Utjecaj različitih količina mikroplastike na rast vodene leće (*Lemna minor* L.)

Klara Šorša, 7. razred
Lucija Lovrić, 7. razred

Osnovna škola Tituša Brezovačkog, Zagreb
Mentor: *Nikolina Konjuh Reljić*

SAŽETAK

Onečišćenje vodenih ekosustava postaje sve veći problem u suvremenom okolišu zbog povećane prisutnosti sitnih plastičnih čestica. Cilj ovog istraživanja bio je ispitati kako različite količine mikroplastike utječu na rast vodene leće, mjerenjem broja listića i površine koju biljke prekrivaju. Istraživanje je provedeno tijekom 14 dana u kontroliranim uvjetima, pri čemu su korištene četiri skupine: kontrolna skupina bez dodataka te tri skupine s različitim količinama mikroplastike (0,5 g, 1 g i 2 g). Tijekom istraživanja svakodnevno su bilježeni broj listića i prekrivena površina, a svi ostali uvjeti bili su jednaki za sve skupine. Rezultati su pokazali da kontrolna skupina ostvaruje najveći rast, dok se s povećanjem količine mikroplastike rast postupno smanjuje. Zaključeno je da prisutnost mikroplastike negativno utječe na rast vodene leće, što može imati šire posljedice za stabilnost i funkcioniranje vodenih ekosustava.

Ključne riječi: *onečišćenje voda; sitne plastične čestice; vodene biljke; biljni rast; ekološki utjecaj*

UVOD

Mikroplastika su sitne plastične čestice promjera manjeg od 5 mm koje nastaju raspadanjem većih plastičnih predmeta ili se namjerno proizvode za kozmetičke i industrijske proizvode. Mikroplastika predstavlja ozbiljan problem u vodenim ekosustavima (Andrady, 2011). Zbog svoje male veličine lako dospijevaju u vodene ekosustave, gdje se dugo zadržavaju i mogu nepovoljno djelovati na žive organizme. Mikroplastika je prepoznata kao globalni problem (GESAMP, 2015) i njen negativan utjecaj na organizme potvrđen je u brojnim istraživanjima (Wright i sur., 2013).

Vodene biljke imaju važnu ulogu u ekosustavu jer provode fotosintezu, proizvode kisik i predstavljaju hranu i stanište mnogim organizmima. Za njihov normalan rast potrebni su voda, svjetlost i hranjive tvari. Ako su u vodi prisutne onečišćujuće tvari poput mikroplastike, ti se procesi mogu poremetiti. Istraživanja pokazuju da mikroplastika može mijenjati fizikalna i kemijska svojstva okoliša te utjecati na rast biljaka (Rillig, 2012), a može i ometati upijanje hranjivih tvari te smanjiti rast biljaka (de Souza Machado i sur., 2018). Kod vodenih organizama mikroplastika se može taložiti na njihovim površinama, smanjiti dostupnost svjetlosti i time negativno utjecati na fotosintezu (Wright i sur., 2013; Horton i sur., 2017). To upućuje na moguću povezanost između količine mikroplastike u vodi i rasta vodenih biljaka.

Vodena leća mala je plutajuća biljka koja brzo raste i vrlo je osjetljiva na promjene u okolišu, zbog čega se često koristi kao bioindikator kakvoće vode (OECD, 2006). Zbog jednostavnog uzgoja i brzog razmnožavanja pogodna je za školska istraživanja.

Ciljevi ovog istraživanja su:

- ispitati utjecaj različitih količina mikroplastike u vodi na rast vodene leće;
- usporediti broj listića vodene leće u kontrolnoj skupini i u skupinama s dodanom mikroplastikom;
- usporediti površinu vode koju vodena leća prekriva pri različitim količinama mikroplastike.

