

ISSN 2623-6575

UDK 63

GLASILO FUTURE

PUBLIKACIJA FUTURE - STRUČNO-ZNANSTVENA UDRUGA ZA PROMICANJE ODRŽIVOG RAZVOJA, KULTURE I MEĐUNARODNE SURADNJE, ŠIBENIK

VOLUMEN 8 BROJ 1-2

LIPANJ 2025.

Glasilo Future

Stručno-znanstveni časopis

Nakladnik:

FUTURA



Sjedište udruge: Šibenik

Adresa uredništva:

Bana Josipa Jelačića 13 a, 22000 Šibenik, Hrvatska / Croatia

☎ / ☎: +385 (0) 022 218 133

✉: urednistvo@gazette-future.eu / editors@gazette-future.eu

🌐: www.gazette-future.eu

Urednički odbor / Editorial Board:
Izv. prof. dr. sc. Boris Dorbić – glavni i odgovorni urednik / *Editor-in-Chief*Emilija Friganović, dipl. ing. preh. teh., univ. mag. nutr., v. pred. – zamjenica g. i o. urednika / *Deputy Editor-in-Chief*Ančica Sečan, mag. act. soc. – tehnička urednica / *Technical Editor*

Prof. dr. sc. Željko Španjol – član

Mr. sc. Milivoj Blažević – član

Vesna Štibić, dipl. ing. preh. teh. – članica

Antonia Dorbić, mag. art. – članica

Međunarodno uredništvo / International Editorial Board:

Dr. sc. Gean Pablo S. Aguiar – Savezna republika Brazil (Universidade Federal de Santa Catarina)

Prof. dr. sc. Kiril Bahcevandziev – Portugalska Republika (Instituto Politécnico de Coimbra)

Prof. dr. sc. Martin Bobinac – Republika Srbija (Šumarski fakultet Beograd)

Prof. dr. sc. Zvezda Bogevska – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za zemjodelski nauki i hrana Skopje)

Dr. sc. Bogdan Cvjetković, prof. emeritus – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Margarita Davitkovska – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za zemjodelski nauki i hrana Skopje)

Prof. dr. sc. Dubravka Dujmović Purgar – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Josipa Giljanović – Republika Hrvatska (Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu)

Prof. dr. sc. Sezai Ercişli – Republika Turska (Atatürk University Agricultural Faculty)

Prof. dr. sc. Semina Hadžabić – Bosna i Hercegovina (Agromediteranski fakultet Mostar)

Doc. dr. sc. Jasna Hasanbegović – Bosna i Hercegovina (Agromediteranski fakultet Mostar)

Prof. dr. sc. Péter Honfi – Mađarska (Faculty of Horticultural Science Budapest)

Prof. dr. sc. Mladen Ivić – Bosna i Hercegovina (Univerzitet PIM)

Doc. dr. sc. Anna Jakubczak – Republika Poljska (Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy)

Dr. sc. Željko Jurjević – Sjedinjene Američke Države (EMSL Analytical, Inc., North Cinnaminson, New Jersey)

Prof. dr. sc. Mariia Kalista – Ukrajina (National Museum of Natural History of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv)

Prof. dr. sc. Tajana Krička – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Dejan Kojić – Bosna i Hercegovina (Univerzitet PIM)

Slobodan Kulić, mag. iur. – Helenska Republika (Federation Panhellenique del' Ornithologie)

Dr. sc. Jae Hwan Lee, pred. - Republika Koreja (Natural Science Research Institute of Sahmyook University in Seoul, South Korea)

Doc. dr. sc. Branka Ljevnaić-Mašić – Republika Srbija (Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu)

Prof. dr. sc. Zvonimir Marijanović – Republika Hrvatska (Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu)

Semir Maslo, prof. – Kraljevina Švedska (Primary School, Lundäkerskolan, Gislaved)

Prof. dr. sc. Ana Matin – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Elizabeta Miskoska-Milevska – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za zemjodelski nauki i hrana)

Prof. dr. sc. Bosiljka Mustać – Republika Hrvatska (Sveučilište u Zadru)

Prof. dr. sc. Ayşe Nilgün Atay – Republika Turska (Mehmet Akif Ersoy University – Burdur, Food Agriculture and Livestock School)

Doc. dr. sc. Andrea Paut – Republika Hrvatska (Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu)

Nibir Pratim Choudhury, MBA - Republika Indija (Ph.D student i suradnik na projektu - University of Science and Technology Meghalaya)

Prof. dr. sc. Tatjana Prebeg – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Bojan Simovski – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za šumarski nauki, pejzažna arhitektura i ekoinženjering „Hans Em“ Skopje)

Prof. dr. sc. Davor Skejić – Republika Hrvatska (Građevinski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Azra Skender – Bosna i Hercegovina (Biotehnički fakultet Univerziteta u Bihaću)

Akademik prof. dr. sc. Mirko Smoljić, prof. struč. stud. – Republika Hrvatska (Sveučilište Sjever, Varaždin/Koprivnica, Odjel ekonomije)

Prof. dr. sc. Nina Šajna – Republika Slovenija (Fakulteta za naravoslovje in matematiko)

Doc. dr. sc. Mladenka Šarolić, prof. struč. stud. – Republika Hrvatska (Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu)

Prof. dr. sc. Andrej Šušek – Republika Slovenija (Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Maribor)

Prof. dr. sc. Elma Temim – Bosna i Hercegovina (Agromediteranski fakultet Mostar)

Doc. dr. sc. Merima Toromanović – Bosna i Hercegovina (Biotehnički fakultet Univerziteta u Bihaću)

Prof. dr. sc. Marko Turk – Republika Hrvatska (Visoka poslovna škola PAR)

Prof. dr. sc. Ivana Vitasović Kosić – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Doc. dr. sc. Bojana Voučko – Republika Hrvatska (Prehrambeno-biotehnički fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Ana Vujošević – Republika Srbija (Poljoprivredni fakultet Beograd)

Sandra Vuković, mag. ing. – Republika Srbija (Poljoprivredni fakultet Beograd)

Prof. dr. sc. Vesna Židovec – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Denisa Žujo Zekić – Bosna i Hercegovina (Nastavnički fakultet Mostar)

Grafička priprema: Ančica Sečan, mag. act. soc. Objavljeno: 30. lipnja 2025. godine.

Časopis izlazi u elektroničkom izdanju dva puta godišnje, krajem lipnja i prosinca, a predviđena su i dva specijalna izdanja tijekom godine iz biotehničkog područja. Časopis je besplatan. Rukopisi i recenzije se ne vraćaju i ne honoriraju.

Autori/ce su u potpunosti odgovorni/e za sadržaj, kontakt podatke i točnost engleskog jezika.

Umnožavanje (reproduciranje), stavljanje u promet (distribuiranje), priopćavanje javnosti, stavljanje na raspolaganje javnosti odnosno prerada u bilo kojem obliku nije dopuštena bez pismenog dopuštenja Nakladnika.

Sadržaj objavljen u Glasilu Future može se slobodno koristiti u osobne i obrazovne svrhe uz obvezno navođenje izvora.

Časopis je indeksiran u CAB Abstract (CAB International).

Glasilo Future

Stručno-znanstveni časopis

FUTURA – stručno-znanstvena udruga za promicanje održivog razvoja, kulture i međunarodne suradnje, Bana Josipa Jelačića 13 a, 22000 Šibenik, Hrvatska

(2025) 8(1-2) 01–75

SADRŽAJ:

	Str.
 <i>Izvorni znanstveni rad (original scientific paper)</i>	
<i>T. Svalina, Antea Goreta, B. Dorbić, M. Šuste, Žana Delić, Mladenka Šarolić</i> Utjecaj dozrijevanja u betonskim i inox tankovima na aromatski profil vina sorte <i>Pošip</i> The influence of aging in concrete and stainless steel tanks on the aromatic profile of <i>Pošip</i> wine	01–09
<i>Aida Štrkljević, Merima Toromanović, Ajla Halkić</i> Procjena fizičko-kemijske i mikrobiološke kvalitete vode izvorišta Klokot u zimskom periodu Assessment of the physical-chemical and microbiological quality of the Klokot spring water during the winter period	10–26
<i>Jelena Kuzman Katica, Aida Šukalić, Svetlana Hadžić, Dženita Alibegić, Alma Mičijević</i> Heavy Metal Intake and Potential Carcinogenic Risks Through Consumption of Leafy Vegetables in Mostar	27–41
 <i>Pregledni rad (scientific review)</i>	
<i>Valentina Rahelić, Ines Banjari, Josipa Matanić, Sandra Bival, Eva Pavić</i> Uloga nutritivne intervencije u liječenju graničnog poremećaja ličnosti i poremećaja u jedenju The role of nutrition intervention in the treatment of borderline personality disorder and eating disorders.....	42–59
 <i>Stručni rad (professional paper)</i>	
<i>Mara Marić, Jana Anić, Ana Auguštin, Maša Barbić, Dora Bazjak, Una Bedaić, B. Dorbić, Ivana Paladin Soče, D. I. Žeravica, Jelena Baule, Ivana Vitasović Kosić</i> Alohtone i invazivne biljne vrste u hrvatskoj rasadničarskoj proizvodnji Non-native and invasive plant species in the Croatian nursery production	60–72
 <i>Društvene vijesti i obavijesti (social news and announcements)</i>	
<i>B. Dorbić</i> Nagrade Udruge Future u 2025. godini Awards of the Association Futura in the year 2025.....	73–73
<i>Upute autorima (instructions to authors)</i>	74–75

Utjecaj dozrijevanja u betonskim i inox tankovima na aromatski profil vina sorte *Pošip*

The influence of aging in concrete and stainless steel tanks on the aromatic profile of *Pošip* wine

**Tomislav Svalina^{1*}, Antea Goreta², Boris Dorbić¹, Marko Šuste¹,
Žana Delić³, Mladenka Šarolić⁴**

izvorni znanstveni rad (original scientific paper)

doi: 10.32779/gf.8.1-2.1

Citiranje/Citation⁵

Sažetak

Cilj ovog rada bio je utvrditi utjecaj različitih tankova za dozrijevanje na sastav isparljivih spojeva vina *Pošip*. Uzorci vina *Pošip* dozrijevali su korištenjem dvaju različitih tankova: uzorak I dozrijevao je u inox tanku a uzorak II u betonskom tanku. Isparljivi spojevi izolirani su pomoću mikroekstrakcije vršnih para na krutoj fazi (HS-SPME) i analizirani vezanim sustavom plinska kromatografija-masena spektrometrija (GC-MS). U uzorku I identificirano je 20 spojeva što predstavlja ukupno 98,12 % isparljivih spojeva, dok je u uzorku II također identificirano 20 spojeva što predstavlja ukupno 95,37 % isparljivih spojeva. U oba uzorka najzastupljeniji spojevi su esteri, a među njima najveći udjel pripada etil-oktanoatu, etil-heksanoatu i etil-dekanoatu. U uzorku I zabilježen je veći relativni udio estera nego u uzorku II, među kojima se ističe etil-oktanoat koji ima nešto veći relativni udjel. Uzorak II ima veći udjel izoamilnog-alkohola, dok uzorak I ima neznatno veći udio vitispirana. Rezultati ovog rada pokazuju da primjena različitih posuda za dozrijevanje ima utjecaj na isparljive spojeve u vinu sorte *Pošip*.

Ključne riječi: *Pošip*, inox, beton, isparljivi spojevi, HS-SPME, GC-MS

¹ Sveučilište u Splitu, Samostalni sveučilišni studij Mediteranska poljoprivreda, Ul. Ruđera Boškovića 31, 21000 Split, Republika Hrvatska.

* E-mail: tsvalina@unist.hr (dopisni autor)

² Završena studentica stručnog prijediplomskog studija Prehrambena tehnologija Veleučilišta "Marko Marulić" u Kninu, Petra Krešimira IV 30, 22300 Knin, Republika Hrvatska.

³ Veleučilište "Marko Marulić" u Kninu, Krešimirova 30, 22300 Knin, Republika Hrvatska

⁴ Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet, Ul. Ruđera Boškovića 35, 21000, Split, Republika Hrvatska.

⁵ Svalina, T., Goreta, A., Dorbić, B., Šuste., M., Delić, Ž., Šarolić, M. (2025). Utjecaj dozrijevanja u betonskim i inox tankovima na aromatski profil vina sorte *Pošip*. *Glasilo Future*, 8(1-2), 1–9. <https://doi.org/10.32779/gf.8.1-2.1> / Svalina, T., Goreta, A., Dorbić, B., Šuste., M., Delić, Ž., Šarolić, M. (2025). The influence of aging in concrete and stainless steel tanks on the aromatic profile of *Pošip* wine. *Glasilo Future*, 8(1-2), 1–9. <https://doi.org/10.32779/gf.8.1-2.1>

Abstract

The aim of this study was to determine the influence of different aging tanks on the composition of volatile compounds of *Pošip* wine. *Pošip* wine samples were produced using two different aging tanks: sample I was aging in a stainless steel tank and sample II was aging in a concrete tank. Volatile compounds were isolated by headspace solid-phase microextraction (HS-SPME) and analyzed using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). 20 compounds were identified in the sample I representing 98.12 % of total volatiles, 20 compounds were identified in the sample II representing 95.37 % of total volatiles. Sample II had higher proportions of isoamyl alcohol. Esters such as ethyl octanoate, ethyl hexanoate ethyl decanoate were the most abundant compounds in both samples. The sample I had a higher proportion of esters, especially it had higher proportion of ethyl octanoate. It also had a higher proportion of vitispiran. The obtained results showed that the application of different aging tanks contributes to differences in the composition of volatile compounds that affect the wine aroma.

Key words: *Pošip*, stainless steel, concrete, volatile compounds, HS-SPME, GC-MS.

Uvod

Prema pojedinim istraživanjima vinova loza (*Vitis vinifera* L.) se pojavljuje u dalekoj prošlosti na prostoru Crnog i Kaspijskog mora. Kasnije se širila na: Indiju, Egipat, Rusiju, Malu Aziju i balkanski poluotok. Nastala je križanjem u prirodi (Zoričić, 1993). Određene sorte vinove loze imaju važnost upotrebe i za podloge, a ostale „slabije“ sorte vinove loze mogu se upotrijebiti u ornamentalnoj hortikulturi (Mirošević, 1996).

Sorta *Pošip bijeli* je naša autohtona sorta koja se održala na području otoka Korčule te je ujedno najraširenija bijela sorta Dalmacije. Najveće površine ove sorte nalaze se na području otoka Korčule (Preiner et al., 2012). Koristi se za proizvodnju različitih stilova vina (Svalina et al., 2024). Zbog atraktivnih bobica i grozda upotrebljava se i kao stolno grožđe, a njen genetski potencijal u proizvodnji vina vrhunske kvalitete osigurava stabilnost kroz uzgojne površine (Maletić et al., 2015., prema Vincek et al., 2022).

Pošip bijeli je vinska sorta nastala križanjem sorti bratkovina bijela i zlatarice blatske bijele. Ovaj kultivar je pronašao težak Marin Tomašić Barbaca na području Smokvice koji je prema usmenom kazivanju ovoj sorti dao ime. Priča se da ju je pronašao na stablu šipka „po šipak“ i tako je nastao pošipak. Neki od njegovih sinonima su: pošipak i pošipica.

Pošip se najviše se uzgaja na otoku Korčuli, trs je bujan, visoke rodnosti i nakupljanja visokog sadržaja šećera. Tipično je južno bijelo vino karakteristično po harmoničnosti, svježini i svojstvenoj aromi (Mirošević i Karoglan Kontić, 2008). Vino ove sorte je svijetlo žute do zlatnožute boje, ugodne arome

i okusa na suhe smokve i marelice. Umjereno je alkoholno, osvježavajuće i dobre strukture. *Pošip* vino ubrano davne 1965. godine je zaštićeno kao prvo vrhunsko vino (Herjavec, 2019).

Prema istraživanju Gršković (2011) došlo se do spoznaja da su esteri nositelji voćne arome, a terpeni cvjetne te je zaključeno da *Pošip* karakterizira voćnost.

Naime, aromu vina sačinjava više stotina različitih kemijskih spojeva. Najznačajniji spojevi arome se sintetiziraju za perioda alkoholne fermentacije i to pod utjecajem metabolizma kvasaca (Marić, 2015). Isparljivi spojevi su produkti metabolizma kvasaca, a to su: viši alkoholi, esteri, masne kiseline te aldehidi (Žilić, 2014). Količina isparljivih spojeva u vinu ovisi o sljedećem: uzgojno područje, agrotehničke mjere, uzevši u obzir sortu i stupanj zrelosti grožđa, uvjete vinifikacije, posebno fermentacija i dozrijevanje (Muñoz-Redondo et al., 2020., prema Svalina et al., 2024).

Proizvodnja bijelih vina u suvremenoj tehnologiji podrazumijeva najvišu moguću ekstrakciju sortnih aroma i sintezu fermentacijskih aroma i njihovo čuvanje u procesu prerade i dozrijevanja vina (Vincek et al., 2022).

Fenolni profil, definiran je relativnim udjelima različitih fenolnih spojeva, specifičan je za svaku sortu grožđa, a naročito je važan kod identifikacije autohtonih sorti vinove loze (Andabaka et al., 2022).

Bijela vina sadrže manji udio polifenola u korelaciji s crnim, što je rezultanta agrobioloških različitosti kultivara i procesa vinifikacije. Utvrđeni udjeli fenolnih kiselina u vinima mogu poslužiti za identifikaciji vina određene sorte na nekom određenom uzgojnom području (Budić Leto i Maleš, 2000).

Cilj ovog rada bio je utvrditi utjecaji dozrijevanje na sastav isparljivih spojeva vina *Pošip* u različitim tankovima. Vino je dozrijevalo u inox i betonskim tankovima.

Inox tankovi za dozrijevanje vina nisu porozni što znači da su vina u jako reduktivnim uvjetima tijekom dozrijevanja budući da kisik ne može difuzirati kroz inox (Baiano et al., 2015., prema White i Catarino, 2023).

Betonski tankovi za dozrijevanje vina imaju prirodnu poroznost koja omogućuje prirodnu difuziju kisika u vino (Neveres, 2018., prema, White i Catarino, 2023).

Materijali i metode

Materijali

Za proizvodnju vina korišteno je grožđe sorte *Pošip* koje potječe iz Korčulanskog vinogorja (položaj Čara). Grožđe je ubrano pri optimalnoj tehnološkoj zrelosti i prevezeno u vinariju hladnjačom do Saints Hills vinarije u Dicmu. Prilikom prerade temperatura grožđa je bila 13 °C. Tehnološki proces je započeo prešanjem cijelih grozdova u pneumatskoj preši Vaslin Bucher XP5000 uz dodatak CO₂ suhog leda

(CO₂) i pektolitičkih enzima za prešanje. Tijekom postupka prešanja mošt nije odvajen u frakcije. Nakon postupka prešanja u mošt je dodan SO₂ tako da je ukupni SO₂ bio 60 mg/L i ohlađen na temperaturu od 10 °C kako bi postupak rasluživanja bio što učinkovitiji.

Nakon 18 sati mošt je dekantiran s taloga i razliven u betonski i inox tank za fermentaciju. Za alkoholnu fermentaciju korišten je kvasac *Zymaflore X-5*. Temperatura alkoholne fermentacije je kontrolirana i kretala se između 15 – 16 °C, a alkoholna fermentacija je trajala 16 dana. Po završetku fermentacije mlado vino je dosumporeno sa 50 mg/L SO₂ kako bi se spriječila malolaktična fermentacija. Vino je odležavalo na talogu u zasebnim inox i betonskim tankovima, uz svakodnevno miješanje taloga (na kvascu). Nakon šest mjeseci odležavanja na talogu, uzorci za analizu su buteljirani u staklene boce od 750 mL s plutenim čepom. Boce su pohranjene i čuvane na sobnoj temperaturi do trenutka analize:

- Uzorak I – vino koje je odležavalo u inox tanku.
- Uzorak II – vino koje je odležavalo u betonskom tanku.

Izolacija isparljivih spojeva

Isparljivi spojevi izolirani su pomoću mikroekstrakcije vršnih para na čvrstoj fazi pri čemu je korišteno vlakno divinilbenzen/karboksen/polidimetilsiloksan (DVB/CAR/PDMS, Agilent Technologies, SAD). Prije upotrebe sivo vlakno je aktivirano kondicioniranjem 30 min na 270 °C i to postavljanjem SPME igle u injektor plinskog kromatografa. Nakon kondicioniranja vlakno je odmah korišteno za ekstrakciju vršnih para uzoraka.

Postupak:

U staklenu vijalicu volumena 15 mL stavljeno je 7 mL uzorka i 2 g NaCl. Vijalica s uzorkom je hermetički zatvorena teflonskom septom i stavljena u vodenu kupelj zagrijanu na 40 °C uz miješanje uzorka magnetskom miješalicom (750 o/min). Vlakno je nakon 20 minuta uvedeno u vršne pare iznad uzorka. Nakon 40 minuta uzorkovanja vlakno je uvučeno u iglu i postavljeno u GC injektor gdje je provedena toplinska desorpcija ekstrahiranih spojeva izravno u GC kolonu u vremenu od 7 min, nakon desorpcije vlakno se izvuče iz injektora, te je spremno za daljnju analizu.

Analiza isparljivih spojeva

Analiza isparljivih sastojaka vina *Pošip* provedena je vezanim sustavom GC-MS. U radu je korišten plinski kromatograf GC 7890A i spektrometar masa MS 5575C Agilent Technologies, SAD. Analize su izvršene na nepolarnoj HP-5MS kapilarnoj koloni (5 % fenil-metilpolisiloksan; 30 m × 0,25 mm; debljina sloja stacionarne faze 0,25 µm; J&W, SAD).

Uvjeti rada plinskog kromatografa:

- temperaturni program peći: 3 minute izotermno na 40 °C, zatim od 40 °C do 200 °C s porastom temperature od 3 °C/min
- temperatura injektora: 250 °C; splitless mode
- plin nositelj: helij s protokom 1,3 mL/min.

Uvjeti rada spektrometra masa:

- energija ionizacije: 70 eV
- temperatura ionskog izvora: 230 °C
- interval snimanja masa: 30 – 350 masenih jedinica.

Pojedinačni spojevi identificirani su usporedbom njihovih spektara masa sa spektrima masa iz Wiley Library 275 MS (Wiley, SAD) i *NIST14* (National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, SAD) baza podataka.

Za svaki uzorak analiziran vezanim sustavom GC-MS dobiveni su sljedeći podatci:

- kromatogram ukupne ionske struje
- vrijeme zadržavanja pojedine komponente
- relativni udjel pojedine komponente izražen u postotcima (udjel površine pika u ukupnoj površini)
- naziv spoja ili spojeva čiji spektar ili spektri su najslićniji spektru nepoznate komponente pojedinog pika iz kromatograma ukupne ionske struje (sličnosti spektara koji se uspoređuju izraženi su vjerojatnošću u postotcima).

Rezultati i diskusija

Kemijski sastav isparljivih spojeva izoliranih iz uzoraka vina sorte Pošip određen je vezanim sustavom plinska kromatografija-spektrometrija masa (GC-MS) na koloni HP-5MS. Rezultati analize prikazani su u Tablici 1.

Tablica 1. Kemijski sastav isparljivih spojeva izoliranih iz uzoraka vina sorte Pošip
Table 1. Chemical composition of volatile compounds isolated from Pošip wine samples

Red. broj	Sastojak	RT*	Udjel % Uzorak I ^a	Udjel % Uzorak II ^b
	ALKOHOLI			
1.	izoamil-alkohol	3,666	15,08	16,05
2.	2-feniletanol	18,652	2,48	2,59
	Ukupno alkohola		17,56	18,64
	ESTERI			
1.	etil-butanoat	5,197	0,40	0,48
2.	izoamil-acetat	7,921	13,05	13,26

Red. broj	Sastojak	RT*	Udjel % Uzorak I ^a	Udjel % Uzorak II ^b
3.	etil-heksanoat	13,382	11,65	11,51
4.	heksil-acetat	13,999	1,61	1,3
5.	metil-oktanoat	19,344	0,15	0,18
6.	dietil-sukcinat	22,105	0,45	0,47
7.	etil-oktanoat	23,048	38,28	36,46
8.	2-feniletal-acetat	25,425	1,30	1,31
9.	metil-dekanoat	28,334	0,17	0,04
10.	etil-dek-9-enoat	31,188	1,1	0,12
11.	etil-dekanoat	31,644	10,13	9,62
12.	etil-dodekanoat	39,430	0,13	0,10
	Ukupno estera		78,42	74,85
	ALDEHIDI			
1.	furfural	6,183	0,47	0,49
	Ukupno aldehida		0,47	0,49
	MONOTERPENI			
1.	linalol	18,111	0,17	0,17
	Ukupno monoterpena		0,17	0,17
	NORIZOPRENOIDI			
1.	1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftalen (TDN)	29,105	0,13	0,12
2.	vitispiran	26,231	0,2	0,13
3.	β -damascenon	30,919	0,87	0,81
	Ukupno norizoprenoida		1,20	1,06
	SPOJEVI S DUŠIKOM			
1.	Metoksi-fenil-oksim	10,429	0,30	0,21
	ukupno spojevi s dušikom		0,30	0,21
	Ukupno identificirano %		98,12	95,37

- *Retencijsko vrijeme – vrijeme zadržavanja isparljivih sastojaka (min)
- ^a Uzorak I – Odležavanje u inox tanku
- ^b Uzorak II – Odležavanje u betonskom tanku

Rezultati analize

Rezultati analize pokazuju da je u uzorku I identificirano 20 spojeva, od toga 2 alkohola (17,56 %), 12 estera (78,42%), 1 aldehyd (0,47 %), 1 monoterpen (0,17 %), 3 norizoprenoida (1,20 %) i 1 spoj s dušikom (0,30 %) koji čine 98,12 % ukupnih isparljivih spojeva.

U uzorku II je identificirano 20 spojeva, od toga 2 alkohola (18,64 %), 12 estera (74,85 %), 1 aldehyd (0,49 %), 1 monoterpen (0,17 %), 3 norizoprenoida (1,06 %) 1 spoj s dušikom (0,21 %) koji ukupno čine 95,37% isparljivih spojeva.

U oba uzorka utvrđena su dva viša alkohola: izoamilni-alkohol i 2-feniletanol. Uzorak II (16,05 %) imao je veći relativni udio izoamil-alkohola od uzorka I (15,08%). Izoamilni-alkohol i 2-feniletanol mogu nastati iz aminokiselina u procesu biokonverzije kvasaca (Hazelwood et al., 2008).

Što se tiče estera, utvrđena je značajna razlika u ukupnoj zastupljenosti kod analiziranih uzoraka. U uzorku I relativni udio estera iznosio je 78,42 %, a u uzorku II 74,85 %. Najzastupljeniji esteri u oba uzorka bili su etil-oktanoat, etil-heksanoat i etil-dekanoat. Etil-oktanoat je nešto više zastupljen u uzorku I (38,28 %) nego u uzorku II (36,46%). Esteri predstavljaju vrlo važnu grupu spojeva, posebno za sekundarnu aromu vina, tijekom dozrijevanja (Alpeza, 2008).

Od aldehida identificiran je samo furfural koji je u uzorku I imao relativni udjel 0,47 %, a u uzorku II 0,49 %, što ne predstavlja značajnu razliku.

U oba uzorka zabilježena je podjednaka prisutnost monoterpenskog alkohola linalola čiji je relativni udio iznosio 0,17%. Linalol karakterizira cvjetna aroma sa začinskim „notama“ limuna, a javlja se u pulpi bobice i to kod muškatih sorti vinove loze (Pedersen et al., 2003).

