

Utjecaj plastike na zagrijavanje pješčane podloge

Influence of plastic on the warming of sand

Mia Bacalja, Andrea Brzica, Tia Gebauer, Jakov Lušo

Mihaela Marceljak Ilić

XV. gimnazija, Zagreb

Sažetak

Cilj ovog rada je istražiti utječe li mikroplastika u pijesku ili na površini pijeska na njegovo zagrijavanje te indirektno to provjeriti na omjeru novorođenih muških i ženskih crvenouhkih kornjača (*Trachemys scripta elegans* (Wied-Neuwied, 1839)) koji je usko vezan uz temperaturu pijeska u kojem su inkubirana jaja. Projekt je proveden u razdoblju od 2 tjedna tijekom kojih se pratilo kako se mijenja temperatura na tri različite pješčane podloge: kontrolna podloga je bila samo pijesak, a istraživane podloge: pijesak s mikroplastikom te pijesak s mikroplastikom i plastičnim pokrovom. Pijesak je zagrijavan žaruljama koje emitiraju infracrveno (IR) i ultraljubičasto (UV) zračenje, dok je rad žarulja reguliran termometrima zakopan u podlogu. Temperatura zagrijavanja podloga se održavala između 28,4°C i 28,8°C, što je temperaturni interval u kojemu se izliježu isključivo muške jedinke roda *Trachemys scripta elegans*. Prosječna temperatura pijeska s mikroplastikom i plastičnim pokrovom je za 0,5°C viša od prosječne temperature pijeska u kontrolnoj skupini. Tim porastom temperature se prelazi temperaturni interval u kojem se izliježu isključivo muške jedinke te prelazi u interval u kojem se izliježu jedinke muškog i ženskog spola u istom omjeru.

Summary

The aim of this research is to discover if microplastics in and on the sand impact its temperature and to apply that to the theoretical ratio of newborn male and female turtles (*Trachemys scripta elegans* (Wied-Neuwied, 1839)) which gender is determined by the sand temperature in which the eggs are incubated. The project was conducted during a two-week period during which the temperature changes on 3 different sand bases were measured: pure sand, sand with microplastics mixture and sand with microplastic mixture and plastic pieces on top of it. The sand was heated using bulbs with IR and UV radiation and the temperature was kept between 28,4°C and 28,8°C, a temperature interval in which only male individuals of *Trachemys scripta elegans* hatch, using thermometers that were buried in the sand. The average temperature of sand with microplastics in and on it was 0,5°C higher than the average temperature of pure sand. That rise in temperature passes the temperature interval in which only male individuals are hatched and moves into the interval in which male and female individuals are born in the same ratio.

Uvod

Uočavamo kako je plastika sve češće prisutna u prirodi i to od plastičnih boca na livadama do sitnih čestica mikroplastike koje nas okružuju. Usprkos svakodnevnom povećanju plastičnog zagađenja, problemi zagađenja okoliša mikroplastikom još uvijek imaju dosta nepoznanica. Obzirom da dosta životinja svoja jaja odlaže u pijesak na inkubaciju, a determinacija spola kod nekih od njih je određena temperaturom inkubacije odlučili smo istražiti kako plastika u, te plastika na pijesku utječe na zagrijavanje podloge.

Ako plastika uistinu utječe na temperaturu pijeska što istraživanja već pokazuju (Lavers J. L. et al., 2021) možemo zaključiti kako je zagađenje plastikom jedan od čimbenika koji

pridonose negativnom učinku zagrijavanja uslijed klimatskih promjena, a time i na životinje i biljke čiji je životni ciklus usko vezan uz pijesak. Primjer takvih životinja su kornjače čije je razmnožavanje vezano uz pijesak. Naime, brojne vrste kornjača imaju temperaturno ovisnu determinaciju spola, što znači da će temperatura pri kojoj se polegnuta jaja inkubirati odrediti kojeg će spola biti jedinke. Stoga će promjene u uobičajenim temperaturama na koje su ove vrste prilagođene imati značajan utjecaj na njihove biološke procese te na razvoj populacija tih vrsta na plastikom zagađenom području.

Kako bi ovo istraživanje bilo relevantno odlučeno je da će se temperatura pijeska regulirati u biološki značajnom temperaturnom intervalu. U ovom istraživanju ciljani temperaturni interval bio je između 28,4°C i 28,8°C. Navedeni interval odabran je jer u prirodi na temperaturama ispod 29°C izliježu isključivo muške jedinke crvenouhe kornjače *Trachemys scripta elegans*, dok se pri temperaturama između 29°C i 29,5°C izliježu u omjeru spolova 1:1. Pri povećanju temperature iznad 29,5°C prema istraživanjima dolazi do izlijezanja sve većeg broja ženskih jedinki crvenouhих kornjača (Bull J. et al., 1982; Crews D. et al., 1990; Ewert M.A. et al., 1991; Wibbels T. et al., 1994).

Uz mjerenje temperature podloge, primjenom GLOBE pedoloških protokola, provedeno su mjerenja pH vrijednosti i infiltracija sve tri skupine pješčanih podloga ovog istraživanja. Navedeno je provedeno kako bi se utvrdio utjecaj mikroplastike na pH vrijednost pijeska i zadržavanje vode u tlu obzirom da istraživanja (Guo Z. et al., 2022) upućuju da tla koja sadrže mikroplastiku postaju propusnija i lakše se ispiru te imaju sniženu pH vrijednost (Gharahi N.,

2022). Takav fenomen može imati veliki utjecaja za živi svijet ovisan o pijesku, jer ukoliko tlo postaje propusnije, ono se tijekom obilnih kiša više ispiru te dolazi do promjena staništa mnogih biljnih i životinjskih vrsta.