Pretpostavlja se da će s povećanjem količine mikroplastike u vodi doći do smanjenja rasta vodene leće, što će se očitovati manjim brojem listića i manjom površinom koju biljke prekrivaju. Ova se hipoteza temelji na dosadašnjim znanstvenim spoznajama o negativnom utjecaju mikroplastike na fotosintezu i

Autori zadržavaju autorska prava te časopisu daju pravo prvog objavljivanja rada u skladu s licencijom CC BY 4.0, koja dopušta drugima dijeljenje rada uz navođenje autorstva i izvornog mjesta objavljivanja rada u časopisu.

dostupnost hranjivih tvari biljkama te je izravno povezana s postavljenim ciljevima istraživanja. U ovom radu količina mikroplastike predstavlja neovisnu varijablu, dok su broj listića i prekrivena površina vode zavisne varijable, a ostali uvjeti poput svjetlosti, temperature, količine vode i trajanja istraživanja bit će jednaki za sve skupine.

Tema je odabrana jer je onečišćenje mikroplastikom sve veći problem u okolišu, a njegov utjecaj na vodene biljke još uvijek nije dovoljno istražen u školskim uvjetima. Istraživanje omogućuje povezivanje nastavnih sadržaja o fotosintezi, ekosustavima i zaštiti okoliša s praktičnim radom te pomaže učenicima razumjeti kako ljudska djelatnost može narušiti prirodnu ravnotežu. Tema i cilj istraživanja primjereni su uzrastu učenika 7. razreda jer je metoda jednostavna, sigurna i omogućuje jasno uočavanje promjena u rastu biljaka.

METODE RADA

Istraživanje je provedeno u kontroliranim uvjetima u učionici biologije s ciljem ispitivanja utjecaja mikroplastike na rast vodene leće. Primijenjena metoda temelji se na standardiziranom testu rasta vodene leće koji se koristi za procjenu kakvoće vode, a u ovom je radu pojednostavljena i prilagođena školskim uvjetima.

U istraživanju je korištena vodena leća. Prema planu, listići su trebali biti prikupljeni s jezera Jarun, ali su ipak kupljeni u trgovini za akvaristiku. Razlog je bio osiguranje čistoće i uniformnosti uzorka, kako bi mikroplastika bila jedini čimbenik koji utječe na rast biljaka. Odabrani su zdravi, zeleni i približno jednako veliki listići. Za istraživanje je pripremljeno ukupno 40 listića, po 10 za svaku skupinu.

Istraživanje je postavljeno u četiri prozirne plastične posude zapremnine 300 mL. U svaku posudu uliveno je 200 mL vode iz vodovoda koja je prethodno odstajala 24 sata kako bi se uklonio klor. U svaku posudu dodano je po 10 listića vodene leće. Jedna posuda predstavljala je kontrolnu skupinu i nije sadržavala mikroplastiku, dok su u preostale tri posude dodane različite količine mikroplastike: 0,5 g, 1 g i 2 g.

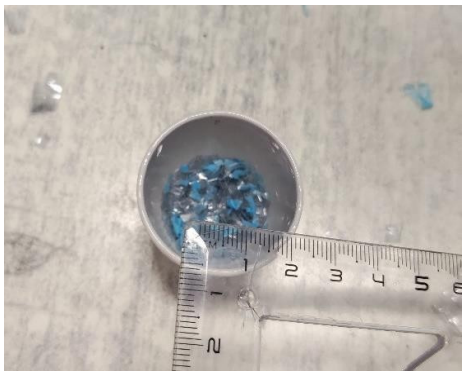
Svaka skupina imala je tri posude (ponavljanja), a u svakoj posudi bilo je deset listića vodene leće. Za usporedbu rasta listića između skupina korištena je jednofaktorska analiza varijance (ANOVA), koja omogućuje provjeru postoji li statistički značajna razlika između srednjih vrijednosti više skupina. Za detaljnije utvrđivanje razlika između pojedinih skupina primijenjen je Tukeyjev post-hoc test. Ovaj pristup omogućuje kvantitativnu potvrdu učinka mikroplastike na rast vodene leće i statističko uspoređivanje rezultata između kontrolne skupine i skupina s različitim udjelima mikroplastike.

