

UNIVERZITET U BEOGRADU

FAKULTET VETERINARSKE MEDICINE

Katedra za higijenu i tehnologiju namirnica animalnog porekla

Danka M. Sperić

Diplomirani biolog

**ISPITIVANJE SADRŽAJA MIKRO I
MAKROELEMENATA U UZORCIMA PČELA I
NJIHOVIH PROIZVODA**

Doktorska disertacija

Beograd, 2023. godine

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF VETERINARY MEDICINE

Department of Food Hygiene and Technology of Animal Origin

Danka M. Spirić

Graduate biologist

**EXAMINATION OF THE CONTENT OF MICRO
AND MACRO ELEMENTS IN BEE SAMPLES
AND THEIR PRODUCTS**

PhD THESIS

Belgrade, 2023.

MENTOR

Dr Vlado Teodorović

Redovni profesor, Fakultet veterinarske medicine, Univerzitet u Beogradu
Katedra za higijenu i tehnologiju namirnica animalnog porekla

KOMENTOR

Dr Zoran Petrović, viši naučni saradnik

Institut za higijenu i tehnologiju mesa, Beograd

ČLANOVI KOMISIJE

Dr Silvana Stajković, docent

Fakultet veterinarske medicine, Univerzitet u Beogradu
Katedra za higijenu i tehnologiju namirnica animalnog porekla

Dr Mirjana Dimitrijević, redovni profesor

Fakultet veterinarske medicine, Univerzitet u Beogradu
Katedra za higijenu i tehnologiju namirnica animalnog porekla

Dr Jelena Ćirić, viši naučni saradnik

Institut za higijenu i tehnologiju mesa, Beograd

Dr Vesna Đorđević, naučni savetnik

Institut za higijenu i tehnologiju mesa, Beograd

Datum odbrane doktorske disertacije

.....

Rezultati istraživanja ove doktorske disertacije deo su istraživanja u okviru projekta „ Odabrane biološke opasnosti za bezbednost/kvalitet hrane animalnog porekla i kontrolne mere od farme do potrošača” (Ev. br. TR 31034). Ovaj projekat finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u periodu 2011-2019. godine.

Zahvalnica

Zahvaljujem na velikodušnoj pomoći, profesionalnoj posvećenosti i ličnom odricanju dr Silvani Stajković, koja je maksimalnim angažmanom učestvovala u izradi ove doktorske disertacije.

Zahvaljujem dr Jeleni Ćirić, na osmišljavanju plana i izradi disertacije, obezbeđivanju uzoraka i na svesrdnoj prijateljskoj pomoći u svakoj fazi izrade disertacije.

Zahvaljujem dr Vesni Đorđević, direktorki Instituta za higijenu i tehnologiju mesa, na poverenju, strpljenju i pomoći pre početka, a i tokom izrade ove doktorske teze.

Zahvaljujem profesorki dr Mirjani Dimitrijević na konciznim i konstruktivnim savetima i idejama tokom izrade doktorata.

Naročitu zahvalnost dugujem pčelinjim gazdinstvima Pčelarstvo Damjanović iz Čuruga i Željku Pavloviću iz Lazarevca, na obezbeđenim uzorcima i deljenju praktičnog znanja iz pčelarstva.

Zahvaljujem se kolegama iz Instituta za higijenu i tehnologiju mesa koji su učestvovali u analizi uzoraka, naročito Odeljenju za ispitivanje rezidua.

Ljudi koji prerano odu sa ovog sveta, nastavljaju da žive kroz rezultate svog rada i kroz sećanja svojih prijatelja, porodice i kolega. Pamteći njenu vedrinu i pozitivnu energiju, zahvalnost za analizu rezultata za izradu disertacije dugujem kolegici dr Dragici Nikolić.

Posebnu zahvalnost dugujem prerano preminulom profesoru dr Vladi Teodoroviću, dekanu Fakulteta veterinarske medicine i mentoru ove disertacije, koji je dao nesebičan doprinos realizaciji celokupnog projekta.

ISPITIVANJE SADRŽAJA MIKRO I MAKROELEMENATA U UZORCIMA PČELA I NJIHOVIH PROIZVODA

Rezime

Cilj istraživanja u okviru ove studije bio je ispitivanje sadržaja pojedinih mikro i makroelemenata (natrijum, magnezijum, kalijum, kalcijum, hrom, mangan, selen, gvožđe, kobalt, nikl, bakar, cink, arsen, kadmijum, olovo i živa) u uzorcima pčela (pčele izletnice, pčele sa zatvorenog i otvorenog legla i trutovi) i njihovih proizvoda (med, perga, vosak), kao i proučavanje distribucije mikro i makroelemenata u odnosu na geografski položaj košnica i sezonski uticaj paše, odnosno dostupnost biljaka.

Za potrebe ove studije prikupljeni su uzorci sa tri različita lokaliteta, podnožje planine Rudnik (bagremova i livadska paša), okolina Lazarevca (bagremova paša) i sa Fruške Gore (lipova paša). Priprema uzoraka za instrumentalno određivanje izvršena je metodom mikrotalasne digestije, a koncentracije elemenata određene su primenom masene spektrometrije sa indukovano kuplovanom plazmom (ICP-MS), sa kolizionom ćelijom, u KED modu. Određivanje se zasnivalo na merenju koncentracija izotopa ^{23}Na i ^{39}K .

Rezultati dobijeni u okviru naših istraživanja ukazuju da je najveći sadržaj mikro i makroelemenata utvrđen uglavnom u pčelama izletnicama. Ova činjenica se posebno odnosi na toksične elemente As, Cd i Pb u pčelama izletnicama, što ukazuje na njihovu potencijalnu ulogu kao bioindikatora zagađenja životne sredine. Posmatrano po lokalitetima, najveće količine makroelemenata, Mg i Ca utvrđene su u pčelama izletnicama sa lokaliteta okoline Lazarevca odnosno sa Fruške gore, najveći sadržaj Na u pčelama zatvorenog legla sa Rudnika, a K u trutovima sa Fruške gore. Najveće količine mikroelemenata Fe, Co, Cu i Zn dokazane su u pčelama izletnicama iz pčelinjaka na livadskoj paši, na Rudniku, Cr u pčelama na bagremovoj paši, na Rudniku, Mn u pčelama na bagremovoj paši na Fruškoj gori, a Ni u pčelama na bagremovoj paši kod Lazarevca. Od toksičnih elemenata, najveće količine As su konstatovane u pčelama izletnicama iz pčelinjaka na bagremovoj paši u okolini Lazarevca, Cd u pčelama na lipovoj paši na Fruškoj gori i Pb u pčelama na obe paše na Rudniku.

Od pčelinjih proizvoda, najveće količine svih mikro i makroelemenata dokazane su u pergi na svim lokalitetima, osim Pb i Cr sa najvećim vrednostima u vosku sa Fruške gore. Međutim, pošto se perga, zbog svojih lekovitih svojstava, uglavnom koristi u malim količinama, u terapijske svrhe kao pomoćno lekovito sredstvo, a vosak se ne koristi u ishrani, najznačajniji pčelinji proizvod, od posebnog nutritivnog i higijenskog značaja je med. Po lokalitetima, najveće količine makroelemenata Mg, K i Ca su dokazane u medu sa lokaliteta Fruške gore, a najveća količina Na je dokazana u medu sa livadske paše na Rudniku. Najveće količine mikroelemenata Cr, Mn i Fe, dokazane su u medu sa lokaliteta Fruške gore, a najveće količine Ni, Cu i Zn su dokazane u medu pčela na livadskoj paši, sa lokaliteta na Rudniku. Od toksičnih elemenata, najveće količine As su ustanovljene u medu iz pčelinjaka na bagremovoj paši, a Cd i Pb u medu sa livadske paše na Rudniku. Najveće količine Na i Ca su utvrđene u pergi sa lokaliteta Fruška gora, Mg u pergi sa livadske paše na Rudniku, a K u pergi sa istog lokaliteta, tokom bagremove paše. Od mikroelemenata, najveće količine Cr su dokazane u pergi sa lokaliteta Lazarevac, elementi Mn, Ni, Cu i Zn u pergi sa lokaliteta Fruška gora, a Fe i Co u pergi sa lokaliteta Rudnik, livadska paša. Od toksičnih elemenata, najveće količine As su konstatovane u pergi iz pčelinjaka u okolini Lazarevca, Cd u pergi iz pčelinjaka na Fruškoj gori, a Pb u pergi iz pčelinjaka na livadskoj paši na Rudniku. U vosku sa lokaliteta Fruška gora dokazani su svi makroelementi, (Na, Mg, K, Ca), u najvećim količinama. Od mikroelemenata, najveće količine Cr, Fe, Co, Cu i Zn dokazane su u vosku sa lokaliteta Fruška gora, a najveće količine Mn i Ni dokazane su u vosku pčela na livadskoj paši, sa Rudnika. Najveće količine As su konstatovane u vosku iz pčelinjaka u okolini Lazarevca, a Cd i Pb u vosku pčelinjaka sa lokaliteta Fruška gora.

Količine Se i Hg su u svim vrstama pčela i pčelinjih proizvoda sa svih lokaliteta bile ispod limita detekcije metode.

