



## ODVRATNO ILI UKUSNO? - KAKO SE BESKRALJEŽNJACI TLA NOSE S POVEĆAVAJUĆIM ONEČIŠĆENJEM MIKROPLASTIKOM

**Carlos Barreto**<sup>1\*†</sup>, **Matthias C. Rillig**<sup>2,3†</sup>, **Walter R. Waldman**<sup>4†</sup> and **Stefanie Maaß**<sup>3,5†</sup>

<sup>1</sup> Department of Biology, Biotron Experimental Climate Change Research Centre, Western University, London, ON, Canada

<sup>2</sup> Plant Ecology, Institute of Biology, Freie Universität Berlin, Berlin, Germany

<sup>3</sup> Berlin-Brandenburg Institute of Advanced Biodiversity Research (BBIB), Berlin, Germany

<sup>4</sup> Center of Science and Technology for Sustainability, Federal University of São Carlos, Sorocaba, Brazil

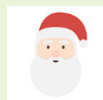
<sup>5</sup> Plant Ecology and Nature Conservation, Institute of Biochemistry and Biology, Universität Potsdam, Potsdam, Germany

### MLADI RECENZENTI:



**ASTÈRE**

DOB: 8



**JUNIE**

DOB: 10

Beskranježnjaci tla (malene životinje koje žive u tlu), predstavljaju vrlo raznoliku skupinu stanovnika tla. Ova skupina uključuje gujavice, kopnene jednakošce, paukove, skokune, grinje i neke kukce. Beskranježnjaci tla hrane se mrtvim biljkama, gljivama i bakterijama, a nekada i drugim beskranježnjacima tla. Zbog mnoštva načina kojima su beskranježnjaci tla u međusobnoj interakciji, te zbog velikog broja različitih vrsta u tlu, život u tlu je složen i teško razumljiv. Nažalost, beskranježnjaci tla nose se sa zagađenjem i onečišćenjem tla mikroplastikom već desetljećima. No, je li ih briga za to? Šteti li im mikroplastika? Može li se mikroplastika prenositi između beskranježnjaka kada se jedan organizam hrani drugim? Većina pitanja vezana uz mikroplastiku i beskranježnjake tla istražena je na gujavicama, ali postoji i nekolicina istraživanja na drugim organizmima, poput skokuna, grinja i nematoda. U ovom ćemo radu, napraviti sažetak učinaka mikroplastike na beskranježnjake tla.

## BESKRALJEŽNJACI TLA

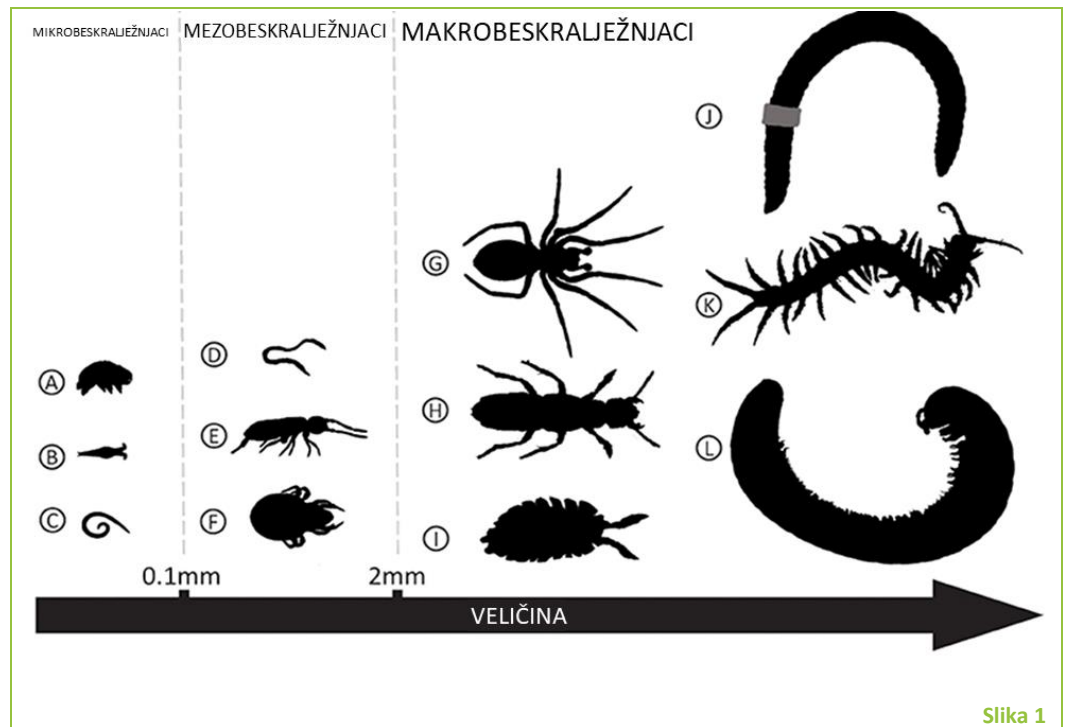
Male životinje koje nastanjuju tlo bez kralježnice i koštanih