Mikroplastika je pripremljena usitnjavanjem čiste plastične boce i plastične vrećice škarama na sitne komadiće veličine približno 1–2 mm (slika 1). Komadići su izvagani digitalnom vagom (slika 2) prije dodavanja u vodu. Nakon dodavanja mikroplastike, sadržaj posuda lagano je promiješan kako bi se čestice ravnomjerno rasporedile po površini vode.

Sve posude postavljene su na isto mjesto u učionici, blizu prozora, kako bi imale jednake uvjete svjetlosti (slika 3). Temperatura prostorije bila je približno 22 °C tijekom cijelog istraživanja. Posude nisu premještane, kako bi se izbjegle razlike u uvjetima. Količina vode nadoknađivala se po potrebi dodavanjem male količine iste vode kako bi se održala početna razina.

Istraživanje je trajalo 14 dana. Svakoga dana u približno isto vrijeme prebrojani su svi vidljivi listići vodene leće u svakoj posudi. Osim broja listića, mjerena je i površina vode koju biljke prekrivaju. Posuda je postavljena na papir s nacrtanom mrežom kvadrata veličine 1 × 1 cm te je prebrojan broj kvadrata

koje biljke pokrivaju više od polovice svoje površine (slika 4). Dobiveni podaci, od prvog do 14. dana istraživanja (slika 5) zapisivani su u tablicu.



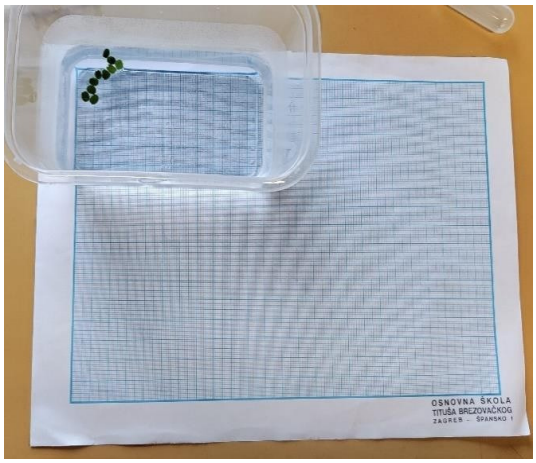
Slika 1 Priprava mikroplastike – usitnjavanje boce na komadiće mikroplastike



Slika 2 Vaganje mikroplastike – precizno vaganje komadića mikroplastike (usitnjene boce) prije dodavanja u posudicu



Slika 3 Vodena leća u posudama s mikroplastike (1. dan istraživanja)



Slika 4 Vodena leća na milimetarskom papiru – prikazuje raspored za mjerenje površine vode koju prekrivaju listići biljke



Slika 5 Vodena leća u posudama s mikroplastikom (14. dan istraživanja)

Neovisna varijabla u istraživanju bila je količina mikroplastike u vodi, dok su zavisne varijable bile broj listića vodene leće i površina vode prekrivene listićima vodene leće. Ostali čimbenici, poput količine vode, svjetlosti, temperature i trajanja istraživanja, održavani su jednakima za sve skupine. Kontrolna skupina omogućila je usporedbu prirodnog rasta biljaka s rastom u prisutnosti mikroplastike. Istraživanje je vremenski unaprijed planirano, a mjerenja su provođena svakodnevno, kako bi se dobili pouzdani podaci. Sve korištene metode bile su jednostavne, sigurne i primjerene uzrastu učenika te su ih učenici mogli provesti samostalno uz nadzor učitelja.

REZULTATI

Tijekom 14 dana praćene su promjene u rastu vodene leće u kontrolnoj skupini i trima skupinama s različitim količinama mikroplastike (0,5 g, 1 g i 2 g). Tijekom prvih šest dana nije uočen značajan porast broja listića niti povećanje prekrivene površine vode ni u jednoj skupini.