Istraživačka pitanja i hipoteze

Naša istraživačka pitanja bila su:

- 1) Kako se mijenja temperatura pijeska ovisno o prisutnosti plastike u/njemu?
- 2) Kako prisutnost mikroplastike u/njemu utječe na pH - vrijednost i propusnost tla?

Na osnovu istraživačkih pitanja, postavili smo hipoteze:

- 1) Temperatura pijeska s mikroplastikom bit će veća od temperature čistog pijeska izloženog jednakoj količini i jakosti IR i UV svjetlosti.

Za podlogu s plastikom na površini očekujemo da će plastični pokrov imati zaseban učinak na temperaturu pijeska. Istraživanja pokazuju da plastični otpad utječe na temperaturu sedimenta na način da mijenja ulaznu/izlaznu snagu zagrijavanja, odnosno apsorpciju IR zračenja. Tim se mehanizmom povećavaju temperaturne amplitude i mijenja dnevni ritam pijeska. Kako plastični fragment apsorbira određenu toplinu, pretpostavljamo da će pri njenom otpuštanju više zagrijati pijesak. Obzirom da je plastika poznata kao dobar toplinski izolator, pretpostavka je da će plastični pokrov onemogućiti prodor topline i smanjiti učinak plastičnog zagrijavanja na mjerenoj dubini. Pokazalo se kako se na većim dubinama pijeska temperatura stabilizira, te da u slučajevima gdje plastika pokriva 100% površine remeti se taj efekt te dolazi do većih fluktuacija minimalnih i maksimalnih temperatura podloge (Lavers J. et al., 2021).

Temperaturni interval od 28,4 °C do 28,8 °C odabran je jer smo planirali u eksperiment uključiti i jaja kornjača. Na taj način bismo provjerili utjecaj mikroplastike na određivanje spola, odnosno u kontrolnoj skupini bi se izlijezale isključivo jedinke muškog spola, dok bi se

u terariju s mikroplastikom izlijevale i ženke. Jaja, međutim, nismo uspjeli prikupiti pa smo rezultate povezivali i tumačili teoretski na osnovu podataka iz literature.

2) pH vrijednost kontrolne skupine pijeska bit će viša u usporedbi s pH vrijednostima pijeska s mikroplastikom i pijeska s mikroplastikom i plastikom u pokrovu, dok za propusnost očekujemo da će biti najmanja u kontrolnoj skupini.

Navedeno se pretpostavlja jer plastika općenito sadrži razna bojila i kemikalije koje svojom razgradnjom povećavaju kiselost (Gharahi N., 2022). Pretpostavlja se pak kako će najveću propusnost imati upravo pijesak s mikroplastikom i pokrovom od plastike, zatim pijesak s mikroplastikom, te tek onda običan pijesak kontrolne skupine. Navedeno se pretpostavlja jer je u literaturi pronađeno kako mikroplastika utječe na propusnost pijeska čineći ga propusnijim (Guo Z. et al., 2022).

Metode istraživanja

Osmislili smo eksperimentalni postav kako bi se u kontroliranim uvjetima ispitao utjecaj plastike na zagrijavanje pijeska. U ovom istraživanju korištene su tri različite vrste podloge. Zbog preciznosti mjernih instrumenata uzeta je gornja temperaturna granica kontrole od 28,8°C (umjesto 29°C) kako bi bilo osigurano da su kontrolne skupine držane na temperaturnim intervalima na kojima se ne bi izlegla niti jedna ženska jedinka. Naposljetku je provedena statistička analiza dobivenih podataka za izmjerene temperaturne vrijednosti.

Vrijeme istraživanja

Ukupno vrijeme istraživanja bilo je 14 dana. Prvih pet dana kalibriran je sustav žarulja i termometara na istu temperaturu u šest staklenih posuda (dimenzija 23x14x16cm), a kada su sve posude zagrijane na jednake temperature, još je 2 dana praćeno je li sve posude ujednačeno održavaju temperatura (7 dana kalibracije). Jedanaestog dana u šest staklenih posuda stavljene su 3 različite pokusne podloge.

Kalibracija

U svrhu preciznog reguliranja temperature pijeska unutar eksperimentalnog postava, iznad svake staklene posude na istu visinu postavljen je terarijski nosač žarulje JBL TEMPSET BASIC. Na terarijske nosače žarulja montirane su D3 UV Heat Spot žarulje s izlaznom snagom 80W. U sve staklene posude u pijesak su zakopani digitalni ubodni termometri (tvrtke Vernier) na dubinu od 10 cm, te spojeni na LabQuest softver. Softveri su za vrijeme istraživanja služili za prikupljanje i spremanje podataka temperature pijeska. Prije pokusa je utvrđeno da lampe ne griju čak niti običan pijesak na istim visinama jednako te je trebalo prilagoditi postav mijenjanjem visine terarijskih nosača. Navedeni se postupak baždarenja radio nad staklenim posudama ispunjenim isključivo običnim pijeskom (bez prisustva mikroplastike ili plastičnog pokrova) kako je prikazano slikom 1. Baždarenje je izvršeno tako što su u staklene posude ispunjene običnim pijeskom u koji su zakopani isti termometri, te su visine lampi nad staklenim posudama mijenjane sve dok nije postignut sustav u kojemu su nakon zadanog vremena (7 dana) uvijek temperaturne oscilacije bile iste. Tijekom kalibracije mijenjan je raspored posuda te razmaci među njima dok se nije složio sustav u kome su sve podloge jednako zagrijane (Slika 2). Tim postupkom osigurano je da svi terariji primaju jednaku količinu topline.