Od norizoprenoida nema značajnih razlika u relativnim udjelima kod oba uzorka, jedino je utvrđen nešto veći udjel vitispirana u uzorku I. S obzirom na kemijsku strukturu C13 norizoprenoidni derivati se dijele na dvije skupine: megastigmani i ne-megastigmani. Među ne-megastigmanima najznačajniji je TDN (1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftalen) s karakterističnim mirisom na kerozin. On je karakterističan za vina sorte Rizling. U moštu i mladom vinu on ne dolazi do izražaja, dok za vrijeme starenja vina u boci može postići koncentraciju do 200 µg/L. Vitispiran također pripada skupini ne-megastigmana, a podsjećaju na miris kamfora (Mendes Pinto, 2009.).

U oba uzorka identificiran je spoj s dušikom metoksi-fenil-oksim koji ima okus po kokicama (Lin Lu et al., 2023.).

Zaključak

Na temelju rezultata ovog istraživanja i provedene rasprave može se zaključiti sljedeće:

- U uzorku I je identificirano 20 spoja, što predstavlja 98,12 % ukupno identificiranih spojeva.
- U uzorku II je identificirano 20 spojeva, što predstavlja 95,37 % ukupno identificiranih spojeva.
- U uzorku II utvrđen je veći relativni udjel estera nego u uzorku I.
- U uzorku II utvrđen je nešto veći relativni udjel izoamilnog-alkohola.
- U oba uzorka esteri su najzastupljeniji spojevi, a među njima najveći udjel pripada etil- oktanoatu, etil-heksanoatu i etil-dekanoat. Uzorak I ima veći relativni udio etil-oktanoata, metil-dekanoata i etil-dek-9-enoat.
- U uzorku I utvrđen je nešto veći udjel vitispirana.

T. Svalina, Antea Goreta, B. Dorbić, M. Šuste, Žana Delić, Mladenka Šarolić/ Utjecaj dozrijevanja u betonskim i inox tankovima na aromatski profil vina sorte Pošip / Glasilo Future (2025) 8 (1-2) 01–09

- Rezultati ovog rada pokazuju da primjena različitih tankova za dozrijevanje doprinosi različitom sastavu isparljivih spojeva u vinu.
- Daljnja istraživanja bi trebalo provesti na fenolnom profilu kako bi se utvrdilo kakav utjecaj može imati mikrooksigenacija koja je prisutna u betonskim tankovima.

Napomena

Rad se temeljio na rezultatima iz Završnog rada studentice Antea Goreta, bacc. ing. agr. na Veleučilištu „Marko Marulić“ u Kninu (vidi literaturu).

Literatura

Andabaka, Ž., Stupić, D., Tomaz, I., Marković, Z., Karoglan, M., Zdunić, G., ... & Preiner, D. (2022). Characterization of Berry Skin Phenolic Profiles in Dalmatian Grapevine Varieties. *Applied Sciences*, 12(15), 7822, <https://doi.org/10.3390/app12157822>

Alpeza, I. (2008). Temelji kemijskog sastava vina. *Glasnik zaštite bilja*, 31(6), 143-150.

Budić-Leto, I., Maleš, P. (2000). Neflavonoidni fenoli u bijelim vinima Pošip i Rukatac. In Unapređenje poljoprivrede i šumarstva na kršu, 43-44.

Goreta, A. (2024). Utjecaj odležavanja na aromatski profil vina sorte pošip (Završni rad). Knin: Veleučilište „Marko Marulić“ u Kninu.

Gršković, F. (2011). Arome pošipa (Diplomski rad). Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet.

Hazelwood, L. A., Daran, J. M., Van Maris, A. J., Pronk, J. T., Dickinson, J. R. (2008). The Ehrlich pathway for fusel alcohol production: a century of research on *Saccharomyces cerevisiae* metabolism. *Applied and environmental microbiology*, 74(8), 2259-2266, <https://doi.org/10.1128/AEM.02625-07>

Herjavec, S. (2019). *Vinarstvo*. Zagreb: Nakladni zavod Globus.

Jagatić Korenika, A-M. (2015). Utjecaj hladne maceracije na polifenolni sastav i senzorna svojstva vina kultivara Pošip, Maraština, Malvazija, Kraljevina i Škrlet (*Vitis vinifera* L.). Doktorski rad. Zagreb, Agronomski fakultet.

Lin Lu, Zhanqiang Hu, Changyun Fang, Xianqiao Hu (2023). Characteristic Flavor Compounds and Functional Components of Fragrant Rice with Different Flavor Types, *Foods*; 29;12(11):2185. doi: 10.3390/foods12112185

Marić, I. (2015). Utjecaj enoloških tretmana i dodatka antioksidansa na aromu vina Pošip (Diplomski rad). Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet.

T. Svalina, Antea Goreta, B. Dorbić, M. Šuste, Žana Delić, Mladenka Šarolić/ Utjecaj dozrijevanja u betonskim i inox tankovima na aromatski profil vina sorte Pošip / *Glasilo Future* (2025) 8 (1-2) 01–09

Mendes Pinto MM (2009). Carotenoid breakdown products the –norisoprenoids- in wine aroma. *Archives of biochemistry and biophysics* 483: 236-245, <https://doi.org/10.1016/j.abb.2009.01.008>

Mirošević, N. (1996). *Vinogradarstvo*. Zagreb: Nakladni zavod Globus.

Mirošević, N., Karoglan Kontić, J. (2008). *Vinogradarstvo*. Zagreb: Nakladni zavod Globus.

Pedersen, D. S., Capone, D. L., Skouroumounis, G. K., Pollnitz, A. P., Sefton, M. A. (2003). Quantitative analysis of geraniol, nerol, linalool, and α -terpineol in wine. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 375, 517-522.

Preiner, D., Žugec, I., Marković, Z., Andabaka, Ž., Stupić, D., Maletić, E. (2012). Ampelografske karakteristike klonskih kandidata sorte Pošip (V. vinifera L.) u pokusnom nasadu „Baštica“ u 2010. godini. *Glasnik Zaštite Bilja*, 35(4), 64-73.

Robinson, J. (1994.). *The Oxford Companion to Wine*. Oxford: Oxford University Press, United Kingdom.

Svalina, T., Uremović, A., Šuste, M., Delić, Ž. (2024). Utjecaj različitih vrsta kvasaca na sastav hlapljivih spojeva vina Pošip. *Glasilo Future*, 7(1), 57-68, <https://doi.org/10.32779/gf.7.1.6>

Zorčić, M. (1993). *Podrumarstvo*. Zagreb: Nakladni zavod Globus.

Vincek, I., Jeromel, A., Jagatić Korenika, A. (2022). Influence of glutathione on chemical composition and quality of the Pošip wine. *Glasnik Zaštite Bilja*, 45(5), 58-64. <https://doi.org/10.31727/gzb.45.5.6>

White, W., Catarino, S. (2023). How does maturation vessel influence wine quality? A critical literature review. *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 38(2), 128-151, <https://doi.org/10.1051/ctv/ctv20233802128>

Zoričić, M. (2005). *Domaće vino: bijelo, ružičasto, crno*, Zagreb: Gospodarski list.

Žilić, I. (2014). Određivanje fermentacijske arome u vinu Pošip (Završni rad). Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet.

Primljeno: 10. lipnja 2025. godine

Received: June 10, 2025

Prihvaćeno: 28. lipnja 2025. godine

Accepted: June 28, 2025

Procjena fizičko-kemijske i mikrobiološke kvalitete vode izvorišta Klokot u zimskom periodu

Assessment of the physical-chemical and microbiological quality of the Klokot spring water during the winter period

Aida Štrkljević¹, Merima Toromanović^{1*}, Ajla Halkić²

izvorni znanstveni rad (original scientific paper)

doi: 10.32779/gf.8.1-2.2

Citiranje/Citation³

Sažetak

Voda je jedan od najvažnijih prirodnih resursa, ključan za ekosustav, ljudsko zdravlje i održivi razvoj. Izvorske vode predstavljaju značajan dio vodenih resursa, karakteristične po svojoj visokoj kvaliteti i stabilnom dotoku iz podzemnih rezervoara. Njihova čistoća i kemijski sastav ovise o geološkim i hidrološkim uvjetima, ali mogu biti pod utjecajem različitih zagađivača. U ovom istraživanju određeni su parametri kvaliteta vode s lokalnog izvorišta Klokot (Bihać, Bosna i Hercegovina) u zimskom periodu tijekom tri mjeseca, kako bi se ocijenila njena kvaliteta i identificirali potencijalni rizici po okoliš i zdravlje ljudi. Provedena je detaljna analiza fizičkih, kemijskih i mikrobioloških parametara. Dobiveni rezultati su analizirani i uspoređeni sa zakonskim regulativama kako bi se utvrdila ispravnost vode za različite namjene. Određeni parametri su pokazali odstupanja od optimalnih vrijednosti, što ukazuje na potencijalne antropogene utjecaje. Ovi nalazi naglašavaju potrebu za kontinuiranim praćenjem kvaliteta vode i primjenom adekvatnih mjera zaštite izvorišta kako bi se osigurala dugoročna održivost ovog važnog prirodnog resursa.

Ključne riječi: izvorište Klokot, kvaliteta vode, fizičko-kemijski parametri, mikrobiološka analiza, monitoring.

¹ Univerzitet u Bihaću, Biotehnički fakultet, Luke Marjanovića bb, 77000 Bihać, Bosna i Hercegovina.

* E-mail: merima.toromanovic@unbi.ba (dopisna autorica)

² Studentica, Univerzitet u Bihaću, Fakultet zdravstvenih studija, Nositelja hrvatskog trolista 4, 77000 Bihać, Bosna i Hercegovina.

³ Štrkljević, A., Toromanović, M., Halkić, A. (2024). Procjena fizičko-kemijske i mikrobiološke kvalitete vode izvorišta Klokot u zimskom periodu. *Glasilo Future*, 8(1-2), 10–26. <https://doi.org/10.32779/gf.8.1-2.2> / Štrkljević, A., Toromanović, M., Halkić, A. (2024). Assessment of the physical-chemical and microbiological quality of the Klokot spring water during the winter period. *Glasilo Future*, 8(1-2), 10–26. <https://doi.org/10.32779/gf.8.1-2.2>

Abstract

Water is one of the most important natural resources, essential for ecosystems, human health, and sustainable development. Spring waters represent a significant part of water resources, characterized by their high quality and stable flow from underground reservoirs. Their purity and chemical composition depend on geological and hydrological conditions, but they can also be influenced by various pollutants. In this study, selected water quality parameters were determined from the local Klokot (Bihać, Bosna i Hercegovina) spring during the winter period over three months in order to assess its quality and identify potential environmental and human use risks. A detailed analysis of physical, chemical, and microbiological parameters was conducted. The obtained results were analysed and compared with legal regulations to determine the water's suitability for various purposes. Certain parameters showed deviations from optimal values, indicating potential anthropogenic impacts. These findings emphasize the need for continuous water quality monitoring and the implementation of adequate protection measures to ensure the long-term sustainability of this important resource.

Key words: Klokot spring, water quality, physical-chemical parameters, microbiological analysis, monitoring.

Uvod

Voda predstavlja jedan od najvažnijih resursa, neophodan za opstanak svih živih organizama i održavanje ekosustava. Izvorske vode često se smatraju visokokvalitetnima i prirodno čistima, ali mogu biti podložne različitim vrstama zagađenja, uključujući mikrobiološku kontaminaciju uslijed fekalnog onečišćenja, kao i promjene fizičko-kemijskih svojstava uzrokovane geološkim sastavom terena ili antropogenim faktorima. Poseban izazov predstavlja kontrola kvaliteta voda i njihova usklađenost s važećim zakonskim regulativama, koje definiraju dozvoljene parametre za njihovu sigurnu upotrebu.

Osim uloga u ljudskom organizmu, voda je presudna za očuvanje biološke raznolikosti i održavanje ekosustava. Bez dostupnosti kvalitetne vode, osnovni procesi poput navodnjavanja, proizvodnje hrane i higijene bili bi ozbiljno ugroženi (Hukić, 2017). Podzemne vode čine jedan od najvažnijih resursa pitke vode na Zemlji i imaju ključnu ulogu u hidrološkom ciklusu. One nastaju infiltracijom kišnice i otopljenog snijega kroz tlo i propusne geološke slojeve, gdje prolaze kroz prirodne procese filtracije. Ovaj proces omogućava uklanjanje mnogih nečistoća, uključujući suspendirane čestice i mikroorganizme, čime se značajno poboljšava kvalitetu vode (WHO, 2004).

Izvorske vode karakterizirane su stabilnim kemijskim sastavom i mikrobiološkom čistoćom. Zbog toga se često koriste za flaširanje bez dodatne obrade, osim dozvoljenih fizičkih metoda poput: dekantacije i filtracije (za uklanjanje nestabilnih čestica), aeracije (za oslobađanje otopljenih plinova, poput vodikovog sulfida) te kontroliranog uklanjanja neželjenih mineralnih sastojaka u slučajevima kada voda

sadrži prekomjerne koncentracije određenih elemenata, poput željeza ili mangana (Henze, 2010). Prema Zavodu za javno zdravstvo FBiH (2020), voda je jedan od glavnih prijenosnika infektivnih bolesti, a mikroorganizmi koji uzrokuju bolesti mogu dospjeti u organizam ne samo konzumiranjem zagađene vode, već i kontaktom s kontaminiranom vodom tijekom kupanja, pranja ruku i rada u poljoprivredi. Bakterije poput *Escherichia coli*, *Salmonella* i *Vibrio cholerae* mogu izazvati ozbiljne infekcije probavnog sustava i druge zdravstvene komplikacije. Analiza kvaliteta vode predstavlja ključni korak u očuvanju zdravlja ljudi, ekosustava i održivom korištenju vodenih resursa. U procesu analize koriste se različite metode i tehnike koje omogućavaju precizno mjerenje parametara poput pH vrijednosti, koncentracije teških metala, zamućenosti, prisustva bakterija i drugih patogena (United Nations, 2017). Mikrobiološki parametri, koji obuhvaćaju prisutnost bakterija, virusa i protozoa ključni su za ocjenu zdravstvene ispravnosti vode. Mikroorganizmi, poput bakterija, mogu imati važno ekološko značenje jer razgrađuju štetne tvari i doprinose samočišćenju vodnih tijela (Službeni glasnik BiH, br. 40/10, 43/10 i 30/12). Koliformne bakterije, među kojima su najpoznatije *Escherichia coli*, često služe kao indikator fekalnog zagađenja (Directive 2000/60/EC, 2000). Voda može sadržavati patogene poput virusa (hepatitis A, rotavirus) i parazita (*Giardia*, *Entamoeba histolytica*). Dugotrajno izlaganje zagađenoj vodi može dovesti do kroničnih bolesti poput oštećenja jetre, bubrega i drugih vitalnih organa (Jovanović i Jovanović, 2015). Parametri kvaliteta vode uključuju i koncentracije nitrata i fosfata, koji u visokim količinama mogu izazvati eutrofikaciju, proces u kojem dolazi do prekomjernog rasta algi, smanjena koncentracije kisika u vodi i ugrožavanja vodenih ekosustava. Zbog toga je od esencijalne važnosti redovito praćenje ovih parametara kako bi se održala ravnoteža u vodenim tijelima i očuvala sigurnost vodoopskrbe (WHO, 2004).

Voda može sadržavati i kemijske tvari, kao što su teški metali (olovo, arsen, kadmij), pesticidi, industrijski otpad i druge onečišćujuće tvari. Jedan od najvažnijih zakona u BiH koji se bavi kvalitetom vode je Zakon o vodama. Ovaj zakon regulira upravljanje vodenim resursima, uključujući zaštitu kvaliteta površinskih i podzemnih voda, sanitarne standarde i upravljanje vodnim ekosistemima (Jovanović i Jovanović, 2015). Također Zakon o zaštiti okoliša pruža osnovu za zaštitu kvaliteta vode u BiH. Ovaj zakon osigurava održivo upravljanje prirodnim resursima i sprječava onečišćenje voda, čime se doprinosi očuvanju ekološke ravnoteže i zdravlja građana (Službene novine Federacije BiH 33/03).

Cilj ovog istraživanja je bio utvrditi kvalitetu rijeke Klokot kroz ispitivanje osnovnih fizičko-kemijskih parametara, kao i mikrobiološke ispravnosti. Posebna pozornost posvećena je prisustvu koliformnih bakterija, koje služe kao indikatori fekalnog onečišćenja i potencijalne sanitarne neispravnosti vode. Metode korištene u analizi omogućile su preciznu procjenu stupnja onečišćenja i uspoređivanje rezultata sa standardima za kvalitetu vode. Dobiveni podaci pružaju uvid u trenutni status rijeke Klokot, te mogu poslužiti kao osnova za buduća istraživanja i donošenje mjera zaštite vodnih ekosustava. Naglasak je stavljen na značaj kontinuiranog monitoringa i pravilnog upravljanja vodenim resursima, kako bi se osigurala njihova dugoročna zaštita i održivost.

Materijali i metode

Izvorište Klokot koje je bilo predmet istraživanja predstavlja jedno od značajnijih vodnih tijela u regiji, poznato po svojoj hidrografskoj važnosti i kvaliteti vode. Smješteno u blizini Bihaća (Bosna i Hercegovina), ovo izvorište karakterizira stabilan protok vode tijekom cijele godine, što ga čini pouzdanim resursom za lokalno stanovništvo. Voda iz izvorišta Klokot uglavnom pripada kategoriji izvorskih voda, ali njena kvaliteta može biti pod utjecajem geološkog sastava tla i antropogenih faktora. Hidrološke karakteristike izvorišta ukazuju na podzemne tokove koji doprinose njegovoj čistoći i kemijskom sastavu. Pored značaja za lokalno stanovništvo, izvorište Klokot je važno i u hidroenergetskom smislu, jer doprinosi vodotokovima koji se koriste za proizvodnju električne energije. Također, područje oko izvorišta je stanište brojnih biljnih i životinjskih vrsta, što dodatno naglašava potrebu za njegovom zaštitom i očuvanjem kvaliteta vode.

Uzorkovanje izvorske vode obavljeno je na izvoru Klokot u Bihaću tijekom zimskih mjeseci 2024/2025 godine – studeni, prosinac i siječanj. Zimski period je izabran jer tada dolazi do najmanjeg antropogenog utjecaja, odnosno manjih promjena u sastavu vode zbog smanjenog prisustva ljudi i poljoprivrednih aktivnosti u neposrednoj okolini izvora. Osim toga, hidrološki uvjeti u zimskom periodu (npr. povećana infiltracija vode iz padalina i otapanja snijega) omogućavaju bolji uvid u prirodne osobine izvora, stabilnost kvaliteta vode i ponašanje vodonosnika u različitim režimima. Uzorci su prikupljeni tri puta, po jedan uzorak mjesečno, u skladu s pravilima dobre laboratorijske prakse i prema preporukama iz standardne metode za ispitivanje vode (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA).

Voda je uzimana direktno s izvorišta, u sterilne staklene boce zapremine 1 litre, koje su prethodno isprane destiliranom vodom i sterilizirane. Uzorkovanje je vršeno s površine izvora na dubini od približno 30 cm, kako bi se izbjegla površinska kontaminacija, ali i dobio reprezentativan uzorak vode koja se koristi za piće. Tijekom uzorkovanja mjereni su i osnovni *in situ* parametri (temperatura vode, pH, električna provodnost i kisik), pomoću multiparametarskog mjernog uređaja, a uzorci za kemijsku i mikrobiološku analizu transportirani su u rashlađenom transportnom hladnjaku i analizirani unutar 6 sati u ovlaštenom laboratoriju.

Analiza je obavljena u laboratoriju Biotehničkog fakulteta i Fakultetu zdravstvenih studija Univerziteta u Bihaću. Ispitivanja su provedena primjenom standardnih metoda u skladu s važećim smjernicama, pri čemu su svi analitički parametri određeni metodama koje propisuje American Public Health Association (APHA, 1998). Za mjerenje osnovnih fizičko-kemijskih parametara, uključujući pH vrijednost, temperaturu i električnu provodnost korištena je elektroda uređaja WA-2017SD. Koncentracija kisika u vodi je određena primjenom elektrode uređaja WA-2017SD.

Amonijačni dušik (N-NH₄) određivan je sprektrofotometrijski metodom po Nessleru na uređaju Spektrofotometar photoLab® 6600 UV-VIS (BAS ISO 7150-1:2002). Nitriti i nitrati su određeni spektrofotometrijskom metodom pomoću uređaja Spektrofotometar photoLab® 6600 UV-VIS, uz upotrebu Merck kitova Spectroquant 1.14776 i Spectroquant 1.14773. Ukupni fosfor je također određen spektrofotometrijskom metodom pomoću uređaja Spektrofotometar photoLab® 6600 UV-VIS, uz upotrebu Merck kitova Spectroquant 1.14848 (BAS EN ISO 6878:2006).

Za potrebe ovog istraživanja napravljena je i mikrobiološka analiza. Određen je broj kolonija pri 22 °C i 37 °C, kao i ukupne koliformne bakterije, te prisustvo *E. coli*. Utvrđivanje broja kolonija pri 22 °C i pri 37 °C napravljeno je klasičnim zasijavanjem uzorka (1 ml) na agar ploču (Plate Count Agar Acc. To APHA and ISO 4833), dok je utvrđivanje broja ukupnih koliformnih bakterija, kao i detekcija *E. coli* napravljeno membranskom filtracijom. Nakon zasijavanja, uzorci su ostavljeni na inkubaciji narednih 48 h na različitim temperaturama (22 °C i 37 °C). Za mikrobiološku analizu uzoraka u ovom istraživanju korištena je metoda membranske filtracije (ISO 9308-1:2000/Cor 1:2007; EN ISO 9308-1:2000/AC:2008) s gotovim podlogama za određivanje ukupnih koliformnih bakterija (Službeni glasnik Republike Srpske, 02/1-020-/01).

Rezultati i diskusija

Rezultati analize ispitivanih uzoraka uspoređeni su s graničnim preporučenim vrijednostima i maksimalno dozvoljenim koncentracijama propisanim zakonskom regulativom. Rezultati analize ispitanih uzoraka uspoređeni su s graničnim preporučenim vrijednostima i maksimalno dozvoljenim parametrima propisanim zakonskom regulativom. Rezultati su prikazani tablično u Tablici 1. i grafički na Slici 1., 2. i 3.

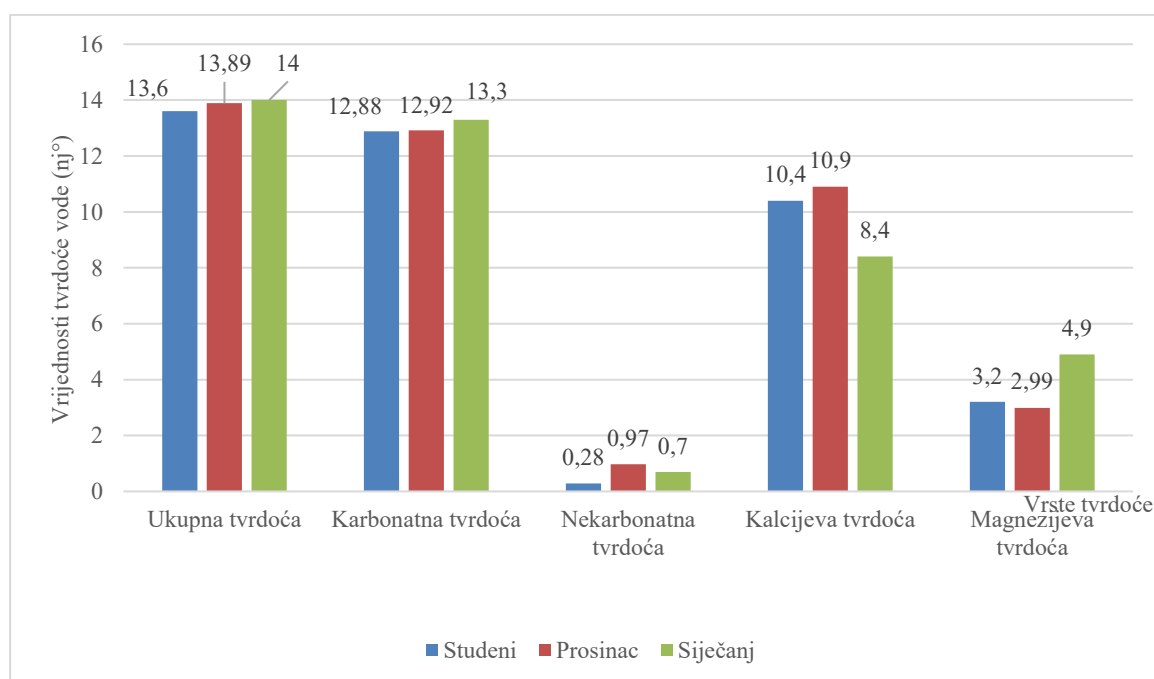
Tablica 1. Fizičko-kemijski parametri kvaliteta vode s izvorišta Klokot (studeni, prosinac, siječanj 2024/2025).

Table 1. Physico-chemical parameters of water quality from the Klokot spring (November, December, January 2024/2025).

Parametri kvalitete	Studeni	Prosinac	Siječanj	MDK po Pravilniku (Službeni glasnik BiH, br. 30/12.)
pH	7	6,7	7,2	6,5-9,0
Temperatura	14,2	13,9	13,5	< 30°C
Električna provodnost (mS/cm)	0,141	0,174	0,182	≤ 2,5
Otopljeni kisik	6,5	7,8	8,1	> 5 mg O ₂ /L
Mutnoća vode	1,64	1,82	1,26	Nije definirano
Boja	Bez	Bez	Bez	Bez stranih tvari
Miris	Bez	Bez	Bez	Bez stranih tvari
m-alkalitet	46	49	52	20-100 mg/L

Parametri kvalitete	Studeni	Prosinac	Siječanj	MDK po Pravilniku (Službeni glasnik BiH, br. 30/12.)
HCO ₃ (mg/L)	268,4	282,3	288,7	50-200 mg/L
CO ₃ (mg/L)	60	69	76	10-50 mg/L
Suspendirane tvari (mg/L)	25	19	36	35 mg/L

Kad je riječ o izmjerenim vrijednostima pH kroz tri mjeseca sve su vrijednosti unutar dozvoljenih parametara što ukazuje na neutralnu do blago alkalnu vodu, pogodnu za ljudsku potrošnju. Vrijednosti temperature vode izmjerene tijekom tri mjeseca su uobičajene za izvorsku vodu i takva vrijednost povoljno utječe na stabilnost kvalitete. Električna provodnost vode je niska što znači da je voda nisko mineralizirana, što je često osnovna karakteristika pitke vode dobre kvalitete. Sve vrijednosti otopljenog kisika su iznad minimalne granice. To ukazuje na dobru aeraciju i odsustvo organskog onečišćenja. Srednja vrijednost mutnoće vode iznosi 1,57, ali prema dostavljenim podacima, Pravilnik (Službeni glasnik BiH, br. 30/12.) ne propisuje graničnu vrijednost za ovaj parametar. Ipak, mutnoća je važan indikator kvalitete vode, jer može ukazivati na prisustvo suspendiranih čestica, mikroorganizama ili organskih tvari. Niska mutnoća poput ove, obično sugerira dobru prozirnost vode i odsustvo značajnijeg onečišćenja. Voda sa izvorišta je bez boje i mirisa. Na sljedećoj slici (Slika 1.) prikazane su izmjerene vrijednosti tvrdoće vode tijekom tri mjeseca (studeni, prosinac i siječanj 2024/2025).



Slika 1. Vrijednosti tvrdoće vode izmjerene tijekom tri mjeseca (studeni, prosinac i siječanj 2024/2025)

Figure 1. Values of water hardness measured over a three-month period (November, December, and January 2024/2025).

Srednja vrijednost ukupne tvrdoće vode izmjerena tijekom tri mjeseca (studeni, prosinac i siječanj) iznosila je 13,68 °nj (njemačkih stupnjeva) što je unutar dozvoljenih granica prema Pravilniku (7-15

°nj). Ova vrijednost ukazuje na to da se voda može klasificirati kao umjereno do tvrda. Tvrda voda nije štetna za ljudsko zdravlje, ali može uzrokovati taloženje kamenca u instalacijama i kućanskim aparatima.