### Slika 1

Primjeri beskralježnjaka tla različitih veličina. **a)** dugoživac **b)** kolnjak **c)** nematoda **d)** enhitreja **e)** skokun **f)** grinja **g)** pauk **h)** kornjaš **i)** kopneni jednakonožac **j)** gujavica **k)** stonoga **l)** dvojenoga. Ilustracije ne predstavljaju stvarnu veličinu beskralježnjaka tla.

## TKO SU SKRIVENI SUPERHEROJI TLA I KOJI SU NJIHOVI ZADACI?

Mnoštvo životinja živi u tlima, ali... zašto ih sve ne vidimo? Sitne životinje koje žive u tlima zovu se **beskralježnjaci tla** i jako se razlikuju po veličini. Neke vrste su manje čak i od promjera vlasi ljudske kose! Beskralježnjake tla možemo razvrstati u tri glavne skupine na temelju njihove veličine (1) (Slika 1.). Makrobeskralježnjaci su veliki beskralježnjaci poput gujavica, kopnenih jednakonožaca, paukova, dvojenoga, stonoga, te nekih kukaca poput kornjaša. Veći su od 2 mm i mogu stvarati svoje vlastite životne prostore u tlima. Mezobeskralježnjaci srednje su veličine (0.1-2 mm), a žive u porama tla ispunjenima zrakom. Primjeri uključuju skokune (2), grinje i enhitreje. Mikrobeskralježnjaci su manji od 0.1 mm, a toliko su sitni da ih ne možemo vidjeti bez pomoći mikroskopa. Žive u vodi koja je prisutna oko čestica tla. Primjeri uključuju nematode, kolnjake i dugoživce.



Slika 1

Svakoj skupini beskralježnjaka tla sviđa se drugačija hrana (3). Općenito, neki se beskralježnjaci tla, poput paukova, hrane drugim beskralježnjacima tla. Drugi se, poput skokuna, hrane mikroorganizmima kao što su gljive i bakterije; a neki se, poput gujavica, hrane mrtvim biljkama. Ovi hranidbeni odnosi dio su složene hranidbene mreže koja se sastoji od mnoštva vrsta (Slika 2) i interakcija.

## Slika 2

Primjeri beskrležnjaka tla. Mikrobeksrležnjaci (<0.1 mm) uključuju (A) dugoživce i (B) nematode; mezobeksrležnjaci (između 0.1-2 mm) uključuju (C) enhitreje, (D-G) skokune i (H,I) grinje; makrobeksrležnjaci (>2 mm) uključuju (J) kopnene jednakoonošce, (K) kornjaše, (L) gujavice, (M) dvojenoge, (N) stonoge i (O) paukove. (Izvor fotografija: A, C-O: Frank Ashwood; B:



Slika 2

Svi beskrležnjaci tla važni su za okoliš. Primjerice, dugoživci mogu kolonizirati novi okoliš i služiti kao hrana drugim organizmima. Nematode pomažu kruženju hranjivih tvari u tlu uz pomoć skokuna, grinja, kopnenih jednakoonožaca i gujavica. Kopneni jednakoonošci, skokuni i neke grinje (4) razgrađuju lišće i drugi prethodno živi materijal u tlu (5), te pomažu u skladištenju ugljika iz atmosfere u tlo. Gujavice pomažu kišnici da prodire kroz tlo. Neki beskrležnjaci tla hrane se organizmima koji uzrokuju biljne bolesti, te tako štite biljke od tih štetnika. Svako stvorenje na svoj način održava tlo zdravim, što je neophodno kako bi se osigurala kvaliteta naše hrane.