Grana nauke: Veterinarstvo

Naučna disciplina: Bezbednost hrane

Uža naučna disciplina: Higijena i tehnologija namirnica animalnog porekla

UDK broj: 638.16/.17:614.3(043.3)

638.12:543.51(043.3)

EXAMINATION OF THE CONTENT OF MICRO AND MACRO ELEMENTS IN BEE SAMPLES AND THEIR PRODUCTS

Summary

The goal research in the framework of this study was an examination of micro - and macroelements content (sodium, magnesium, potassium, calcium, chromium, manganese, selenium, iron, cobalt, nickel, copper, zinc, arsenic, cadmium, lead and mercury) in the bee samples (excursions bees, bees from closed and open brood and drones) and their products (honey, bee bread, wax), as well as distribution of micro and macroelements in relation to the geographical position of hives and seasonal influence of graze, from available plants.

For the purposes of this study, samples were collected from three different localities, the foot of Mount Rudnik (acacia and meadow pasture), the surroundings of Lazarevac (acacia pasture) and from Fruška Gora (linden pasture). The preparation of samples for instrumental determination was carried out using the microwave digestion method, and element concentrations were determined using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS), with a collision cell, in KED mode. The determination was based on the measurement of ^{23}Na and ^{39}K isotope concentrations.

Results obtained in this study indicate that the biggest content of micro - and macroelements is determined in excursion bees, mostly. This fact specially concerns the toxic elements As, Cd and Pb in excursions bees, with locality Rudnik and Fruška gora, indicating their potential role as bioindicators of environmental pollution. Location Lazarevac is specific because its immediate proximity to mine "Veliki Crljeni". Observed by location, there is no difference in the content of Na in the excursion sites, except for the location of Fruška Gora, where the content of Na is lower. Observed by locality, the highest amounts of macroelements, Mg and Ca, were determined in the excursion bees from the localities around Lazarevac, i.e. from Fruška gora, the highest content of Na in bees of closed brood from Rudnik, and K in drones from Fruška gora. The highest amounts of microelements Fe, Co, Cu and Zn were found in excursion bees from apiaries on meadow pasture, at Rudnik, Cr in bees on acacia pasture, at Rudnik, Mn in bees on acacia pasture on Fruška Gora, and Ni in bees on acacia graze near Lazarevac. Of the toxic elements, the highest amounts of As were found in bees traveling from apiaries on acacia pastures in the vicinity of Lazarevac, Cd in bees on linden pastures on Fruška Gora, and Pb in bees both pastures on Rudnik.

The highest amounts of all micro- and macroelements, of the bee products, were proven in bee bread from all localities, except Cd and Pb in wax samples, from Fruška gora. However, since bee bread, due to its medicinal properties, is mostly used in small quantities, for therapeutic purposes as an auxiliary medicinal agent, and wax is not used in food, the most important bee product, for nutrition, with special nutritional and hygienic importance, is honey. The highest amounts of macroelements Mg, K and Ca were found in honey from the Fruška Gora locality, and the highest amount of Na was found in honey from the meadow pasture at Rudnik. The highest amounts of microelements Cr, Mn and Fe were found in honey from Fruška gora, and the highest amounts of Ni, Cu and Zn were found in the honey of meadow pasture, from the location at Rudnik. The highest amounts of As were found in honey from apiaries on acacia pasture, and Cd and Pb in honey from meadow pasture on Rudnik. The highest amounts of Na and Ca were determined in the bee bread from the Fruška gora site, Mg in the bee bread from the meadow pasture at Rudnik, and K in the bee bread from the same locality, during acacia grazing. The highest amounts of Cr were found in the bee bread from the Lazarevac site, the elements Mn, Ni, Cu and Zn in the bee bread from the Fruška gora locality, and Fe and Co in the bee bread from the Rudnik locality, meadow pasture. The highest amounts of As were found in beehives from apiaries in the vicinity of Lazarevac, Cd in beehives from apiaries on Fruška gora, and Pb in beehives on meadow pastures in Rudnik. All macroelements (Na, Mg, K, Ca) have been proven in the wax from the Fruška gora site, in the largest quantities. The highest amounts of microelements Cr, Fe, Co, Cu and Zn were found in the wax from the Fruška gora site, and the highest amounts of Mn and Ni were found in the wax of bees on a meadow pasture, from Rudnik. The highest amounts

of As were found in the wax from the apiary in the vicinity of Lazarevac, and Cd and Pb in the wax of the apiary from the Fruška gora location.

Branch of science: Veterinary medicine

Scientific discipline: Food safety

Narrower scientific discipline: Hygiene and technology of foods of animal origin

UDK No: 638.16/.17:614.3(043.3)

638.12:543.51(043.3)

Sadržaj:

1. UVOD	1
2. PREGLED LITERATURE	2
2.1 Biologija medonosne pčele (<i>Apis mellifera</i>)	2
2.2 Najznačajniji pčelinji proizvodi	4
2.3 Pčele i proizvodi pčela kao bioindikatori zagađenja	10
2.4 Toksičnost pojedinih elemenata	13
3. CILJ I ZADACI ISPITIVANJA	16
4. MATERIJAL I METODE	17
4.1. Materijal	17
4.2. Metode	19
4.3 Statistička analiza	20
5. REZULTATI ISPITIVANJA	21
5.1 Rezultati ispitivanja pojedinih mikro i makroelemenata nakon bagremove paše sa lokacije podnožja planine Rudnik	21
5.2 Rezultati ispitivanja pojedinih mikro i makroelemenata nakon livadske paše sa lokacije podnožja planine Rudnik	22
5.3 Rezultati ispitivanja pojedinih mikro i makroelemenata nakon bagremove paše sa lokacije Lazarevac	24
5.5 Rezultati ispitivanja prosečnog sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima pčela sa različitih lokacija	28
5.6 Rezultati ispitivanja prosečnog sadržaj mikro i makro elemenata u uzorcima proizvoda pčela sa različitih lokacija	32
5.7 Korelacione zavisnosti između ispitivanih mikro i makroelemenata i uzoraka pčela i proizvoda pčela prema lokacijama	35
6. DISKUSIJA	39
6.1 Prosečan sadržaj natrijuma u uzorcima pčela i njihovih proizvoda	39
6.2 Prosečan sadržaj magnezijuma u uzorcima pčela i njihovih proizvoda	40
6.3 Prosečan sadržaj kalijuma u uzorcima pčela i njihovih proizvoda	42
6.4 Prosečan sadržaj kalcijuma u uzorcima pčela i njihovih proizvoda	44
6.5 Prosečan sadržaj hroma u uzorcima pčela i njihovih proizvoda	46
6.6 Prosečan sadržaj mangana u uzorcima pčela i njihovih proizvoda	48
6.7 Prosečan sadržaj gvožđa u uzorcima pčela i njihovih proizvoda	50
6.8 Prosečan sadržaj kobalta u uzorcima pčela i njihovih proizvoda	53
6.9 Prosečan sadržaj nikla u uzorcima pčela i njihovih proizvoda	54

6.10 Prosečan sadržaj bakra u uzorcima pčela i njihovih proizvoda	56
6.11 Prosečan sadržaj cinka u uzorcima pčela i njihovih proizvoda	57
6.12 Prosečan sadržaj arsena u uzorcima pčela i njihovih proizvoda	60
6.13 Prosečan sadržaj kadmijuma u uzorcima pčela i njihovih proizvoda	61
6.14 Prosečan sadržaj olova u uzorcima pčela i njihovih proizvoda	63
6.15. Sezonske varijacije sadržaja mikro i makroelemenata i varijacije sadržaja mikro i makroelemenata na osnovu vrste botaničkog porekla paše pčela i botaničkog porekla njihovih proizvoda	65
6.16. Korelacione zavisnosti između ispitivanih mikro i makroelemenata i uzoraka pčela i proizvoda pčela prema lokacijama	70
ZAKLJUČCI	73
8. SPISAK LITERATURE	74
9. PRILOZI	86
PRILOG 9.1	86
PRILOG 9.2	90
PRILOG 9.3	94
PRILOG 9.4	99
PRILOG 9.5	103
PRILOG 9.6	110
PRILOG 9.7	117
PRILOG 9.8	124
BIOGRAFIJA	131
Изјава о ауторству	132
Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада	133
Изјава о коришћењу	134

1. UVOD

Makro i mikroelementi, koji ulaze u sastav živog sveta različito su zastupljeni u prirodi i u samim organizmima, u zavisnosti od dostupnosti, potreba, sposobnosti akumulacije ili tolerancije organizma prema istima. Makroelementi su kalijum, natrijum, magnezijum, kalcijum, fosfor, hlor i sumpor, od kojih su prva četiri analizirana u ovoj studiji. Prema delovanju na živi svet, mikroelementi se dele u dve grupe. U prvoj grupi su elementi (bakar, gvožđe, mangan, selen, kobalt, molibden, bor, nikl i cink) koji su esencijalni za biljni i/ili životinjski svet, a postaju toksični kada se unesu u većim koncentracijama. U drugu grupu spadaju metali (arsen, kadmijum, živa i olovo) iz grupe toksičnih elemenata koji su dospeli u ciklus kruženja elemenata uglavnom kao posledica antropogenog dejstva, štetni su za organizme i ne predstavljaju deo prirodnog metabolizma. Često se u literaturi koristi pojam *teški metali* i odnosi se na toksične elemente čija je zajednička osobina da im je gustina veća od 5 g/cm³. Prema tehničkom izveštaju koji je objavio IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*), termin teški metali nema konzistentno značenje, s obzirom da toksičnost nekog elementa zavisi od valentnog stanja, stepena izloženosti i vrste tkiva ciljnog organizma (Duffus, 2002).