Srednja vrijednost izmjerene karbonatne tvrdoće u periodu od tri mjeseca iznosi 13,03 °nj, što ukazuje na visok sadržaj bikarbonata (HCO_3^-) i karbonata (CO_3^{2-}). Ova vrijednost je blizu ukupne tvrdoće, što znači da je većina minerala u vodi prisutna u obliku karbonata i bikarbonata kalcija i magnezija. Visoka karbonatna tvrdoća obično doprinosi stabilnosti pH vrijednosti vode, jer djeluje kao pufer i sprječava nagle promjene kiselosti. Može uzrokovati stvaranje kamenca u cjevovodima i uređajima koji koriste vodu.

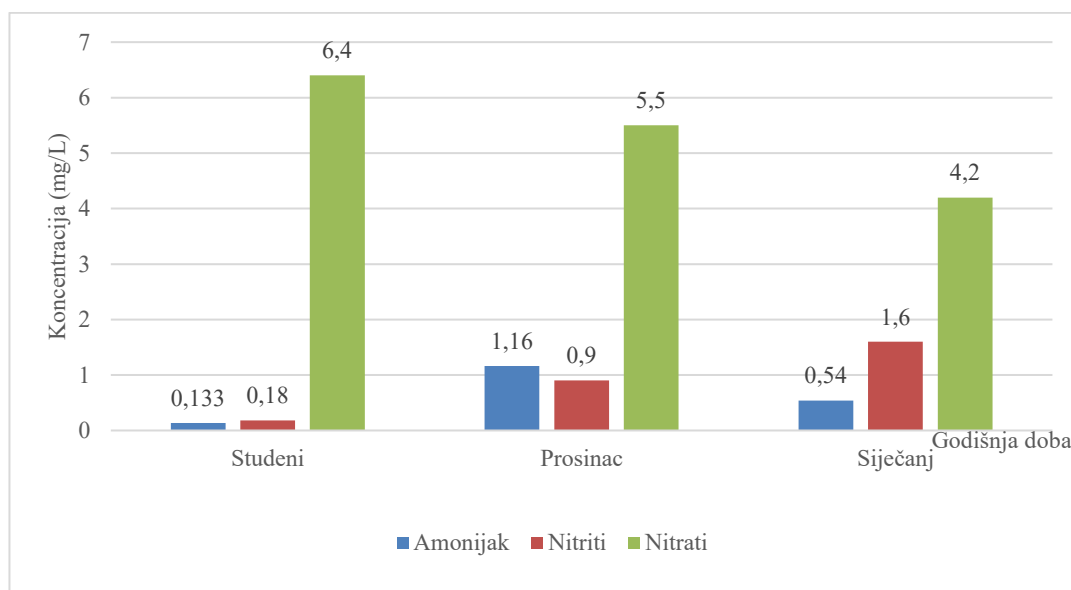
Srednja vrijednost nekarbonatne tvrdoće za tri mjeseca iznosi 0,65 °nj, što je izuzetno niska vrijednost. Ovo znači da je gotovo sva ukupna tvrdoća vode uzrokovana karbonatima i bikarbonatima kalcija i magnezija, dok je udio sulfata, klorida i drugih nekarbonatnih soli zanemariv.

Srednja vrijednost kalcijeve tvrdoće izmjerene tijekom tri mjeseca iznosi 9,9 °nj, što ukazuje na dominantno prisustvo kalcijevih soli u vodi. S obzirom da je ukupna tvrdoća vode 13,68 °nj, može se zaključiti da najveći dio tvrdoće potječe od kalcija, dok magnezij ima manji udio. Visoka kalcijeva tvrdoća često uzrokuje taloženje kamenca u vodovodnim instalacijama dok s druge strane, kalcij u vodi je koristan za ljudsko zdravlje, jer doprinosi unosu esencijalnog minerala u organizam.

Srednja vrijednost magnezijeve tvrdoće iznosi 3,7 °nj. U usporedbi s kalcijevom tvrdoćom (9,9 °nj), može se zaključiti da je kalcij dominantan, ali je i magnezij prisutan u značajnoj količini. Magnezij u vodi može imati različite utjecaje. U umjerenim koncentracijama doprinosi ljudskom zdravlju, jer je esencijalan za metabolizam i funkciju mišića. Međutim visoke koncentracije magnezija mogu dati gorak ukus i u nekim slučajevima djelovati laksativno.

Srednja vrijednost m-alkaliteta izmjerenog u periodu od tri mjeseca iznosi 49 mg/L, što pokazuje sadržaj bikarbonata u vodi. Ovaj pokazatelj je važan jer ukazuje na sposobnost vode da neutralizira kiseline i održi stabilnu vrijednost kiselosti (pH). Veća vrijednost ovog pokazatelja znači da je voda otpornija na nagle promjene kiselosti, što je korisno za biljni i životinjski svijet. U ovom slučaju vrijednost od 49 mg/L ukazuje na umjerenu alkalnost što znači da voda ima dobru ravnotežu i nije sklona naglim promjenama kiselosti.

Srednja vrijednost sadržaja karbonata (CO_3^{2-}) u vodi izmjerenih u studenom, prosincu i siječnju iznosi 68,3 mg/L, što ukazuje na izraženu alkalnost i dobru sposobnost vode da neutralizira kiseline. Karbonati su važni za održavanje stabilne kiselosti (pH) jer sprječavaju nagle promjene u kemijskom sastavu vode. Pored karbonata važnu ulogu u kemijskoj ravnoteži vode imaju i bikarbonati (HCO_3^{2-}), djelujući kao pufer koji sprječava nagle promjene kiselosti. Na sljedećoj slici (Slika 2.) prikazane su koncentracije spojeva s dušikom u ispitivanom uzorku (mg/L) tijekom tri mjeseca (studen, prosinac i siječanj 2024/2025).



Slika 2. Koncentracija spojeva s dušikom u ispitivanom uzorku (mg/L) (studenj, prosinac, siječanj 2024/2025).

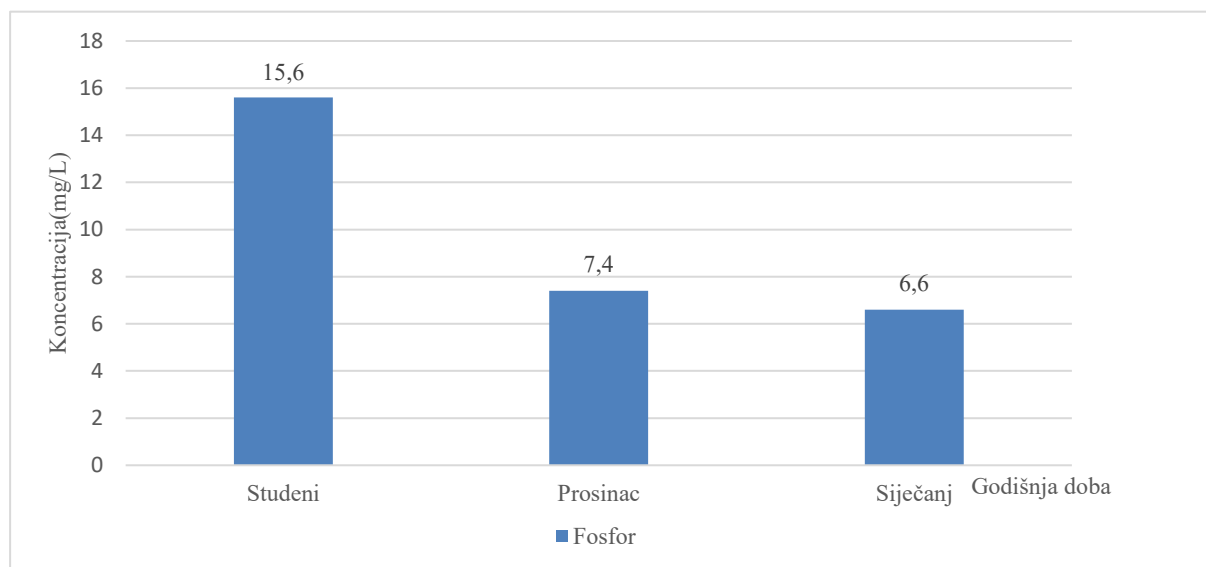
Figure 2. Concentration of nitrogen compounds in the analyzed sample (mg/L) (November, December, January 2024/2025).

Amonijak je u studenom bio prisutan u vrlo niskoj koncentraciji (0,133 mg/L), te se voda smatra neoneočišćenom amonijakom i bez većih rizika po zdravlje i ekosustav, ali je u prosincu zabilježen porast na 1,16 mg/L, što može ukazivati na prisustvo organskog otpada ili slabiju razgradnju u tom periodu. U siječnju je koncentracija pala na 0,54 mg/L, što može biti rezultat razrjeđenja ili poboljšane razgradnje amonijaka u vodi. Prisutnost amonijaka u vodenim sustavima upućuje na razgradnju organskih spojeva koji sadrže dušik, a uzrokovana je djelovanjem mikroorganizama. Tijekom vegetacijskog perioda, njegova količina u površinskim vodama ostaje niska. Procesom nitrifikacije, koji provode nitrifikacijske bakterije, amonijak se transformira u nitrate, što dovodi do smanjenja njegove koncentracije, a povećanja sadržaja nitrata (Lončar, 2019).

Nitriti (NO_2^-) su produkt razgradnje amonijaka i drugih dušičnih spojeva, a njihova koncentracija može biti štetna za ljudsko zdravlje i ekosustav. U studenom je izmjerena vrijednost bila 0,18 mg/L, te je kao takva mnogo manja od dozvoljene granice i voda se smatra sigurnom u pogledu prisustva nitrita. U prosincu je koncentracija blago pala na 0,9 mg/L, dok je u siječnju zabilježena vrijednost od 1,6 mg/L. Ovaj porast može ukazivati na neravnotežu u nitrifikacijskom procesu, pri čemu dolazi do nakupljanja nitrita zbog smanjenog prelaska u nitrate.

Nitrati (NO_3^-) u vodi mogu potjecati iz poljoprivrednih aktivnosti, industrijskih izvora ili razgradnje organskih tvari. Najveća vrijednost nitrata izmjerena je u studenom i iznosila je 6,4 mg/L, ali je i dalje unutar dozvoljenih graničnih vrijednosti i voda se smatra sigurnom u pogledu sadržaja nitrata. U prosincu se koncentracija smanjuje na 5,5 mg/L, a u siječnju dalje pada na 4,2 mg/L. Ovaj postepeni pad može biti rezultat smanjene aktivnosti mikroorganizama zbog nižih temperatura ili smanjenog

dotoka nutrijenata. Na Slici 3. prikazane su koncentracije fosfora u ispitivanom uzorku (mg/L) tijekom ispitivanja tri mjeseca.



Slika 3. Koncentracija fosfora u ispitivanom uzorku (mg/L) (studeni, prosinac, siječanj 2024/2025)

Figure 3. Concentration of phosphorus in the analyzed sample (mg/L) (November, December, January 2024/2025).

Rezultati analize pokazuju izražene mjesečne varijacije kada je u pitanju koncentracija fosfora u vodi. U studenom je izmjerena vrijednost iznosila 15,6 mg/L što značajno prelazi preporučeni nivo te voda može predstavljati opasnost za okoliš. U prosincu dolazi do značajnog pada koncentracije fosfora na 7,4 mg/L, što može biti rezultat manje količine padalina, smanjenje upotrebe poljoprivrednih sredstava ili poboljšanog protoka vode koji dovodi do razrjeđenja onečišćenja. U siječnju koncentracija dodatno opada na 6,6 mg/L, zadržavajući trend smanjenja. Iako ova vrijednost još uvijek može imati negativan utjecaj na vodeni ekosustav, niža je u odnosu na prethodne mjesece, što može ukazivati na smanjenu poljoprivredna aktivnost u zimskom periodu, a koja se eventualno provodi u blizini izvorišta – zimi se rijetko primjenjuju gnojiva koja sadrže fosfor. Također povećana količina padavina i otapanje snijega mogu dovesti do razrjeđenja koncentracije fosfora u izvorima.

Do povećane koncentracije fosfora može doći uslijed antropogenih utjecaja, ali također raspadanje biljaka ili mikroorganizama može privremeno povećati koncentraciju fosfora.

Prije provođenja mikrobiološke analize, izvršena je priprema nutritivnog agara, koji se koristi kao čvrsta podloga za rast mikroorganizama. Na Slici 4. prikazan je proces pripreme nutritivnog agara za rast mikroorganizama.



Slika 4. Proces pripreme nutritivnog agara za rast mikroorganizama (Štrkljević i sur., 2024/2025).

Figure 4. Procedure for the preparation of nutrient agar for cultivation of microorganisms (Štrkljević et al., 2024/2025).

Mikrobiološka analiza vode prikazana je na Slici 5.



Slika 5. Primjena metode membranske filtracije za mikrobiološku analizu vode (Štrkljević i sur., 2024/2025).

Figure 5. Application of the membrane filtration method for microbiological analysis of water (Štrkljević et al., 2024/2025).

Mikrobiološka analiza uzoraka vode provedena je i metodom membranske filtracije, koja omogućava detekciju i kvantifikaciju mikroorganizama prisutnih u vodi. Nakon filtracije, membrana je inkubirana na selektivnom nutritivnom mediju pogodnom za rast koliformnih bakterija, koje se koriste kao indikatori fekalne kontaminacije. Utvrđivanje broja kolonija pri 37 °C klasičnim zasijavanjem uzorka na agar ploču prikazano je na Slici 6, dok Slika 7. prikazuje rezultate mikrobiološke analize na selektivnom mediju pogodnom za rast koliformnih bakterija.



Slika 6. Utvrđivanje broja kolonija pri 37 °C klasičnim zasijavanjem uzorka na agar ploču (Plate Count Agar Acc. to APHA and ISO 4833) (Štrkljević i sur., 2024/2025).

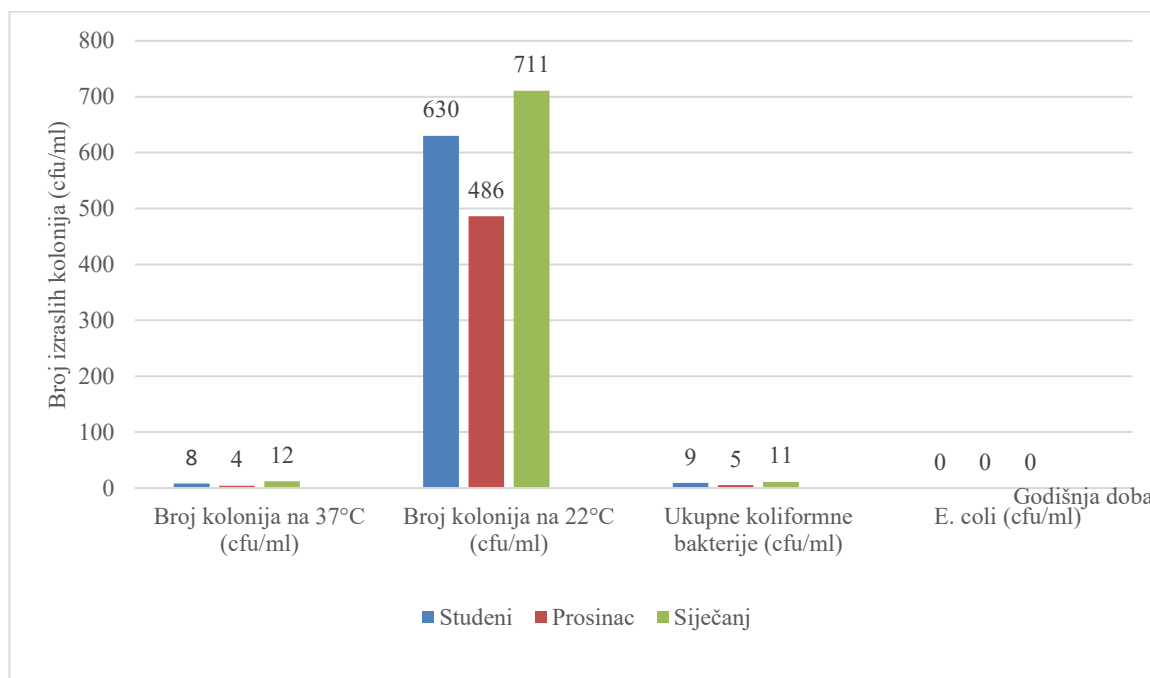
Figure 6. Determination of colony-forming units at 37 °C using conventional sample inoculation on Plate Count Agar, in accordance with APHA and ISO 4833 guidelines (Štrkljević et al., 2024/2025).



Slika 7. Rezultati mikrobiološke analize na selektivnom mediju pogodnom za rast koliformnih bakterija (Štrkljević i sur. 2024/2025).

Figure 7. Results of microbiological analysis on a selective medium suitable for the growth of coliform bacteria (Štrkljević et al., 2024/2025).

Rezultati mikrobiološke analize vode tijekom tri mjeseca (studeni, prosinac i siječanj 2024/2025) prikazani su grafički na Slici 8.



Slika 8. Mikrobiološka analiza vode (2024/2025).

Figure 8. Microbiological analysis of water (2024/2025).

Tijekom tri mjeseca praćenja (studeni, prosinac, siječanj), analizirani su sljedeći mikrobiološki parametri: broj kolonija pri 37 °C i 22 °C (izraženi u cfu/ml) i prisustvo *E. coli* (cfu/100 mL). Broj kolonija pri 37 °C ukazuje na prisustvo bakterija koje uspijevaju pri temperaturi ljudskog tijela, a time i na potencijalne patogene. U studenom je zabilježeno 8 cfu/mL, što je manje od koncentracije u siječnju 12 cfu/ml, dok je prosinac imao najmanji broj 4 cfu/mL. Ove vrijednosti su sve u granicama prihvatljivog za higijenski ispravnu vodu, ali blago povećanje u siječnju može ukazivati na sezonski utjecaj ili promjenu u kvaliteti izvora vode. Broj kolonija pri 22 °C, koji prikazuje prisustvo bakterija iz okoline, bio je najviši u siječnju (711 cfu/mL), dok je u studenom bio 630 cfu/mL što je pokazatelj potencijalnog prisustva heterofilnih mikroorganizama, a najniži u prosincu (486 cfu/mL). Ovaj parametar pokazuje veću promjenjivost, pri čemu povećanje u siječnju može biti posljedica povećanog unosa organskih tvari ili nižih temperatura koje pogoduju rastu ovih mikroorganizama. Ukupne koliformne bakterije, koje su indikator fekalnog zagađenja, bile su prisutne sva tri mjeseca, ali u vrlo niskim koncentracijama: 9 cfu/100 ml u studenom, 5 u prosincu i 11 cfu/100 mL u siječnju. Iako su ove vrijednosti niske, njihovo prisustvo ukazuje na potrebu za kontinuiranim nadzorom, naročito zbog

blagog porasta u siječnju. *E. coli*, najvažniji indikator fekalnog onečišćenja nije detektirana ni u jednom mjesecu (0 cfu/mL), što ukazuje na odsustvo direktnog fekalnog onečišćenja.

Analiza fizikalno-kemijskih i mikrobioloških parametara vode izvorišta Klokot tijekom zimskih mjeseci (studen, prosinac i siječanj) ukazuje na relativno stabilnu, ali ne i potpuno nepromjenjivu kvalitetu vode. Promjene koje su zabilježene u koncentracijama pojedinih pokazatelja rezultat su kombinacije prirodnih sezonskih čimbenika, hidroloških uvjeta i mogućih antropogenih utjecaja u okolini izvorišta. Bitno je napomenuti da u blizini izvorišta nema industrijskih postrojenja.

Vrijednosti pH, otopljenog kisika, električne vodljivosti i temperature tijekom promatranog razdoblja bile su stabilne i u skladu s očekivanim vrijednostima za izvorsku vodu. Blaga alkalnost i dobra zasićenost kisikom potvrđuju odsutnost značajnijeg organskog onečišćenja, dok niska vodljivost i umjerena tvrdoća, pretežno karbonatnog podrijetla, ukazuju na prirodnu mineralnu ravnotežu i povoljan kemijski sastav vode. Tvrdoća vode, iako prisutna u izraženijoj mjeri, najviše je određena koncentracijom kalcija, što je tipično za krška područja. Dominacija karbonatne tvrdoće pridonosi stabilizaciji pH vrijednosti jer djeluje kao pufer i ublažava nagle promjene kiselosti.

Uočena varijabilnost u koncentracijama dušikovih spojeva karakteristična je za vodna tijela izložena organskom opterećenju i mikrobnj razgradnji. Povećane koncentracije amonijaka i nitrita u prosincu i siječnju mogu se objasniti usporavanjem nitrifikacijskog procesa uslijed nižih temperatura koje smanjuju aktivnost mikroorganizama odgovornih za pretvorbu amonijaka u nitrate. Osim toga, u zimskom se razdoblju često bilježi smanjen protok i prozračivanje vode, što pogoduje nakupljanju produkata razgradnje organske tvari. Suprotno tome, koncentracija nitrata pokazuje trend postupnog opadanja, što je vjerojatno povezano sa smanjenim ispiranjem tla i nižim unosom hranjivih tvari iz okoliša zbog smanjene poljoprivredne aktivnosti i mirovanja vegetacije.

Sličan obrazac zabilježen je i kod koncentracije fosfora, koja je u studenome bila izrazito visoka, dok je u prosincu i siječnju došlo do značajnog pada. Takav trend sugerira sezonski karakter izvora onečišćenja – najvjerojatnije poljoprivrednog podrijetla – jer se u zimskom razdoblju smanjuje primjena gnojiva bogatih fosforom. Povećana količina oborina i otapanje snijega također mogu pridonijeti razrjeđenju koncentracija fosfora u vodi, smanjujući opterećenje izvorišta. Promjene u koncentraciji fosfora mogu također biti posljedica mikrobne razgradnje biljnog materijala i mikroorganizama, što lokalno može povećati njegovu prisutnost, no ti su učinci najčešće kratkotrajni.

Mikrobiološki parametri potvrđuju relativnu mikrobiološku čistoću vode. Iako su koliformne bakterije bile prisutne svakog mjeseca, koncentracije su bile niske i u skladu s kriterijima za zdravstvenu ispravnost vode, dok *E. coli* nije detektirana ni u jednom uzorku, što ukazuje na odsutnost izravnog fekalnog onečišćenja. Oscilacije u ukupnom broju kolonija pri 22 °C i 37 °C mogu se tumačiti kao

posljedica promjena temperature, unosa organske tvari i dinamike površinskog otjecanja, koje je zimi često promjenjivo zbog oborina i otapanja snijega.

Prema pravilnicima i zakonodavstvu o prirodnim mineralnim i izvorskim vodama, kao što je Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o prirodnim mineralnim i prirodnim izvorskim vodama (Službeni glasnik BiH br. 32/12), vode moraju zadovoljiti specifične mikrobiološke, fizičko-kemijske i kemijske parametre kako bi se kvalificirale za ljudsku potrošnju i druge potrebe. Ovaj pravilnik jasno definira maksimalno dozvoljene koncentracije za različite parametre, uključujući fosfor, nitrite, amonijak, suspendirane tvari i druge komponente koje direktno utječu na kvalitetu vode. Na temelju Uredbe o klasifikaciji voda i kategorizaciji vodotoka, rezultati mikrobiološke analize ukazuju da voda sa izvora rijeke Klokot pripada I. Klasi što označava vrlo zadovoljavajuće stanje površinskih voda. Ovo znači da voda s ovog izvora ispunjava standarde visoke kakvoće, ali je neophodno redovno praćenje njenih parametara.

Slična istraživanja proveli su i drugi autori. U svom istraživanju Crnković je provela mikrobiološku analizu izvorske vode na području Gorskog kotara. Istraživanje je pokazalo da na kvalitetu izvorske vode značajno utječu sezonske promjene, klimatski uvjeti, okolni prirodni čimbenici, kao i blizina urbanih područja. U određenim periodima zabilježene su povećane koncentracije mikroorganizama što ukazuje na potrebu redovnog monitoringa (Crnković, 2012).

U svom istraživanju (Karahmet et al., 2023) proveli su ispitivanje fizikalno-kemijskih svojstava uzoraka sa izvora Zlatarica (Bugojno), gdje pokazuju da je voda: pogodna za piće, s malom mineralizacijom, prosječnom temperaturom 9,3 °C. Voda je prozirna, nema miris niti okus, a pH vrijednost joj je 7,85. Prema klasifikaciji iona, spada u hidrokarbonatno-kalcijev tip. Sadržaj sulfata bio je iznimno nizak, s prosjekom od 4 mg/L. Također, sadržaj klorida je bio nizak, između 1,77 i 2,48 mg/L. Posebno je značajan vrlo nizak nivo natrija (Na), koji varira od 2,13 do 6,9 mg/L. U vodi nisu nađeni nitriti niti amonijak, dok je koncentracija nitrata vrlo niska, gotovo zanemariva, što sugerira da nema organskog onečišćenja. Koncentracija fluorida (0,27 mg/L) i selen (Se) u iznosu od 6,6 mg/L ukazuje na kvalitetu vode koja je značajna za ljudsko zdravlje. Bakteriološka ispitivanja su potvrdila odsutnost koliformnih bakterija, a ukupan broj aerobnih mezofilnih bakterija bio je dva. Nisu izolirani koliformni oblici fekalnih bakterija, streptokoki, *Proteus* spp. sulfito-reducirajuće klostridije i *Pseudomonas aeruginosa*. Tijekom 2019. godine, Ribić je provela ispitivanje kvalitete pitke vode na području Osječko-baranjske županije. Uzorci s različitih lokacija analizirani su na prisutnost bakterija, *Escherichia coli*, razinu slobodnog klora, temperaturu, pH vrijednost, mutnoću i boju. Dobiveni rezultati ukazuju na to da je voda bila zdravstveno ispravna, iako je tijekom ljetnih mjeseci zabilježena niža kvaliteta zbog veće mutnoće i povećanog broja bakterija. Na primjer, tijekom lipnja i kolovoza zabilježene su vrijednosti mutnoće iznad 4 NTU, dok su koncentracije slobodnog klora bile ispod preporučenih 0,2 mg/L (Ribić, 2019).

Za mikrobiološku analizu vode koju su proveli Stupar i sur. (2022) prikupljena su dvadeset četiri uzorka vode sa šest krških izvora iz okruga Bihor (sjeverozapadna Rumunjska) u periodu siječnja, travnja, lipnja i studenog 2011. godine. Uzorci vode su analizirani na *E. coli*, ukupne koliformne bakterije, crijevne enterokoke, *Pseudomonas aeruginosa* i heterotrofni broj bakterija na 37 i 22 °C. Korištene su standardne mikrobiološke metode koje su temeljene na tehnici membranskog filtera ili metodi izlivanja ploče. Ova studija je otkrila da krški izvori s proučavanog područja pokazuju mikrobiološko onečišćenje. Utvrđen je rizik od gastrointestinalnih bolesti za odrasle i djecu zbog enteropatogene kontaminacije *E. coli*. Rizik od infekcije/dan i rizik od infekcije/godina bili su visoki, s maksimalnim vrijednostima od 0,24 odnosno 1,00. Preventivne mjere uz kontinuirano praćenje potrebne su uglavnom za one izvore vode koji su ključni izvori pitke vode (Stupar i sur., 2022).

Un Nisa i Omer (2023) u svojoj studiji istraživali su prisutnost ukupnog broja koliformnih bakterija, *E. coli*, i fekalnih streptokoka u himalajskim izvorima na raznim lokacijama u okrugu Kulgam u dolini Kašmira. Prikupljeno je ukupno 30 uzoraka vode. Fizikalno-kemijski parametri pronađeni su unutar prihvatljivih granica. Međutim fosfati i nitrati pronađeni su iznad dopuštene granice što ukazuje na prisutnost antropogenih aktivnosti. Većina uzoraka bila je sa visokim udjelom ukupnih koliformnih bakterija s maksimalnom granicom većom od 180 MPN/100 ml. *E. coli* i fekalni streptokoki izmjereni su u rasponu od manje 1 do više od 180 MPN/100 ml. Rezultati ove studije pokazali su visoke koncentracije fekalnih indikatorskih bakterija te da ovakva voda nije prikladna za piće.