## MIKROPLASTIKA KAO PRIJETNJA

### MIKROPLASTIKA

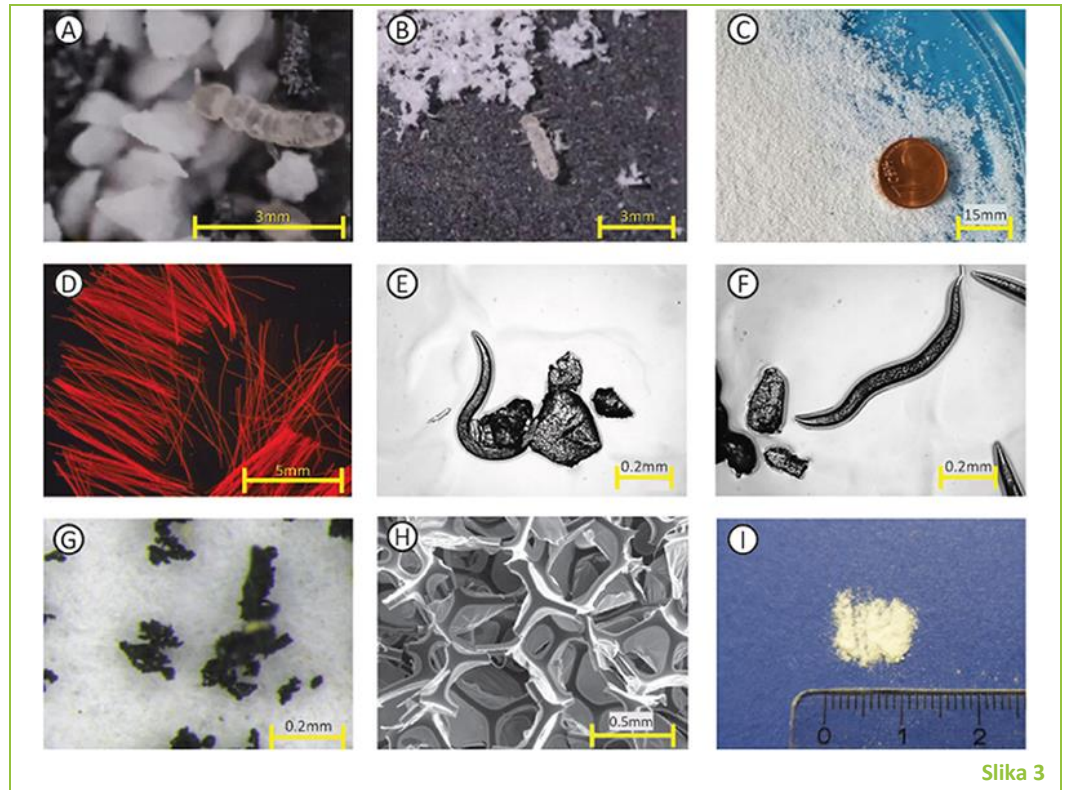
Male plastične čestice (manje od 5 mm) koje mogu biti štetne za život u tlu i vodi.

Nažalost, domovi mnogih beskrležnjaka tla napadnuti su zagađivalima kao što je **mikroplastika**. Mikroplastiku čine sitne čestice (manje od 5 mm) koje se stvaraju na različite načine (Slika 3; Okvir 1). Primjerice, kada automobili voze po cesti, automobilske gume se troše i ispuštaju mikroplastiku koju može otpuhati vjetar, te može završiti u tlu. Također, pranjem rublja plastična vlakna iz odjeće ispuštaju se u vodu. Jedan kaput od flisa može ispustiti do milijun vlakana jednim pranjem! Mnoštvo tih plastičnih vlakana završava u kanalizaciji, što predstavlja problem jer se mulj dobiven od otpadnih voda iz kanalizacije

može koristiti kao gnojivo na poljoprivrednim tlima. Mikroplastika može dospjeti u tlo i odlaganjem plastičnog otpada u okoliš, te kišnicom.