Slika 1. Eksperimentalni postav tijekom postupka kalibracije sustava na jednake ulazne snage zagrijavanja

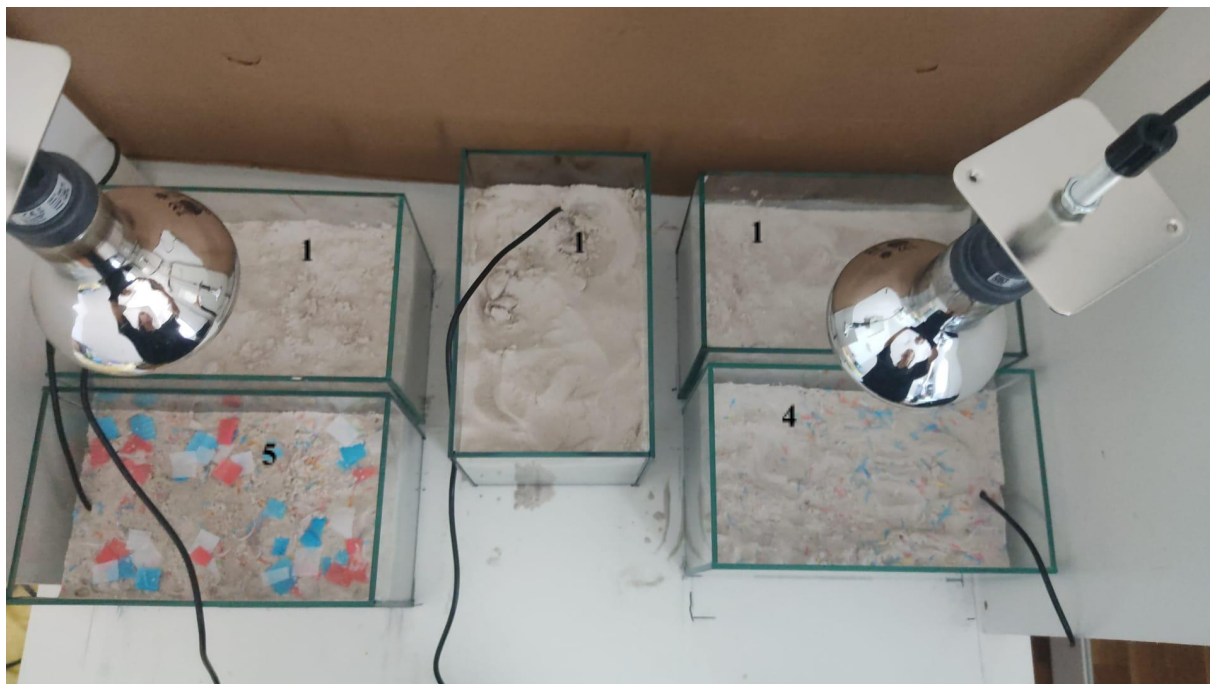
Sustav je zatim pušten u opticaj, te su termometri i žarulje održavali temperaturu pijeska u kontrolnim podlogama na željenom intervalu od $28,4^{\circ}\text{C}$ do $28,8^{\circ}\text{C}$. U eksperimentalnom postavu korištenom u ovom istraživanju strogo je kontroliran temperaturni interval pijeska pomoću prethodno opisanih termometara (zakopanih na dubinu od 10 cm), tako da, ako se u pripadajućoj kontrolnoj staklenoj posuda temperatura pijeska spustila na $28,4^{\circ}\text{C}$, žarulje su se iznad svih posuda palile, te ostajale upaljene sve dok temperatura pijeska prema termometru u danoj kontrolnoj posudi nije dostigla $28,8^{\circ}\text{C}$.

Postava skupina

U pokusu je korišteno pet posuda podijeljenih na 3 sustava (grijača). U svakom sustavu jedna je posuda bila kontrolna. Prvi sustav tako je sadržavao podlogu s mikroplastikom u i na pijesku te kontrolnu podlogu, a drugi podlogu s mikroplastikom u pijesku i kontrolnu podlogu. Bilo je nužno uvesti kontrolnu skupinu za svaku od eksperimentalnih posuda zasebno kako bi se temperaturni interval mogao pratiti relativno u odnosu na danu kontrolu budući da je pri kalibraciji pokazano da lampe ne zagrijavaju jednako. Treći sustav sastojalo se od samo jedne kontrolne posude pod zasebnim grijačem koja je prvenstveno služila za jednostavniju kontrolu i dodatnu regulaciju temperature, ali i kontrolu vlage.

Izrada podloga

Svaka posude sadržavala je 4 kilograma običnog terarijskog pijeska marke Flamingo. Riječ je o prirodnom, ne-toksičnom pijesku za terarije koji ne sadrži bojila i druge kemijske aditive. Također, prema specifikacijama, navedeni ne sadrži organske tvari ili patogene. Korištene su ukupno tri kontrolne posude (oznake 1, Slika. 2) u kojima je bio samo navedeni pijesak. U četvrtu posudu (oznaka 4, Slika. 2), uz navedenu količinu pijeska, dodano je 20 g mikroplastike. Navedena mikroplastika izrađena je mehaničkim usitnjavanjem plastičnih slamčica i plastičnih čaša različitih boja koristeći kuhinjski mikser, te su žlicom nadodani u pijesak unutar četvrte staklene posude. Peta posuda (oznaka 5, Slika. 2) bila je istog sastava kao i podloga u posudi 4, međutim u ovu posudu osim običnog pijeska i 20 g umiješane mikroplastike dodan je plastični pokrov u obliku tankih listova plastike izrađenih izrezivanjem raznobojnih plastičnih čaša. Oni su bili položeni na vrh pijeska te su prekrivali 30% površine posude, tako da je ovdje pijesak sadržavao mikroplastiku u podlozi (20 g), ali i plastiku na površini.