Ilić i Palijan (2021) u svom istraživanju proveli su mikrobiološku analizu vode na području Papuka. Svrha ovog istraživanja bila je utvrditi prisutnost koliformnih bakterija na nekoliko odabranih izvora, te procijeniti njihovu prikladnost za konzumaciju. U laboratorijskim mikrokozmičkim uvjetima ispitivana je sposobnost preživljavanja dodanih koliformnih bakterija. Uzorci vode prikupljeni su 18. veljače 2018. godine s izvora Jankovac, Kokočak (Vučenović), Muška voda i Žervanjska. Tijekom analize određivan je ukupan broj bakterija na hranjivoj podlozi, te broj koliformnih bakterija pomoću endoagara. Također su mjerene vrijednosti pH i električne vodljivosti. Rezultati su pokazali da je izvor Kokočak imao povećan broj ukupnih mikroorganizama i koliformnih bakterija, zbog čega se ta voda ne smatra prikladnom za piće. Vode s preostalih izvora bile su, prema ispitivanim parametrima, prikladne za ljudsku upotrebu. U pokusu preživljavanja, koliformne bakterije su nakon devet dana bile prisutne u svim mikrokozmosima osim u onom s vodom iz Muške vode. Upravo je ta voda pokazala najbolju kvalitetu prema analiziranim parametrima, te najmanju sposobnost zadržavanja koliforma u slučaju mogućeg onečišćenja. Dobiveni rezultati daju samo ograničen uvid u kvalitetu izvorske vode, stoga je za konačnu procjenu zdravstvene ispravnosti potrebno provesti dodatna ispitivanja.

Zaključak

Analiza fizičko-kemijskih i mikrobioloških parametara vode izvorišta Klokot tijekom zimskog perioda ukazala je na relativno dobru kvalitetu vode, uz prisutnost manjih odstupanja pojedinih parametara od propisanih graničnih vrijednosti. Vrijednosti pH, temperature, električne provodnosti, otopljenog kisika, te tvrdoće i alkaliteta vode uglavnom su bile u skladu sa zakonskim normama, što potvrđuje stabilan hidrološki i geološki sastav izvorišta. Međutim, uočena su odstupanja u koncentracijama fosfora posebno u studenom i prosincu, što može ukazivati na sezonske ili antropogene utjecaje. Mikrobiološka analiza nije pokazala prisustvo *E. coli*, dok su koliformne bakterije zabilježene u niskim koncentracijama, što ukazuje na zadovoljavajuću higijensku ispravnost uzoraka. Unatoč pozitivnim pokazateljima, prisustvo koliformnih bakterija i povremeni porast koncentracija nutrijenata naglašavaju potrebu za kontinuiranom kontrolom kvaliteta vode, kao i primjenom zaštitnih mjera u slivnom području izvorišta Klokot. Rezultati ovog istraživanja mogu poslužiti kao temelj za buduće studije, planiranje mjera očuvanja kvaliteta vode i informiranje lokalne zajednice o važnosti očuvanja vodenih resursa. Osiguranje dugoročne održivosti izvorišta poput Klokota od važnog je značaja za očuvanje zdravlja stanovništva i zaštitu ekosustava.

Literatura

American Public Health Association (APHA) (1998). Standardne metode za ispitivanje vode i otpadnih voda. Washington, DC: Američko udruženje za javno zdravstvo, Američko udruženje za vodovodne radove i Federacija za vodni okoliš.

Crnković, G., (2012). Mikrobiološka analiza prirodne izvorske vode na području Gorskog Kotara. *Diplomski rad*. Medicinski fakultet u Rijeci.

EU Water Framework Directive (2000). Water Quality and Health Protection. Brussels.

Henze, M. (2010). *Wastewater Treatment: Biological and Chemical Processes*, 3e. Springer India.

Hukić, A. (2017). *Hidrologija-Osnove i primjena*. Univerzitet u Sarajevu, Sarajevo, Bosna i Hercegovina.

Ilić, D., Palijan, G. (2018). Mikrobiološka analiza izvorske vode na području Papuka. *Diplomski rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, 154.

Jovanović, M., Jovanović, B. (2015). Mikrobiološki parametri u analizi kvaliteta vode. *Ekološki časopis*, 28(2), 101-115.

Karahmet, E., Isaković, S., Toroman, A., Hamidović, S., Bečić, F., Bečić, E. (2023). Examination od physico-chemical and microbiological characteristics of spring water „Zlatarica” Bugojno. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 47 – 52.

Lončar, A. (2019). Praćenje kvalitete vode Lokvarskog jezera. *Diplomski rad*. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Medicinski fakultet.

Pravilnik o izmjenama i dopunama pravilnika o prirodnim mineralnim i prirodnim izvorskim vodama (2012). Službeni glasnik BiH, broj 24/12.

Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće. Službeni glasnik BiH, br. 40/10, 43/10 i 30/12.

Ribić, L., (2020). Analiza kvalitete vode za piće na području Osječko-baranjske županije tijekom 2019. godine. *Diplomski rad*. Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Odjel za biologiju.

Stupar, Z., Levei, A.E., Neag, E., Baricz, A., Szekeres, E., Moldovan, T.O. (2022). Microbiological water quality and health risk assessment in karst springs from Apuseni Mountains Romania. *Front. Environ. Sci., Sec. Water and Wastewater Menagement Volume 10-2022*.

United Nations (2017). Water quality and Sanitation: Global Perspective. New York.

Un Nisa, F., Omer, R. (2023). Evaluation of physicochemical and microbiological parameters, and their correlation in Himalayan Spring Water Systems: A case study of District Kulgam of Kashmir Valley, India, Western Himalaya. *Environmental Monitoring and Assessment, Volume 195 article number 441*.

Uredba o klasifikaciji voda i kategorizaciji vodotoka (2001). Službeni glasnik Republike Srpske, 02/1-020-/01.

World Health Organisation (WHO) (2022). Guidelines for Drinking-water Quality. Fourth edition incorporating the first and second addenda. ISBN 978-92-4-004506-4 (electronic version).

Zakon o zaštiti okoliša (2003). Službene novine Federacije BiH 33/03.

Primljeno: 27. svibnja 2025. godine

Received: May 27, 2025

Prihvaćeno: 28. lipnja 2025. godine

Accepted: June 28, 2025

Heavy Metal Intake and Potential Carcinogenic Risks Through Consumption of Leafy Vegetables in Mostar

Jelena Kuzman Katica¹, Aida Šukalić^{2*}, Svetlana Hadžić², Dženita Alibegić³, Alma Mičijević²

izvorni znanstveni rad (original scientific paper)

doi: 10.32779/gf.8.1-2.3

Citiranje/Citation⁴

Abstract

This study analyzed the concentrations of arsenic (As), lead (Pb), and cadmium (Cd) in Swiss chard (*Beta vulgaris* subsp. *cicla*) and collard greens (*Brassica oleracea* var. *acephala*) available on the market in the city of Mostar, with the aim of assessing potential carcinogenic risks for adults and children. Given that heavy metals are present in the environment and can accumulate in plants, understanding their concentrations and potential health impacts is particularly important. The United States Environmental Protection Agency (USEPA) considers an acceptable carcinogenic risk to fall within the range of 1×10^{-6} to 1×10^{-4} . The measured concentrations of heavy metals (As, Cd, and Pb) in Swiss chard (samples B1–B6) and collard greens (samples R1–R6) showed variability but were all below the maximum permissible levels set by the Official Gazette of Bosnia and Herzegovina No. 68/14. The estimated potential carcinogenic risk for adults ranged from 2.53×10^{-5} to 2.64×10^{-5} for Swiss chard and from 1.06×10^{-5} to 8.55×10^{-6} mg/kg/day for collard greens. Higher risks were calculated for children, ranging from 3.55×10^{-5} to 1.62×10^{-5} mg/kg/day for Swiss chard and from 1.13×10^{-5} to 7.81×10^{-6} mg/kg/day for collard greens. Although the concentrations of heavy metals in the analyzed samples were low and the associated risks fall within the USEPA-recommended limits, continuous monitoring and control of heavy metal concentrations are advised to ensure food safety and protect consumer health.

Key words: Swiss chard, collard greens, potential carcinogenic risk, children, adults.

¹ Association Dinarica, King Petar Krešimir 4, 88100 Mostar, Bosnia and Herzegovina.

² Agromediterranean Faculty, Džemal Bijedić University of Mostar, University Campus, 88104 Mostar, Bosnia and Herzegovina.

* E-mail: aida.sukalic@unmo.ba (corresponding author)

³ University Study Program in Pharmacy, Džemal Bijedić University of Mostar, University Campus, 88104 Mostar, Bosnia and Herzegovina.

⁴ Kuzman Katica, J., Šukalić, A., Hadžić, S., Alibegić, Dž., Mičijević A. (2025). Heavy Metal Intake and Potential Carcinogenic Risks Through Consumption of Leafy Vegetables in Mostar. *Glasilo Future*, 8(1-2), 27–41. <https://doi.org/10.32779/gf.8.1-2.3>

Introduction

Most toxic elements, including arsenic (As), cadmium (Cd), and lead (Pb), pose significant health risks due to their high solubility in water. Even at very low concentrations, these elements can have detrimental effects on human and animal health, as the body lacks efficient mechanisms for their elimination. Although food and water serve as primary sources of essential nutrients, they also act as pathways for exposure to toxic metals. The presence of these elements in food depends on several factors, including soil quality, environmental conditions, plant genotype, the use of fertilizers and pesticides that may contain metals, and contamination during production or through contact with metallic surfaces. Given these factors, the accumulation of toxic elements in food has become a serious concern in terms of food safety and potential health risks. Therefore, it is crucial to regularly monitor heavy metal concentrations in food and ensure they remain within the maximum residue limits established by national and EU regulatory authorities. In the absence of such limits, continuous monitoring and comparison with available literature data are necessary. Assessing dietary intake and monitoring metal levels in food are essential steps in risk assessment and in identifying potential contamination that could threaten public health. Excessive intake of heavy metals through diet can lead to numerous serious health problems. Since more than 90–95% of total daily exposure to heavy metals originates from dietary intake - while other exposure routes include inhalation and dermal contact (Bocio et al., 2005; Martí-Cid et al., 2008) understanding the risks associated with consuming contaminated food is crucial. Arsenic is the only element classified as carcinogenic to humans, with confirmed carcinogenic effects via both inhalation and ingestion. It is associated with various cancers, including lung, liver, skin, and bladder cancer (IARC, 2004; Kapaj et al., 2006). Additionally, arsenic is highly toxic and accumulates in the body. Cadmium has also been classified as „carcinogenic to humans“ (Group 1) by the International Agency for Research on Cancer (IARC, 1993) and as a Category 2 carcinogen by the European Union (OJEC, 2004). Although naturally present in soil, cadmium spreads through the environment due to human activities and is highly toxic (Zhu et al., 2011). Similarly, lead has no beneficial role in human metabolism and causes progressive toxic effects (Zhu et al., 2011). Lead exposure has been linked to symptoms such as insomnia, fatigue, hearing loss, and weight loss. Furthermore, the International Agency for Research on Cancer classified inorganic lead as „probably carcinogenic to humans“ (Group 2A) in 2006 (IARC, 2006).

In Mostar, as well as in other parts of Bosnia and Herzegovina, Swiss chard and collard greens play an important role in the local diet, particularly in traditional cuisine. These vegetables are widely used in various dishes due to their nutritional value and versatility in food preparation. Swiss chard is highly popular, especially in Mediterranean cuisine. In Mostar, it is frequently used in salads, stews, soups, and side dishes. Swiss chard is rich in vitamins – particularly vitamin K and folic acid – minerals, dietary fiber, and antioxidants. Its widespread use in the region is attributed to its flavor

and ease of preparation, and it is commonly consumed with potatoes or other vegetables. Collard greens also hold a significant place in the traditional cuisine of Mostar. They are often used in cooked dishes such as stews, soups, and meat-based meals (especially with lamb). Collard greens are rich in vitamins, calcium, and fiber, making them a particularly healthy dietary choice. Although not as widely consumed as Swiss chard, collard greens remain a valued component of Bosnian cuisine. The World Health Organization (WHO) and the Food and Agriculture Organization (FAO) recommend a minimum daily intake of 400 grams of fruits and vegetables (excluding potatoes and other starchy tubers) for the prevention of chronic diseases such as cardiovascular disease, cancer, diabetes, and obesity.

Materials and Methods

During 2024, samples of Swiss chard and collard greens were collected from six different locations in the wider area of Mostar. The Swiss chard samples were labeled B1 to B6, while the collard greens samples were labeled R1 to R6. The heavy metal concentrations in the plant material were analyzed using appropriate laboratory methods. After collection, Swiss chard leaves were prepared for analysis by chopping and homogenizing 50 leaves per location. From each site, three composite samples were prepared, and the average value was used for final calculation.

Analytical Methods

The determination of trace elements - lead (Pb), cadmium (Cd), and arsenic (As) in fruits and vegetables was performed using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) in accordance with the standard BAS EN 15763:2011, following microwave digestion as specified in BAS EN 13805:2015. For sample preparation, 1 g of homogenized plant material was weighed and treated with 20 mL of 60 % nitric acid (HNO₃). The mixture was gently heated for 2 hours. After cooling, 3 mL of hydrogen peroxide (H₂O₂) was added, followed by an additional 15 minutes of heating. This hydrogen peroxide treatment step was repeated. Upon cooling, 2 mL of perchloric acid (HClO₄) was added, and the mixture was gently evaporated until dense white fumes of perchloric acid appeared. After cooling, 5 mL of hydrochloric acid (HCl) was added, and the samples were quantitatively transferred into 50 mL volumetric flasks. The flasks were then filled to the mark with distilled water. The resulting solution was filtered through quantitative filter paper. Measurements were conducted using flame atomic absorption spectrometry (AAS) with an acetylene-air flame. The concentrations of heavy metals in the analyzed plant material were assessed against the maximum permissible levels (MPLs) established by the national Regulation on Maximum Allowed Levels for Certain Contaminants in Food (Official Gazette of BiH, 68/14).

Health Risk Assessment

Health risk is defined as the probability of adverse health effects occurring in an individual due to exposure to specific contaminants or groups of contaminants. This risk depends on three key factors: the type of contaminants present in food, the level of exposure, and the toxicity of the contaminants. The integration of these factors forms the foundation of most risk assessment protocols. Health risk assessment serves as a valuable tool for evaluating potential hazards associated with chemical exposure. Risk assessment specialists must possess the ability to conceptualize risk, predict and analyze its potential impacts, and make informed decisions based on these evaluations. A health risk assessment provides an overview of past, present, and future exposure to hazards in food, and it can be either qualitative and/or quantitative. It is based on scientific understanding of the contaminants' properties, exposure, dose, and toxicity (Šukalić et al., 2025). Two dimensions of risk, which are a combination of the probability or frequency of an adverse event and the magnitude of its consequences, must be considered. Risk assessment is a scientifically-based process for evaluating potential harmful impacts, consisting of: hazard identification, hazard characterization, exposure assessment, and risk characterization (Koese et al., 2023). Risk assessment is calculated using the equation provided by the United States Environmental Protection Agency (USEPA, 2012, USEPA, 1989) (1):

$$CDI = \frac{C \times IR \times EF \times ED}{AT \times BW} \quad (1)$$

Where:

CDI is chronic daily intake

C is the concentration of the metal (mg/L);

IR is the chronic intake of vegetables in Europe, 51.55 g/day for adults and 29.74 g/day for children (Comprehensive European Food Consumption Database, Leafy vegetables, leafy brassica, EFSA, 2024);

ED is the exposure duration, 30 years for adults and 10 years for children;

EF is the frequency of exposure (days/year), 365 days/year for both adults and children;

BW is body weight (kg), 70 kg for adults and 25 kg for children;

AT is the average time of exposure in years for carcinogenic effects, calculated as $ED \times 70$ years.

For carcinogens, risk is assessed as the incremental probability that an individual will develop cancer during their lifetime as a result of exposure to a potential carcinogen (Šukalić et al., 2025; Kuzman Katica et al., 2024). The carcinogenic risk assessment was calculated using the model for estimating carcinogenic hazards (2):

$$Risk_{input\ method} = \sum_{k=1}^n CDI_k CSF_k \quad (2)$$

It is considered that risks below 1×10^{-6} do not present significant health effects, risks between 1×10^{-6} and 1×10^{-5} are considered to have minor significant health effects, risks between 1×10^{-5} and 1×10^{-4} are of moderate range, risks between 1×10^{-4} and 1×10^{-3} are considered to have high health effects, and health effects above 1×10^{-1} are considered to have very high health effects (USEPA, 1989).

Table 1. CSF (Cancer Slope Factor) according to the literature data

Element	Cancer slope factor (mg/kg/day)	
	Oral CSF	Carcinogenic Classification according to USEPA ^c
Cadmium (Cd)	$3,8 \times 10^{-1}$ ^a	1
Arsenic (As)	$1,5$ ^a	1
Lead (Pb)	$8,5 \times 10^{-3}$ ^{a,b}	B2

a) (Fouladi et al., 2021; Šukalić et al., 2025)

b) (Integrated Risk Information System; Leto et al., 2020)

c) 1 – Proven carcinogen to humans, B2 – Probable carcinogen to humans

Results and discussion

Table 2 presents the average concentrations of heavy metals in samples of Swiss chard (*Beta vulgaris* subsp. *cicla*) and collard greens (*Brassica oleracea* var. *acephala*), along with the maximum permitted levels established by relevant regulations.

Table 2. Average concentrations of heavy metals in Swiss chard and collard greens samples (mg/kg)

Sample	Arsenic (As)	Cadmium (Cd)	Lead (Pb)
R1	0.009	0.013	<LOQ
R2	0.011	0.049	<LOQ
R3	0.009	0.036	<LOQ
R4	0.01	0.049	0.02
R5	0.009	0.013	<LOQ
R6	0.011	0.049	<LOQ
B1	0.014	0.038	0.046
B2	0.006	0.045	<LOQ
B3	0.004	0.046	<LOQ
B4	0.005	0.025	<LOQ
B5	0.012	0.034	0.047
B6	0.012	0.051	<LOQ
MDK (Official Gazette 68/14)	0.3	0.20	0.30

The average concentrations of cadmium in cabbage reported by Jurić et al. (2016) ranged from 0.015 to 0.018 mg/kg, arsenic from 0.018 to 0.029 mg/kg, and lead from 0.020 to 0.027 mg/kg. In comparison with our study, cadmium concentrations were slightly higher but remained below the Maximum Allowed Concentration (MAC), while arsenic levels were lower (0.004-0.014 mg/kg). Lead was

detected in only three samples, with concentrations ranging from 0.020 to 0.047 mg/kg. These findings are consistent with those reported by Jurić et al. (2016).

Table 3. presents the concentrations of As, Cd, and Pb in vegetables and their contamination sources according to various international studies.

Table 3. Examples of vegetable contamination with heavy metals and potential sources of pollution in different countries

Vegetables	Heavy Metals (mg/kg)	Sources of Contamination	Country / Reference
<i>Brassica</i> L. spp., <i>Cucurbita</i> L. spp., <i>Solanum</i> L. spp., <i>Cucumis sativus</i> L., <i>Phaseolus vulgaris</i> L., <i>Amaranthus tricolor</i> L., <i>Cichorium endivia</i> L., <i>Lactuca sativa</i> L., <i>Apium graveolens</i> L., <i>Allium tuberosum</i> Rottler ex Spreng., <i>Vigna unguiculata</i> subsp. <i>sesquipedalis</i> (L.) Verdc., <i>Zizania caduciflora</i> (Turcz. ex Griseb.) Turcz. ex-Stapf, <i>Luffa cylindrica</i> (L.) M.Roem., <i>Capsicum annuum</i> L., <i>Spinacia oleracea</i> L., <i>Benincasa hispida</i> (Thunb.) Cogn., <i>Raphanus sativus</i> L., <i>Glebionis coronaria</i> (L.) Cass. ex Spach, <i>Solanum lycopersicum</i> L., <i>Coriandrum sativum</i> L.	As (0.006 – 0.019), Cr (0.017 – 0.103), Pb (0.029 – 0.123)	Contaminated irrigation water, use of fertilizers and pesticides, emissions from industrial and transport gases, harvesting, storage, and marketing processes	China (Liang G. et al., 2019)
Cabbage, carrot, onion, spinach, tomato	Cu (0.92 – 9.29), Mn (0.04 – 373.38), Zn (4.27 – 89.88)	Organic and inorganic fertilizers, agrochemicals	South Africa (Bvenura C. & Afolayan A.J., 2012)
Rice and leafy vegetables, legumes and stalks	Cd (0.01 – 3.61)	Irrigation water from rivers or nearby reservoirs, mining activities (manganese, vanadium, and pyrite)	China (Chen H. et al., 2018)
Vegetables (lettuce, Swiss chard, and strawberry)	As (0.43 – 0.8), Pb (0.84)	Urban community gardens	USA (Cooper A.M. et al., 2020)
Vegetables (tomato, potato, spinach, onion, beetroot, parsley)	Cd (0.89), Pb (5.81), Cr (3.67)	Soil contamination, atmospheric deposition during transportation	Serbia (Arsenov D. et al., 2016)

Research on heavy metal concentrations in vegetables reveals significant variations attributable to different contamination sources. In China, studies of *Brassica* species reported arsenic levels of 0.006-0.019 mg/kg, chromium 0.017-0.103 mg/kg, and lead 0.029-0.123 mg/kg, with primary contamination sources including polluted irrigation water, fertilizer and pesticide use, industrial and transport

emissions, as well as harvesting, storage, and sales processes (Liang et al., 2019). South African analyses of cabbage, carrots, onions, spinach, and tomatoes detected copper (0.92-9.29 mg/kg), manganese (0.04-373.38 mg/kg), and zinc (4.27-89.88 mg/kg), with contamination linked to organic/inorganic fertilizers and agrochemicals (Bvenura and Afolayan, 2012). Additional Chinese research identified cadmium concentrations of 0.01-3.61 mg/kg in rice, leafy vegetables, legumes, and stems, primarily originating from contaminated river and irrigation water, as well as mining activities involving manganese, vanadium, and pyrite (Chen et al., 2018). In the United States, analysis of urban shared agricultural land revealed arsenic (0.43-0.8 mg/kg) and lead (0.84 mg/kg) concentrations in lettuce, chard, and strawberries, indicating the impact of urban pollution (Cooper A.M. et al., 2020). A study conducted in Serbia indicates the presence of cadmium (0.89 mg/kg), lead (5.81 mg/kg), and chromium (3.67 mg/kg) in tomatoes, potatoes, spinach, onions, beets, and parsley, with the sources of contamination linked to industrial soil pollution and atmospheric deposition during transport (Arsenov D. et al., 2016). These results highlight the global problem of vegetable contamination with heavy metals, with sources of pollution associated with agricultural practices, industrial emissions, mining, and urban pollution. Continuous monitoring and the implementation of appropriate measures are necessary to reduce the accumulation of these toxic elements in the food chain. Table 4 shows the CDI for arsenic, lead, and cadmium in chard and collard greens, and based on the obtained results, the total risk (RI) for adults was calculated. The results indicate different risk levels depending on the type of vegetable, with particular attention given to cadmium, which is considered one of the most dangerous heavy metals for human health.

Table 4. Assessment of Carcinogenic Risk (RI) for Adults from Heavy Metal Intake through Consumption of Swiss Chard and collard greens:

	Sample	CDI As (mg/kg/ day)	CDI Pb(mg/kg/ day)	CDI Cd(mg/kg/ day)	RI
Swiss chard	B1	1.48×10^{-5}	2.76×10^{-7}	1.02×10^{-5}	2.53×10^{-5}
	B2	6.36×10^{-6}		1.21×10^{-5}	1.84×10^{-5}
	B3	4.24×10^{-6}		1.23×10^{-5}	1.66×10^{-5}
	B4	5.30×10^{-6}		6.71×10^{-6}	1.20×10^{-5}
	B5	1.27×10^{-5}	2.82×10^{-7}	9.12×10^{-6}	2.21×10^{-5}
	B6	1.27×10^{-5}		1.37×10^{-5}	2.64×10^{-5}
Total risk $\sum B1 + B2 + B3 + B4 + B5 + B6$		5.61×10^{-5}	5.58×10^{-7}	6.41×10^{-5}	1.21×10^{-4}
Collard greens	R1	4.25×10^{-6}		1.55×10^{-6}	5.80×10^{-6}
	R2	5.19×10^{-6}		5.86×10^{-6}	1.11×10^{-5}
	R3	4.25×10^{-6}		4.31×10^{-6}	8.55×10^{-6}
	R4	4.72×10^{-6}	5.35×10^{-8}	5.86×10^{-6}	1.06×10^{-5}
	R5	4.72×10^{-6}		3.71×10^{-6}	8.43×10^{-6}
	R6	4.72×10^{-6}		8.25×10^{-6}	1.30×10^{-5}
Total risk $\sum R1 + R2 + R3 + R4 + R5 + R6$		2.79×10^{-5}	5.35×10^{-8}	2.95×10^{-5}	5.75×10^{-5}

Interpretation of Potential Risks for Adults

Swiss Chard:

Arsen (As) is present in all analyzed samples, with the highest intake recorded in sample B1 (1.48×10^{-5} mg/kg/day). The total risk from arsenic is 5.61×10^{-5} mg/kg/day, which represents a moderately high risk that requires careful monitoring, as arsenic can cause long-term negative effects, including cancer and damage to internal organs (Smith et al., 2002). Lead (Pb) is present in very low concentrations, especially in sample B1 (2.76×10^{-7} mg/kg/day), which results in a very low total risk from lead (2.82×10^{-7} mg/kg/day). This level is well below critical thresholds, and the risk from lead is considered negligible, which is consistent with findings from other studies that also indicate low lead presence in plant crops (Jiang et al., 2017).

Cadmium (Cd) is present in significant amounts, especially in sample B1 (1.02×10^{-5} mg/kg/day). The total risk from cadmium is 6.41×10^{-5} , indicating a moderate risk. Given that cadmium can cause serious health problems, including kidney and bone damage, attention must be given to its concentration in food (WHO, 2011). The total risk for Swiss Chard is 1.21×10^{-4} , which indicates a moderate risk, with particular emphasis on cadmium and arsenic.

Collard greens:

Arsen (As) is also present in significant quantities in all analyzed samples, with the highest intake recorded in sample R1 (4.25×10^{-6} mg/kg/day). The total risk from arsenic is 5.61×10^{-5} , indicating a moderate risk similar to that of Swiss Chard, but with slightly higher risk due to higher concentrations in several samples. Lead (Pb), as in Swiss Chard, has very low intake, with the highest concentration recorded in sample R4 (5.35×10^{-8} mg/kg/day), resulting in a minimal total risk from lead (2.82×10^{-7} mg/kg/day). This level does not raise concern either. Cadmium (Cd) is present in all analyzed samples, with the highest intake observed in sample R2 (5.86×10^{-6} mg/kg/day). The total risk from cadmium for collard greens is 6.41×10^{-5} mg/kg/day, indicating a moderate risk, but slightly higher compared to Swiss Chard due to higher concentrations of cadmium in some samples. The total risk for collard greens is 1.21×10^{-4} mg/kg/day, which is a slightly higher risk compared to Swiss Chard. The higher risk results from a combination of higher concentrations of arsenic and cadmium in some samples, which requires more careful monitoring of the consumption of this plant. Although both vegetables, Swiss Chard and collard greens, had low risk for lead in most samples, arsenic and cadmium still represent significant sources of risk. Given their presence in the analyzed samples, it is recommended to carefully monitor the consumption of these foods, especially for long-term health effects. Collard greens shows a slightly higher total risk due to higher concentrations of arsenic and cadmium in some samples, while Swiss Chard shows a moderate risk with significant influence from cadmium and arsenic. This research aligns with broader literature on human health and the impact of heavy metals from food. Similar studies have

been conducted by Jiang et al. (2017), who also highlighted the risk of cadmium and arsenic in vegetables, and by Smith et al. (2002), who emphasized the long-term health consequences of arsenic exposure through diet. In Table 5, the CDI values for arsenic, lead, and cadmium in Swiss Chard and collard greens are presented, and based on the obtained results, the total risk (RI) for children is calculated. The results show differences in risk depending on the type of vegetable, taking into account specific factors for children, who are more susceptible to contamination due to their lower body mass and greater absorption of heavy metals.