Od sedmog dana započinje vidljiv rast u svim skupinama. Kontrolna skupina pokazala je najveći porast broja listića i najveću prekrivenu površinu. Skupine izložene mikroplastici rasle su sporije, a s povećanjem količine mikroplastike smanjivao se broj novih listića i ukupna površina koju biljke prekrivaju.

Tijekom prvih šest dana istraživanja nije zabilježena vidljiva promjena u broju listića niti u prekrivenoj površini, što pokazuje da vodena leća zahtijeva određeno vrijeme na prilagodbu novim uvjetima. Od 7. dana počeo je vidljiv rast: kontrolna skupina rasla je najbrže, dok su skupine s mikroplastikom pokazale sporiji rast. Veća količina mikroplastike uzrokovala je manji broj novih listića i manju pokrivenost površine.

Tablica 1 Prosječan broj listića vodene leće na početku i na kraju istraživanja (14. dan).

Skupina	Početni broj listića	Završni broj listića
Kontrolna (0 g)	10	44
0,5 g mikroplastike	10	31
1 g mikroplastike	10	23
2 g mikroplastike	10	16

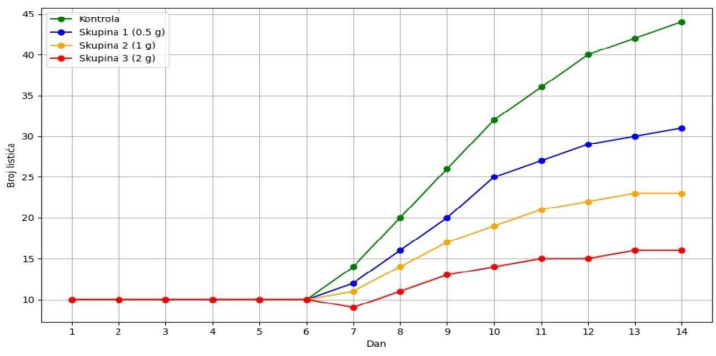
Iz tablice 1 vidljivo je da je najveći porast broja listića imala kontrolna skupina. S povećanjem količine mikroplastike završni broj listića postupno se smanjivao, pri čemu je najslabiji rast zabilježen u skupini s 2 g mikroplastike.

Osim broja listića, praćena je i površina vode koju su biljke prekrivale pomoću mreže kvadratića 1 × 1 cm postavljene ispod posuda. Podaci iz tablice 2, koji se odnose na površinu vode prekrivenu listićima vodene leće, pokazuju isti trend kao i broj listića. U kontrolnoj skupini listiću su prekrili najveću površinu, dok su u skupini s najvećom količinom mikroplastike listići prekrili najmanju površinu vode.

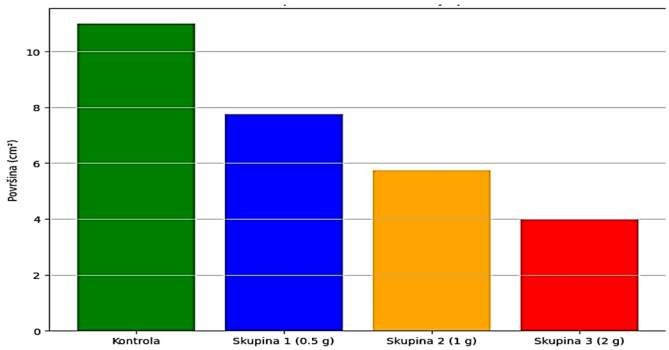
Radi lakšeg uočavanja razlika, podaci su prikazani i grafički (slike 6 i 7).

Tablica 2 Površina vode prekrivena vodenom lećom na kraju istraživanja (izražena u broju kvadratića vodene površine dimenzija 1 x 1 cm).