U odnosu na podelu bioindikatora na akumulativne i efektne bioindikatore, pčele se u slučaju praćenja sadržaja kontaminanata svrstavaju u akumulacione bioindikatore, jer neke elemente sadrže prirodno u svom telu, a pojedine mogu i da akumuliraju. U slučaju kontaminacije pesticidima, pčele se posmatraju kao efektni bioindikator, a efekat koji se prati je stopa mortaliteta. U nekim drugim slučajevima, odnosno kod drugih organizama, prati se efekat na ciljna tkiva, metaboličke ili bihevioralne promene.

Upotreba bioindikatora za procenu zagađenosti životne sredine je opravdana kako sa naučnog, tako i sa stručnog stanovišta. Osnovni kriterijumi za korišćenje nekog organizma ili samo nekog njegovog dela, organa ili tkiva kao bioindikatora su: brzina reakcije na stresore okoline, sposobnost bioakumulacije, brojnost populacije, adaptabilnost, u smislu naseljavanja različitih područja, laka identifikacija, uzorkovanje i pouzdanost analize uzoraka.

Medonosna pčela (*Apis mellifera*) je neraskidivo povezana sa životnom sredinom u kojoj se nalazi i ispunjava sve navedene kriterijume. Tokom paše, pčele su izložene mnogobrojnim kontaminantima dok uzimaju nektar, polen i vodu, koje donose u košnicu, kao i preko svog tela, gde se na dlačicama zadržavaju čestice sa kontaminantima. Pčele se sve više koriste kao bioindikator za proučavanje zagađenosti ekosistema. Zagađenje iz industrijskih i poljoprivrednih izvora, npr. nekontrolisana upotreba veštačkih đubriva, pesticida i drugih hemikalija u usevima, može povećati sadržaj toksičnih elemenata u čitavom ekosistemu.

Med je dobar indikator kontaminacije životne sredine, jer se istovremeno ispitivanjem sadržaja kontaminanata u medu, dobija slika o bezbednosti proizvoda i o stepenu zagađenosti sredine iz koje potiče. Polen je značajan bioindikator kontaminacije toksičnim elementima, ali i dobar izvor Se i Mg. S obzirom da je perga proizvod koji je mešavina polena, pčelinjih enzima i meda takođe se može koristiti u svrhu bioindikacije. U vosku se rastvaraju liposolubilna jedinjenja, pa je moguće otkriti elemente koji se na ovaj način deponuju. S obzirom da je sve veći uticaj globalnog zagađenja na životnu sredinu, od posebne je važnosti dobiti uvid u bezbednost i kvalitet pčelinjih proizvoda.

2. PREGLED LITERATURE

2.1 Biologija medonosne pčele (*Apis mellifera*)

Medonosna pčela je eusocijalna vrsta insekata iz reda *Hymenoptera* (Tabela 2.1). Ovaj red je skoro dvostruko manje brojan prema broju vrsta i njihovoj raznovrsnosti u odnosu na drugi red oprašivača skrivenosemenica, *Lepidoptera*. Postoji oko 20 000 vrsta pčela (Ascher i sar., 2017) od kojih se oko 50 gaji za različite namene, a među njima je 12 značajnih oprašivača. Četiri vrste pčela koje su najznačajniji oprašivači su: *Apis mellifera* L, *A. cerana* Fabricius, *A. dorsata* Fabricius i *A. florea* Fabricius. U pčele srednje veličine sa dužinom tela od 10 mm do 11 mm, spadaju *Apis cerana* i *Apis mellifera* (Plavša i Pavlović, 2018). Poreklo medonosne pčele *A. mellifera* nije sasvim definisano, ali se vezuje za prostore Afrike i bliskog istoka (Plavša i Pavlović, 2018).

Tabela 2.1. Klasifikacija medonosne pčele

Carstvo	Animalia
Tip	Arthropoda
Klasa	Insecta
Red	Hymenoptera
Podred	Apocrita
Natporodica	Apoidea
Porodica	Apidae
Rod	Apis
Vrsta	<i>Apis mellifera</i> (Line, 1758)

Kranjska, siva ili domaća karnika (*A. mellifera carnica*) je ekonomski najvažnija pčela koja se uzgaja u balkanskom regionu (Slika 2.1). Rasprostire se u Evropi i na ostalim kontinentima. Pčelinja društva su mirna i pogodna za pčelarenje, brzo se razvijaju na početku sezone i sklona su rojenju. Dobro podnose zimske uslove i ekonomična su u potrošnji hrane. Najzastupljenija vrsta u Srbiji je *A. mellifera carnica* Pollman iz evropske grupe pčela u koju još spadaju italijanska i grčka podvrsta. Balkansko i područje podunavlja naseljava kranjska pčela. Njen areal je između Jadranskog mora, Julijskih Alpa, Karpata i Crnog mora (Georgijev i sar., 2005). Odlike domaće karnike su kratke hitinske dlačice sive boje, dok je hitin svetlo smeđe obojen, visok kubitalni indeks i relativno dugačak jezik. Najveća mana ove pčele je izražen nagon za rojenjem (Gregori i sar., 2003).



Slika 2.1. Kranjska, siva ili domaća karnika (*A. mellifera carnica*) (dr J. Ćirić, privatna zbirka)

Pojedina područja Kavkaza naseljava kavkaska pčela (*Apis mellifera caucasica*). Postoje siva i žuta varijanta ove pčele. Kavkaska pčela je veoma slična po veličini i izgledu kranjskoj pčeli. Prolećni razvoj je sporiji u odnosu na kranjsku pčelu i vrhunac razvoja dostiže polovinom letnje sezone. Nema izražen nagon za rojenje. Grabljiva je rasa koja se ne udaljava mnogo od košnice zbog slabijeg snalaženja u prostoru, osetljiva je na hladnoću i koristi dosta propolisa u lepljenju košnice (Plavša i Pavlović, 2018). Na severnom obodu Rusije, Skandinavije i dela Alpa uzgaja se tamna evropska pčela (*A. mellifera* var. *mellifera*), a nekada je bila najrasprostranjenija rasa u Evropi. Jedinke ove rase su krupne (Plavša i Pavlović, 2018). Za vreme pregleda košnice, pčele su agresivne, a pri vađenju ramova iz košnice brzo je napuštaju. Odlikuje se usporenim prolećnim razvojem, manjim prinosom meda u odnosu na italijansku podvrstu i karniku, slabo je otporna na bolesti (Plavša i Pavlović, 2018). Eusocijalna organizacija pčela ih čini popularnim gajenim oprašivačima, jer veliki broj organizovanih društava efikasno oprašuje cvetnice, proizvodi med i druge čoveku korisne pčelinje proizvode (polen, perga, matični mleč, pčelinji otrov, propolis i vosak). Dobri polinatori uljane repice i suncokretove kulture su medonosne pčele, s obzirom da su ove biljke bogate cvetnim sokom (Ošap, 2017). Bez pčela i ostalih oprašivača gubici useva na globalnom nivou bi bili 5-8%, ili oko 153 miliona evra (Gallai i sar., 2009). Korist od oprašivanja procenjena je na preko 29 miliona dolara godišnje u SAD, a polovinu tog oprašivanja obavljaju medonosne pčele (Calderone, 2012). Ovome treba dodati i značaj pčela kao oprašivača krmnog bilja, i to da na taj način posredno povećavaju prinos u stočarstvu i drugim granama poljoprivrede (Klein i sar., 2018).

Iako je pčelarstvo kao ekstenzivna poljoprivredna grana sve popularnija, sa sve više pčelara koji gaje pčelinja društva, globalno je uočeno smanjenje populacija medonosne pčele (Frazier i sar., 2010). Izloženost pčela različitim faktorima rizika, abiotičkim i biotičkim, dovodi do značajnog gubitka kolonija (Steinhauer i sar., 2018). Od abiotičkih faktora koji predstavljaju rizik za gubitak pčelinjih zajednica, najznačajniji su globalni trend smanjenja površina zasejanih cvetnicama. Postoji trend promene namene velikih površina zemljišta u nepoljoprivredno. Izražena je upotreba zaštitnih sredstava u poljoprivredi, što škodi održavanju populacije insekata oprašivača. Promena namene velikih površina zemljišta ima za posledicu smanjenje broja biljnih vrsta dostupnih kao izvor hrane pčelama. Veštačke vodene površine, otvorena gradska područja, velika industrijska postrojenja, uključujući tešku industriju, železnica i prateća infrastruktura, površine za sport i rekreaciju, površine sa zasadima uljane repice, lana i površine posečene šume, najčešće su povezivane sa gubicima zajednica medonosne pčele (Clermont i sar., 2015). Smanjenje populacija pčela, neminovno dovodi

do upotrebe onih sorti biljnih kultura čije oprašivanje ne zavisi od insekata. Svako smanjenje biodiverziteta i ciljano selekcionisanje može negativno da utiče na zdravlje ljudi. Upotreba zaštitnih sredstava u poljoprivredi je neophodna. Trebalo bi da se primene određene mere da bi se pčele zaštitile od toksičnosti pesticida. Te mere uključuju vreme primene tretmana, odnosno vreme kada pčele nisu aktivne u paši i dok biljke ne procvetaju ili tek nakon tog perioda. Osetljivost pčela na prisustvo pesticida meri se brojanjem uginulih jedinki ispred košnice. To zavisi od osetljivosti populacije i od same doze LD₅₀ (engl., *Lethal Dose 50*) pesticida (Atkins i sar., 1981). Najčešće korišćeni pesticidi za suzbijanje parazita pčelinjeg krpelja iz roda *Varoa* su kumafos i fluvalinat (Mullin i sar., 2015).