### Slika 3

Primjeri mikroplastike. **(A)** Skokun i čestice urea-formaldehida. **(B)** Skokun i plastika sastrugana s boce za sok. **(C)** Mikrokuglice polipropilena. **(D)** Mikrovlakna polipropilena. **(E,F)** Odrasle nematode i komadići polistirena. **(G)** Čestice nastale mehaničkim trošenjem automobilske gume. **(H)** Spužva od poliuretana izbliza. **(I)** Praškasti polipropilen. (Izvori fotografija: A,B: C. Reinhart & D. Daphni, C, I: Stefanie Maaß, D: Carlos Berreto, E, F: Shin Woong Kim, G: Eva Leifheit, H: Walter Waldman).



Slika 3

Mikroplastiku karakterizira široki spektar kemijskih i fizikalnih svojstava. Plastični materijali često sadrže **aditive**. Ti aditivi čine mikroplastiku štetnijom za okoliš, osobito kada čestice mikroplastike počnu **degradirati**. Plastične čestice postaju sve lomljivije pod utjecajem sunčeve svjetlosti, vode i okolnih čestica tla koje se trljaju o njih. Vremenom se čestice mikroplastike raspadaju na još manje čestice koje nazivamo nanoplastikom. Aditivi se tijekom degradacije postupno **ispiru** iz mikroplastike u tlo. Aditivi se iz čestica mikroplastike mogu ispuštati i u tkiva organizama ako su pojedene. Nažalost, još uvijek ne znamo dovoljno o učincima koje ispušteni aditivi iz plastike mogu imati na okoliš.

Sada je već jasno kako čestice mikroplastike utječu na tlo, ali kako utječu na beskralježnjake tla? (6) Ako pogledamo gujavice i njihov stalni apetit za otpalim lišćem i njihovo intenzivno kopanje, vrlo lako možemo zamisliti kako one redovno gutaju čestice mikroplastike i prenose ih duboko u tlo. Gujavice čestice mikroplastike mogu prenositi ne samo hranjenjem, već i na svojoj koži. Što to zapravo znači? S jedne strane, čestice mikroplastike će se više degradirati prolaskom kroz probavni sustav organizama tla. No, s druge strane, jednom kad su čestice odnesene dublje u tlo, njihova degradacija se usporava zbog nedostatka sunčeve svjetlosti i smanjene aktivnosti mikroorganizama. Drugim riječima, što se čestice nađu dublje u tlu, potrebno im je duže vrijeme za potpunu degradaciju.

### ADITIVI

Kemikalije koje čine plastiku šarenijom, fleksibilnijom ili manje zapaljivom.

### DEGRADACIJA

Raspadanje ili odvajanje nečega u jednostavnije/manje dijelove.

### ISPIRANJE

Kada se tekuća tvar otpušta od svog čvrstog izvora.

**Okvir 1: Izvori mikroplastike u tlu.**

<b>Predmet</b>	<b>Plastika (formalni naziv)</b>	<b>Komentar</b>
Boje	Epoksi i alkidne smole	Mikroplastike se formira pjeskarenjem obojenih površina i kad se boja guli sa zidova ili drugih struktura.
Plastične vrećice	Polietilen male gustoće (LDPE)	Kada plastične vrećice nisu prikladno odložene mogu završiti na tlu gdje ih sunce degradira, te nastaju čestice mikroplastike.
Folije za malčiranje	Polietilen male gustoće (LDPE)	Neki poljoprivrednici koriste folije za malčiranje kako bi zaštitili biljke od gubitka vode. Ova plastika će se raspasti uslijed izlaganja suncu, te će se formirati čestice mikroplastike.
Gume	Poliizopren (prirodna guma)	Iako su gume napravljene primarno od prirodne gume, one također sadržavaju aditive, a njihova toksičnost se trenutno ispituje.
Pjena	Polistiren (PS)	Pjene se koriste u izolaciji domova i u pakiranjima kako bi se zaštitili proizvodi tijekom transporta i skladištenja. Šteta i raspadanje pjena (stiropor) dovodi do nastanka mikroplastike.
Šljokice	Polietilen tereftalat (PET)	Šljokice se lako šire iz kozmetičkih proizvoda i igrački te onečišćuju tlo.
Boce za vodu	Polipropilen (PP)	Raspadanje neprikladno odloženih boca za vodu i sokove dovodi do onečišćenja tla.
Boce za sokove	Polietilen tereftalat (PET)	
Odjeća	Poliesteri i poliamidi	Sintetička vlakna otpuštaju mikrovlakna tijekom pranja odjeće, te tako završavaju u tlu preko gnojiva nastalih od kanalizacijskog otpada.