Table 5. Assessment of carcinogenic risk (RI) for children from the intake of heavy metals through the consumption of Swiss Chard and collard greens:

	Sample	CDI As (mg/kg/ day)	CDI Pb (mg/kg/ day)	CDI Cd (mg/kg/ day)	RI
Swiss chard	B1	2.00×10^{-5}	3.72×10^{-7}	1.37×10^{-5}	3.41×10^{-5}
	B2	8.56×10^{-6}		1.63×10^{-5}	2.48×10^{-5}
	B3	5.70×10^{-6}		1.66×10^{-5}	2.23×10^{-5}
	B4	7.13×10^{-6}		9.03×10^{-6}	1.62×10^{-5}
	B5	1.71×10^{-5}	3.80×10^{-7}	1.23×10^{-5}	2.98×10^{-5}
	B6	1.71×10^{-5}		1.84×10^{-5}	3.55×10^{-5}
Total risk $\sum$ [B1+B2+B3+B4+B5+B6]		7.56×10^{-5}	7.52×10^{-7}	8.63×10^{-5}	1.63×10^{-4}
Collard greens	R1	5.72×10^{-6}		2.09×10^{-6}	7.81×10^{-6}
	R2	6.99×10^{-6}		7.89×10^{-6}	1.49×10^{-5}
	R3	5.72×10^{-6}		5.80×10^{-6}	1.15×10^{-5}
	R4	6.36×10^{-6}	7.2×10^{-8}	7.89×10^{-6}	1.43×10^{-5}
	R5	6.36×10^{-6}		4.99×10^{-6}	1.13×10^{-5}
	R6	6.36×10^{-6}		1.11×10^{-5}	1.75×10^{-5}
Total risk $\sum$ [R1+R2+R3+R4+R5+R6]		3.75×10^{-5}	7.2×10^{-8}	3.98×10^{-5}	7.73×10^{-5}

Interpretation of potential risks for children

Swiss Chard:

Arsenic (As) is present in all analyzed samples, with the highest intake recorded in sample B1 (2.00×10^{-5} mg/kg). The total risk from arsenic for children is 7.56×10^{-5} mg/kg/day, indicating a moderate risk. Considering that children have a higher sensitivity to toxins, arsenic exposure could increase the risk of developing cancer and other chronic diseases (Smith et al., 2002). Lead (Pb) is present in very low concentrations, especially in sample B1 (3.72×10^{-7} mg/kg/day), which results in a very low total risk from lead (7.52×10^{-7} mg/kg/day). While lead can negatively affect children's development, its presence in Swiss chard is minimal, suggesting a low threat to children's health in this case. Cadmium (Cd) is present in significant amounts, particularly in sample B1 (1.37×10^{-5} mg/kg/day). The total risk from cadmium for children is 8.63×10^{-5} , indicating a moderate risk. Cadmium is known for its negative impact on kidneys and bone development, especially in children, making it a significant factor in

assessing the risk of food contamination (WHO, 2011). The total risk for Swiss chard is 1.63×10^{-4} mg/kg/day, representing a moderate risk for children, with particular emphasis on cadmium and arsenic.

Collard Greens:

For collard greens, the total risk for children is calculated as follows:

Arsenic (As) is present in all analyzed samples, with the highest intake recorded in sample R1 (5.72×10^{-6} mg/kg/day). The total risk from arsenic for children is 3.75×10^{-5} mg/kg/day, indicating a moderate risk, although it is lower than in Swiss chard. Given the risks associated with chronic arsenic exposure, it is recommended to limit the consumption of vegetables with higher concentrations of this metal. Lead (Pb) is present in minimal concentrations in all analyzed samples, with the highest intake recorded in sample R4 (7.2×10^{-8} mg/kg/day). The total risk from lead for children is 7.2×10^{-8} mg/kg/day, indicating a negligible risk. Cadmium (Cd) is present in all analyzed samples, with the highest intake recorded in sample R2 (7.89×10^{-6} mg/kg/day). The total risk from cadmium for children is 3.98×10^{-5} mg/kg/day, which is a moderate risk. Given cadmium's negative impact on kidney and bone development in children, it is important to monitor the concentration of this metal in vegetables. The total risk for collard greens is 7.73×10^{-5} mg/kg/day, indicating a moderate risk, with emphasis on cadmium and arsenic. This risk is slightly lower than that for Swiss chard, but caution is still advised in consumption, especially for children. Although both types of vegetables, Swiss chard and collard greens, had low risk for lead in most samples, the greatest risk comes from cadmium and arsenic. This underscores the importance of carefully monitoring dietary habits and the consumption of vegetables that may be contaminated with these heavy metals. Given their presence in the analyzed samples, it is recommended to carefully monitor the consumption of these foods, particularly for long-term health effects. Further research is also recommended to ensure the safe consumption of these plants, especially in areas with potential soil and water contamination. Collard greens show a slightly higher total risk due to higher concentrations of arsenic and cadmium in some samples, while Swiss chard shows a moderate risk, with significant effects from cadmium and arsenic.

In Table 6, a comparative review of the total potential carcinogenic risk is shown, as well as the increased risk for children compared to adults.

For chard, the total carcinogenic risks for children are higher compared to adults, with arsenic (As) risk increased by 1.95 times, lead (Pb) by 1.94 times, and cadmium (Cd) by 2.22 times. For collard greens, the risk is also higher for children, although to a lesser extent; arsenic (As) risk increased by 0.96 times, lead (Pb) by 1.85 times, and cadmium (Cd) by 1.03 times. The increased risk for children can be explained by several factors. First, children have lower body weight and faster metabolic rates, making them more susceptible to toxic substances. Additionally, due to their rapid growth and development, there is a higher potential for bioaccumulation of heavy metals. Moreover, children typically have a

higher food intake per kilogram of body weight, which may further elevate their exposure to toxic substances in plants. Also, children's typical diets may differ from those of adults in terms of the types of vegetables consumed, which can influence the amount of heavy metals ingested. Hernandez et al. (2018) reported that children are particularly vulnerable to heavy metal poisoning due to their lower body weight and increased food consumption relative to adults. Piñeiro et al. (2021) discussed how dietary intake of heavy metals can affect children's health, particularly in contexts where local diets are rich in vegetables that may be contaminated with pollutants, including cadmium and arsenic. The WHO (2014) also emphasized that children are more sensitive to toxins, including heavy metals, due to their developmental stage, specific metabolism, and greater nutrient needs for growth. In the study „Assessment of Non-Carcinogenic and Carcinogenic Health Risks from Heavy Metals in Cooked Beans and Vegetables in Punjab, Northern India,“ (Kharkwal et al., 2023) concentrations of heavy metals (Pb, Cd, As, Cr, Ni, Cu, and Zn) were analyzed in cooked bean and vegetable samples collected from different locations. The highest concentrations of As, Cd, and Pb were recorded in samples from urban areas (1.44×10^{-5} , 8.21×10^{-5} , 1.30×10^{-3}), while lower values were found in rural areas.

Table 6. Comparative Overview of Total Risk (RI)

Metal	Total Risk (Swiss Chard) – Adults	Total Risk (Swiss Chard) – Children	Risk Increase in Children	Total Risk (Collard greens) – Adults	Total Risk (Collard greens) – Children	Risk Increase in Children
As (Arsenic)	5.61×10^{-5}	7.56×10^{-5}	↑ 1.95 increased	2.79×10^{-5}	3.75×10^{-5}	↑ 0,96 increased
Pb (Lead)	5.58×10^{-7}	7.52×10^{-7}	↑ 1.94 increased	5.35×10^{-8}	7.2×10^{-8}	↑ 1,85 increased
Cd (Cadmium)	6.41×10^{-5}	8.63×10^{-5}	↑ 2,22 increased	2.95×10^{-5}	3.98×10^{-5}	↑ 1.03 increased
RI (Total risk index)	1.21×10^{-4}	1.63×10^{-4}	↑ 0,42 increased	5.75×10^{-5}	7.73×10^{-5}	↑ 1.98 increased

The plant species with the highest cadmium accumulation was spinach, where Cd concentrations in leaves exceeded maximum allowable levels (MAL) in more than half of the analyzed samples from various sites (54%). Lead (Pb) concentrations in spinach also exceeded MAL values ($3.0 \mu\text{g/g}$, Serbian regulation) in 46% of all tested samples (Pajević et al., 2018). In our study, the concentrations of As, Cd, and Pb were within legally prescribed limits. R. Sharifi et al. (2018) calculated cancer risk (CR) and determined that consumption of cultivated leafy vegetables could result in cancer development in 50 out of 10,000 adults and 200 out of 10,000 children. The analysis of carcinogenic risk associated with the intake of heavy metals through vegetable consumption shows significant differences across countries and types of vegetables. In a study conducted in the United States, carcinogenic risk was identified in lettuce, chard, and strawberries for arsenic (2.48×10^{-4}) and lead (2.48×10^{-4}), while cadmium was not

present in significant amounts (Cooper A.M. et al., 2020). In Serbia, high values of carcinogenic risk were recorded in tomatoes, potatoes, spinach, onions, beets, and parsley for cadmium (5.81×10^{-4}) and lead (5.81×10^{-4}) (Arsenov D. Et al., 2016). In Turkey, carcinogenic risk in tomatoes, potatoes, spinach, and peppers was estimated for arsenic (5×10^{-5}) and lead (4×10^{-4}), while cadmium was not found in significant concentrations (Yilmaz S. Et al., 2015). A similar study in India reported carcinogenic risk for arsenic (1.2×10^{-4}) and lead (1.6×10^{-4}) in tomatoes, spinach, and peppers, with cadmium not being detected in significant amounts (Chakraborty et al., 2019). The highest carcinogenic risk values were observed in leafy vegetables in China, where arsenic reached 3.50×10^{-4} , cadmium 2.58×10^{-3} , and lead 4.91×10^{-6} (Huang et al., 2024). These findings suggest that leafy vegetables may pose a higher risk due to their ability to accumulate heavy metals from both soil and atmosphere. Overall, the results indicate a global concern regarding the contamination of vegetables with carcinogenic heavy metals, with various factors such as industrial pollution, pesticide use, and soil quality significantly affecting the level of risk. Ongoing monitoring and the implementation of appropriate measures to reduce contamination are essential for protecting public health.

Conclusion

This research is of great importance as it provides insight into the levels of heavy metal contamination in agricultural products available on the market. Given that the consumption of food contaminated with heavy metals can have serious health consequences, the study contributes to a better understanding of the risks faced by the consumer population. The analyzed samples from the Mostar market enabled the identification of potential sources of contamination and highlighted specific issues related to food safety. The most significant findings of the study pertain to the detection of heavy metal concentrations in various agricultural products, particularly in kale (collard greens) and other types of vegetables. These results indicate the need for stricter quality control in the market, as well as increased oversight of agricultural production and food transportation. This research also emphasizes the importance of education and raising awareness among consumers regarding the risks associated with consuming contaminated food, as well as the need for better regulation and standardization of the food market. The results suggest that additional efforts should be made to improve agricultural practices and to implement rigorous controls in the marketplace to ensure food safety and protect consumer health. In addition, the study points to the necessity for continued monitoring of heavy metal levels in food available on the market, along with the introduction of effective control mechanisms and preventive measures that can minimize health risks. The implementation of these recommendations could contribute to reducing negative impacts on human health and preserving ecological balance in the region.

References

- Bocio, A., Blanch, J., Llobet, J.M., Domingo, J.L. (2005). Levels of cadmium, mercury, and lead in human milk from the Spanish population. *Environmental International*, 31(4), 447–453. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2004.11.008>
- Bvenura, C., Afolayan, A.J. (2012). Heavy metal contamination of vegetables cultivated in home gardens in the Eastern Cape, South Africa. *South African Journal of Science*, 108(9/10), 1–6. <https://doi.org/10.4102/sajs.v108i9/10.696>
- Chen, H., Yang, X., Wang, P., Wang, Z., Li, M., Zhao, F.J. (2018). Dietary cadmium intake from rice and vegetables and potential health risk: A case study in Xiangtan, southern China. *Science of the Total Environment*, 639, 271–277. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.050>
- Cooper, A.M., Felix, D., Alcantara, F., Zaslavsky, I., Work, A., Watson, P.L., Pezzoli, K., Yu. Q., Zhu, D., Scavo, A.J., Zarabi, J., Schroeder, J.I. (2020). Monitoring and mitigation of toxic heavy metals and arsenic accumulation in food crops: A case study of an urban community garden. *Plant Direct*, 4, 1–12. <https://doi.org/10.1002/pld3.198>
- Piñeiro, X. F., Ave, M. T., Mallah, N., Caamaño-Isorna, F., Jiménez, A. N. G., Vieira, D. N., Bianchini, F., & Muñoz-Barús, J. I. (2021). Heavy metal contamination in Peru: implications on children's health. *Scientific reports*, 11(1), 22729. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02163-9>
- Fouladi, M., Rouzbahani, M.M., Roshan, S.A., Alipour, S.S. (2021). Health risk assessment of potentially toxic elements in cultivated rice (*Oryza sativa*) with emphasis on environmental contamination. *Toxin Reviews*, 40(4), 1019–1034.
- Hernandez, F., Vicente-García, C., Parsons, D. S., and Navas-Enamorado (2018). Environmental contamination by heavy metals and its implications for children's health: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(32), 31947–31959. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3310-2>
- Huang, J.L., Li, Z.Y., Mao, J.Y., Chen, Z.M., Liu, H.L., Liang, G.Y. et al. Da-Biao Zhang , Ping-Jing Wen , Zhao-Yu Mo , Yue-Ming Jiang (2024). Contamination and health risks brought by arsenic, lead, and cadmium in a water–soil–plant system nearby a non-ferrous metal mining area. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 270, 115873. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115873>
- International Agency for Research on Cancer – IARC. (1993). *Some naturally occurring substances: Food items and constituents, heterocyclic aromatic amines, and mycotoxins*. IARC Monographs, Vol. 56. Lyon.

International Agency for Research on Cancer – IARC. (2004). *Cadmium*. IARC Monographs, Vol. 58. Lyon.

International Agency for Research on Cancer – IARC. (2006). *Inorganic and organic lead compounds*. IARC Monographs, 87. Lyon.

Jiang, X., Xu, Y., Shen, Z., & Zhang, W. (2017). Heavy metal contamination of vegetables and health risk assessment in an urban area of China. *Environmental Pollution*, 223, 482–491.

Jurić, D., Puntarić, D., Gvozdić, V., Vidosavljević, D., Lončarić, Z., Puntarić, A., Šijanović, S. (2016). Cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) as a potential indicator of wartime contamination by metals and metalloids in eastern Croatia (ICP-MS method). *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil and Plant Science*, 67(3), 270–277. <https://doi.org/10.1080/09064710.2016.1259651>

Kapaj, S., Peterson, H., O'Day, P., Renaud, G., Punoš, P. (2006). Human and environmental health implications of heavy metals exposure. *Reviews in Environmental Health*, 21(1), 1–9. <https://doi.org/10.1515/REVEH.2006.21.1.1>

Kharkwal, V., Choudhary, M., Bains, K., Bishnoi, M. (2023). Non-carcinogenic and carcinogenic health risk assessment of heavy metals in cooked beans and vegetables in Punjab, North India. *Food Science & Nutrition*, 11(12), 7581–7593. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3678>

Koese, A., Šukalić, A., Leto, A., Mičijević, A., Komlen, V. (2023). Human health risk assessment of intake Cd and Cu from agricultural soils in Mostar and Tomislavgrad. *Glasilo Future*, 6(5–6), 13–28. <https://doi.org/10.32779/gf.6.5-6.2>

Kuzman Katica, J., Šukalić, A., Šupljeglavić Jukić, A., Alibegić, D. (2024). Ecological and health risk assessment of lead (Pb) in agricultural soil near the municipal landfill in the city of Mostar, Bosnia and Herzegovina. *AgroLife Scientific Journal*, 13(2), 147–158. <https://doi.org/10.17930/AGL2024213>

Liang, G., Gong, W., Li, B., Zuo, J., Pan, L., Liu, X. (2019). Analysis of heavy metals in foodstuffs and an assessment of the health risks to the general public via consumption in Beijing, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16, 909. <https://doi.org/10.3390/ijerph16060909>

Leto, A., Šukalić, A., Mičijević, A. (2020). Assessment of carcinogenic health risk of As, Cd, Pb, and Ni from tobacco smoke. U: Karabegović, I. (ur.), *New Technologies, Development, and Application III* (str. 128). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-46817-0_86

Martí-Cid, R., Llobet, J.M., Castell, V., Domingo, J.L. (2008). Dietary intake of arsenic, cadmium, mercury, and lead by the population of Catalonia, Spain. *Biological Trace Element Research*, 125(2), 120–132. <https://doi.org/10.1007/s12011-008-8165-8>

Pajević, S., Arsenov, D., Nikolić, N., Borišev, M., Orčić, D., Župunski, M., Mimica – Dukić, M. (2018). Accumulation of heavy metals in vegetable crops and health risk assessment in Serbia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190, 459. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6743-y>

Pravilnik o maksimalno dopuštenim količinama za određene kontaminante u hrani. (2014). *Službeni glasnik BiH*, br. 68/14.

Sharifi, R., Moore, F., Keshavarzi, B. i Badiiei, S. (2018). Assessment of health risks of arsenic exposure via consumption of crops. *Exposure and Health*, 10, 129–143. <https://doi.org/10.1007/s12403-017-0250-1>

Šukalić, A., Mačkić, S., Alibegić, D., Kovačić, M. (2025). *Analiza i procjena rizika u okolišu i hrani*. Mostar: Univerzitet „Džemal Bijedić” u Mostaru. ISBN: 978-9926-434-74-8

United States Environmental Protection Agency – USEPA. (1989). *Risk Assessment Guidance for Superfund. Volume I. Human Health Evaluation Manual (Part A)*. Washington: USEPA. Dostupno na: <https://rais.ornl.gov/documents/HHEMA.pdf>

United States Environmental Protection Agency – USEPA. (2012). *Guidelines for Water Reuse*. EPA/600/R-12/004. Washington: Office of Wastewater Management. Dostupno na: <http://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/P100FS7K.pdf>

World Health Organization – WHO. (2011). *Cadmium in food*. Geneva: WHO.

World Health Organization – WHO. (2014). *Children's health and environment: A review of the evidence*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.

Zhu, Y., Wei, W., Zhang, Y., Li, H., Chen, Z. (2011). Phytoremediation of Cd and Pb contaminated soil by *Sedum plumbizincicola*. *Environmental Science and Pollution Research*, 18(9), 1569–1572. <https://doi.org/10.1007/s11356-011-0511-2>

Primljeno: 19. travnja 2025. godine

Received: April 19, 2025

Prihvaćeno: 28. lipnja 2025. godine

Accepted: June 28, 2025

Uloga nutritivne intervencije u liječenju graničnog poremećaja ličnosti i poremećaja u jedenju

The role of nutrition intervention in the treatment of borderline personality disorder and eating disorders

Valentina Rahelić^{1,2,3*}, Ines Banjari⁴, Josipa Matanić¹, Sandra Bival¹, Eva Pavić^{1,2}

pregledni rad (scientific review)

doi: 10.32779/gf.8.1-2.4

Citiranje/Citation⁵

Sažetak

Poremećaji ličnosti predstavljaju značajan globalni izazov u mentalnom zdravlju od kojeg se procjenjuje da danas u svijetu boluje 7,8 %. Granični poremećaj ličnosti, kao jedan od poremećaja ličnosti, pogađa od 0,7 do 2,7 % odraslih osoba i značajno je češći kod žena. Etiologija uključuje niz biopsihosocijalnih čimbenika, a nerijetko se očituju i poremećajima u jedenju i/ili zlouporabom supstanci. Iako još uvijek nedovoljno istražena, prehrana i unos određenih nutrijenata mogu imati važnu ulogu u regulaciji simptoma graničnog poremećaja ličnosti, posebice kod promjena raspoloženja, depresije i tjeskobe, ali i impulzivnosti. Istraživanja su pokazala da oboljeli često imaju nedostatak vitamina D, vitamina B12, magnezija i cinka, što može dodatno utjecati na psihičko stanje. Omega-3 masne kiseline i vitamin C također mogu imati značajnu ulogu jer pomažu u regulaciji raspoloženja i smanjenju impulzivnog ponašanja. Mediteranska i MIND dijeta (engl. *Mediterranean-DASH Intervention for Neurodegenerative Delay*), upravo su izvor ovih nutrijenata te znanstveno dokazano mogu imati pozitivno djelovanje na mentalno zdravlje. Stoga, liječenje oboljelih zahtijeva sveobuhvatan pristup, uključujući psihoterapiju i odgovarajuću nutritivnu intervenciju. Cilj ovog rada je istražiti prevalenciju, etiologiju, kliničku sliku te samo liječenje graničnog poremećaja ličnosti, s posebnim naglaskom na povezanost s poremećajima u jedenju i ulozi nutritivne intervencije u liječenju.

¹ Klinički Bolnički Centar Zagreb, Služba za prehranu i dijetetiku, Kišpatićeva 12, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska.

*E-mail: valentina.rahelic@kbc-zagreb.hr (dopisna autorica)

² Zdravstveno Veleučilište Zagreb, Mlinarska cesta 38, 10000, Zagreb, Republika Hrvatska.

³ Sveučilište Sjever, Odjel za prehrambenu tehnologiju, 48000 Koprivnica, Republika Hrvatska.

⁴ Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Franje Kuhača 18, 31000 Osijek, Republika Hrvatska.

⁵ Rahelić, V., Banjari, I., Matanić, J., Bival, S., Pavić, E. (2025). Uloga nutritivne intervencije u liječenju graničnog poremećaja ličnosti i poremećaja u jedenju. *Glasilo Future*, 8(1-2), 42–59. <https://doi.org/10.32779/gf.8.1-2.4> / Rahelić, V., Banjari, I., Matanić, J., Bival, S., Pavić, E. (2025). The role of nutrition intervention in the treatment of borderline personality disorder and eating disorders. *Glasilo Future*, 8(1-2), 42–59. <https://doi.org/10.32779/gf.8.1-2.4>

Ključne riječi: granični poremećaj ličnosti, nutritivna intervencija, poremećaji u jedenju, Mediteranska dijeta, MIND dijeta.

Abstract

Personality disorders represent a significant global challenge in mental health, with an estimated 7.8 % of the world's population. Borderline personality disorder, as one of the personality disorders, affects 0.7 to 2.7 % of adults and is significantly more common in women. The etiology includes a number of biopsychosocial factors. Also it is often associated with eating disorders and/or substance abuse. Although still underresearched, diet and certain nutrients may play an important role in regulating the symptoms of borderline personality disorder, especially mood swings, depression and anxiety, as well as impulsivity. Research has shown that patients are often deficient in vitamin D, vitamin B12, magnesium and zinc, which can influence on mental state. Omega-3 fatty acids and vitamin C may also play an important role, as they help regulate mood and reduce impulsive behavior. The Mediterranean and MIND diets (Mediterranean-DASH Intervention for Neurodegenerative Delay) are source of these nutrients and have been scientifically proven to have a positive effect on mental health. Therefore, treatment requires a comprehensive approach, including psychotherapy and appropriate nutritional intervention. The aim of this paper is to investigate the prevalence, etiology, clinical picture, and treatment of borderline personality disorder, with particular emphasis on its connection with eating disorders and the role of nutritional care in treatment.

Key words: borderline personality disorder, nutritional intervention, eating disorders, MIND diet, Mediterranean diet.

Uvod

Poremećaji ličnosti definiraju se kao stanje mentalnog zdravlja u kojem osobe imaju vlastiti obrazac doživljavanja sebe i reagiranja na načine koji mogu uzrokovati određene probleme. Granični poremećaj ličnosti je vrsta poremećaja kojeg karakterizira otežano upravljanje emocijama, odnosno uključuje probleme vezane uz raspoloženje, ponašanje, slike o sebi, osjećaje nesigurnosti i nestabilnosti te strah od napuštanja. Ovi simptomi mogu dovesti do impulzivnog ponašanja što posljedično može dovesti do razvoja brojnih zdravstvenih i socijalnih problema. Danas se poremećaji ličnosti smatraju jednim od globalnih prioriteta kada se govori o mentalnom zdravlju. Sustavni pregled literature iz 2020. godine pokazao je da je prevalencija, općenito poremećaja ličnosti, bila oko 7,8 % (95 % CI 6,1-9,5) s većom prevalencijom u zemljama većeg dohotka u odnosu na zemlje nižeg dohotka (9,6 % nasuprot 4,3 %) (Winsper et al., 2020). Smatra se da do danas nije postavljeno dovoljno dijagnoza za ovu skupinu poremećaja, da može biti prisutna u do 6,4 % odraslih u primarnoj zdravstvenoj zaštiti (Mendez-Miller et al., 2023) te u do 1,7 % opće populacije, a da većina osoba koja ima postavljenu dijagnozu ujedno ima i druga psihijatrijska stanja (Tomko et al., 2014, Gunderson et al., 2018). Granični poremećaj

ličnosti je poremećaj ličnosti za koji se procjenjuje da je prisutan u 0,7 do 2,7 % odraslih (Leichsenring et al., 2023), s obzirom na spol češći je u žena nego u muškaraca (72 % nasuprot 28 %) (Zimmerman i Becker, 2023) dok dob postavljanja dijagnoze oscilira iako se prvi simptomi bolesti javljaju već u ranoj odrasloj dobi (American Psychiatric Association, 2013). Postavljanje dijagnoze u dječjoj i adolescentskoj dobi je iznimno rijetko iz razloga što su u tom razdoblju života stavovi još nezreli, osobnost se oblikuje, ponašanje je prikladno razvoju te bi postavljanje dijagnoze moglo biti stigmatizirajuće (Gunderson et al., 2018). U Sjedinjenim Američkim Državama prevalencija ove dijagnoze iznosi 1,4 % do 16. godine te 3,2 % do 22. godine života (Johnson et al., 2008), a 14 % do 40 % djece i/ili adolescenata je zadržalo postavljenu dijagnozu od dvije do dvadeset godina nakon prvobitnog dijagnosticiranja (Winsper et al., 2015). Kao što je navedeno u oboljelih je zabilježena i prisutnost drugih mentalnih poremećaja i to najčešće anksioznosti (84,8 %), bipolarnog poremećaja (83 %) i promjene raspoloženja (82,7 %), posttraumatskog stresnog poremećaja (53 %), ali i korištenje odnosno zloupotreba različitih supstanci (78,2 %) (Tomko et al., 2014, Leichsenring et al., 2023). Ujedno, istraživanja su utvrdila prisutnost i poremećaja u jedenju u 14 do 53 % oboljelih (Khorsavi, 2020; Miller et al., 2022).