Skupina	Broj prekrivenih kvadratića vodene površine dimenzija 1 x 1 cm
Kontrolna (0 g)	11
0,5 g mikroplastike	7,75
1 g mikroplastike	5,75
2 g mikroplastike	4



Slika 6 Promjena broja listića vodene leće ovisno o količini mikroplastike u vodi tijekom 14 dana istraživanja



Slika 7 Promjena površine vode (cm^2) prekrivene vodenom lećom ovisno o količini mikroplastike nakon 14 dana

Za statističku potvrdu razlika između skupina korištena je jednofaktorska analiza varijance (ANOVA). Rezultati su pokazali statistički značajne razlike između skupina ($p < 0,05$). Tukeyjev post-hoc test je pokazao da se sve skupine značajno razlikuju od kontrole, a veća količina mikroplastike dovodi do značajno manjeg rasta listića.

RASPRAVA

Rezultati našeg istraživanja pokazuju da kontrolna skupina, koja nije bila izložena mikroplastici, ima najveći porast broja listića, dok su sve eksperimentalne skupine s mikroplastikom pokazale slabiji rast proporcionalno količini dodane mikroplastike (Tablica 1). Najmanji rast zabilježen je u skupini s 2 g mikroplastike. Ovi podaci ukazuju na negativan utjecaj mikroplastike na rast vodene leće.

Znanstvene studije pokazuju da mikroplastika može utjecati na rast i fiziološke funkcije vodenih biljaka. Basu i sur. (2025) ističu da mikroplastika utječe na gotovo sve oblike vodenih biljaka, uzrokujući promjene u rastu, fotosintezi i metabolizmu biljaka u vodenim ekosustavima.

Studija Ceschin i sur. (2023) jasno pokazuje da se mikroplastika može adsorbirati na površinu biljaka, negativno utječući na njihov rast i sadržaj klorofila, što implicira da mikroplastika može fizički ometati metaboličke procese vitalne za rast biljaka, poput fotosinteze. Basu i sur. (2025) navode da se osnovni metabolički procesi, uključujući fotosintezu i prijenos hranjivih tvari, mogu narušiti zbog blokade svjetla i fizičkog poremećaja tkiva uzrokovanog mikroplastikom.

Također, Rozman i Kalčíková (2022) pokazali su da se mikroplastika može vezati za biljnu biomasu, odnosno da se čestice mikroplastike mogu vezati na vodenu leću adhezijom, što ukazuje da plutajuće biljke imaju potencijal reagirati na prisutnost mikroplastike u vodi, iako primarni učinci mogu biti različiti ovisno o vrsti čestica.

U ekološkom kontekstu, smanjeni rast vodene leće može imati značajne posljedice za ekosustav. Vodene biljke poput vodene leće igraju ključnu ulogu u vodenim okolišima — proizvode kisik, filtriraju vodu i pružaju stanište za druge organizme. Smanjenje rasta i pokrivenosti površine može dovesti do narušavanja ove ravnoteže i utjecati na funkcioniranje cijelog ekosustava (Basu i sur., 2025).

Vrijedi napomenuti da su mnoge studije provedene u kontroliranim laboratorijskim uvjetima, a učinci mikroplastike u prirodnim sustavima mogu biti složeniji zbog interakcija s drugim čimbenicima okoliša. Unatoč tome, naše opažanje da mikroplastika negativno utječe na rast vodene leće potkrepljeno je dostupnim literaturnim dokazima (Ceschin i sur., 2023; Rozman i Kalčíková, 2022; Basu i sur., 2025).

Unatoč ograničenjima ovoga istraživanja, naši rezultati imaju važan ekološki značaj jer ukazuju da mikroplastika u vodi može imati negativne učinke na vodene biljke, što može poremetiti ravnotežu

vodenih ekosustava i njihove funkcije poput proizvodnje kisika, pročišćavanja vode i pružanja staništa za druge organizme (Basu i sur., 2025).