## MIKROPLASTIKA MOŽE UTJECATI NA ZDRAVLJE ORGANIZAMA TLA

Organizmi se tla razbole kada pojedu mikroplastiku, što je istraženo kod gujavica i skokuna. Nakon što su pojele čestice mikroplastike, gujavice je mučilo nekoliko zdravstvenih problema poput upale i oštećenog probavila (7). Uz to, pojedene čestice mikroplastike dovode imunološki sustav gujavica u stanje pripravnosti veće od uobičajenog. Skokunima se mijenja količina korisnih bakterija probavnog sustava kada pojedu mikroplastiku (8). Gujavice i skokuni rasli su sporije, imali manje potomaka, te su češće umirali nakon što su pojeli mikroplastiku.

Ovo zvuči kao loša vijest za obličje, ali evo i dobrih vijesti: znanstvenici nisu uočili nakupljanje čestica mikroplastike kod ovih organizmima tijekom vremena, što znači kako možda ipak ne trpe toliku štetu. Međutim, čestice mikroplastike vjerojatno se mogu prenositi kroz hranidbenu mrežu tla od mikroba - poput gljiva, preko skokuna, do predatorskih grinja; ili od mikroba, preko gujavica, do kokoši (9) - a možda čak i do ljudi! Još uvijek ne znamo dovoljno o tome na koji način se čestice mikroplastike kreću kroz hranidbenu mrežu tla, no istraživanja

u tom području vrlo brzo napreduju. Unatoč navedenim opasnostima, znanstvenici su pronašli tračak nade! Jedna istraživačka skupina utvrdila je kako određene bakterije koje nastanjuju probavilo gujavica mogu razgraditi pojedenu mikroplastiku, što dovodi do brže degradacije mikroplastike (10). To znači kako bi bakterije mogle ubrzati uništavanje mikroplastike u tlu. Mogu li drugi beskralježnjaci tla sudjelovati u tome? To još uvijek ne znamo.

## ŠTO MOŽEMO UČINITI KAKO BISMO ZAŠTITILI BESKRALJEŽNJAKE TLA?

Možda se pitate zašto znanstvenici nisu više napredovali s odgovorima na važna pitanja vezana uz utjecaj mikroplastike na tlo i organizme koje žive u tlu. Nažalost, u svojim istraživanjima, znanstvenici se susreću s brojnim teškoćama. Primjerice, još uvijek nemamo pouzdanu metodu za mjerenje količine svih tipova mikroplastike u tlu. Uz to, mnoštvo istraživanja uključuje kratkotrajne laboratorijske eksperimente umjesto dugotrajnih terenskih istraživanja. Ogromna raznolikost plastike kao materijala i aditiva čini sveobuhvatno testiranje u stvarnim uvjetima nemogućim. Laboratorijski eksperimenti informativni su do određene granice. Također, laboratorijski eksperimenti zahtjevni su zbog toga što ne preživljavaju svi organizmi tla u laboratorijskim uvjetima. Ali bez straha! Znanstvenici daju sve od sebe kako bi riješili ove probleme. U međuvremenu, postoje načini kako *vi* možete pomoći!

Svi bismo trebali dati sve od sebe kako bi, što je više moguće, smanjili buduće odlaganje plastike svih vrsta i veličina u okoliš. Možda već znate neke od najvažnijih načina! Izbjegavajte plastične predmete za jednokratnu upotrebu, poput plastičnih čaša ili slamki. Odaberite svoju omiljenu metalnu ili plastičnu čašu za višekratnu upotrebu i metalnu slamku, te ih držite pri ruci! Uz to, vrlo je važno odložiti plastični otpad u prikladnu kantu za recikliranje! To može pomoći u smanjenju količine plastike koja završi u vodi i tlu. Osim toga, izbjegavajte kozmetičke proizvode koji sadrže mikroplastiku u svojim sastojcima, poput nekih regeneratora! Postoje alternativni proizvodi koji ne sadrže mikroplastiku, a neke vam aplikacije za pametne telefone mogu pomoći da odaberete one najbolje za sebe. Kako bi smanjili broj plastičnih vlakana koja se otpuštaju u okoliš, pokušajte ne bacati staru odjeću samo zbog toga što ju više ne želite! Umjesto toga probajte ju prodati, donirati ili prenamijeniti na kreativne načine. Udružimo snage i spasimo naše sićušne superheroje tla od budućeg zagađenja mikroplastikom. Vrijedno je svakog truda!