Slika 2. Eksperimentalni postava tijekom trajanja istraživanja (oznaka 1- kontrolna skupina, oznaka 4- skupina s mikroplastikom u pijesku, oznaka 5 - skupina s mikroplastikom u pijesku i plastikom na površini)

Nakon kalibracije sustava (7 dana) provedena su mjerenja temperature u sva 3 sustava tj. u pet staklenih posuda. Temperaturni senzori su podatke o temperaturi pijeska u pet staklenih posuda bilježili na LabQuest software svakih 30 minuta.

Kako bi što bolje simulirali prirodne uvjete tijekom eksperimenta je bilo potrebno vlažiti pijesak. U svaku skupinu pijeska dodano je 600 ml vode prskalicom kako bi se ravnomjerno disperzirala kroz cijeli volumen pijeska. Vlažnost pijeska mjerena je higrometrom te je održavana na 50%. Zbog zagrijavanja voda je iz pijeska isparavala te je bilo potrebno svakodnevno špricati pijesak vodom kako bi se vlažnost održavala na istoj vrijednosti. Svakodnevno je dodatno prskano s do 10 ml destilirane vode.

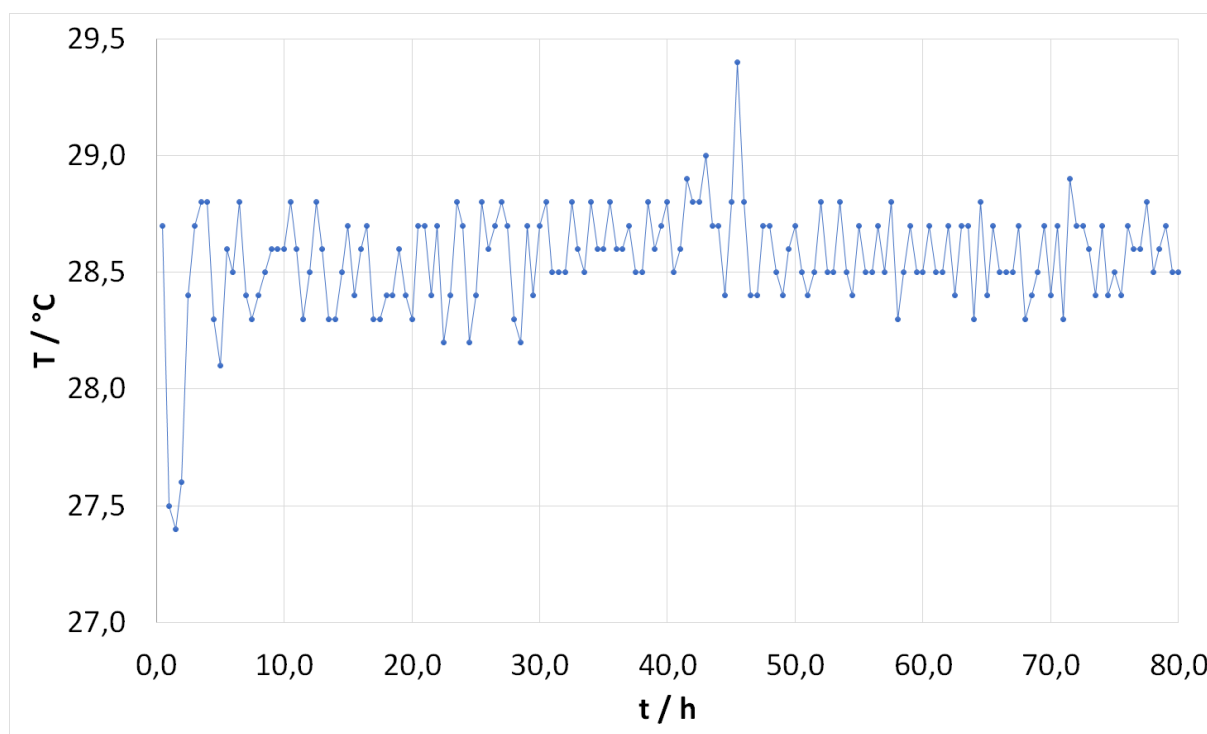


Slika 3. Eksperimentalni postav za mjerenje propusnosti pijeska

Nakon završetka istraživanja, koristeći GLOBE protokole za analizu tla (Program GLOBE-Hrvatska, 2021), provedena je i analiza propusnosti tla, tj. pijeska korištenog u istraživanju u sve tri vrste podloge. Pri mjerenju infiltracije podloga korišten je *LearningActivity* protokol „*JustPassingThrough*“ (GLOBE.gov, 2014) zbog nemogućnosti provođenja GLOBE *Soil Infiltration* protokola. Tim protokolom mjerena je infiltracija tako da su plastične boce posložene kao na slici 3. te su u njih dodani pijesak i voda u volumnom omjeru 2:1. Nakon prestanka kapanja vode izmjerena je masa mokrog pijeska od koje je oduzeta masa suhog pijeska, koja je izmjerena prije dodavanja vode, kako bi izračunali masa vode koju je pijesak upio. Pomoću dobivene mase, na temelju gustoće vode, dobiven je i volumen upijene vode pomoću kojeg je izračunata vrijednost infiltracije. Izmjerena je i pH - vrijednost sve tri skupine pijeska prije i nakon završetka projekta.