Definicija poremećaja ličnosti

Poremećaj ličnosti se definira kao stanje mentalnog zdravlja u kojem osobe imaju vlastiti obrazac doživljavanja sebe i reagiranja na načine koji mogu uzrokovati određene probleme. Riječ je o osobama koje se ponašaju impulzivno, teško razumiju emocije, teško uspostavljaju odnosima s drugim ljudima što dugoročno može dovesti do brojnih negativnih posljedica koje utječu na privatni i profesionalni život, a time i na samu kvalitetu života. Prema Larsenu i Buss-u osobnost odnosno ličnost se definira kao skup organiziranih, razmjerno trajnih psiholoških osobina i mehanizama unutar pojedinaca koji utječu na njegove interakcije s okolinom, a time i na samu prilagodbu na okolinu (Larsen i Buss, 2024). Oblikuje se već u ranom životnom razdoblju pod utjecajem čimbenika na koje se ne može utjecati (geni, odnosno genetika) i čimbenika na koje se može utjecati (okolina) koji uzimaju u obzir okruženje u kojem se živi i raste, interakcije i odnose sa članovima obitelji i osobama koje se susreće i upoznaje tijekom života (American Psychiatric Association, 2013; Fariba et al., 2023; Zimmerman, 2023). Granični poremećaj ličnosti, kao jedan od učestalijih poremećaja, ubraja se u skupinu poremećaja za koju je karakteristično stvaranje nestabilnih međuljudskih odnosa, ponašanja te slike o sebi kao rezultata preosjetljivosti na odbijanje što dugoročno dovodi do negativnih posljedica na zdravlje. Danas je poznato da osobe sa ovim poremećajem ličnosti mogu imati različite čimbenike ili obrasce ponašanja uz pomoć kojih se i postavlja dijagnoza stoga se savjetuje provesti i strukturirani klinički intervju za DSM-5 (engl. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders; Fifth Edition*) alternativni model za poremećaje osobnosti (American Psychiatric Association, 2013; Gunderson et al., 2018).

Granični poremećaj ličnosti

Granični poremećaj ličnosti prvi puta je opisan prije više od 50 godina od strane skupine znanstvenika i psihoanalitičara Otta Kernberga, Seymour Ketya i Roy Grinkera, a dijagnostički kriteriji nastali su identificiranjem onoga što najbolje razlikuje ovaj poremećaj od depresije i shizofrenije. Definicija bolesti je postavljena 1978. godine, a 1980. godine dijagnoza je indeksirana u trećem izdanju Dijagnostičkog i statističkog priručnika za duševne poremećaje te 10 godina kasnije u Međunarodnoj klasifikaciji bolesti (MKB) (engl. *International Classification of Diseases*). Iako je danas u suvremenoj medicini dijagnoza graničnog poremećaja ličnosti zadovoljila standarde dijagnostičke valjanosti i dalje ostaju otvorena pitanja o osnovnoj patologiji, liječenju te zbrinjavanju oboljelih (Gunderson et al., 2018). Ono što su do danas provedena istraživanja utvrdila je da je dijagnoza, odnosno predispozicija za razvoj ovog poremećaja češća u osoba koja su u dječjoj odnosno adolescentskoj dobi, ali i u odrasloj bila izložena obiteljskom zlostavljanju. Smatra se da je čak 90 % oboljelih bilo emocionalno zlostavljano u djetinjstvu (Battle et al., 2004; Kuo et al., 2015; Gunderson et al., 2018). Osim toga postoje i drugi čimbenici koji mogu utjecati na razvoj graničnog poremećaja ličnosti kao što je anksioznost i depresija, rizična ponašanja, disruptivni poremećaji ponašanja dok namjerno samoozljeđivanje, pokušaj samoubojstva, ali i negativna afektivnost, nesigurnost, neusredotočenost predviđaju razvoj i pojavnost poremećaja (de Aquino Ferreira et al., 2018; Gunderson et al., 2018; Mainali et al., 2020).

Etiologija graničnog poremećaja ličnosti

Etiologija bolesti definirana je biopsihosocijalnim modelom prema kojemu biološki i psihosocijalni čimbenici imaju isto značenje u određivanju bolesti i zdravlja. Biološki čimbenici uključuju genetsku varijabilnost te regulaciju neurobioloških mehanizama (Garland i Miller, 2020). Os hipotalamus-hipofiza-nadbubrežna žlijezda (HHN os) poznata je po svojoj ulozi u regulaciji odgovora na stres. Novija istraživanja upućuju na povezanost između disfunkcije ove osi i traume doživljene u djetinjstvu, što može povećati rizik od razvoja psihijatrijskih poremećaja (Cattane et al., 2017). Uz navedeno značajan utjecaj imaju i promjene u neurotransmeterskim sustavima te strukturne i funkcionalne promjene u mozgu (Friedel, 2004). Psihosocijalni čimbenici obihvaćaju teorije razvoja koje uključuju i pet primarnih koraka emocionalnog razvoja, prema Haighu (2013), za formiranje zdrave osobnosti: privrženost, zadržavanje, komunikacija, uključivanje i djelovanje, a do poremećaja može doći ukoliko se zanemarivanje, uskraćivanje, zlostavljanje ili gubitak dogodi u ranoj životnoj dobi. Poremećaji privrženosti, psihološka trauma odnosno neželjeni događaj u dječjoj i adolescentnoj dobi povezani su s oštećenjem i deficitima mentalizacije te razvojem psihopatologije uključujući i granični poremećaj ličnosti. Općenito, osnovne karakteristike oboljelih od ovog poremećaja su nagle promjene slike o sebi uključujući iznenadne promjene od potpuno dobrih do potpuno loših slika o sebi, ali i o drugima, prisutna je stalna disfunkcija afekta i međuljudskih odnosa, sklonost promjenama raspoloženja i to od

tjeskobe, do depresije i razdražljivosti koji mogu trajati od nekoliko sati do nekoliko dana te impulzivnošću. Dodatni simptomi uključuju osjećaj praznine i ljutnje, osjećaj napuštanja te osjećaj straha što može dovesti do provokativnog ponašanja (prijetnja, zahtjevno ponašanje, privrženost), suicidalno ponašanje koje se ponavlja (Gunderson et al., 2018; Leichsenrinf et al., 2023). Rezultati do danas provedenih istraživanja sugeriraju da rano postavljanje dijagnoze (dječja i adolescentna dob) i odgovarajuća intervencija mogu utjecati na poboljšanje simptoma, ali i na sprječavanje razvoja vezanih psihosocijalnih morbiditeta kao što su naprimjer socijalne vještine, samopoimanje te akademsko postignuće (Wright et al., 2016; Gunderson et al., 2018).

Povezanost između graničnog poremećaja ličnosti te poremećaja u jedenju

Postoji dokazana povezanost između graničnog poremećaja ličnosti i poremećaja u jedenju, odnosno oba poremećaja karakterizira disregulacija emocija (Dashineau et al., 2024). Poremećaji u jedenju mogu imati negativan utjecaj na misli, raspoloženje te mogu uzrokovati lošu koncentraciju, pamćenje, dovesti do razvoja depresije, tjeskobe, poteškoće sa spavanjem, zloupotrebu sredstava koji stvaraju ovisnost, suicidalnost i druge psihijatrijske probleme (American Psychiatric Association, 2013), ali i negativne promjene gotovo svih organskih sustava. Definiraju se kao stanja kojima je zajedničko smanjeno ili povećano konzumiranje hrane što posljedično dovodi do promjene na tjelesnoj masi. Tri osnovna tipa poremećaja uključuju anoreksiju nervozu, bulimiju nervozu i kompulzivno prejedanje (engl. *binge eating*), a glavna obilježja prikazana su u tablici 1.

Tablica 1. Glavna obilježja poremećaja u jedenju

Table 1. Main characteristics of eating disorders

	Anoreksija Nervozna	Bulimija Nervozna	Kompulzivno prejedanje
Afekti i osjećaji	- osjećaj ponosa zbog gubitka na tjelesnoj masi - povećanje osjećaja tjeskobe i srama te lošeg raspoloženja	- visok osjećaj srama, tjelesni sram	- nisko samopoštovanje, sram i depresija
Izbjegavanje vlastite slike tijela	- stalno provjeravanje sastava tijela i tjelesne mase (vaganje, mjerenje, gledanje u ogledalu i sl.)	- slično ponašanje kao kod anoreksije nervoze - izbjegavanje slike tijela te skrivanje u javnosti (uska odjeća, kupaći kostim i sl.)	- osobe s povećanom tjelesnom masom ili pretiilošću kroz vježbanje razvijaju pozitivniju sliku o vlastitom tijelu, čime smanjuju osjećaj srama
Kompenzacijska ponašanja	- „binge-purge“ podtip: pročišćavanje povraćanjem ili korištenjem laksativa - namjerno pretjerano vježbanje često je obilježje restriktivnog tipa	- „binge“ slijede kompenzatorna ponašanja kao uporaba diuretika ili laksativa samo izazvano povraćanje, namjerna regurgitacija	- iznimno rijetko

	Anoreksija Nervozna	Bulimija Nervozna	Kompulzivno prejedanje
	– restriktivna tip može prijeći u „binge-purge“	-namjerno prekomjerno vježbanje	
Restriktivno ponašanje	- ekstremno ograničenje kalorija - usvajanje restriktivnih vrsta/oblika prehrane kao što je veganstvo ili „čista prehrana“	- manje ekstremno u odnosu na restriktivni tip anoreksije nervoze	- manja sposobnost ekstremne restrikcije hrane
	Anoreksija Nervozna	Bulimija Nervozna	Kompulzivno prejedanje
Komunikacija	- ekstremna zaokupljenost mršavljenjem ometa druge aspekte života - korištenje raznih informatičkih programa i elektroničkih uređaja usmjerenih na mršavljenje	- iako može biti zaokupljena gubitkom na tjelesnoj masi, održavaju se društveni aspekti života - korištenje raznih informatičkih programa i elektroničkih uređaja usmjerenih na mršavljenje	- nisko samopoštovanje te sram od vlastitog tijela može oboljele dovesti do nenagrađivanja te neopravdano poniznog odnosa

Izvor: Morris i Anderson, 2021

Source: Morris and Anderson, 2021

Na temelju do danas provedenih istraživanja zaključeno je da su ovi poremećaji rezultat odnosno posljedica pokušaja da se kontrolom i/ili „ne kontrolom“ unosa hrane nosi s osjećajima odnosno emocijama. Osobe koje boluju od bulimije nervoze i bulimičkog tipa anoreksije nervoze imaju veću vjerojatnost da boluju i od graničnog poremećaja ličnosti dok osobe koje boluju od anoreksije nervoze restriktivnog tipa imaju veću vjerojatnost da boluju od opsesivno-kompulzivnog poremećaja osobnosti. Kod ove skupine bolesti najčešći klinički znakovi i fizički simptomi su značajan gubitak na tjelesnoj masi, nesvjestica i opća slabost, mučnina, zatvor i amenoreja (Morris i Anderson, 2021).

Većina istraživanja o povezanosti između poremećaja u jedenju i graničnog poremećaja ličnosti provedena je na odrasloj populaciji, unatoč tome što je poznato da njihova pojavnost najveća u adolescentnoj dobi (Lekgabe et al., 2021). Istraživanje provedeno od strane Millera i suradnika (2019) na uzorku od 208 adolescenata na psihijatrijskom liječenju zaključilo je da se impulzivno ponašanje, afektivna ljutnja i nestabilnost više povezuje sa bulimijom nervozom, a poremećaj identiteta više sa anoreksijom nervozom. Izražen strah od napuštanja se nije pokazao značajnim ni kod jednog poremećaja (Miller et al., 2019) te se zajedno sa emocionalnom disregulacijom pokazao kao jedan od najvažnijih simptoma graničnog poremećaja ličnosti (De Paoli et al., 2020). Istraživanje provedeno u Srbiji na studentskoj populaciji koja je uključivala žene, zaključilo je da postoji povećani rizik za razvoj anoreksije nervoze u onih koji su imali izražene čimbenike rizika uključujući nesigurnu privrženost, perfekcionizam te lošu sliku o sebi, koji su često prisutni i u osoba koje boluju od graničnog poremećaja ličnosti (Lazarević, 2016). S obzirom da je granični poremećaj ličnosti heterogeno stanje čiji se

simptomi preklapaju s bipolarnim, psihotičnim i depresivnim poremećajima izuzetno je važno znati ga dijagnosticirati te pravovremeno prepoznati komorbiditete ukoliko se pojave. S obzirom da je za osobe koje boluju od ovog poremećaja karakteristično impulzivno ponašanje koje se pogotovo javlja u negativnim emocionalnim stanjima, jedan od komorbiditeta je razvoj pretilost kao posljedica prejedanja što dugoročno može dovesti do razvoja brojnih drugih kroničnih nezaraznih bolesti kao što je šećerna bolest, hipertenzija, osteoartritis i druge (Cattane et al., 2017; Gundersom et al., 2018). Sustavni pregled literature iz 2016. godine na populaciji odraslih sa postavljenom dijagnozom poremećaja ličnosti, zabilježio je značajnu povezanost sa većim rizikom od razvoja pretilosti kao posljedice prejedanja, pretežito u ženskih osoba. Ujedno je zaključeno da konzervativni programi liječenja pretilosti kod ovih osoba postižu slabije rezultate (Gerlach et al., 2016). Istraživanje provedeno od Mustaća i suradnika (2024) zaključilo je da su karakteristike graničnog poremećaja ličnosti česte u osoba koje boluju od anoreksije nervoze i pretilosti te da je potrebno provesti dodatna istraživanja o njihovoj povezanosti. U liječenju osoba koje uz granični poremećaj ličnosti boluju i od nekog poremećaja u jedenju važno je biti svjestan da iako osoba može biti visokomotivirana da promijeni prehrambene i životne navike i dalje može biti prisutan rizik da se poremećaj u jedenju zamijeni nekim drugim ponašanjem kao što je zlouporaba droga, alkohola i samoozljeđivanje stoga je od izuzetne važnosti naučiti kako na zdraviji način zadovoljiti te emocionalne potrebe. Različite emocije (ljutnja, dosada, razdražljivost i dr.) mogu potaknuti osobu da konzumira više hrane ili potisnuti apetit što rezultira smanjenom konzumacijom hrane (Brown, 2018). Brojna istraživanja provedena do danas zaključila su kako bi se psihoterapija temeljena na dokazima trebala provoditi u svih oboljelih od graničnog poremećaja ličnosti jer može pozitivno utjecati na liječenje odnosno razvoj bolesti, a glavni pristupi, odnosno najčešće korišteni, obuhvaćaju kognitivno-bihevioralnu terapiju koja uključuje i shema terapiju te terapiju prihvatanja i posvećenosti, dijalektičko-bihevioralnu terapiju i psihodinamsku terapiju (Storebø et al., 2020; Barber et al., 2021).

Nutrijenti i hrana koji mogu utjecati na granični poremećaj ličnosti

Sukladno smjernicama brojnih stručnih društava, medicinska nutritivna terapija znanstveno utemeljeno ima ulogu u liječenju brojnih kroničnih nezaraznih bolesti, a nutricionist bi trebao biti sastavni dio multidisciplinarnog tima (Heafala et al., 2021). Kada govorimo o graničnom poremećaju ličnosti do danas nije provedeno mnogo istraživanja o utjecaju pojedine prehrane odnosno nutrijenata na sam ishod bolesti iako je poznato da postoje određeni nutrijenti koji u nedostatku mogu utjecati na regulaciju impulzivnog ponašanja, ali i na samo mentalno zdravlje pojedinca. Provedena istraživanja zabilježila su u oboljelih čest nedostatak vitamina D (Cereda et al., 2021; Lavigne i Gibbons, 2023) vitamina B12 (McCabe et al., 2017; Ye et al., 2025) te magnezija (Kopitsyna et al., 2015; Tarleton et al., 2017) što dokazano dodatno može utjecati na mentalno zdravlje, a samim time i na raspoloženje. Iako suplementiranje navedenim nutrijentima ukazuje na moguće dobrobiti, važno je napomenuti da je

potrebno provesti još mnogo istraživanja kako bi ih se moglo u potpunosti pozitivno povezati s ovom bolesti. U tablici 2. prikazani su nutrijenti za koje se smatra da nedostatak može imati utjecaj na simptome razdražljivosti, depresije i tjeskobe.

Tablica 2. Važnost pojedinih nutrijenata u mentalnom zdravlju

Table 2. The importance of individual nutrients in mental health

Nutrijent	Utjecaj na mentalno zdravlje	Izvori u hrani	Preporučeni dnevni unos	Ref.
Vitamin D	Pozitivan utjecaj na raspoloženje kao rezultat imunomodulatornog djelovanja. Niska koncentracija povezuje se sa suicidalnim ponašanjem – često kod oboljelih.	Sirevi, mlijeko, maslac, Masna riba /losos, haringa, skuša, srdela/, Ulje jetre bakalara, Žumanjak jajeta	15 µg/dan	Lavigne i Gibbons, 2023; Cereda et al., 2021; National Food Institute, Technical University of Denmark, 2024; European Food Safety Authority, 2024
Vitamin B 12	Neophodan za sintezu neurotransmitera. Niska koncentracija može utjecati na raspoloženje.	Iznutrice /jetrica/, Riba /skuša, losos, tuna, haringa, srdela, pastrva/, Morski plodovi, školjke, Meso /osobito crveno/, Mlijeko i mliječni proizvodi, Jaja, Obogaćene žitarice	4 µg/dan	Ye et al., 2025; McCabe et al., 2017; National Food Institute, Technical University of Denmark, 2024; European Food Safety Authority, 2024
Magnezij	Važan za neurološko funkcioniranje. Nedostatak se povezuje sa razvojem stresa i anksioznosti - značajno niske koncentracije zabilježene u oboljelih.	Zeleno lisnato povrće, Grahorice, Banane, Orašasti plodovi i sjemenke, Avokado, Tamna čokolada, Kvinoja, Pšenične mekinje, Suhe smokve	Žene: 300 mg/dan Muškarci: 350 mg/dan	Kopitsyna et al., 2015; Tarleton et al., 2017; Kaić-Rak i Antić, 1990; European Food Safety Authority, 2024
Cink	Uloga u regulaciji neurotransmitera - regulacija raspoloženja i emocija. Nedostatak se povezuje sa simptomima tjeskobe i depresije.	Morski plodovi, Govedina, janjetina, svinjetina, teletina, Pšenične mekinje i klice, Zob i zobene pahuljice, Proso, Grahorice /grah, slanetak, leća/	Žene: 6,2 mg/dan Muškarci: 7,5 mg/dan <i>S obzirom na dnevni unos fitatata od 300 mg</i>	Lai et al., 2012; Yosae et al., 2022; Bozzatello et al., 2024; Kaić-Rak i Antić, 1990; European Food Safety Authority, 2024

Nutrijent	Utjecaj na mentalno zdravlje	Izvori u hrani	Preporučeni dnevni unos	Ref.
		Orasi, bademi, kikiriki, Kakao, čokolada, Shiitake gljive		
Omega-3 masne kiseline EPA (eikozapentaenska kiselina) i DHA (dokozaheksaenska kiselina)	Važne za djelovanje neurotransmitera. Smanjuju agresivno i impulzivno ponašanje te utječu na raspoloženje.	Masna riba (losos, haringa, tuna, skuša, srdela, pastrva, inćuni), Kamenice, Ulje jetre bakalara	250–500 mg/dan EPA i DHA	Bozzatello et al., 2024; Gutierrez Higuera et al., 2023; National Food Institute, Technical University of Denmark, 2024; European Food Safety Authority, 2024
Vitamin C	Djeluje kao antioksidans. Nedostatan unos može doprinijeti razvoju anksioznosti kao odgovor na stres.	Ribiz /crni/, Paprika /žuta, crvena/ Jagode, Kivi, Tamnozeleno lisnato povrće /raštica, prokulica, kelj, špinat/ Svježe iscijeđeni sok od agruma, Brokula, cvjetača, Papaja, Mladi krumpir	Žene: 80 mg/dan Muškarci: 85 mg/dan	Moritz et al., 2020; McCabe et al., 2017; Kaić-Rak i Antonić, 1990; European Food Safety Authority, 2024

Prehrambeni obrasci i granični poremećaj ličnosti

Ne postoji točno definirani način prehrane koji se savjetuje oboljelima od ovog poremećaja, no kao znanstveno dokazani preporučeni obrasci prehrane u svrhu poboljšanja mentalnog zdravlja, ističu se Mediteranska i MIND dijeta. MIND dijeta kombinira principe Mediteranske i DASH prehrane (engl. *Dietary Approaches to Stop Hypertension*), pri čemu se naglašava konzumacija hrane biljnog porijekla. U sklopu ovog načina prehrane preporučuje se visoki unos povrća, voća, orašastih plodova, cjelovitih žitarica, mahunarki, maslinova ulja i ribe, uz umjerenu konzumaciju mesa i crvenog vina. MIND dijeta pokazala se učinkovitom u smanjenju i prevenciji neurodegenerativnih promjena mozga, kao i u poboljšanju funkcije živčanog sustava te u ublažavanju kognitivnog pada povezanog s procesom starenja (Grajek et al., 2022). Osim toga, uspješnije pridržavanje principa MIND dijeta, obrnuto je povezano s depresijom, anksioznosti i štetnim utjecajem stresa (Kamrani et al., 2024). Općenito, pozitivni učinci hrane na mentalno zdravlje i kardiometaboličke čimbenike rizika rezultat su zajedničkog međudjelovanja različitih sastojaka. Činjenica da je MIND dijeta bogata raznovrsnim

voćem i povrćem, čini ju bogatom raznim mikronutrijentima poput folata, vitamina E, karotenoida i flavonoida, koji smanjuju rizik od kognitivnog pada i važni su za pravilnu funkciju živčanog sustava (Ardekani et al., 2023; Seo et al., 2024). Složeni ugljikohidrati i vitamini B skupine općenito potiču neurološke funkcije i sintezu neurotransmitera (Kennedy, 2016). Orašasti plodovi i sjemenke, bogati antioksidansima i α -linolenskom omega-3 masnom kiselinom smanjuju upalne procese, stvaranje slobodnih radikala i lipidnu peroksidaciju, čime se također smanjuje rizik od kognitivnog pada (Nishi et al., 2023). Bobičasto voće, koje je bogato antocijanima, može smanjiti oksidativni stres i koncentraciju proupalnih molekula (Lorzadeh et al., 2025), dok topljiva prehrambena vlakna i fitosteroli snižavaju koncentraciju kolesterola. Omega-3 masne kiseline smanjuju rizik od depresije, poboljšavaju endotelnu funkciju i potiču kardiometaboličko zdravlje (Grosso et al., 2014). Maslinovo ulje, izvor fenolnih spojeva i jednostruko nezasićenih masnih kiselina, može smanjiti neurološka oštećenja, kognitivni pad, koncentraciju LDL kolesterola i triglicerida te povećati razinu HDL kolesterola. Umjerena konzumacija crvenog vina, koje sadrži resveratrol, katehine, epikatehine, kvercetin, antocijanine i procijanidine, dokazano smanjuje upalne procese, indeks inzulinske rezistencije (HOMA-IR), poboljšava endotelnu funkciju i povećava koncentraciju HDL kolesterola (Köbe et al., 2017; Morkovin et al., 2024). S druge strane, prehrana bogata zasićenim masnim kiselinama i rafiniranim ugljikohidratima, osim što dovodi do neželjenog povećanja na tjelesnoj masi i pretilosti, uzrokuje i neuroinflamaciju te funkcionalne poremećaje u neuronima (López-Taboada et al., 2020). Prekomjerni unos rafiniranih ugljikohidrata može dovesti do disregulacije glikemije, što može utjecati na promjene raspoloženja time povećavajući rizik od razvoja osjećaja razdražljivosti (Witek et al., 2022). Nadalje, prerađena hrana sadrži puno aditiva i konzervansa, koji mogu negativno djelovati na funkcioniranje mozga te dodatno pogoršati simptome (Lane et al., 2022; Samuthpongton et al., 2023). Uz to, kofein je još jedna komponenta na koju treba obratiti pažnju s obzirom da prekomjerni unos kofeina može poremetiti obrasce spavanja i povećati osjećaj tjeskobe i uznemirenosti (Jacka et al., 2010; Breymeyer et al., 2016; Clark i Landolt, 2017). Općenito, dosadašnja istraživanja ukazuju na to da prehrana bogata rafiniranim ugljikohidratima i zasićenim masnim kiselinama pokazuje značajnu povezanost s pojavom kognitivnih oštećenja i emocionalnih poremećaja. Nadalje, takvi prehrambeni obrasci negativno utječu na sastav i funkciju crijevne mikrobiote te mogu posrednim putem, preko crijevno-moždane osi, narušavati neurološku funkciju i mentalno zdravlje (López-Taboada et al., 2020). Dugoročna konzumacija ovakve hrane, koja je visoko palatabilna (ukusna/jestiva), može izazvati ponašanje koje podsjeća na ovisnost o hrani, što dovodi do disregulacije rada hipotalamus-hipofiza-nadbubrežne žlijezde koja regulira stres čime se povećava rizik za razvoj mentalnih poremećaja poput tjeskobe i depresije (López-Taboada et al., 2020; Clerici et al., 2025).

Uloga crijevne mikrobiote u liječenju graničnog poremećaja ličnosti

Do danas provedena istraživanja utvrdila su da postoji povezanost između crijevne mikrobiote i mentalnih bolesti u smislu regulacije kognitivnog i emocionalnog zdravlja (Xiong et al., 2023). Poznato je da je brojnost i omjer pojedinih bakterijskih vrsta (pogotovo iz roda *Firmicutes* i *Bacteroides*) dokazano povezana s određenim mentalnim poremećajima kao što su bipolarni poremećaj, šizofrenija, ali i anksioznost i depresija (Xiong et al., 2023). S druge strane, postoje probiotici pod nazivom „psihobiotici“ koji pozitivno utječu na središnji živčani sustav (crijevno-moždana os), reguliraju moždane puteve te sintezu serotonina, a najpoznatiji su iz roda *Lactobacillus*, *Lactococcus* i *Bifidobacterium* (Magalhães-Guedes, 2022). Kada govorimo o graničnom poremećaju ličnosti, s obzirom da je riječ o osobama koje su najčešće bile izložene traumatskom događaju u ranim razdobljima života, smatra se da je utjecaj stresa na crijevu mikrobiotu imao značajnu ulogu (Borre et al., 2014). Tako je istraživanje provedeno od strane Rössler i suradnika (2022) na oboljelima koji nisu bili na farmakološkoj terapiji utvrdio viši omjer upravo *Bacteroidetes/Firmicutes* te potencijalnu disbiozu u odnosu na osobe bez dijagnoze. Uzimajući u obzir rezultate dosadašnjih istraživanja specifična psihobiotička terapija mogla bi u budućnosti postati jedna od pomoćnih strategija liječenja, uz farmakološku terapiju i odgovarajuću prehranu, osoba koje boluju od stresnih odnosno anksioznih poremećaja (Magalhães-Guedes, 2022; Jach et al., 2023). S obzirom da je dokazano da su psihobiotska svojstva koja djeluju na simptome depresije ovisna o soju, potrebno je provesti daljnja istraživanja o drugim potencijalno korisnim vrstama iz rodova kao što su *Akkermansia*, *Bacillus*, *Blautia*, *Faecalibacterium* i *Fusicatenibacterium* (Jach et al., 2023).

Zaključak

Granični poremećaj ličnosti, iako se javlja u manjem postotku populacije, ima značajan utjecaj na kvalitetu života te je često povezan s drugim mentalnim poremećajima, uključujući poremećaje u jedenju. Rano prepoznavanje simptoma i odgovarajuća terapija mogu značajno poboljšati ishode liječenja, a multidisciplinarni pristup, koji uključuje psihoterapiju i nutricionističku podršku, ključan je za uspješno liječenje. Iako su znanstvena istraživanja o utjecaju specifičnih nutrijenata na ovaj poremećaj još uvijek u začetku, čini se da specifične nutritivne intervencije smanjuju simptome. Mediteranska dijeta, odnosno MIND dijeta, zajedno s odgovarajućim medicinskim i psihološkim intervencijama, može ponuditi holistički pristup upravljanju simptomima ovog poremećaja, poboljšanju mentalnog zdravlja i kvalitete života oboljelih.