2.2 Najznačajniji pčelinji proizvodi

Pčelinji proizvodi, koji se koriste u ishrani ljudi su višekomponentne prirodne supstance koje sadrže jedinjenja neophodna za normalno odvijanje životnih funkcija (Bobis i sar., 2010). U ove proizvode spadaju med, polen, perga, propolis, matični mleč i vosak. Pčele svoje nutrijente dobijaju iz nektara i medljike (u zavisnosti od botaničke vrste meda), tj. meda i polena (perge). Med je izvor ugljenih hidrata, vode i minerala, dok se proteinima i mastima pčele snabdevaju iz polena. Polen, odnosno perga i med su kompletna hrana za pčele. U toku prezimljavanja, kada nema legla koje treba da neguju, pčelama je dovoljno da se hrane samo zalihama meda.

Med prave kućne pčele radilice od nektara koji sakupljaju pčele izletnice iz nektarija cvetnica. Prema definiciju datoj u direktivi EU (2001/110/EC) i Pravilniku ("Službeni Glasnik RS" 101/2015), med predstavlja „prirodnu slatku supstancu koju medonosne pčele (*Apis mellifera*) proizvode od nektara biljaka ili sekreta živih delova biljaka ili izlučevina insekata koji sišu na živim delovima biljaka, koje pčele skupljaju, dodajući mu vlastite specifične supstance, skladište, izdvajaju vodu i odlažu u ćelije saća do sazrevanja“ (Slika 2.2).



Slika 2.2. Med u saću (dr J. Čirić, privatna kolekcija)

Podela meda vrši se na prema poreklu i prema načinu proizvodnje, tj. prerade. Kada se posmatra poreklo, med delimo na nektarni (cvetni), u koji spadaju jednocvetni (monoflorni) med i višecvetni (poliflorni) med, i na medljikovac. Kada posmatramo način proizvodnje i stavljanja u promet, med delimo na med u saću, med sa saćem ili med sa delovima saća, ceđeni med, vrcani (ekstrahovani med), presovani, filtrirani i pekarski med.

Nektar donose pčele izletnice i u košnici predaju kućnim pčelama koje ga smeštaju u ćelije saća gde on dozreva. Prerada nektara počinje u mednom želucu izletnica, gde se složeni šećeri invertuju u

proste šećere, glukozu i fruktozu, istovremeno smanjujući količinu vode u nektaru. Enzim invertaza se luči iz podždrelnih pljuvačnih žlezda pčela. Pčele izletnice, sabiračice, započinju ovaj proces, a nastavljaju ga pčele iz košnice, da bi se završio smeštanjem u saće, gde med sazreva. Med se deponuje u radiličkim, trutovskim i mednim, produbljenim i proširenim ćelijama. Kad se završi sazrevanje meda, radilice ga poklapaju voštanim poklopcima. Med pčele smeštaju u gornjoj zoni iznad legla i polena. U želudac pčele stane od 20 do 40 mg nektara, za koji moraju u letu da provedu 10 minuta kada je dobra paša blizu košnice (Umeljić, 2010).

Medljikovac nastaje od medljike koju pčele sakupljaju kao ekskret biljnih vaši koje parazitiraju hraneći se biljnim sokovima. Lisne vaši (*Aphididae*) hrane se sokom koji sisaju iz biljke. Zahvaljujući anusnoj cevi oni izbacuju višak nesvarenog šećera iz organizma, dok se proteini i minerali zadržavaju u filterskoj komori. Medna rosa, koja se u određenim klimatskim okolnostima pojavljuje na površini biljaka, predstavlja hranu koju pčele sakupljaju u medni želudac i delimično obrađuju. Medljika je u ćelijama saća ili nepoklopljena, ili su voštani poklopci izraženo ispupčeni. Pčele na sličan način sakupljaju i sokove zrelih, napuklih plodova (Umeljić, 2010).

Pčelarstvo je razvijeno u mnogim zemljama Evropske Unije i karakterišu ga različiti uslovi proizvodnje, prinosi i pčelarska praksa. Evropska Unija je drugi najvažniji proizvođač meda nakon Kine. EU je takođe uvoznik meda iz trećih zemalja. Najveća proizvodnja meda u EU je u zemljama koje se nalaze uglavnom u južnoj Evropi, gde su klimatski uslovi povoljniji za pčelarstvo, a u koje spadaju, između ostalih, Španija, Italija i Grčka. Veliki proizvođači meda u EU su i Nemačka, Francuska, Poljska, Rumunija, Mađarska (https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/animals-and-animal-products/animal-products/honey_en).

Proizvodnja meda u zemljama Evropske Unije direktno zavisi od broja košnica koje se u toj zemlji gaje. Prema podacima *Member States National apiculture programmes 2020-2022* (Maj, 2021 "MSs NAPs), ukupan broj košnica (izražen u hiljadama) 2019. godine u zemljama Evropske Unije bio je 18214, dok je 2020. godine bio 18926 (ukupno povećanje za 5,1%). Pojedinačni prikaz zemalja Evropske Unije po prosečnom broju košnica (izražen u hiljadama) predstavljen je u Slici 2.3.

Ukupan broj pčelara u zemljama Evropske Unije u 2019. godini je iznosio 568.194, dok je 2019. godine bio bio povećan za 7,7% i iznosio je 612.030 (Slika 2.4.). Na slici 2.4. prikazan je i planirani rast broja pčelara do 2022. Prema FAO (engl., Food and Agricultural Organization) najveći proizvođači meda su Kina, Evropska Unija, Turska, Kanada, Argentina, itd. (Slika 2.5).

	2019	2020		
ES	3 034	2 967	↓	-2.2%
RO	1 998	2 247	↑	+12.5%
PL	1 678	1 766	↑	+5.2%
FR	1 584	1 751	↑	+10.5%
IT	1 606	1 687	↑	+5.0%
EL	1 454	1 631	↑	+12.2%
HU	1 236	1 163	↓	-5.9%
DE	916	951	↑	+3.8%
BG	868	863	↓	-0.5%
PT	799	754	↓	-5.7%
CZ	685	694	↑	+1.3%
HR	444	461	↑	+3.7%
AT	391	426	↑	+9.1%
SK	307	335	↑	+9.1%
SI	208	214	↑	+2.6%
SE	174	179	↑	+2.9%
DK	153	144	↓	-5.7%
LV	103	104	↑	+1.1%
FI	84	82	↓	-2.0%
NL	75	80	↑	+6.4%
BE	70	76	↑	+7.8%
CY	57	58	↑	+1.3%
EE	49	48	↓	-2.8%
IE	27	27	↑	+0.9%
LU	7	5	↓	-23.0%
MT	4	5	↑	+18.6%
LT	202	209	↑	+3.4%
EU	18 214	18 926	↑	+3.9%

Slika 2.3. Prosečan broj košnica u zemljama Evropske Unije, u periodu od 2019. do 2020. godine godine i predviđanje za period 2020-2022 godine;

Izvor: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farmingfisheries/animals_and_animal_products/documents/market-presentation-honey-spring2021_en.pdf

Polenova zrna su različita za svaku biljnu vrstu, pa se tako mikroskopskom analizom polena određuje poreklo meda u odnosu na biljnu vrstu (za sortne vrste meda). Pčele uzimaju polen, mešaju ga sa pljuvačkom i smeštaju u korbikule na zadnjim nogama. Prenose u košnicu dve loptice iste mase od oko 15 mg da bi mogle da lete. U toku jednog dana, roj pčela može da sakupi 50 do 250 g polena (Komosińska-Vassev i sar., 2015). Godišnje, ta količina je 15 do 40 kg (Zuluaga i sar., 2015). Polen sadrži preko 25 različitih mikro i makroelemenata, kao što su gvožđe (Fe), kalcijum (Ca), fosfor (P), kalijum (K), bakar (Cu), cink (Zn), selen (Se) i magnezijum (Mg).