## REFERENCE

- [1] Coleman, D. C., Callaham, M. A., and Crossley, D. A. Jr. 2018. *Fundamentals of Soil Ecology*, 3rd Edn. London: Academic Press. p. 376.2.
- [2] Potapov, A. 2020. Springtails — worldwide jumpers. *Front. Young Minds*8:545370. doi: 10.3389/frym.2020.5453703.
- [3] Erktan, A., Pollierer, M., and Scheu, S. 2020. Soil ecologists as detectives discovering who eats whom or what in the soil. *Front. Young Minds*8:544803. doi: 10.3389/frym.2020.5448034.
- [4] Barreto, C., and Lindo, Z. 2020. Armored mites, beetle mites, or moss mites: the fantastic world of oribatida. *Front. Young Minds*8:545263. doi: 10.3389/frym.2020.5452635.
- [5] Barreto, C., and Lindo, Z. 2020. Decomposition in peatlands: who are the players and what affects them? *Front. Young Minds*8:107. doi: 10.3389/frym.2020.001076.
- [6] de Souza Machado, A. A., Horton, A., Davis, T., and Maaß, S. 2020. Microplastics and their effects on soil function as a life-supporting system. In: *The Handbook of Environmental Chemistry*, eds D. He and Y. Luo. Cham: Springer. p. 1–24.7.
- [7] Rodriguez-Seijo, A., Lourenço, J., Rocha-Santos, T. A. P., da Costa, J., Duarte, A.C., Vala, H., et al. 2017. Histopathological and molecular effects of microplastics in *Eisenia andrei* Bouché. *Environ. Pollut.*220:495–503. doi: 10.1016/j.envpol.2016.09.0928.
- [8] Zhu, D., Qing-Lin, C., Ana, X., Yanga, X., Christiec, P., Ked, X., et al. 2018. Exposure of soil collembolans to microplastics perturbs their gut microbiota and alters their isotopic composition. *Soil Biol. Biochem.*116:302–10. doi: 10.1016/j.soilbio.2017.10.0279.
- [9] Huerta Lwanga, E., Mendoza Vega, J., Quej, V.K., de los Angeles Chi, J., Sanchezdel Cid, L., Chi, C., et al. 2017. Field evidence for transfer of plastic debris along a terrestrial food chain. *Sci. Rep.* 7:14071. doi: 10.1038/s41598-017-14588-210.
- [10] Huerta Lwanga, E., Thapa, B., Yang, X., Gertsen, H., Salánki, T., Geissen, V., et al. 2018. Decay of low-density polyethylene by bacteria extracted from earthworm's guts: a potential for soil restoration. *Sci. Total Environ.*624:753–7. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.12.144

## ZAHVALE

Zahvaljujemo Frank Ashwoodu (Forestry Commission UK), Shin Woong Kim (Sveučilište Freie u Berlinu) i Bevuđutt Kamath (Sveučilište u Guelphu) što su nam ljubazno dozvolili korištenje njihovih fotografija beskranježnjaka tla. Zahvaljujemo C. Reinhart, D. Daphni i Evi Leifheit (Freie sveučilište u Berlinu) na fotografijama plastike. Zahvaljujemo Anderson Abel de Souza Machado, Alice A. Horton i Taylor Davisu na njihovom radu na poglavlju knjige o mikroplastici koje je bilo naša polazišna točka za ovaj članak. MCR zahvaljuje ERC Advanced Grant (694368) na financiranju. Ovaj rad je dijelom financiran od German Federal Ministry of Education and Research BMBF u sklopu suradnje na projektu "Bridging in Biodiversity Science - BBS" (faza 2, osnivački broj 01LC1501B). Zahvaljujemo Heleni Phillips, Remy Beugnon i Malte Jochum, urednicima Soil Biodiversity kolekcije na odličnoj i važnoj inicijativi. Na kraju, zahvaljujemo našim mladim recenzentima na njihovim komentarima.

