istraživanje integrativne bioraznolikosti Halle-Jena-Leipzig, kojeg financira Njemačka istraživačka zaklada (FZT 118). Zahvalni smo na konstruktivnim komentarima dva para znanstveni mentor- mladi recenzent i pomoćnom uredniku Nathan M Good koji su značajno unaprijedili naš rukopis.

OPASKA

1. Knete Video od Maxwell Helmberger (Engleski):
https://www.youtube.com/watch?v=3a7IFGOYL7s&list=PLB9tSz89_6_qBS8RRF0h5YzhyC31KJHoc&index=5
2. MinuteEarth Video (Engleski):
<https://www.youtube.com/watch?v=icGV8bJRkkg>
3. EcoWorm prezentacija projekta (Engleski):
https://www.youtube.com/watch?v=Au_-VYDUhAw&list=PLJFvA_Py3UkyUbNO48W7bY2KoVuSYIlec&index=10&t=0s

UREDIO: Nathan M. Good, University of California, Berkeley, United States

CITAT: Jochum M and Eisenhauer N (2020) How Introduced Earthworms Alter Ecosystems. *Front. Young Minds* 8:534345. doi: 10.3389/frym.2020.534345

IZJAVA O KONFLIKTU INTERESA: Autori izjavljaju da je istraživanje izvedeno u odsustvu bilo kakve komercijalne ili financijske poveznice koja se može tumačiti kao potencijalni konflikt interesa.

COPYRIGHT © 2020 Jochum and Eisenhauer. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

MLADI RECENZENTI

LILU, DOB: 10

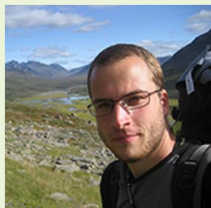
Volim polarne medvjede i borim se protiv klimatskih promjena da ih spasim! Također, volim zamorce.

MICHELLE, DOB: 16

Ja sam Španjolka koja želi biti pilot. Moji omiljeni predmeti u školi su biologija i matematika. Moji hobiji su letenje i igranje tenisa.



BIOGRAFIJE AUTORA



MALTE JOCHUM

Malte je kao tinejdžer napravio jezerce u vrtu svojih roditelja i bio fasciniran životinjama i biljkama koje su se tu same od sebe nastanile. Iz te fascinacije živim bićima i njihovim međudjelovanjima, studirao je biologiju. Kao društvenog ekologa, posebno ga zanima kako mi ljudi i naše aktivnosti utječemo na prirodne biljne i životinjske zajednice i kako one funkcioniraju. Malte proučava vodena i kopnena staništa u umjerenim i tropskim područjima s fokusom na beskralješnjake. U slobodno vrijeme uživa istraživati prirodu sa svoje dvije kćeri, voziti bicikl i kajak te se okušati u triatlonu. *malte.jochum@idiv.de



NICO EISENHAUER

Nico je bio zainteresiran za prirodu od malih nogu. Kopao je u potrazi za gujavicama, hvatao žabe i ribe i pomagao gušterima da prežive zimu. Oduvijek je bio fasciniran ljepotom prirode i vođen pitanjem zašto se određena biljna ili životinjska vrsta nalazi na jednom mjestu, a ne na drugom. Tijekom studija biologije otkrio je interes za gujavice i njihove aktivnosti koje su važne za funkcioniranje ekosustava. Kad ne radi, Nico voli igrati nogomet, badminton, trčati i provoditi vrijeme sa svojom obitelji.

PRIJEVOD

DAVORKA K. HACKENBERGER