Polen kojeg obrade pčele (perga) bogat je mikroelementima, kao što su K, natrijum (Na), Ca, Mg, fosfor (P), Zn, Fe, Cu i mangan (Mn), i najbolji je suplement za nedostatak ovih elemenata u ljudskoj ishrani (Li i sar., 2018). Neophodne proteine pčele dobijaju iz polena, i bez njega razvoj i opstanak pčela ne bi bio moguć (Anđelković i sar., 2012). On je osnovna hrana za ishranu larvi i mladih pčela. Posebno je značajan u ishrani mladih pčela dok one sintetišu matični mleč. Prosečno pčelinje društvo utroši 25-30 kg polena godišnje. Polen sadrži esencijalne aminokiseline, fenolne komponente, vitamine, pigmente (hlorofil i karotenoide) koji su snažni antioksidansi (Nayik i sar., 2014), a njihova antioksidativna svojstva zavise od vrste cveta, geografskog porekla, klimatskih uslova, prerade i skladištenja.

	2017-2019	2020-2022		
DE	 116.000	 129.048	↑	+11,2%
PL	 62.575	 74.302	↑	+18,7%
CZ	 49.486	 61.572	↑	+24,4%
IT	 50.000	 56.059	↑	+12,1%
FR	 41.560	 53.953	↑	+29,8%
AT	 25.277	 29.745	↑	+17,7%
ES	 23.816	 28.786	↑	+20,9%
RO	 22.930	 23.161	↑	+1,0%
HU	 21.565	 22.447	↑	+4,1%
SK	 17.171	 18.586	↑	+8,2%
SE	 14.000	 16.000	↑	+14,3%
BG	 17.969	 12.260	↓	-31,8%
SI	 10.145	 11.349	↑	+11,9%
PO	 10.698	 11.301	↑	+5,6%
EL	 24.582	 9.266	↓	-62,3%
LT	 8.536	 8.950	↑	+4,9%
NL	 7.000	 9.345	↑	+33,5%
BE	 9.490	 8.223	↓	-13,4%
HR	 12.526	 7.283	↓	-41,9%
DK	 7.000	 7.000	→	+0,0%
EE	 5.250	 5.215	↓	-0,7%
IE	 3.000	 3.300	↑	+10,0%
FI	 3.100	 3.200	↑	+3,2%
LV	 3.282	 3.341	↑	+1,8%
CY	 691	 676	↓	-2,2%
LU	 337	 456	↑	+35,3%
MT	 208	 234	↑	+12,5%
EU	568.194	615.058	↑	+8,2%

Slika 2.4. Prosečan broj pčelara u zemljama Evropske Unije u periodu od 2017. do 2019. godine i predviđanje za period 2020-2022 godine; Izvor: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/animals_and_animal_products/documents/market-presentation-honey-spring2021_en.pdf

	2019	2020	Share of World Production
China	444	458	27%
EU	226	218	13%
Iran (Islamic Republic of)	78	80	5%
Iran	79	74	4%
Ukraine	70	68	4%
United States of America	71	67	4%
USA	64	66	4%
Russia	62	62	4%
Mexico	62	54	3%
Brazil	46	52	3%
Canada	39	38	2%
United Republic of Tanzania	31	31	2%
Tanzania	30	29	2%
New Zealand	23	27	2%
Angola	23	24	1%
Viet Nam	22	22	1%
Uruguay	20	20	1%
Kenya	14	18	1%
Central African Republic	16	17	1%
Uzbekistan	13	13	1%
Ethiopia	15	13	1%
Australia	13	13	1%
Chile	12	12	1%
Other	184	190	11%
	1 657	1 666	

Source : FAO

Slika 2.5. Prosečna svetska proizvodnja meda (1000 t) i procentualni udeo za period od 2019. i 2020. godine; Izvor: https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2022-10/market-presentation-honey_autumn2022_en.pdf

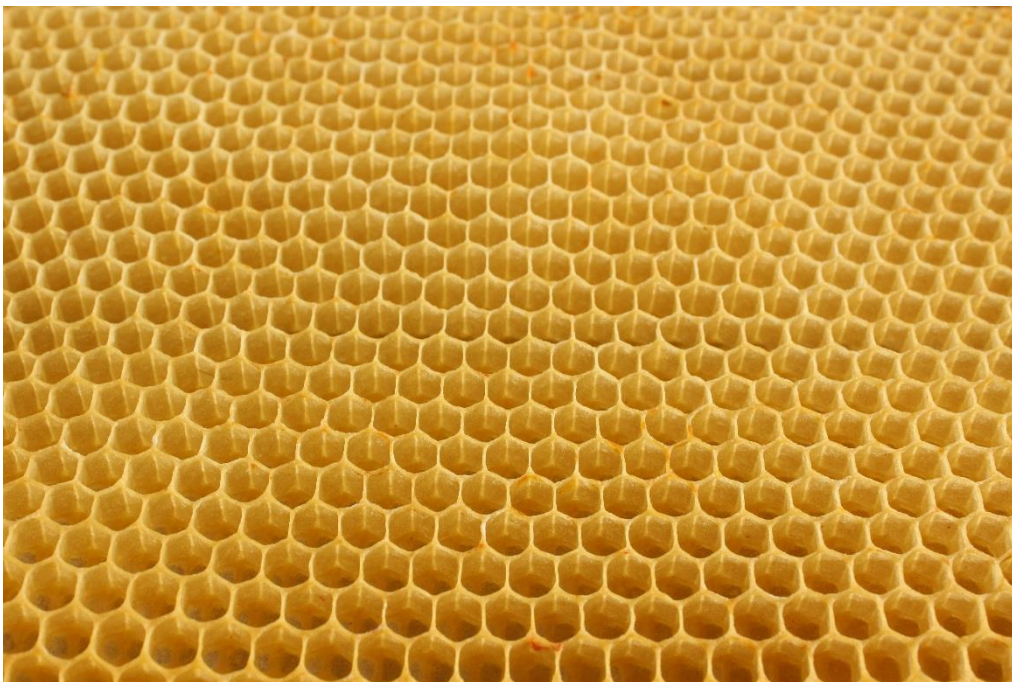
Najveća proizvodnja u Republici Srbiji, tokom decenije praćenja proizvodnje meda (2004-2014), je ostvarena 2013. godine i iznosi 8.554 tona, dok je najmanja količina, koja iznosi 2.561 tona, proizvedena 2008. godine (Ivanović i sar., 2015). Kada se prati broj košnica, uočljiv je trend povećanja broja od 266 hiljada, počevši od 2004. godine, do 677 hiljada, zaključno sa 2014. godinom. Iste te godine, proizvedena je najmanja količina meda po košnici (6 kg) zbog kišne prolećne sezone u celoj Republici Srbiji, a najveća proizvodnja je bila 2009. godine i iznosila 15 kg meda po košnici (Ivanović i sar., 2015). Broj košnica je u stalnom porastu, prema podacima Republičkog zavoda za statistiku (2020. godina) koji su objavljeni u Statističkom godišnjaku Republike Srbije (<https://publikacije.stat.gov.rs/G2020/Pdf/G20202053.pdf>). Broj košnica u Srbiji, u 2017. godini bio je 849 hiljada, 2018. godine 914 hiljada, a 2019. godine 977 hiljada. Ukupna proizvodnja meda 2017. godine bila je 7017 tona, 2018. godine 11427 tona, a 2019. godine 7600 tona. Ovi podaci pokazuju da je 2017. godine prosečna količina meda po košnici bila 8 kg, 2018. godine 13 kg, a 2019. godine 8 kg (<https://publikacije.stat.gov.rs/G2020/Pdf/G20202053.pdf>).

Polen se odlaže isključivo u radilične ćelije saća, neposredno iznad i pored legla, gde ga pčele sabijaju glavom. Pčele prekrivaju tankim slojem meda ćelije sa polenom i kao i medne ćelije, zatvaraju voštanim poklopcem, nakon čega započinje proces mlečnokiselinske fermentacije (slika 2.6). Ovako se dobija još jedan proizvod od meda, fermentisani polen, perga ili pčelinji hleb (Vásquez i Olafsson, 2009). Perga se uglavnom sastoji od polenovog praha, meda i sekreta pljuvačnih žlezda pčela (Ćirić i sar., 2019; Ćirić i sar., 2018; Barajas i sar., 2012; Vásquez i Olofsson, 2009). Hranljivija je i lakše svarljiva od polena. Njen sastav je daleko složeniji u odnosu na polen po broju peptida i slobodnih masnih kiselina (Ćirić i sar., 2019).



Slika 2.6. Perga u saću (dr J. Ćirić, privatna kolekcija)

U hemijskom smislu, vosak spada u klasu lipida, a u njegov sastav ulazi preko 300 jedinjenja, prevashodno estri sa primesom viših masnih kiselina i viših ugljovodonika, karakteriše ga specifična težina 0,96, topi se na temperaturi od 63 °C do 65 °C (Plavša i Nedić, 2015). Ukoliko se vosku dodaju određeni sastojci, kao što su goveđi loj ili parafin, kvalitet mu se drastično menja (Plavša i Nedić, 2015). Pčele radilice starosti 12-18 dana luče vosak iz žlezda smeštenih na donjoj strani trbuha. Lučenje voska i izgradnja saća su povezane sa aktivnošću pčela i prisustvom dovoljne količine unetog polena i nektara. Radilice luče vosak samo u aktivnoj sezoni ispaše. Srazmerno unetoj količini polena i nektara, raste i stvaranje voska. U ranoj fazi pčelinje saće je svetlo-žuto obojeno, a kasnije poprima tamnije nijanse, zbog zaostalog biološkog materijala pčela. Staro saće se pretapa i na njegovo mesto se ubacuju nove satne osnove. Pčelinji vosak je prijatnog mirisa, žute, žutosive ili žutomrke boje, zrnaste strukture i čvrst (Slika 2.7.). Nerastvorljiv je u vodi, a potpuno je rastvorljiv u nepolarnim rastvaračima kao što su hloroform i toluol.