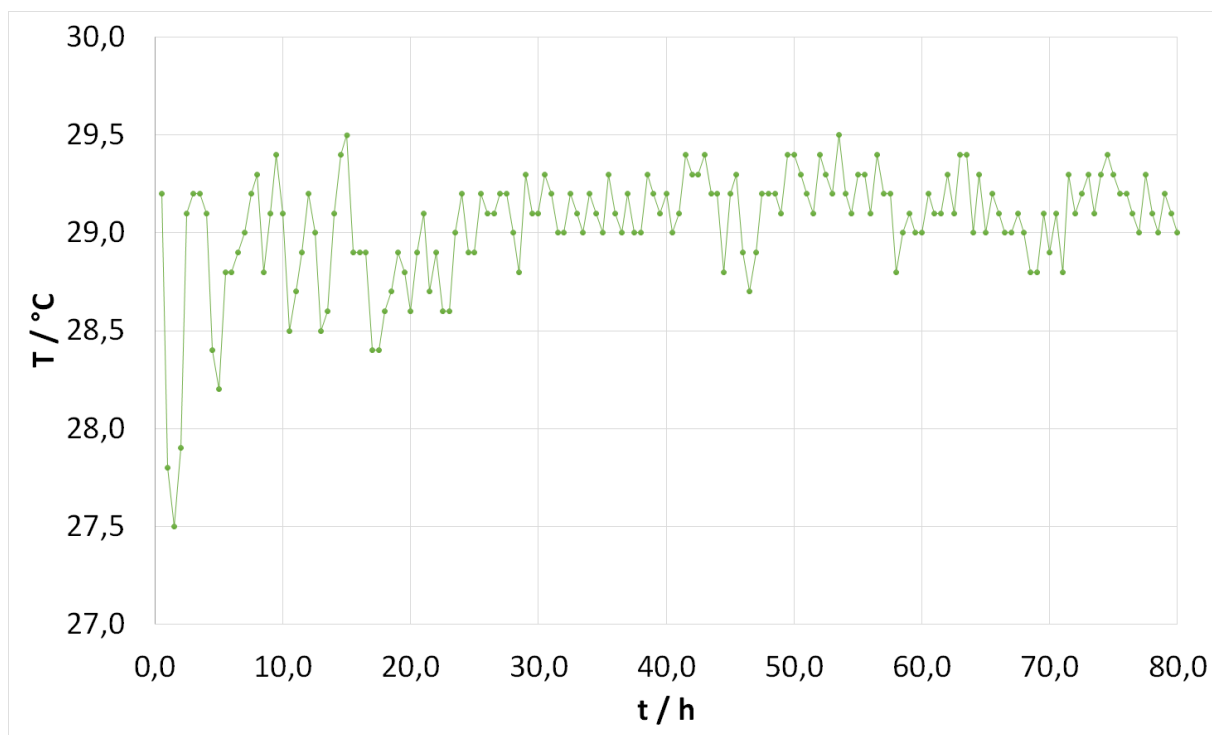
Prikaz i analiza podataka

Analiza rezultata ovog istraživačkog rada temelji se na podacima izmjerenih temperatura prikupljenih za sve tri skupine podloga u razdoblju od tjedan dana.



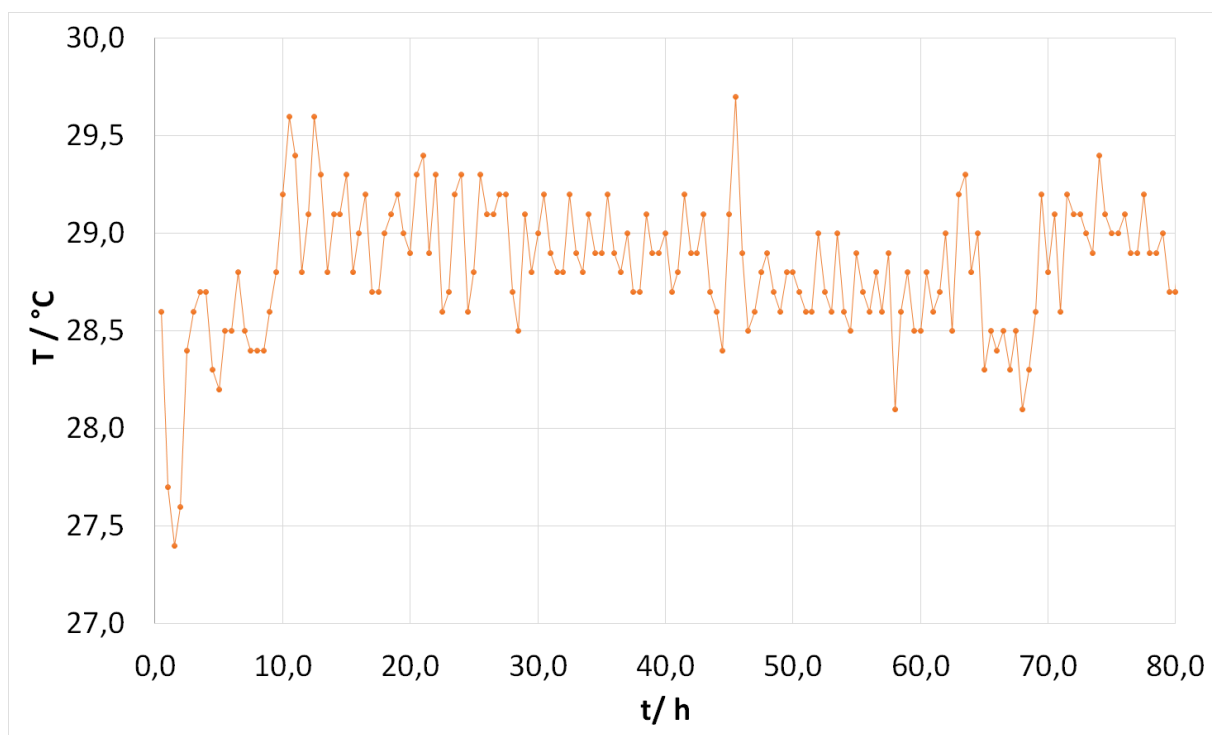
Slika 4. Temperatura pijeska kontrolne skupine u razdoblju od tjedan dana
Figure 4. Sand temperature in control groups during experimental week period

Slika 4. prikazuje kako se temperatura pijeska kontrolne skupina mijenjala tijekom vremenskog perioda od tjedan dana. Prosječna temperatura pijeska kontrolne skupine iznosi 28,6°C. Standardna devijacija iznosi $\pm 0,23^\circ\text{C}$. Najviša zabilježena vrijednost iznosila je 29,4°C.