Literatura

American Psychiatric Association. (2013). Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders DSM-5-TR (5 izd.). <https://dsm.psychiatryonline.org> (pristupljeno: 28.02.2025).

Ardekani, A. M., Vahdat, S., Hojati, A., Moradi, H., Tousi, A. Z., Ebrahimzadeh, F., Farhangi, M. A. (2023). Evaluating the association between the Mediterranean-DASH Intervention for Neurodegenerative Delay (MIND) diet, mental health, and cardio-metabolic risk factors among individuals with obesity. *BMC Endocrine Disorders*, 23(1), 29.

Barber, J.P., Muran, J.C., McCarthy, K.S., Keefe, J.R. (2021). Zilcha-ManoS. Research on dynamic therapies. U: Barkham M. Castonguay LG. Lutz W. Ur. Bergin and Garfield's Handbook of Psychotherapy and Behavior Change. (7 izd.). Wiley: 387-419.

Battle, C. L., Shea, M. T., Johnson, D. M., Yen, S., Zlotnick, C., Zanarini, M. C., Sanislow, C. A., Skodol, A. E., Gunderson, J. G., Grilo, C. M., McGlashan, T. H., Morey, L. C. (2004). Childhood maltreatment associated with adult personality disorders: findings from the Collaborative Longitudinal Personality Disorders Study. *Journal of personality disorders*, 18(2), 193–211.

Borre, Y. E., O'Keefe, G. W., Clarke, G., Stanton, C., Dinan, T. G., Cryan, J. F. (2014). Microbiota and neurodevelopmental windows: implications for brain disorders. *Trends in molecular medicine*, 20(9), 509–518.

Bozzatello, P., Novelli, R., Montemagni, C., Rocca, P., Bellino, S. (2024). Nutraceuticals in Psychiatric Disorders: A Systematic Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(9), 4824.

Breymeyer, K. L., Lampe, J. W., McGregor, B. A., Neuhouser, M. L. (2016). A diet high in refined carbohydrates is associated with symptoms of depression and fatigue in women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 102(2), 454–463.

Brown, A. (2018). The Management of Eating Disorders Where There Is a Comorbid Personality Disorder. U: Morris, J., McKinlay, A. (ur.) Multidisciplinary Management of Eating Disorders. Springer, Cham.

Cattane, N., Rossi, R., Lanfredi, M., Cattaneo, A. (2017). Borderline personality disorder and childhood trauma: exploring the affected biological systems and mechanisms. *BMC psychiatry*, 17(1), 221.

Cereda, G., Enrico, P., Ciappolino, V., Delvecchio, G., Brambilla, P. (2021). The role of vitamin D in bipolar disorder: Epidemiology and influence on disease activity. *Journal of affective disorders*, 278, 209–217.

Clark, I., Landolt, H. P. (2017). Coffee, caffeine, and sleep: A systematic review of epidemiological studies and randomized controlled trials. *Sleep Medicine Reviews*, 31, 70–78.

Clerici, L., Bottari, D., Bottari, B. (2025). Gut Microbiome, Diet and Depression: Literature Review of Microbiological, Nutritional and Neuroscientific Aspects. *Current nutrition reports*, 14(1), 30.

- Dashineau, S. C., Balling, C. E., South, S. C., Zimmerman, M. (2024). Borderline Personality Disorder and Eating Disorders: Investigating the Role of Emotion Regulation. *The Journal of clinical psychiatry*, 85(3), 23m15152.
- de Aquino Ferreira, L. F., Queiroz Pereira, F. H., Neri Benevides, A., Aguiar Melo, M. C. (2018). Borderline personality disorder and sexual abuse: A systematic review. *Psychiatry research*, 262, 70–77.
- De Paoli, T., Fuller-Tyszkiewicz, M., Huang, C., Krug, I. (2020). A network analysis of borderline personality disorder symptoms and disordered eating. *Journal of Clinical Psychology*, 76(4), 787–800.
- European Food Safety Authority (2024), Dietary References Values for EU. <https://multimedia.efsa.europa.eu/drvs/index.htm> (pristupljeno: 03.03.2025).
- Fariba, K.A., Gupta, V., Kass, E. (2023). Personality Disorder. [Updated 2023 Apr 17]. U: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK556058/> (pristupljeno: 01.03.2025.).
- Friedel, R. (2004). Dopamine Dysfunction in Borderline Personality Disorder: A Hypothesis. *Neuropsychopharmacol*, 29, 1029–1039.
- Garland, J., Miller, S. (2020). Borderline personality disorder: part 1 – assessment and diagnosis. *BJPsych Advances*, 26(3), 159–172.
- Gerlach, G., Loeber, S., Herpertz, S. (2016). Personality disorders and obesity: a systematic review. *Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity*, 17(8), 691–723.
- Grajek, M., Krupa-Kotara, K., Białek-Dratwa, A., Sobczyk, K., Grot, M., Kowalski, O., Staśkiewicz, W. (2022). Nutrition and mental health: A review of current knowledge about the impact of diet on mental health. *Frontiers in Nutrition*, 9, 943998.
- Grosso, G., Galvano, F., Marventano, S., Malaguarnera, M., Bucolo, C., Drago, F., Caraci, F. (2014). Omega-3 fatty acids and depression: scientific evidence and biological mechanisms. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2014, 313570.
- Gunderson, J., Herpertz, S., Skodol, A., Torgersen, S., Zanarini, M.C. (2018). Borderline personality disorder. *Nature Reviews Disease Primers*, 4, 18029.
- Gutierrez Higuera, T., Calera Cortés, F., Montes Arjona, L., Vicent Fores, S., Sainz de la Cuesta Alonso, S., Servín López, E. D. (2023). Effectiveness of Omega-3 polyunsaturated fatty acids reducing

severe symptoms in patients diagnosed with Borderline Personality Disorder (BPD). *European Psychiatry*, 66(Suppl 1), S306.

Haigh, R. (2013). The quintessence of a therapeutic environment. *Therapeutic Communities: The International Journal of Therapeutic Communities*, 34(1), 6-15.

Heafala, A., Ball, L., Rayner, J., Mitchell, L. J. (2021). What role do dietitians have in providing nutrition care for eating disorder treatment? An integrative review. *Journal of human nutrition and dietetics : the official journal of the British Dietetic Association*, 34(4), 724–735.

Jach, M. E., Serefko, A., Szopa, A., Sajnaga, E., Golczyk, H., Santos, L. S., Borowicz-Reutt, K., Sieniawska, E. (2023). The Role of Probiotics and Their Metabolites in the Treatment of Depression. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 28(7), 3213.

Jacka, F. N., Pasco, J. A., Mykletun, A., Williams, L. J., Hodge, A. M., O'Reilly, S. L., Nicholson, G. C., Kotowicz, M. A., Berk, M. (2010). Association of Western and traditional diets with depression and anxiety in women. *The American journal of psychiatry*, 167(3), 305–311.

Johnson, J. G., Cohen, P., Kasen, S., Skodol, A. E., Oldham, J. M. (2008). Cumulative prevalence of personality disorders between adolescence and adulthood. *Acta psychiatrica Scandinavica*, 118(5), 410–413.

Kaić-Rak, A., Antoniće, K. (1990). Tablice o sastavu namirnica i pića. Zavod za zaštitu zdravlja SR Hrvatske, Zagreb.

Kamrani, F., Kachouei, A. A., Sobhani, S. R., Khosravi, M. (2024). Nourishing the mind: how the EAT-Lancet reference diet (ELD) and MIND diet impact stress, anxiety, and depression. *BMC psychiatry*, 24(1), 709.

Kennedy D. O. (2016). B Vitamins and the Brain: Mechanisms, Dose and Efficacy--A Review. *Nutrients*, 8(2), 68

Khosravi M. (2020). Eating disorders among patients with borderline personality disorder: understanding the prevalence and psychopathology. *Journal of eating disorders*, 8, 38.

Köbe, T., Witte, A. V., Schnelle, A., Tesky, V. A., Pantel, J., Schuchardt, J. P., Hahn, A., Bohlken, J., Grittner, U., Flöel, A. (2017). Impact of Resveratrol on Glucose Control, Hippocampal Structure and Connectivity, and Memory Performance in Patients with Mild Cognitive Impairment. *Frontiers in neuroscience*, 11, 105.

Kopitsyna, U. E., Grishina, T. R., Torshin, I. Y., Kalacheva, A. G., Gromova, O. A. (2015). *Zhurnal nevrologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova*, 115(11), 85–96.

- Kuo, J. R., Khoury, J. E., Metcalfe, R., Fitzpatrick, S., Goodwill, A. (2015). An examination of the relationship between childhood emotional abuse and borderline personality disorder features: the role of difficulties with emotion regulation. *Child abuse & neglect*, 39, 147–155.
- Lai, J., Moxey, A., Nowak, G., Vashum, K., Bailey, K., McEvoy, M. (2012). The efficacy of zinc supplementation in depression: systematic review of randomised controlled trials. *Journal of affective disorders*, 136(1-2), e31–e39.
- Lane, M. M., Gamage, E., Travica, N., Dissanayaka, T., Ashtree, D. N., Gauci, S., Lotfaliany, M., O'Neil, A., Jacka, F. N., Marx, W. (2022). Ultra-Processed Food Consumption and Mental Health: A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies. *Nutrients*, 14(13), 2568.
- Larsen, R.J., Buss, D.M. (2024). *Personality Psychology: Domains of Knowledge about Human Nature* (8 izd). New York: McGraw-Hill Higher Education.
- Lavigne, J. E., Gibbons, J. B. (2023). The association between vitamin D serum levels, supplementation, and suicide attempts and intentional self-harm. *PloS one*, 18(2), e0279166.
- Lazarević, J., Batinić, B., Vukosavljević-Gvozden, T. (2016). Risk factors and the prevalence of anorexia nervosa among female students in Serbia. *Vojnosanitetski pregled*, 73(1), 34–41.
- Leichsenring, F., Heim, N., Leweke, F., Spitzer, C., Steinert, C., Kernberg, O.F. (2023) Borderline Personality Disorder: A Review. *JAMA*, 329(8), 670–679.
- Lekgabe, E., Pogos, D., Sawyer, S. M., Court, A., Hughes, E. K. (2021). Borderline personality disorder traits in adolescents with anorexia nervosa. *Brain and behavior*, 11(12), e2443.
- López-Taboada, I., González-Pardo, H., Conejo, N.M. (2020). Western diet: implications for brain function and behavior. *Frontiers in Psychology*, 11, 564413.
- Lorzadeh, E., Weston-Green, K., Roodenrys, S., do Rosario, V., Kent, K., Charlton, K. (2025). The Effect of Anthocyanins on Cognition: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Clinical Trial Studies in Cognitively Impaired and Healthy Adults. *Current nutrition reports*, 14(1), 23.
- Magalhães-Guedes K. T. (2022). Psychobiotic Therapy: Method to Reinforce the Immune System. *Clinical psychopharmacology and neuroscience : the official scientific journal of the Korean College of Neuropsychopharmacology*, 20(1), 17–25.
- Mainali, P., Rai, T., Rutkofsky, I. H. (2020). From Child Abuse to Developing Borderline Personality Disorder Into Adulthood: Exploring the Neuromorphological and Epigenetic Pathway. *Cureus*, 12(7), e9474.

- McCabe, D., Lisy, K., Lockwood, C., Colbeck, M. (2017). The impact of essential fatty acid, B vitamins, vitamin C, magnesium and zinc supplementation on stress levels in women: a systematic review. *JB I database of systematic reviews and implementation reports*, 15(2), 402–453.
- Mendez-Miller, M., Naccarato, J., Radico, J. (2023). Borderline Personality Disorder. *American Family Physician*, 105(2), 156-161.
- Miller, A. E., Racine, S. E., Klonsky, E. D. (2019). Symptoms of anorexia nervosa and bulimia nervosa have differential relationships to borderline personality disorder symptoms. *Eating Disorders*, 1–14, 161–174.
- Miller, A. E., Trolio, V., Halicki-Asakawa, A., Racine, S. E. (2022). Eating disorders and the nine symptoms of borderline personality disorder: A systematic review and series of meta-analyses. *The International journal of eating disorders*, 55(8), 993–1011.
- Moritz, B., Schmitz, A. E., Rodrigues, A. L. S., Dafre, A. L., Cunha, M. P. (2020). The role of vitamin C in stress-related disorders. *The Journal of nutritional biochemistry*, 85, 108459.
- Morkovin, E., Litvinov, R., Koushner, A., Babkov, D. (2024). Resveratrol and Extra Virgin Olive Oil: Protective Agents Against Age-Related Disease. *Nutrients*, 16(24), 4258.
- Morris, J., Anderson, S. (2021). An update on eating disorders. *BJPsych Advances*, 27(1), 9–19.
- Mustač, F., Galijašević, T., Podolski, E., Matovinović, M., Marčinko, D. (2024). The presence of personality traits of borderline personality disorder in anorexia nervosa and obesity. *European Psychiatry*, 67(Suppl 1), S560–S561.
- National Food Institute, Technical University of Denmark (2024). Food Data. <https://frida.fooddata.dk/?lang=en> (pristupljeno: 03.03.2025.).
- Nishi, S. K., Sala-Vila, A., Julvez, J., Sabaté, J., Ros, E. (2023). Impact of Nut Consumption on Cognition across the Lifespan. *Nutrients*, 15(4), 1000.
- Rössler, H., Flasbeck, V., Gatermann, S., Brüne, M. (2022). Alterations of the gut microbiota in borderline personality disorder. *Journal of psychosomatic research*, 158, 110942.
- Samuthpongton, C., Nguyen, L. H., Okereke, O. I., Wang, D. D., Song, M., Chan, A. T., Mehta, R. S. (2023). Consumption of Ultraprocessed Food and Risk of Depression. *JAMA network open*, 6(9), e2334770.

- Seo, Y., Gang, G., Kim, H. K., Kim, Y., Kang, S., Kim, H., Lee, S. G., Go, G. W. (2023). Effect of MIND diet on cognitive function in elderly: a narrative review with emphasis on bioactive food ingredients. *Food science and biotechnology*, 33(2), 297–306.
- Storebø, O. J., Stoffers-Winterling, J. M., Völlm, B. A., Kongerslev, M. T., Mattivi, J. T., Jørgensen, M. S., Faltinsen, E., Todorovac, A., Sales, C. P., Callesen, H. E., Lieb, K., Simonsen, E. (2020). Psychological therapies for people with borderline personality disorder. *The Cochrane database of systematic reviews*, 5(5), CD012955.
- Tarleton, E. K., Littenberg, B., MacLean, C. D., Kennedy, A. G., Daley, C. (2017). Role of magnesium supplementation in the treatment of depression: A randomized clinical trial. *PloS one*, 12(6), e0180067.
- Tomko, R.L., Trull, T.J., Wood, P.K., Sher, K.J. (2014). Characteristics of borderline personality disorder in a community sample; comorbidity, treatment utilization, and general functioning. *Journal of personality disorders*, 28(5), 734–750.
- Winsper, C., Bilgin, A., Thompson, A., Marwaha, S., Chanen, A. M., Singh, S. P., Wang, A., Furtado, V. (2020). The prevalence of personality disorders in the community: a global systematic review and meta-analysis. *The British journal of psychiatry: the journal of mental science*, 216(2), 69–78.
- Winsper, C., Marwaha, S., Lereya, S.T., Thompson, A., Eyden, J., Singh, S. P. (2015) Clinical and psychosocial outcomes of borderline personality disorder in childhood and adolescence: a systematic review. *Psychological medicine*, 45(11), 2237–2251.
- Witek, K., Wydra, K., Filip, M. (2022). A High-Sugar Diet Consumption, Metabolism and Health Impacts with a Focus on the Development of Substance Use Disorder: A Narrative Review. *Nutrients*, 14(14), 2940.
- Wright, A. G. C., Zalewski, M., Hallquist, M. N., Hipwell, A. E. Stepp, S. D. (2016) Developmental trajectories of borderline personality disorder symptoms and psychosocial functioning in adolescence. *Journal of personality disorders*, 30, 351–372.
- Xiong, R. G., Li, J., Cheng, J., Zhou, D. D., Wu, S. X., Huang, S. Y., Saimaiti, A., Yang, Z. J., Gan, R. Y., Li, H. B. (2023). The role of gut microbiota in anxiety, depression, and other mental disorders as well as the protective effects of dietary components. *Nutrients*, 15(14), 3258.
- Ye, M., Yang, X., Yan, J., Yao, Y., Lv, H., Yue, Z., Lin, X., Qian, C., Liu, Z. (2025). Causal relationship between B vitamins and neuropsychiatric disorders: A systematic review and meta-analysis. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 170, 106068.

Yosae, S., Clark, C. C. T., Keshtkaran, Z., Ashourpour, M., Keshani, P., Soltani, S. (2022). Zinc in depression: From development to treatment: A comparative/ dose response meta-analysis of observational studies and randomized controlled trials. *General hospital psychiatry*, 74, 110–117.

Zimmerman, M. (2023). Overview of personality disorders. In Merck Manual Professional Version. Merck & Co. <http://www.merckmanuals.com/professional/psychiatric-disorders/personality-disorders/overview-of-personality-disorders> (pristupljeno: 01.03.2025.).

Zimmerman, M., Becker, L. (2023). The hidden borderline patient: patients with borderline personality disorder who do not engage in recurrent suicidal or self-injurious behavior. *Psychological medicine*, 53(11), 5177–5184.

Primljeno: 31. ožujka 2025. godine

Received: March 31, 2025

Prihvaćeno: 28. lipnja 2025. godine

Accepted: June 28, 2025

Alohtone i invazivne biljne vrste u hrvatskoj rasadničarskoj proizvodnji

Non-native and invasive plant species in the Croatian nursery production

Mara Marić^{1*}, Jana Anić², Ana Auguštin², Maša Barbić², Dora Bazjak², Una Bedaić², Boris Dorbić³, Ivana Paladin Soče¹, Domagoj Ivan Žeravica¹, Jelena Baule¹, Ivana Vitasović Kosić²

stručni rad (professional paper)

doi: 10.32779/gf.8.1-2.5

Citiranje/Citation⁴

Sažetak

Hrvatska ima više od 150 godina dugu tradiciju rasadničarske proizvodnje hortikulturnog ukrasnog bilja. Tijekom posljednjih desetljeća, razvoj ove djelatnosti bio je pod utjecajem gospodarskih prilika i uvoza biljnog materijala iz zemalja Europske unije s razvijenim rasadničarstvom, osobito Italije i Nizozemske. Korištenje sredstava iz Programa ruralnog razvoja posljednjih je godina omogućilo modernizaciju proizvodnje. Cilj ovog istraživanja bio je analizirati sortiment sadnog materijala u 11 rasadnika – dva u kontinentalnom i devet u primorskom dijelu Hrvatske. Ukupno je analizirano 729 svojti s obzirom na autohtonost, alohtonost i invazivnost. U primorskoj Hrvatskoj zabilježeno je 15,6 % autohtonih i 84,4 % alohtonih svojti, od kojih je 1,3 % invazivno. U kontinentalnom dijelu udio autohtonih iznosi 20 %, alohtonih 80 %, uz 4,3 % invazivnih vrsta. Prema habitusu, u primorskim rasadnicima prevladavaju grmlje (34,5 %) i drveće (31,9 %), dok u kontinentalnima dominiraju drveće (38,3 %) i grmlje (37,4 %). Među najzastupljenijim autohtonim vrstama izdvajaju se *Cupressus sempervirens* L. i *Lavandula angustifolia* Mill., dok su među alohtonima najčešće *Abelia × grandiflora* (Rovelli ex André) Rehder i *Lagerstroemia indica* L. Rezultati ukazuju na ograničenu zastupljenost autohtonih vrsta i prisutnost invazivnih, što naglašava potrebu za poticanjem domaće proizvodnje i većim uključivanjem autohtonog biljnog materijala u rasadničarsku ponudu.

¹ Sveučilište u Dubrovniku, Zavod za mediteranske kulture, Marka Marojice 4, 20 000 Dubrovnik, Republika Hrvatska.

*E-mail: mara.marić@unidu.hr (dopisna autorica)

² Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska 25, Zagreb, Republika Hrvatska.

³ Sveučilište u Splitu, Samostalni studij Mediteranska poljoprivreda, Ruđera Boškovića 31, 21000 Split, Republika Hrvatska.

⁴ Marić, M., Anić, J., Auguštin, A., Barbić, M., Bazjak, D., Bedaić, U., Dorbić, B., Paladin Soče, I., Žeravica, D. I., Baule, J., Vitasović Kosić, I. (2025). Alohtone i invazivne biljne vrste u hrvatskoj rasadničarskoj proizvodnji. *Glasilo Future*, 8(1-2), 60–72. <https://doi.org/10.32779/gf.8.1-2.5> / Marić, M., Anić, J., Auguštin, A., Barbić, M., Bazjak, D., Bedaić, U., Dorbić, B., Paladin Soče, I., Žeravica, D. I., Baule, J., Vitasović Kosić, I. (2025). Non-native and invasive plant species in the Croatian nursery production. *Glasilo Future*, 8(1-2), 60–72. <https://doi.org/10.32779/gf.8.1-2.5>

Ključne riječi: rasadnička proizvodnja, Hrvatska, autohtone – alohtone biljke, udomaćene i neudomaćene biljke, invazivne biljke, ukrasno bilje, bioraznolikost.

Abstract

Croatia has a nursery production tradition of ornamental horticultural plants that spans more than 150 years. In recent decades, the development of this sector has been influenced by economic conditions and the import of plant material from European Union countries with developed nursery industries, especially Italy and the Netherlands. The use of funds from the Rural Development Programme in recent years has enabled the modernization of production. The aim of this research was to analyze the assortment of planting material in 11 nurseries – two located in continental Croatia and nine in the coastal region. A total of 729 taxa were analyzed with respect to their nativeness, non-nativeness, and invasiveness. In coastal Croatia, 15.6 % of the taxa were native and 84.4 % non-native, of which 1.3 % were invasive. In the continental part, the share of native taxa was 20 %, non-native 80 %, with 4.3 % being invasive species. In terms of growth habit, shrubs (34.5 %) and trees (31.9 %) prevailed in coastal nurseries, while trees (38.3 %) and shrubs (37.4 %) dominated in continental nurseries. Among the most common native species were *Cupressus sempervirens* L. and *Lavandula angustifolia* Mill., whereas the most frequently represented non-native species were *Abelia* × *grandiflora* (Rovelli ex André) Rehder and *Lagerstroemia indica* L. The results indicate a limited presence of native species and the occurrence of invasive ones, highlighting the need to encourage domestic production and to increase the inclusion of native plant material in nursery offerings.

Key words: nursery production, Croatia, Autochthonous – allochthonous, Native – non-native, invasive plants, ornamental plants, biodiversity.

Uvod

Hrvatska ima više od 150 godina dugu tradiciju rasadničarske proizvodnje hortikulturnog ukrasnog materijala. Rasadničarska proizvodnja ima ključnu ulogu u očuvanju bioraznolikosti te poticanju uzgoja autohtonih svojiti krajobraza urbanih i ruralnih prostora. Na proces razvoja rasadničarstva uvelike su utjecale različite gospodarske prilike u zemlji, pa su stoga ovu djelatnost obilježile podjednako i faze stagnacije i faze razvoja. Povećani uvoz ukrasnog sadnog materijala je razvidan i danas, kao i pred 30 godina (Vinceljak-Toplak et al., 1993). Hrvatska flora obuhvaća preko 4990 vrsta i podvrsta, što predstavlja ključan resurs za razvoj ukrasne hortikulture i smanjenje ovisnost o introdukciji stranih vrsta (Karlović et al., 2019). O značaju autohtonih vrsta u hortikulturne namjene potrebno je istaknuti dr. Salu Ungar koja je već 60-ih i 70-ih godina 20. stoljeća objavila više radova iz spomenute problematike (Vršek i Kurtela, 1995), a o mogućnostima komercijalnog uzgoja i primjeni autohtonih vrsta u ukrasnoj hortikulturi raspravljali su i brojni drugi autori (Vršek i Kurtela, 1995; Hajoš et al., 2003; Rosavec et al., 2005; Židovec i Karlović, 2005; Dorbić et al., 2020, Marić et al., 2024, i dr.).

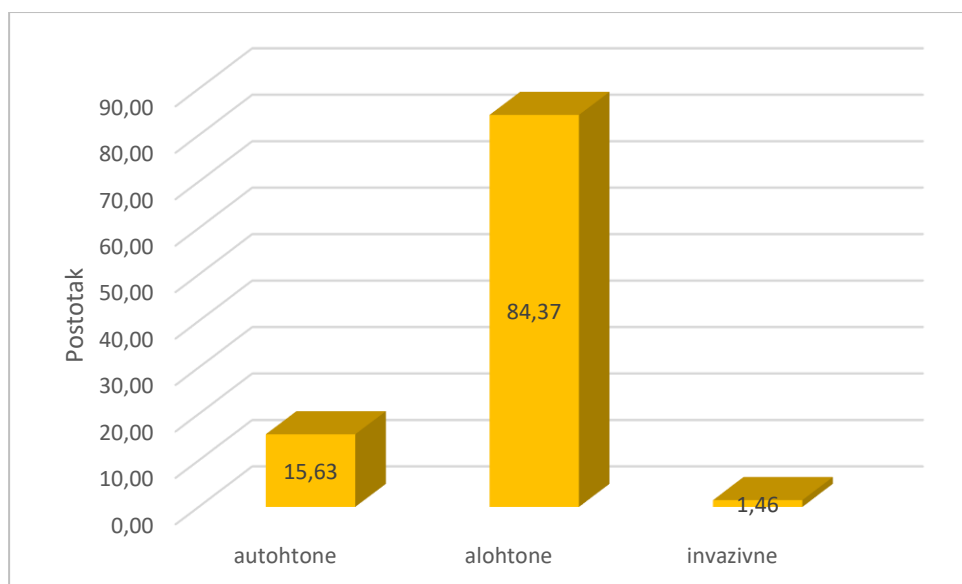
Autohtone ili zavičajne biljne vrste definiraju se kao one koje prirodno rastu na području Hrvatske, bez utjecaja ili posredovanja čovjeka, a njihova prisutnost rezultat je prirodnih čimbenika. Alohtone ili strane biljne vrste unesene su na područje Hrvatske, bilo namjerno ili slučajno, gdje prethodno nisu bile prisutne (Nikolić et al., 2014). One su sve prisutne na našim zelenim površinama, kao i invazivne, koje su od građana, u nekim slučajevima vrlo dobro percipirane (Dorbić et al., 2017, 2018). Također, zbog promjena klimatskih uvjeta i povećanih zahtjeva tržišta, rasadničarska proizvodnja sve više teži uzgoju vrsta koje su prilagodljive, ekološki prihvatljive i tržišno isplative (Drvodelić et al., 2020). Slobodno tržište uvelike je doprinijelo i uvozu cjenovno prihvatljivijeg hortikulturnog materijala iz EU zemalja s razvijenom rasadničarskom industrijom. Recentne mogućnosti korištenja potpora iz Programa ruralnog razvoja, omogućila su osuvremenjivanje hrvatske rasadničarske proizvodnje. Upravo zbog toga dolazi do problema, alohtone vrste počinju poprimati oblike invazivnosti, a kako bi se spriječile njihove negativne posljedice, Ministarstvo zaštite okoliša i zelene tranzicije uvodi „Pravilnik o crnim i bijelim listama stranih vrsta“ (NN 13/24). Uvođenje ovih lista u Hrvatskoj ima za cilj učinkovito sprječavanje negativnih utjecaja stranih vrsta i poticanje održivog korištenja onih vrsta koje su sigurne. Prema pravilniku (Narodne novine, br. 15/18 i 14/19), crne liste obuhvaćaju invazivne strane vrste koje, izazivaju zabrinutost za bioraznolikost, ekosustave, zdravlje ljudi i gospodarstvo te su zbog toga zabranjene za uzgoj, distribuciju i unošenje. Bijele liste definiraju strane vrste koje su dopuštene za komercijalno korištenje i uzgoj pod kontroliranim uvjetima jer ne predstavljaju ekološki rizik te se mogu stavljati na tržište ili uzgajati u kontroliranim uvjetima bez dopuštenja Ministarstva.