Slika 2.7. Vosak (dr J. Ćirić, privatna kolekcija)

2.3 Pčele i proizvodi pčela kao bioindikatori zagađenja

Bioindikatori, kao pokazatelji zagađenosti životne sredine, odavno se koriste, kako sa naučnog tako i sa stručnog stanovišta. Neki od osnovnih kriterijuma za pogodnost organizma kao bioindikatora ili samo nekog njegovog dela, organa, tkiva, su sposobnost bioakumulacije, brojnost populacije, adaptabilnost, u smislu sposobnosti naseljavanja različitih područja, laka identifikacija i uzorkovanje i jednostavna analiza uzoraka (Golob i sar., 2005; Ajtony i sar., 2007; Terab i sar., 2015; Costa i sar., 2019). Medonosna pčela ispunjava sve ove kriterijume (Lambert i sar., 2012; Sadeghi i sar., 2012; Zhelyazkova, 2012; Van der Steen i sar., 2016), zbog čega se sve više koristi kao bioindikator za proučavanje zagađenosti ekosistema (Ćirić i sar., 2020a; Ćirić i sar., 2020b; Matin i sar., 2016; Klein i sar., 2018). Tokom ispaše, nakon ingestije nektara, polena i vode koje donose u košnicu, pčele su izložene mnogobrojnim kontaminantima (Lau i Nieh, 2016), a takođe i preko svog tela, gde se na dlačicama zadržavaju čestice sa kontaminantima (Ruschioni i sar., 2013). U slučaju praćenja sadržaja neorganskih zagađujućih supstanci, odnosno toksičnih metala, pčele mogu da se koriste kao akumulacioni bioindikatori, jer pored toga što prirodno sadrže metale u svom telu, mogu da akumuliraju i izvesnu količinu istih. Takođe, pčele mogu da se koriste i kao efektni bioindikatori, u slučaju praćenja kontaminacije pesticidima (Chauzat i sar., 2009; Perugini i sar., 2011; Konstatinos i sar., 2014; Bauer i Wing, 2016). Kod drugih organizama, prati se efekat na ciljna tkiva, metaboličke ili bihevioralne promene.

Pčele putem hrane unose metale, koji su uz ostale elemente, konstituenti polena i nektara. Metali se talože u granulama masnih ćelija i u ćelijama srednjeg creva digestivnog trakta pčela. Ćelije srednjeg creva se regenerišu, tako da sadržaj metala sa toksičnim delovanjem u njima predstavlja odraz trenutne ishrane pčela, dok se u masnim ćelijama vrši deponovanje ovih elemenata. Analizom pčela kao uzorka, dobija se zbir sadržaja kontaminanata na pčelama i u pčelama. Granule nastaju ubrzo nakon što pčele konzumiraju polen. S obzirom na činjenicu da su teški metali uvek prisutni u prirodi, nalaz teških metala u pčelama kao bioindikatorima je izvestan. Jedino značajno povećane koncentracije teških metala u proučavanim pčelama na određenom lokalitetu ukazuje na povećanu izloženost (Van der Steen i sar., 2016). Prema nekim autorima, ukoliko je ispaša opterećena teškim metalima Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Co, i Pb, pčelama se smanjuje imuni odgovor, a uz unete teške metale, pčele obrađujući med, uklanjaju iz njega nečistoće i tako se dodatno izlažu kontaminantima (Roman, 2010; Buczek i sar., 2008). Nasuprot tome, ukoliko pčele u toku aktivne sezone ispaše imaju dostupne rastvore Na soli za ishranu, one su aktivnije u skupljanju polena, proširenju areala posećenosti.

Tokom zime, ukoliko su prisutne soli kalijuma i magnezijuma, aktivnost pčela je izraženija. Ovo ukazuje da pčele imaju različite afinitete u ishrani, u zavisnosti od sezone (Khan i sar., 2021). Indeks kontaminacije pčela (*engl. Honeybee Contamination Index*, HCI) je kvantitativna mera kontaminacije životne sredine izražena preko akumulacije teških metala u pčelama. Izračunava se formulom:

$$HCI = \log (C_{bees}/C_{bees-i})$$

gde je C_{bees} koncentracija teških metala u pčelama, a C_{bees-i} predstavlja relativni prag, koji je definisan za visoke vrednosti i niske vrednosti koncentracije teških metala. Visoke vrednosti praga za Cd, Pb, Cr, i Ni iznose: 0,1; 0,7; 0,12 i 0,3 mg/kg za C_{bee-1} odnosno, 0,05; 0,3; 0,04 i 0,1 mg/kg za niske vrednosti praga C_{bee-2} (DiSTAL-UniBo 2010).

Polenov prah se koristi kao jedan od indikatora zagađenosti životne sredine. Polenov prah je produkt prašnika, polenovih kesica, i po sazrevanju istih se oslobađa u životnu sredinu. Polen može biti raznošen abitoičkim putem, vetrom i vodom, na područje udaljeno od same biljke na kojoj je nastao. Kada je u pitanju zoofilijski, prah se prenosi na telu oprašivača nenamerno, kada životinje na svom telu ili krznu nose prah sa sobom, koji tako dospeva na udaljena mesta, gde vrši oplodnju ženskog cveta ili ostaje kao čestica, noseći u sebi sve kontaminante sa mesta odakle je potekao. Pčele polen, kao jedini izvor proteina u ishrani, unose u košnicu i konzervišu u vidu pčelinjeg hleba, odnosno perge. Sadržaj pojedinih elemenata u pčelinjim proizvodima najviše zavisi od tipa zemljišta (Formicki i sar., 2013). Ova činjenica objašnjava velike razlike u sadržaju pojedinih elemenata između različitih pčelinjih proizvoda koji dolaze sa različitih lokacija. Tako na primer, razlika u koncentraciji cinka u uzorcima propolisa iz različitih regiona sveta može varirati i do 400% (Formicki i sar., 2013). Nešto manje razlike u sadržaju gvožđa u uzorcima propolisa bile su i do 130% (Cantarelli i sar., 2011; Anklam, 1998).

U odnosu na pčelinje proizvode, polen je najmanje opterećen kontaminantima (Bibi i sar., 2008; Kieliszek i sar., 2018). Glavni izvor zagađenja su metali sa toksičnim dejstvom i pesticidi. Zagađenje iz industrijskih i poljoprivrednih izvora, npr. nekontrolisana upotreba veštačkih đubriva, pesticida i drugih hemikalija u usevima, može povećati sadržaj teških metala u čitavom ekosistemu. Iz ovakvih područja moguće je koristiti polen kao bioindikator zagađenosti (Sattler i sar., 2016). Prema određenim nalazima, oko 2/3 polena koji pčele unesu u košnice tokom ispaše, kontaminirano je pesticidima sa čak do 17 različitih supstanci (Greenpeace, 2014). Kriterijumi o maksimalno dozvoljenim količinama teških metala u polenu su prikazani u radu Kieliszek i sar. (2018) i iznose za Pb 0,5 mg/kg; za As 0,5 mg/kg; za Cd 0,1 mg/kg, za Hg 0,03 mg/kg. Redosled koncentracija potencijalno toksičnih elemenata se javlja u opadajućim vrednostima koncentracija [mg/kg]: Fe > Mn > Pb > Cr > Cu > Ni > Cd > As > Hg (Fakhri i sar., 2019).

Analizom perge i polena jednostavno se utvrđuju količine teških metala sa područja pčelinje paše, i potencijalno, njihova pojava u lancu ishrane, s obzirom da polen i perga predstavljaju sve popularnije suplemente u ljudskoj ishrani (Kalycioglu i sar., 2015). Perga je pčelinji proizvod koji sadrži polen i enzime iz tela pčela, tako da sadržaj kontaminanata predstavlja odraz zagađenosti životne sredine, ali i samih pčela za elemente koje izlučuju putem žlezda. Vosak je proizvod voštanih žlezda pčela, tako da liposolubilni kontaminanti, pre svega rezidue pesticida, mogu ostati rastvoreni u njemu. Na taj način vosak može služiti kao indikator zagađenosti životne sredine. U uzorcima polena, od 22 uzorka u 2 su koncentracije olova bile 2,567 mg/kg, odnosno 2,261 mg/kg (Aldgini i sar, 2019). Prihvatljive vrednosti za bakar u polenu su do 20 mg/kg. Vrednosti Cu u studiji polena sa 22 lokacije u Jordanu su se kretale u opsegu 0,032–11,388 mg/kg, što je u skladu sa nalazima drugih autora u Turskoj (Alttunatmaz i sar., 2017), sa vrednostim u opsegu 3,728 mg/kg i 14,994 mg/kg. Cink je esencijalni element u preko 300 enzima, i prihvatljive vrednosti za Zn u polenu su do 60 mg/kg (Hermanescu i sar., 2007). Od 22 lokacije, samo u jednoj je vrednost cinka u polenu bila veća od prihvatljive vrednosti i iznosila 77,022 mg/kg (Aldgini i sar., 2019). Nalaz je u skladu sa nalazima drugih autora u Turskoj (Alttunatmaz i sar., 2017). Istraživanja o kontaminaciji teških metala u vosku su veoma oskudna.