Slika 5. Temperatura pijeska s mikroplastikom u razdoblju od tjedan dana
Figure 5. Sand temperature with microplastic mixture during experimental week period

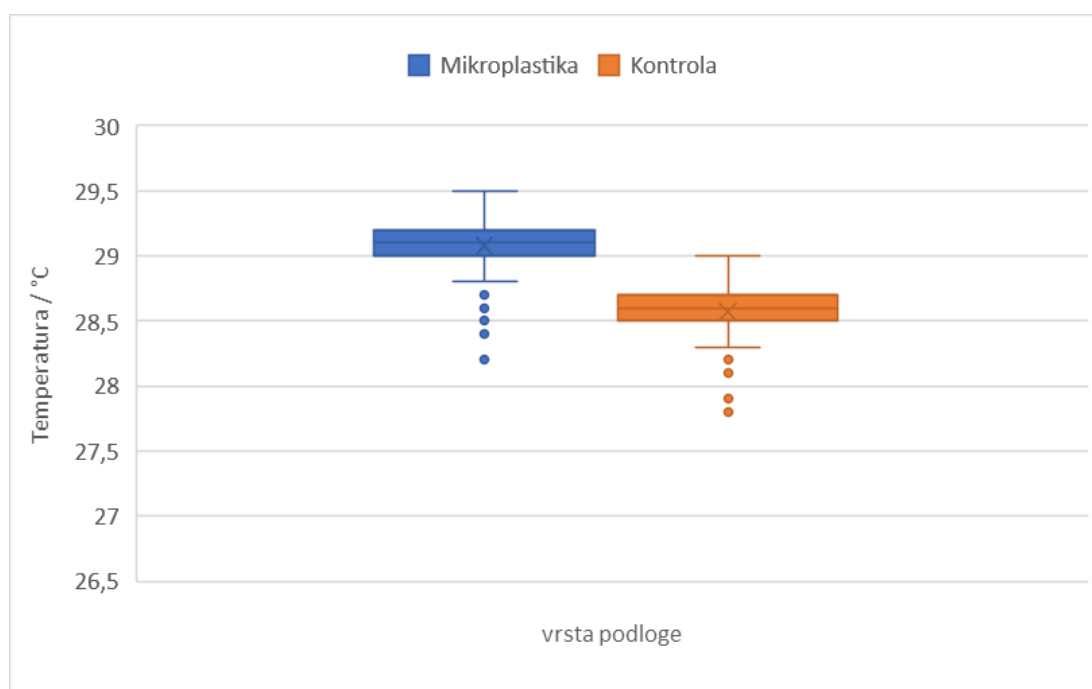
Prosječna temperatura pijeska s mikroplastikom iznosila je 29,1°C, s standardnom devijacijom $\pm 0,27^{\circ}\text{C}$. Najviša zabilježena vrijednost iznosila je 29,5°C (Slika 5).



Slika 6. Temperature pijeska s mikroplastikom i plastikom na površini u razdoblju od tjedan dana
Figure 6. Soil temperature of a sand with microplastic mixture and plastic pieces on top of it

mixture during experimental week period

Slika 6. prikazuje ovisnost temperature pijeska ispunjenog mikroplastikom i komadićima plastike na površini u razdoblju od tjedan dana. Prosječna temperatura pijeska bila je 28,8°C, s standardnom devijacijom $\pm 0,33^\circ\text{C}$. Najviša zabilježena vrijednost iznosila je 29,7°C.