Ciljevi ovog rada bili su istražiti postojeću raznolikost ponude biljnog materijala u hrvatskim rasadnicima, udjele alohtonih i autohtonih vrsta, utvrditi prisutnosti invazivnih vrsta te istaknuti značaj proizvodnje autohtonih dendroloških vrsta i popularizirati njihovu primjenu.

Materijali i metode

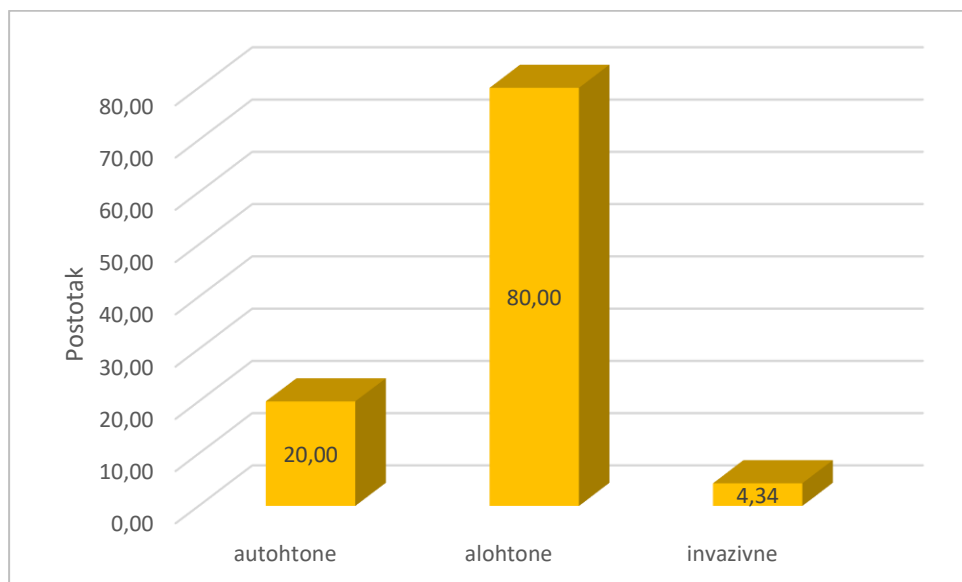
U radu su analizirana obilježja rasadničarske proizvodnje hortikulturnog ukrasnog biljnog materijala u Hrvatskoj s ciljem utvrđivanja opsega raznolikosti ponude, udjela autohtonih i alohtonih svojta u ponudi, kao i onih invazivnih. Analizirano je ukupno 11 rasadnika koje karakterizira veća proizvodnja dendrološkog materijala, a birani su pregledom mrežnih stranica većih proizvođača. Istraživani rasadnici su s područja kontinentalne (2) i primorske Hrvatske (9). Rasadnici su označeni u istraživanju skraćenim nazivom: R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10 i R11. Svi rasadnici su imali odgovarajuće dozvole za komercijalnu prodaju i uzgoj biljaka u skladu s važećim zakonodavstvom. Naglasak u istraživanju je bio na rasadnicima iz primorske Hrvatske, s obzirom na turističku orijentaciju obalnog dijela zemlje i veću potražnju prema hortikulturnom materijalu. Prijedlozi za hrvatske nacionalne standarde u terminologiji i kriterijima za tretiranje alohtone flore uključeni su u skupinu 'Alohtone biljke' unutar baze podataka Flora Croatica Database. Nomenklatura svojti izvršena je prema Flora Croatica Database (Nikolić ur., 2025) i World Flora Online (WFO, <https://wfoplantlist.org/>).

Rezultati i diskusija



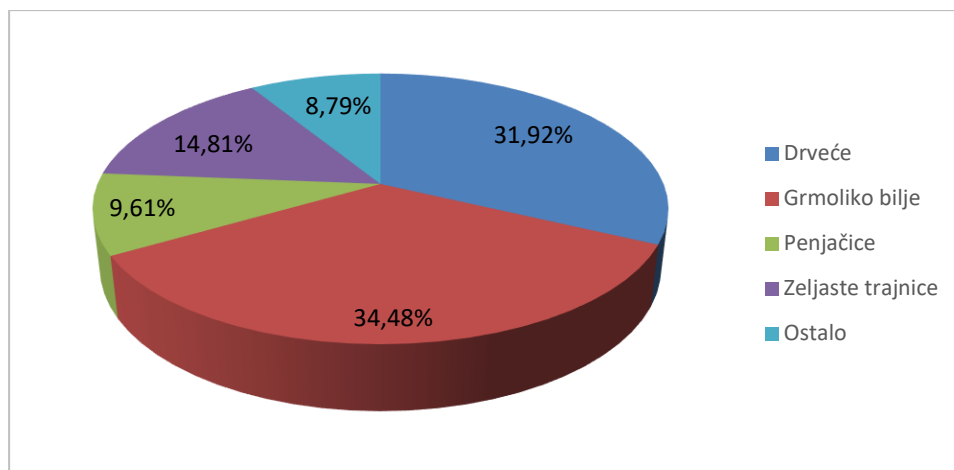
Slika 1. Odnos autohtonih, alohtonih i invazivnih biljnih vrsta u rasadnicima primorske Hrvatske u postotcima

Figure 1. The ratio of native, non-native and invasive plant species in nurseries of coastal Croatia (in percentages)

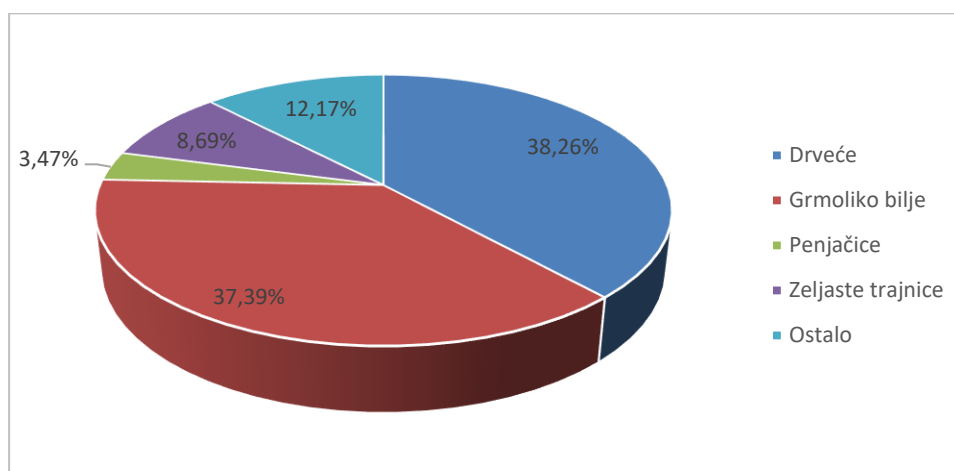


Slika 2. Odnos autohtonih, alohtonih i invazivnih biljnih vrsta u rasadnicima kontinentalne Hrvatske u postotcima

Figure 2. The ratio of native, non-native and invasive plant species in nurseries of continental Croatia (in percentages)



Slika 3. Prikaz zastupljenosti biljaka prema habitusu u rasadnicima primorske Hrvatske
Figure 3. Plant representation according to habitus in nurseries of coastal Croatia



Slika 4. Prikaz zastupljenosti biljaka prema habitusu u rasadnicima primorske Hrvatske
Figure 4. Plant representation according to habitus in nurseries of coastal Croatia

Ukupno je analizirano 729 svojti, od čega 614 pripada primorskom dijelu Hrvatske, a preostalih 115 kontinentalnom dijelu. Analiziran je udio autohtonih, alohtonih i invazivnih biljnih svojti pojedinačno po svakom rasadniku. Analizirana je struktura proizvodnje. Utvrđeno je da je u ukupnoj ponudi rasadnika u primorskom dijelu Hrvatske 15,6 % autohtonih, 84,4 % alohtonih, od kojih 1,3 % invazivnih biljnih vrsta (slika 1). U kontinentalnom dijelu je utvrđeno u ponudi 20 % autohtonih, 80 % alohtonih od čega 4,3 % invazivnih biljnih vrsta.

Prema habitusu biljaka rasadničarsku proizvodnju u primorskoj Hrvatskoj čini: 31,9 % drveće, 34,5 % grmolike biljke, 14,8 % zeljaste trajnice, 9,6% penjačice te 8,8 % ostale vrste bilja u koje smo ubrojili jednogodišnje biljke, trave i vodene biljke (slika 2).

U kontinentalnoj Hrvatskoj prema habitusu rasadničarsku proizvodnju čini: 38,3 % drveće, 37,4 % grmlje, 8,7 % zeljaste trajnice, 3,5 % penjačice i 12,2 % ostale vrste u koje smo ubrojili jednogodišnje biljke, trave i vodene biljke (slika 3).

Od tog broja, u primorskoj Hrvatskoj vazdazelene vrste čine 54,71 %, a listopadne 45,27 %, dok u kontinentalnoj Hrvatskoj vazdazelene vrste čine 49,57 %, a listopadne 50,43 %.

Najučestalije autohtone biljne vrste, koje su zajedničke svim analiziranim rasadnicima su: vazdazeleni čempres - *Cupressus sempervirens* L., javor mliječ - *Acer platanoides* L., bršljan - *Hedera helix* L., obična božikovina - *Ilex aquifolium* L., smokva - *Ficus carica* L., obični orah - *Juglans regia* L., lovor - *Laurus nobilis* L. (slika 5), lavanda - *Lavandula angustifolia* Mill., obična mirta - *Myrtus communis* L. i oleander - *Nerium oleander* L. (slika 6, tablica 1).



Slika 5. *Laurus nobilis* L. Čilipi (Baule, J. 2024)
Figure 5. *Laurus nobilis* L. Čilipi (Baule, J. 2024)

Tablica 1. Najučestalije autohtone (AU) i alohtone biljne (AL) vrste u analiziranim rasadnicima u Hrvatskoj

Table 1. The most common autochthonous (AU) and allochthonous (AL) plant species in analyzed nurseries in Croatia

Naziv biljne vrste	AU/ AL	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11
<i>Abelia grandiflora</i> (Rovelli ex André) Rehder	AL	-	+	+	-	-	+	-	+	+	-	+
<i>Acer platanoides</i> L.	AU	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-
<i>Cupressus sempervirens</i> L.	AU	-	-	+	-	+	+	+	-	-	+	+
<i>Euonymus japonicus</i> Thunb.	AL	-	-	+	-	+	+	+	+	-	-	+
<i>Ficus carica</i> L.	AU	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+
<i>Gravillea rosmanifolia</i> A.Cunn.	AL	-	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+
<i>Hedera helix</i> L.	AU	+	-	+	+	-	+	+	+	+	-	+
<i>Ilex aquifolium</i> L.	AU	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+
<i>Jasminum nudiflorum</i> Lindl.	AL	-	+	+	+	-	+	-	+	+	-	+
<i>Juglans regia</i> L.	AU	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+
<i>Lagostremia indica</i> L.	AL	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+
<i>Lantana camara</i> L.	AL	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+
<i>Laurus nobilis</i> L.	AU	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.	AU	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+
<i>Ligustrum japonicum</i> Thunb.	AL	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+
<i>Ligustrum ovalifolium</i> Hassk.	AL	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	+
<i>Lonicera nitida</i> E.H.Wilson	AL	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-
<i>Myrtus communis</i> L.	AU	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+
<i>Nerium oleander</i> L.	AU	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+



Slika 6. *Nerium oleander* L. u rasadniku Čibača (Baule, J. 2024)
Figure 6. *Nerium oleander* L. (Baule, J. 2024)

Od alohtonih biljaka najčešće se u ponudi nalaze abelija - *Abelia grandiflora* (Rovelli ex André) Rehder, indijski jorgovan - *Lagerstroemia indica* L., japanska kalina - *Ligustrum japonicum* Thunb., grevilea - *Grevillea rosmarinifolia* A.Cunn., zimski jasmin - *Jasminum nudiflorum* Lindl., lantana - *Lantana camara* L. (slika 7), kozokrvina - *Lonicera nitida* E.H.Wilson, japanska kukrika - *Euonymus japonicus* Thunb. i okruglolisna kalina - *Ligustrum ovalifolium* Hassk. (tablica 1, slika 8).



Slika 7. *Lantana camara* L. na aerodromu Čilipi (Baule, J. 2024)
Figure 7. *Lantana camara* L. at Čilipi airport (Baule, J. 2024)



Slika 8. *Ligustrum ovalifolium* Hassk., Srebreno (Baule, J. 2024)
Figure 8. *Ligustrum ovalifolium* Hassk., Srebreno (Baule, J. 2024)

Invazivne vrste imaju značajan utjecaj na lokalne ekosustave, često istiskujući izvorne vrste i mijenjajući prirodne obrasce staništa (Dujmović Purgar et al., 2021). Zbog toga je potrebno skrenuti pažnju na njihovu prisutnost u ponudi u hrvatskih rasadnika, što je protuzakonito (NN 15/18, NN 14/19, NN 13/24). Invazivne biljne vrste zabilježene u analiziranim rasadnicima Hrvatske su: *Acer negundo* L., *Bidens frondosa* L., *Broussonetia papyrifera* (L.) Vent., *Carpobrotus edulis* (L.) N.E.Br. in Phillips (slika 9), *Datura innoxia* Mill., *Impatiens balfourii* Hook.f., *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill., *Oxalis pes-caprae* L., *Parthenocissus quinquefolia* (L.) (slika 10), Planchon, *Robinia pseudoacacia* L. i *Tagetes minuta* L. i naturalizirana *Melia azedarach* L.



Slika 9. *Carpobrotus edulis* (L.) N.E.Br, Rijeka dubrovačka (Baule, J. 2024)
Figure 9. *Carpobrotus edulis* (L.) N.E.Br, Rijeka dubrovačka (Baule, J. 2024)



Slika 10. *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Lopud (Baule, J. 2024)

Figure 10. Parthenocissus quinquefolia (L.) Lopud (Baule, J. 2024)

U okviru provedenog istraživanja analiziran je udio invazivnih biljnih vrsta u ponudi rasadnika u Hrvatskoj, pri čemu su rasadnici podijeljeni u dvije regionalne skupine – kontinentalnu i primorsku. Kontinentalni dio obuhvaća dva rasadnika, u kojima je zabilježen prosječan postotak invazivnih vrsta od 4,34 %. S druge strane, primorskom dijelu pripada čak devet rasadnika, prosječan udio invazivnih vrsta iznosio 1,46 %.

Dobiveni rezultati ukazuju na to da su invazivne biljne vrste znatno prisutnije u kontinentalnom dijelu Hrvatske nego u primorskom, što može biti povezano s različitim klimatskim uvjetima, navikama nabave biljnog materijala te širim distribucijskim mrežama koje su prisutne u urbanim sredinama kontinenta.

Preliminarni popis invazivnih stranih biljnih vrsta u Hrvatskoj sastoji se od 82 svojte te je javno dostupan online na <https://hirc.botanic.hr/fcd/InvazivneVrste/> (Nikolić, ur., 2025). Na temelju proučavanja ukrasnih invazivnih biljnih vrsta Hrvatske uočeno je kako su se sjeverozapadnom Hrvatskom te Slavonijom proširile biljke koje najčešće izvorno potječu s područja Sjeverne Amerike, dok u Dalmaciji nailazimo na ukrasne invazivne vrste koje najčešće potječu iz Južne Amerike i Meksika (Dujmović Purgar et al., 2021).

Zaključak

Hrvatska flora ima iznimno bogat resurs za razvoj ukrasne hortikulture, dok raznolikost ekoloških uvjeta omogućuje prilagodbu alohtonih biljaka. Povećanjem svijesti o značaju autohtonih vrsta i uvođenjem učinkovitih mjera za kontrolu invazivnih vrsta može se doprinijeti održivoj i odgovornoj proizvodnji.

Analiza 11 rasadnika u Hrvatskoj otkriva značajnu prisutnost alohtonih biljnih vrsta u rasadničarskoj proizvodnji, koje čine 84,4 % u obalnim regijama i 80% u kontinentalnim područjima. Invazivne vrste su identificirane u manjem postotku, ali i dalje predstavljaju potencijalni ekološki rizik. Stoga je važnost pravilne regulacije tržišta hortikulturnog materijala kako bi se spriječilo daljnje širenje invazivnih vrsta i osigurao održivi razvoj rasadničarske proizvodnje u Hrvatskoj. Vlasnici i upravitelji rasadnika bi trebali redovito analizirati ponudu biljnog materijala rasadnika, a koja treba biti usklađena sa zakonodavnim okvirom, odnosno pravovremeno uklanjati invazivne biljke iz ponude.

Udio autohtonih biljaka u analiziranim hrvatskim rasadnicima je izuzetno nizak, što ukazuje na potrebu za sustavnim povećanjem njihove zastupljenosti u rasadničarskoj ponudi. Popularizacija i šira primjena autohtonih biljnih vrsta ključni su za očuvanje prirodne bioraznolikosti te osiguranje dugoročne održivosti domaće rasadničarske industrije. Edukacijom i promicanjem njihovih prednosti može se dodatno potaknuti njihova integracija u hortikulturu te primjenu u krajobraznom oblikovanju.

Literatura

Boršić, I., Milović, M., Dujmović, I., Bogdanović, S., Cigić, P., Rešetnik, I., Nikolić, T., Mitić, B. (2008). Preliminary check-list of invasive alien plant species (IAS) in Croatia. *Natura Croatica*, 17(2), 55–71.

Dorbić, B., Kokić, M., Friganović, E., Španjol, Ž., Temim, E. Vujošević, A. (2020). Percepcije i stavovi o ukrasnim karakteristikama i primjeni odabranih zaštićenih biljnih vrsta (por. Caryophyllaceae, Iridaceae, Liliaceae i Ranunculaceae). *Agronomski glasnik*, 82(1-2), 17-40. <https://doi.org/10.33128/ag.82.1-2.2>

Dorbić, B., Vučemilović Agić, B., Friganović, E., Pamuković, A., Temim, E., Hadžiabulić, A. (2017). Biološke, ekološke i krajobrazne karakteristike bagrema (*Robinia pseudoacacia* L.) s primjenom na zelenim površinama grada Knina. *Pomologia Croatica*, 21(3-4), 191-206. <https://doi.org/10.33128/pc.21.3-4.7>

Dorbić, B., Buač, N., Friganović, E., Temim, E., Nanjara, Lj., Hadžiabulić, A., Simovski, B. (2018). biološke, ekološke i ukrasne karakteristike javora negundovca (*Acer negundo* L.) s primjenom na krajobraznim površinama grada Knina. *Agronomski glasnik*, 80(4), 239-256. <https://doi.org/10.33128/ag.80.4.1>

Drvodelić, D., Oršanić, M., Grahovac-Tremški, M. (2020). Rasadnička proizvodnja šumskih voćkarica u rasadnicima Hrvatskih šuma d.o.o. *Šumarski list*, 144(11–12), 597–606. <https://doi.org/10.31298/sl.144.11-12.7>

Dujmović Purgar, D., Domljanović, M., Paulić, A., Štura, M. (2021). Ukrasna vrijednost invazivnih biljnih vrsta Hrvatske. *Glasilo Future*, 4(5–6), 10 - 22.

Hajoš, D., Vršek, I., Karlović, K., Židovec, V., Morić, S. (2003). Komercijalni uzgoj samoniklih biljnih vrsta, mjera ex situ očuvanja. *Sjemenarstvo*, 20(1-2), 37-45.

Đodan, M., Brus, R., Eisold, A.-M., Nicolescu, V.-N., Oršanić, M., Pratasienė, K., Perić, S. (2021). Non-native tree species in the viewpoint of climate change: Chances and opportunities – Croatia as a case study. *Šumarski list*, 145(1–2), 15–28.

Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (HAOP). (n.d.). Crna i bijela lista invazivnih vrsta. Preuzeto 9. siječnja 2025. s <https://invazivnevrste.haop.hr/crna-i-bijela-lista>

Hrvatski institut za biološku raznolikost. (2024.). *Invazivne vrste*. Pristupljeno 16. siječnja 2025. s <https://hirc.botanic.hr/fcd/InvazivneVrste/>

Karlović, K., Hodja, M., Kremer, D. (2019). Uvođenje hrvatskih samoniklih vrsta u hortikulturu – primjer hrvatske bresine (*Micromeria croatica* (Pers.) Schott). *Zbornik radova Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu*, 261–272.

Marić, M., Žeravica, D.I., Paladin Soče, I. i Vitasović-Kosić, I. (2024). Nova potencijalno invazivna vrsta u flori Hrvatske - *Diospyros virginiana* L. (virginijski dragun). *Šumarski list*, 148 (7-8), 351-352. <https://doi.org/10.31298/sl.148.7-8.2>.

Mitić, B., Boršić, I., Dujmović, I., Bogdanović, S., Milović, M., Cigić, P., Rešetnik, I., Nikolić, T. (2008). Alien flora of Croatia: Proposals for standards in terminology, criteria and related database. *Natura Croatica*, 17(2), 73–90.

Nikolić T. ur. (2025). Flora Croatica Database (URL <http://hirc.botanic.hr/fcd>). Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Nikolić, T., Mitić, B., Boršić, I. (2014). *Flora Hrvatske: invazivne biljke*. Zagreb: ALFA d.d.

Pravilnik o crnoj i bijeloj listi stranih vrsta. (2024). *Narodne novine*, br. 13/2024. Pristupljeno 9. siječnja 2025. s https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2024_02_13_245.html

Rosavec, R., Barčić, D., Španjol, Ž. (2005). Autohtone drvenaste vrste kao element naših mediteranskih urbanih zelenih površina. *Agronomski glasnik*, 67(2-4), 121-151.

Mara Marić, Jana Anić, Ana Auguštin, Maša Barbić, Dora Bazjak, Una Bedaić, B. Dorbić, ..., Ivana Vitasović Kosić / Alohtone i invazivne biljne vrste u ... / Glasilo Future (2025) 8 (1-2) 60–72

Vinceljak-Toplak, M., Kurtela, M., Vršek, I. (1993). Past development and present day situation in nurseries and seed production of decorative plants in croatia. *Sjemenarstvo*, 10(6), 457-462.

Vršek, I., Kurtela, M. (1995). Razvojna istraživanja novih vrsta u cvjećarskoj proizvodnji. *Sjemenarstvo*, 12(6), 465-469.

World Flora Online (WFO) <https://wfoplantlist.org/>), Pristupljeno 16. siječnja 2025.

Židovec, V., Karlović, K. (2005). Primjena autohtonog bilja u uređenju gradskog prostora. *Agronomski glasnik*, 67(2-4), 151-158

Primljeno: 6. svibnja 2025. godine

Received: May 6, 2025

Prihvaćeno: 28. lipnja 2025. godine

Accepted: June 28, 2025

Nagrade Udruga Futura u 2025. godini

Awards of the Association Futura in the year 2025

Boris Dorbić^{1*}

društvene vijesti i obavijesti (social news and announcements)

I ove godine Udruga Futura dodjeljuje nagrade osobama koje su unaprijedile rad Udruge.

U nastavku dajemo popis nagrađenih osoba. Dobitnicama čestitamo na zasluženim priznanjima!

SREBRNA NAGRADA

Za opće priznatu djelatnost, kojom su dolje navedene osobe znatno pridonijele razvoju Futura i to za rezultate postignute tijekom posljednje 2 godine.

Doc. dr. sc. Mladenka Šarolić – Sveučilište u Splitu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zavod za prehrambenu tehnologiju i biotehnologiju.

Doc. dr. sc. Jasna Hasanbegović Sejfić – Univerzitet „Džemal Bijedić“ u Mostaru, Agromediteranski fakultet.

U Šibeniku, 02. lipnja 2025.

Predsjednik Udruga:

izv. prof. dr. sc. Boris Dorbić

¹ Udruga Futura Šibenik, Bana Josipa Jelačića 13 a, 22000 Šibenik, Republika Hrvatska.

* E-mail: boris@gazette-future.eu

Upute autorima

Stručno znanstveni časopis Futura objavljuje znanstvene i stručne radove iz biotehničkih znanosti (poljoprivrede, šumarstva, drvne tehnologije, prehrambene tehnologije, nutricionizma, biotehnologije i interdisciplinarne biotehničke znanosti) kao i društvene vijesti, bibliografije, zatim prikaze knjiga i radova, popularne znanstvene radove, polemike i dr. Objavljuju se samo radovi koji nisu drugdje predani za objavljivanje, niti objavljeni. Znanstveni radovi se kategoriziraju: – izvorni znanstveni rad (original scientific paper) – pregledni znanstveni rad (scientific review) – prethodno priopćenje (preliminary communication) – konferencijsko priopćenje (conference paper) – rad prethodno prezentiran na konferenciji. Radove recenziraju dva ili više znanstvenika iz odgovarajućeg područja. Rad ne smije imati više od 17 tipkanih stranica, veličina slova 11, font Times New Roman, prored 1,5, margine 2,5. Izuzetno, uz odobrenje uredništva, neki interdisciplinarni ili uredništvu interesantni radovi mogu sadržavati do 25 ili više tipkanih stranica. Rukopisi se predaju u elektroničkom obliku na hrvatskom ili engleskom jeziku (e-mail: urednistvo@gazette-future.eu).

Izvorni znanstveni rad treba sadržavati: puna imena i prezimena autora s nazivima institucija, adresom i e-poštom u bilješkama – font 10, naslov, sažetak, abstract, uvod, materijale i metode, rezultate istraživanja, diskusiju, zaključak i literaturu – font 12 podebljano za naslove. Radovi napisani na engleskom jeziku se predaju bez naslova na hrvatskom jeziku i hrvatskog sažetka.

Naslov rada treba biti što kraći, na hrvatskom i engleskom jeziku. Kategoriju rada predlažu autori, a potvrđuju recenzenti i glavni urednik.

Sažetak treba sadržati opći prikaz, metodologiju, rezultate istraživanja i zaključak. Rad je potrebno pisati u trećem licu s min. 3 do 5 ključnih riječi. Obim sažetka ne bi smio biti veći od 250 riječi. Abstract je prijevod sažetka s ključnim riječima.

Uvod treba sadržavati što je do sada istraživano i što se željelo postići danim istraživanjem. Materijale i metode istraživanja treba ukratko izložiti. U rezultatima i diskusiji (raspravi) potrebno je voditi računa da se ne ponavlja iznijeto. U zaključcima je potrebno izložiti samo ono što pruža kratku i jasnu predstavu istraživanja. Literaturu treba poredati prema abecednom redu autora i to: prezime i početno slovo imena autora ili Anonymous (nepoznat autor), godina izdanja u zagradama, naslov knjige ili članka, naziv časopisa te broj ili godište, kao i mjesto izdavanja i oznaku stranica od–do. Više od deset autora se u literaturi navodi kao npr. Prezime et al. (2018). Fusnote u radu treba izbjegavati ili eventualno koristiti za neka pojašnjenja. Autori se u tekstu citiraju sukladno APA standardu npr. (Prezime, 2018); (Prezime1 i Prezime2, 2016); (Prezime et al., 2018) (više od dva autora). Citate prate navodnici („n“) i stranica preuzimanja citiranog teksta (Prezime, 2018, str. 44).

Tablice se numeriraju i navode iznad na hrvatskom i u kurzivu na engleskom jeziku.

Slike se numeriraju i navode ispod na hrvatskom i u kurzivu na engleskom jeziku.

Rezolucija slika (grafikon, fotografija, crtež, ilustracija, karta) treba iznositi najmanje 300 dpi.



Fotografija: Vinova loza, Jurlinovi dvori, Primošten Burnji, 2025.

Autor: Boris Dorbić.