Nikl je esencijalni element u ljudskoj ishrani, i potrebe ljudskog organizma su procenjene na 25–35 µg/dan. Višak rastvorljivog nikla je hepatotoksičan i nefrotoksičan, i mnoge zemlje su uvele limite

za unos ovog elementa 0,05 i 1 mg/kg (Harmanescu i sar., 2007). Rezultati u studiji Aldgini i sar. (2019), daju vrednosti u 5 od 22 uzorka polena od 1,05 do 2,809 mg/kg, tj. vrednosti koje su veće od prihvatljivog nivoa. Selen je esencijalni element i popularni antioksidans i suplement ishrane. Iako nema uticaja na zagađenje životne sredine, u višku može biti toksičan za organizme, pa njegove vrednosti imaju propisane prihvatljive vrednosti 60–120 mg/kg (Alttunatmaz et al., 2017). Koncentracije Se u uzorcima polena u studiji Aldgini i sar. (2019), kreću se od 0,04 mg/kg do 2,215 mg/kg, što je u skladu sa prethodnim studijama iz Turske (Alttunatmazet i sar., 2017).

Magnezijum je esencijalni element i ulazi u strukturu proteina, ugljenih hidrata i lipida. Ne utiče na zagađenje životne sredine, ali kad je u disbalansu, u ljudskom organizmu izaziva spazam i kardiovaskularne probleme. Prihvatljive dnevne doze su za muškarce 350 mg/dan, a za žene 300 mg/dan (Haramanescu i sar., 2007). U studiji koju su sprovedeli Aldgini i sar. (2019), utvrđen je opseg Mg u polenu od 641,388 mg/kg do 1575,19 mg/kg. U sličnoj studiji koja je sprovedena u Rumuniji, nađen je manji sadržaj Mg u polenu, od 702 mg/kg do 965 mg/kg, (Harmanescu i sar., 2007).

Kadmijum je element koji se može svrstati u grupu elemenata u tragovima i esencijalan je za neke enzime. Visoko toksičan je za živi svet i prihvatljive vrednosti za ovaj element su 0,05 do 1,00 mg/kg (Harmanescu i sar., 2007). U studiji pomenutih autora kao i u uzorcima polena iz Turske (Alttunatamaz i sar., 2017) i Jordana (Aldgini i sar., 2019), Cd nije detektovan.

Arsen je toksični ne-esencijalni element sa prihvatljivim vrednostima 0,05-0,1 mg/kg (Alttunatmaz i sar., 2017). Dobijene vrednosti za ovaj element u uzorcima polena su u granicama prihvatljivosti u studijama različitih autora (Harmanescu i sar., 2007; Alttunatamaz i sar., 2017; Aldgini i sar., 2019). Polen je značajan bioindikator kontaminacije toksičnim elementima ali i dobar izvor Se i Mg (Aldgini i sar., 2019).

Sadržaj metala (mg/kg) u polenu iz Jordana i Kine kretao se u opsegu (minimum–maximum); Cu: 11,338–0,032, Zn: 77,022–25,24, Ni: 2,839 do <0,01, Se: 3,03 do <0,04, Mg: 1575,19–641,388, Pb: 2,567 do <0,03, Cd: <0,005, As: <0,02 (Aldgini i sar., 2019).

Med je takođe jedan od proizvoda koji se koristi kao bioindikator. Prema Pravilniku (Sl. Glasnik SRJ 5/92, 11/92, 32/02, 25/10 i 28/11), propisani su kriterijumi za maksimalno dozvoljene količine (MDK) određenih elemenata u medu i to redom za Pb, Cd, Zn, Cu i Fe iznose 0,5; 0,03; 10; 0,5 i 1 mg/kg. Med je koristan indikator kontaminacije životne sredine, jer se istovremeno ispitivanjem sadržaja kontaminanata u medu, dobija slika o bezbednosti proizvoda i o stepenu zagađenosti sredine iz koje potiče (Ćirić i sar., 2022; Ćirić i sar., 2020a; Spirić i sar., 2019a; Spirić i sar., 2019b; Solayman i sar., 2016). Med može biti dobar indikator zagađenosti sredine kada je u pitanju Pb (Özcan i Al Juhaimi, 2011). Pčelinjaci koji se nalaze u dolini sa strane industrijske platforme gde se izbacuju otpadne supstance, imaju u sebi veći sadržaj Pb u odnosu na pčelinjake lokalizovane sa druge strane, tj. udaljene od izvora zagađenja. Sa udaljavanjem od mesta zagađenja sadržaj Cd se eksponencijalno smanjivao, dok je sadržaj bakra opadao linearno (Bartha i sar., 2020).

Nalaz teških metala u medu zavisi od više faktora: biljne vrste, stepena kontaminacije sredine, godišnjeg doba, kao i od načina prerade meda. Sastav elemenata u medu je pokazatelj kvaliteta, bezbednosti i hranljive vrednosti (Saunier i sar., 2013). Od makroelemenata, med je značajan izvor K, koji je zastupljeniji od Ca, Mg, Na, P i S, a koji su prisutni u umerenim količinama (Lutz i sar., 2015; Wu i sar., 2015). Mikroelementi koji se nalaze u medu su: Al, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sn, Sr i Zn (Gašić i sar., 2015). Analiza makro i mikroelemenata u medu pomaže u proceni ili potvrdi hranljive vrednosti ove dragocene namirnice. U svakodnevnom životu, konzumiranje meda ne zadovoljava u potpunosti preporučene dnevne zahteve za makro i mikronutrijentima (engl. Recommended daily allowance, RDA). Verovatnoća intoksikacije elementima Cd, Cr ili Pb putem konzumiranja meda je minimalna, jer nalazi ovih elemenata u medu retko prelaze dozvoljene vrednosti i/ili prihvatljivi dnevni unos (engl. Tolerable daily intake, TDI) (Meli i sar., 2015). Konzumiranjem određenih količina meda, od 20 g do 100 g, može se obezbediti svega nekoliko procenata RDA, ukoliko je element esencijalan ili TDI, za elemente u tragovima, npr: 0,2–52,7% za Zn, 0,2–1,1% za Fe, 0,1–334% za Cu, 1,8–47,0% za Cr, 0,1–12% za Mn, 0,1–5,4% za Ca, 0,2–5,3% za K, 0,2–2,1% za Mg, 0–0,4% za Na, do 1,3% za P, do 2,6% za Mo, do 5,3% za As, do 1,3% za Se, 0,5–4,0% za Al, 0,2–3,6% za Pb, 0–0,07% za Ni i do 1,8% za Cd (Meli i sar., 2015; Pohl i sar., 2017).

Dnevne potrebe ljudskog organizma za pojedinim mineralima autori prema svojim saznanjima različito definišu (mg/dan): P (800–1200), K (800), Ca (800–900), Mg (300–400), Zn (6–22), Fe (10–20), Mn (4–5), i Cu (1–3) (Demirci, 2014; Taha i Al-Kahtani, 2020). U Tabeli 2.2, prikazan je sadržaj minerala u medu i potrebe ljudskog organizma za ovim elementima (Tafere, 2021). Ipak, ovi elementi, kada se usvajaju iz meda, imaju značajnu fiziološku funkciju, zbog svih ostalih blagotvornih supstanci koje med sadrži. Polen sadrži veću količinu mineralnih komponenti od meda, i njihovim unosom, obezbeđuje se funkcionisanje metaboličkih procesa na nivou ćelije (Sattler i sar., 2016). Preporučene dnevne vrednosti unetih elemenata se razlikuju u zavisnosti od autora i njihovih medicinskih saznanja (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 Minerali u medu u odnosu na zahteve ljudskog organizma (Tafere, 2021)

Element	Prosečna količina, mg/ 100 g meda	Preporučen dnevni unos (RDI)
Ca	4-30	1000
Cl	2-20	/
Cu	0,01-0,1	2
Fe	1-3,4	18
Mg	0,7-13	400
P	2-60	1000
K	10-470	/
Na	0,6-40	/
Zn	0,2-0,5	15

2.4 Toksičnost pojedinih elemenata

U životnoj sredini, mikro i makroelementi mogu biti prirodnog ili antropogenog porekla. Prirodni izvori metala su usitnjavanje stena, vulkanske erupcije i procesi formiranja zemljišta. Antropogeni izvori su vezani za industrijsku aktivnost, pre svega za rudarstvo i metaluršku industriju, odlaganje gradskog i industrijskog otpada, kao i za emisiju iz saobraćaja i hemijskih tretmana u poljoprivredi (Gupta i sar., 2010). Antropogeni izvori su najveći izvor zagađenja životne sredine (Menahem i sar., 2018). Toksične čestice u vidu aerosola iz vazduha dospevaju u zemljište, vodu i živi svet, i tu se talože. Pored direktnog taloženja, postoji i indirektno zagađenje preko korenovog sistema biljaka i lanca ishrane, dalje na životinje i ljude (Bogdanov, 2006). Štetni uticaj istaloženih teških metala na živa bića je osnovni problem zagađenja životne sredine. Količine metala u medu su proporcionalne okolnom sastavu zemljišta, jer biljke korenovim sistemom usvajaju minerale iz okolnog zemljišta koji se distribuiraju u organe biljaka, dospevajući u nektar i polen (Stankovska i sar., 2008).