ZAKLJUČCI

Na temelju provedenog istraživanja može se zaključiti da mikroplastika ima negativan učinak na rast vodene leće. Kontrolna skupina, koja nije bila izložena mikroplastici, rasla je najbrže i prekrivala najveću površinu, dok su skupine izložene mikroplastici pokazale postupno smanjenje rasta i pokrivene površine proporcionalno količini dodane mikroplastike. Ovi nalazi potvrđuju postavljenu hipotezu da prisutnost mikroplastike usporava širenje vodene leće i pokazuje da čak male količine mikroplastike mogu imati vidljiv učinak na vodene biljke.

Rezultati istraživanja ukazuju na važnost razumijevanja utjecaja mikroplastike u vodenim ekosustavima. Smanjen rast i pokrivenost listića može imati šire posljedice na ekološku ravnotežu, jer vodene biljke igraju ključnu ulogu u održavanju kvalitete vode, osiguravanju hrane i staništa za druge organizme te proizvodnji kisika.

Iako je istraživanje provedeno u kontroliranim laboratorijskim uvjetima i na ograničenom broju uzoraka, rezultati su dovoljno jasni da ukazuju na prisutnost negativnog učinka mikroplastike. Ograničenja istraživanja uključuju mali broj uzoraka, kratko trajanje istraživanja i laboratorijske uvjete koji se razlikuju od prirodnog okoliša.

Buduća istraživanja mogla bi uključivati veći broj uzoraka, različite vrste mikroplastike i duže trajanje istraživanja kako bi se detaljnije procijenio dugoročni učinak na rast i razvoj vodene leće. Također bi bilo korisno istražiti interakciju mikroplastike s drugim okolišnim čimbenicima, poput svjetlosti, temperature i hranjivih tvari, kako bi se bolje razumio stvarni utjecaj u prirodi.

Zaključno, ovo istraživanje uspješno povezuje postavljene ciljeve i hipotezu s opaženim trendovima. Dobiveni zaključci temelje se isključivo na vlastitim rezultatima i pružaju jasne smjernice za daljnje istraživanje utjecaja mikroplastike na vodene biljke i ekosustave, naglašavajući potrebu za očuvanjem vodenih staništa i smanjenjem zagađenja mikroplastikom.

LITERATURA

Anduady A. L. 2011. Microplastics in the marine environment. Marine Pollution Bulletin 62(8): 1596–1605.

Ge J., Li H., Liu P., Zhang Z., Ouyang Z., Guo X. 2021. Review of the toxic effect of microplastics on terrestrial and aquatic plants. Science of The Total Environment 791: 148333.

Basu A. G., Paul R. S., Wang F., Roy S. 2025. Impact of microplastic on aquatic flora: Recent status, mechanisms of their toxicity and bioremediation strategies. Chemosphere 370: 143983.

Ceschin S., Mariani F., Di Lernia D., Venditti I., Pelella E., Iannelli M. A. 2023. Effects of microplastic contamination on the aquatic plant *Lemna minuta*. Plants 12(1): 207.

GESAMP. 2015. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment. International Maritime Organization, London.

Horton A. A., Walton A., Spurgeon D. J., Lahive E., Svendsen C. 2017. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify knowledge gaps and future research priorities. Science of the Total Environment 586: 127–141.

OECD. 2006. Test No. 221: *Lemna* sp. growth inhibition test. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.

Rilling M. C. 2012. Microplastic in terrestrial ecosystems and the soil. Enviromental Science & Technology 46(12): 6453–6454.

Rozman U., Kalčíková G. 2022. The response of duckweed *Lemna minor* to microplastics and its potential use as a bioindicator of microplastic pollution. Plants 11(21): 2953.

Souza Machado A. A., Kloas W., Zarfl C., Hempel S., Rillig M. C. 2018. Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. Global Change Biology 24(4): 1405–1416.

Wight I., Thompson R. C., Galloway R. S. 2013. The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. Environmental Pollution 178: 483–492.