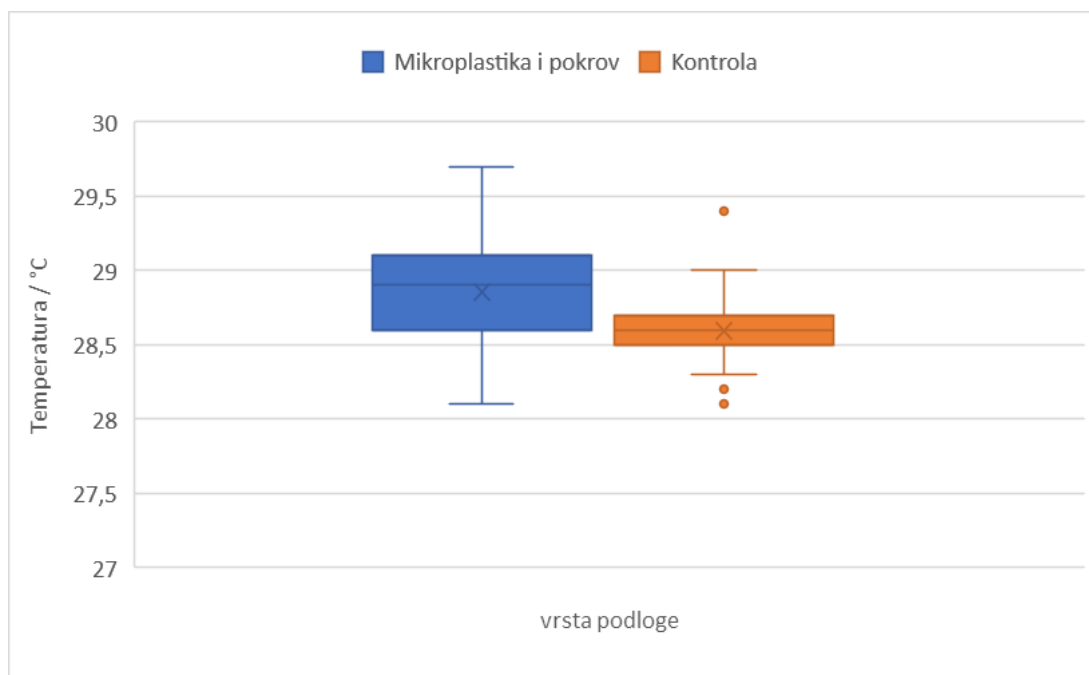


Slika

7. Usporedba podataka temperature pijeska s mikroplastikom i pijeska kontrolne skupine; vodoravna linija prikazuje prosječnu vrijednost temperature, pravokutnik standardne devijacije, a okomita linija minimalne i maksimalne vrijednost, s točkastim prikazom ekstremnih vrijednosti

Figure 7. Comparison of sand temperature with microplastic mixture and control group; the box shows the standard deviations, horizontal line presents average value, and the vertical line the minimum and maximum values, with a dot display of extreme values.

Slikom 7 je prikazan dijagram koji omogućuje razumijevanje razlike između temperatura pijeska s mikroplastikom te pijeska kontrolne skupine. Vidljiva znatna razlika u prosječnoj temperaturi kontrolne skupine u odnosu na pijesak s mikroplastikom i pokrovom.



Slika 8. Usporedba podataka o temperaturi pijeska s mikroplastikom i pokrova i pijeska kontrolne skupine vodoravna linija prikazuje prosječnu vrijednost temperature, pravokutnik standardne devijacije, a okomita linija minimalne i maksimalne vrijednost, s točkastim prikazom ekstremnih vrijednosti

Figure 8. Comparison for soil temperature of sand with microplastic within and microplastic pieces on top and control group; the box shows the standard deviations, horizontal line presents average value, and the vertical line the minimum and maximum values, with a dot display of extreme values.

Slikom 8. prikazan je dijagram koji omogućuje razumijevanje razlike između temperatura pijeska s mikroplastikom i plastikom na površini te pijeska kontrolne skupine. Vidljiva je razlika u prosječnoj temperaturi kontrolne skupine u odnosu na pijesak s mikroplastikom i plastikom na površini.

Statistički t-test usporedbe temperatura u pijesku s mikroplastikom i kontrolnom skupinom, te mikroplastikom, plastikom na površini i njenom kontrolom upućuje je da je razlika u temperaturama podloga statistički značajna. Za usporedbu temperatura podloge s mikroplastikom i kontrolom t-vrijednost iznosi 24,68329 s pouzdanošću $p < 0,00001$, dok za usporedbu temperatura podloge s mikroplastikom i plastikom na površini te njenom kontrolom vrijednost t iznosi 10,42417, s pouzdanošću $p < 0,00001$.

Tablica 1. Prosječni rezultati mjerenja pH vrijednosti i infiltracije
Table 1. Average results for pH and infiltration

	pijesak	pijesak ispunjen mikroplastikom	pijesak ispunjen mikroplastikom i plastikom na površini
pH vrijednost	7,0	6,8	7,0
infiltracija	0,40	0,40	0,46

U tablici 1 vidljivo je sniženje pH za podlogu s mikroplastikom i povišenje vrijednosti za infiltraciju s podlogom koja sadrži mikroplastiku i plastiku na površini.

Rasprava i zaključak:

Na temelju dobivenih podataka izvodi se zaključak da prisutnost mikroplastike u pijesku i plaske na površini pijeska uzrokuje povećanje temperature pijeska i to za više od 0,5 °C. Iako dobivena razlika možda ne izgleda velika, ona biološki može biti itekako utjecajna. S obzirom da se u slučaju vrste *Trachemys scripta elegans*, koja jaja polaže u pijesku na dubini od 10 cm, na temperaturama ispod 29°C izliježu isključivo muške jedinke, povećanjem temperature do 29,5°C omjer muških i ženskih jedinki je približno 1:1, a što se više temperatura povećava, pojavljuje se sve veći udio ženskih jedinki sve dok ne dođe do 100%. Prema dobivenim podacima koji pokazuju da prisutnost mikroplastike povećava temperaturu pijeska i za više od 0,5°C, jaja inkubirana u kontrolnim skupinama dala bi 100% muškog potomstva, dok bi skupine s mikroplastikom i plastikom na površini dale potomstvo u omjeru 1:1, ili čak većem u korist ženskih jedinki. Daljnjim bi se povišenjem temperature omjer sve više pomicao u korist ženki, dok ne bi došao do 100% ženskog potomstva. U prirodi omjer mužjaka i ženki varira ovisno o uvjetima okoliša; u toplijim će područjima udio ženki biti veći, dok će na hladnijima biti veći udio muških jedinki. Pokazano povećanje temperature ima potencijal poremetiti prirodnu ravnotežu omjera spolova crvenouhe kornjače na način da smanjuje udio muških jedinki. Iako je ta vrsta u Hrvatskoj invazivna, ovaj je učinak primjenjiv na sve vrste koje imaju temperaturno ovisnu determinaciju spola (što je velik broj vrsta kornjača pa tako i onih autohtonih). Remećenje prirodne ravnoteže omjera spolova ima alarmantan utjecaj na preživljavanje navedenih vrsta te sve ekosustave u koje su one uključene.