**EDITED BY:** Rémy Beugnon, German Centre for Integrative Biodiversity Research(iDiv), Germany

**CITATION:** Barreto C, Rillig M, Waldman W and Maaß S (2021) How Soil Invertebrates Deal With Microplastic Contamination. *Front. Young Minds.* 9:625228. doi: 10.3389/frym.2021.625228

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

**COPYRIGHT** © 2021 Barreto, Rillig, Waldman and Maaß. 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.

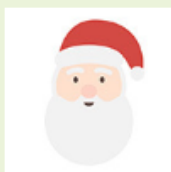
## MLADI RECENZENTI

### ASTÈRE, DOB: 8

Imam 8 godina. Volim čitati, raditi "Uradi sam" projekte, crtati, bojati, umjetnost, matematiku, pisanje i povijest. Moje najdraže knjige su Harry Potter i Percy Jackson.

### JUNIE, DOB: 10

Imam puno hobija, ali najviše se bavim kuhanjem, čitanjem, crtanjem i šivanjem. Idem u osnovnu školu u velikom gradu u Velikoj Britaniji i imam 10 godina. Najdraže knjige su mi Percy Jackson, knjige od Judy Blume, Scarlet i Ivy, i North child.





## AUTORI



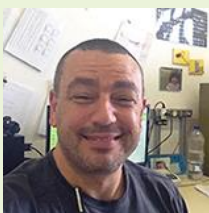
### CARLOS BARRETO

Carlos je kao vrlo mlad shvatio kako voli životinje, možda i previše. Sve do srednje škole znanost mu je bila najdraža disciplina. Tada je odlučio kako želi raditi nešto što uključuje znanost i životinje. Pokušao je biti veterinar, ali nije mu uspjelo. No, ne žali. Nekoliko godina kasnije postao je ekolog, te od tada radi s malim životinjama (uglavnom kukcima i grinjama) u tropskim šumama, špiljama sa željeznim rudama i vapnenačkim špiljama, borealnim šumama, urbanim površinama i tresetištima na tri kontinenta: Južna Amerika, Sjeverna Amerika i Europa. \*cbarreto@uwo.ca; +orcid.org/0000-0003-2859-021X



### MATTHIAS C. RILLIG

Matthias voli tlo i sva stvorenja u njemu, ne samo životinje. Zapravo, najdraže su mu gljive. Njegov najdraži proces u tlu je agregacija tla, tj. stvaranje sitnih mrvica tla. Matthias je profesor na Sveučilištu Freie u Berlinu, gdje po cijele dane ima priliku razmišljati o tlu i o tome što se sve u tlu događa. Trenutno ga jako zanima kako na tla utječu razni čimbenici, uključujući mikroplastiku. +orcid.org/0000-0003-3541-7853



### WALTER R. WALDMAN

Walter je ponosni brazilski kemičar koji voli glazbu, hranu, kemiju, hranu, kino i polimere. Njegov prvi eksperiment uključivao je žvakaću gumu i kosu bivšeg prijatelja. Eksperiment nije dobro završio za sve sudionike, ali je potvrdio moć lijepljenja poliizoprena, te je znanstvenik koji proučava polimere rođen tog dana. Sada pokušava razumjeti ulogu razgradnje polimera na utjecaj mikroplastike. Kada ima slobodnog vremena, možete ga naći kako čita nešto o kemiji i polimerima. I kako jede uz to...+orcid.org/0000-0002-7280-2243



### STEFANIE MAARß

Stefanie je željela postati vizažistica ili kostimografkinja, ali zbog nedostatka umjetničkih vještina usmjerila se na nešto posve drugačije: biologiju. Kada je tijekom studija upoznala tropske kukce i grinje kore drveta, postala je fascinirana njihovom ljepotom i raznolikošću. Potom je radila na kukcima tla i grinjama, te je postala strastvena i znatiželjna ekologinja tla koja želi razumjeti hranidbene odnose, reakcije na zagađivala (poput mikroplastike) i obrasce rasprostranjenosti svojih voljenih stvorenja tla. +orcid.org/0000-0003-4154-1383

## PRIJEVOD

### BRUNO ČALETA & DAVORKA K. HACKENBERGER