Nismo zabilježili velike razlike pH vrijednosti i infiltracije pijeska između kontrolnih podloga i onih s mikroplastikom. Istraživanja (Medyńska-Juraszek A., 2022; Gharahi N., 2022) ukazuju da prisutnost mikroplastike u tlu smanjuje pH jer se pri utjecaju UV i IR zračenja iz plastike oslobađaju organski ugljikovi spojevi koji mogu zakiseliti supstrat (Dissanayake P. D. et al., 2022.). Rezultati ovog istraživanja poklapaju se s rezultatima pronađenim u literaturi, jer je u pijesku s dodanom mikroplastikom izmjeren pH nešto niži od pH kontrolne skupine običnog pijeska. Rezultati infiltracije pijeska pokazali su se također ujednačenima, no pijesak s dodanom mikroplastikom i plastikom na površini bolje zadržava vodu nego pijesak ispunjen isključivo mikroplastikom i običan pijesak. Navedeno dolazi u kontradikciju s istraživanjima pronađenim u literaturi (Guo Z. et al., 2022), no razlog za navedeno je najvjerojatnije je što je plastični pokrov na pijesku bio sastavljen od većih komada plastike koji su vjerojatno otežali protok vode kroz pijesak. Moguće je zaključiti kako mikroplastika utječe na pH pijeska čineći ga kiselijim, dok je u ovom istraživanju pokazano i kako prisutnost mikroplastike i plastičnog pokrova može povećati i propusnost vode u pijesku.

Najveće metodološko ograničenje predstavljale su lampe korištene za grijanje pijeska koje nisu imale jednak intenzitet zagrijavanja zbog čega je proces kalibracije trajao duže i bilo je potrebno modificirati njihovu udaljenost od površine pijeska prije dodavanja plastike kako bi grijanje između skupina bilo ujednačeno te kako se razlika u zagrijavanju ne bi pogrešno protumačila kao utjecaj plastike. Također, održavanje kontrolnih skupina unutar ciljanog intervala 28,4°C - 28,8°C je bilo otežano zbog "zakašnjelih" reakcija žarulja. Nakon što se žarulje upale, potrebno im je određeno vrijeme da zapravo krenu sa zagrijavanjem, te nakon što se ugase nastavljaju sa zagrijavanjem sve dok se ne ohlade. Zbog toga je paljenje/gašenje moralo biti modificirano kako bi interval bio što bliži ciljanom. Kod skupine s plastičnim pokrovom došlo je do zadržavanja kapljica vode na površini uzrokovano načinom unosa vode u sistem (prskanjem). Preferirano bi bilo imati drugačiji način unosa kako ovaj problem ne bi negativno utjecao na količinu vlage u pijesku i temperaturu plastičnog pokrova, odnosno utjecaj njegovog toplinskog kapaciteta na temperaturu. Za donošenje adekvatnijeg zaključka vezanog uz utjecaj temperature na spol kornjača bilo bi idealno da smo imali i jaja kornjača te više replikata staklenih podloga

Popis literature:

- Bull, J. J., Legler, J. M., & Vogt, R. C. (1985). Non-Temperature Dependent Sex Determination in Two Suborders of Turtles. *Copeia*, 1985(3), 784–786.
- Crews, D., Bull, J. J., & Wibbels, T. (1991). Estrogen and sex reversal in turtles: a dose-dependent phenomenon. *General and comparative endocrinology*, 81(3), 357–364.
- Dissanayake, P. D., Kim, S., Sarkar, B., Oleszczuk, P., Sang, M. K., Haque, M. N., Ahn, J.H., Bank, M. S., Ok, Y. S. (2022). Effects of microplastics on the terrestrial environment: A critical review. *Environmental Research, Volume 209*
- Ewert, M. A., & Nelson, C. E. (1991). Sex Determination in Turtles: Diverse Patterns and Some Possible Adaptive Values. *Copeia*, 1991(1), 50–69.
- Gharahi, N., & Zamani-Ahmadmoodi, R. (2022). Effect of plastic pollution in soil properties and growth of grass species in semi-arid regions: a laboratory experiment. *Environmental science and pollution research international*, 29(39), 59118–59126.
- GLOBE.gov. (2014). *JustPassingThrough*.
<https://www.globe.gov/documents/352961/353899/Just+Passing+Through/06f90bc2-1e4e-4830-b36d-dba1e170914e>. pristupljeno 10.1.2023.
- Guo, Z., Li, P., Yang, X., Wang, Z., Lu, B., Chen, W., Wu, Y., Li, G., Zhao, Z., Liu, G., Ritsema, C., Geissen, V., & Xue, S. (2022). Soil texture is an important factor determining how microplastics affect soil hydraulic characteristics. *Environment international*, 165, 107293.
- Lavers, J. L., Rivers-Auty, J., Bond, A. L. (2021). Plastic Debris Increases Circadian temperature extremes in beach sediments. *Journal of Hazardous Materials, Volume 416*
- Medyńska-Juraszek, A., & Jadhav, B. (2022). Influence of Different Microplastic Forms on pH and Mobility of Cu²⁺ and Pb²⁺ in Soil. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(5), 1744.
- Program GLOBE-Hrvatska.(2020). Ispitivanje tla.
https://drive.google.com/file/d/14nPucdT8Sf_Xp7qcSdLO-WFJm1mE02NW/view
pristupljeno 10.1.2023
- Wibbels, T., Cowan, J., & LeBoeuf, R. (1998). Temperature-dependent sex determination in the red-eared slider turtle, *Trachemys scripta*. *The Journal of experimental zoology*, 281(5), 409–416.
- Wibbels, T., Bull, J.J., Crews, D. (1994). Temperature-Dependent Sex Determination: A Mechanistic Approach. *The Journal of experimental zoology*, 270, 71–78.