Zbog činjenice da sastav i svojstva meda veoma zavise od izvora hrane, npr. od vrste cvetnica koje daju nektar i polen, a koje se nalaze u zoni leta i aktivne paše pčele (Aazza i sar., 2013), specifične biljne zajednice, zajedno sa geološkim, pedološkim i ekološkim osobinama područja, daju jedinstveni karakter medu određenog područja. Koncentracije različitih elemenata u medu stoga mogu biti faktori za razlikovanje kako botaničkog tako i geografskog porekla, pa se mogu koristiti kao pokazatelji autentičnosti i bezbednosti namirnica pčelinjeg porekla (Baroni i sar., 2015). U prirodnim uslovima, sastav meda je direktno uslovljen lokalnim klimatskim, geološkim i uslovima životne sredine (Islam i sar., 2014). Botaničko poreklo, odnosno dostupnost određenih vrsta cvetnica kao izvora nektara u određenom periodu, drugi je važan faktor koji određuje mineralni sastav meda (Bilandžić i sar., 2014; Czipa i sar., 2015). Nepredvidiva stanja kao što su prirodne nepogode, zemljotresi i erupcije, poplave i vetrovi, mogu uticati na sastav cvetnica dostupnih biljkama, a samim tim i na sastav meda. Potrebno je vremena da se nakon ovakvih događaja prirodna ravnoteža uspostavi i stabilizuje sastav biljnih zajednica i hrane dostupne pčelama. U slučaju antropogenih uticaja, takođe su moguće izmene prirodnog sastava životne sredine u kojoj pčele idu na ispašu. Havarije na hemijskim postrojenjima,

dejstva u ratnim zonama i ostale antropogene aktivnosti mogu privremeno ili trajno izmeniti dostupnost mineralnih elemenata u pčelinjoj ishrani.

Mikroelementi kao što su arsen, kadmijum, živa, olovo i hrom javljaju se prirodno, međutim, antropogena aktivnost značajno doprinosi zagađenju životne sredine ovim elementima. Pomenuti metali su sistemski otrovi koji imaju različite negativne uticaje na ljudsko zdravlje, uključujući kardiovaskularna oboljenja, razvojne poteškoće, neurološke i neurobiheviornalne poremećaje, dijabetes, gubitak sluha i kose, hematološke i imunološke poremećaje i različite vrste kancera. Glavni putevi izloženosti su ingestija, inhalacija, i kontakt preko kože. Intenzitet negativnog uticaja na zdravlje je povezan sa vrstom metala i njegovim valentnim stanjem, vremenom izloženosti i dozom. Među faktorima, specijacija ima ključnu ulogu u toksikokinetici metala i određena je faktorima kao što su valentno stanje, veličina čestica, rastvorljivost, biotransformacija i hemijski oblik. Akutni i hronični efekti pojedinih metala su poznati i dobro proučeni, ali je kombinovani uticaj više elemenata prilično nepoznat. Pojedini toksični elementi metabolički interferiraju sa esencijalnim elementima kao što su Fe, Ca, Cu i Zn (López i sar., 2004). Simultano izlaganje može da ima aditivno, antagonističko ili sinergističko delovanje (Tchounwou i sar., 2012).

Elementi kao što su kobalt, bakar, hrom, gvožđe, magnezijum, mangan, molibden, nikl, selen i cink su esencijalni nutrijenti i neophodni za različite biohemijske i fiziološke funkcije. Oni učestvuju u oksido-redukcionim procesima i važni su konstituenti nekoliko ključnih enzima (Hejna i sar., 2018). Neodgovarajuća snabdevenost organizma ovim nutrijentima rezultira u pojavi različitih sindroma i oboljenja (WHO, 1996).

Kobalt je koenzim vitamina B12, kobalamina u enzimski kataliziranoj reakciji sinteze eritropoetina, tokom formiranja eritrocita. Izloženost povišenim koncentracijama kobalta može biti posledica njegove industrijske primene. Kobalt se koristi u izradi legura i tvrdog metala, za poliranje dijamanta, kao isušujući agens, pigment i katalizator. Klasifikacija International Agency for Research on Cancer (IARC, 1991), svrstava kobalt u potencijalne karcinogene supstance za ljude. Selen i cink imaju potencijal da minimiziraju ili neutrališu delovanje toksičnih elemenata Cd, Hg, Pb i As u biološkim sistemima (Rahman i sar., 2019). Kadmijum se u životnu sredinu oslobađa iz prirodnih i iz antropogenih izvora. Koristi se u proizvodnji antikorozivnih oplata, u industriji boja, lakova i plastičnih masa i kao sastojak veštačkih đubriva. Fosfatna đubriva su najznačajniji izvor zagađenja kadmijumom (Roberts, 2014). U prirodi kadmijum je primesa ruda gvožđa i cinka. Izvor kadmijuma u ljudskoj ishrani su biljke. One lako usvajaju kadmijum apsorbujući ga iz zemljišta. Visoko toksičan je za živi svet i prihvatljive vrednosti za ovaj element su od 0,05 do 1,00 mg/kg (Harmanescu i sar., 2007), dok je u zemljama Evropske unije prihvatljivi nivo ovog elementa do 0,1 mg/kg (Commission Regulation, 2015). U našoj zemlji vrednost MDK za kadmijum u medu je 0,03 mg/kg (Pravilnik, 5/92, 11/92, 32/02, 25/10 i 28/11). Kada nakon konzumiranja kontaminiranih biljaka, Cd dospe u organizam, uglavnom se taloži u bubrezima, jetri, sivoj masi centralnog nervnog sistema i u masnom tkivu kičmenjaka, odnosno u enocitama i trofocitama insekata (Polykretis i sar., 2016).

Toksično delovanje olova je najranije utvrđeno. Izlaganje živog sveta ovom elementu je putem vode, izduvnih gasova i različitih industrijskih procesa tokom kojih se kontaminira životna sredina: pravljenje legura, proizvodnja boja, reciklaža akumulatora, itd. Olovo nema korisnu funkciju u organizmu, tako da ne postoji referentni nivo dozvoljene količine ovog elementa u tkivima. Prihvatljivi nivo ovog elementa je do 1,0 mg/kg (Commission Regulation, 2015). Visoke koncentracije olova indukuju sintezu reaktivnih kiseoničnih jedinjenja, a samo olovo ispoljava toksičnost tako što zamenjuje jednovalentne Na^+ i dvovalentne jone Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} i ometa metabolizam (Jaishankar i sar., 2014).

Arsen je toksični ne-esencijalni element i retko se u prirodi nalazi kao čist element. Najčešće je u jedinjenjima sa S, O i Fe. Javlja se kao trovalentni arsenit i petovalentni arsenat. Njegovo prirodno prisustvo je posledica oslobađanja iz stena i sedimenata, usled erozije tla. Značajno je i antropogeno prisustvo arsena. Višedecenijski problem arsena u pijaćoj vodi je predmet brojnih studija (Karagas i sar., 2015). Postoji problem izloženosti putem hrane, kada neorganski arsen biva metilovan i ulazi u

lanac ishrane (Thomas, 2015). Arsen kroz hranu ulazi u organizam u vidu arsenobetanoida, arsenolipida i arseničnih šećera (Thomas i Bradham, 2016).

Živa je toksični metal, koji se u životnu sredinu oslobađa dvostruko više iz prirodnih nego iz antropogenih izvora. U atmosferu dospeva tokom vulkanskih erupcija i iz geotermalnih izvora. Najznačajniji prirodni izvori su emisija iz okeana i sagorevanje biomase (Mahbub i sar., 2017), dok je dvostruko manja ali značajna antropogena emisija tokom izvlačenja rude zlata, sagorevanja fosilnih goriva i iz metalurške industrije (Pirrone i sar., 2010). Živa izaziva autoimune poremećaje i deluje neurotoksično (Bjørklunda i sar., 2017).

Bakar je esencijalni element svih živih ćelija. Sastavni je element enzima tirozinaze i citohrom-oksidade. Toksičnost jednovalentnih i dvovalentnih soli bakra se ispoljava inaktiviranjem enzima glukozo-6-fosfat-dehidrogenaze i glutation-reduktaze. Soli bakra su u upotrebi kao fungicidi, algicidi, đubriva, koriste se u postupcima galvanizacije, proizvodnje boje, mastila, dezinficijensa i sredstava za zaštitu drveta (Bradberry, 2016). Posle gvožđa i cinka, bakar je najzastupljeniji teški metal u ljudskom organizmu. Bakar je esencijalni mikronutrijent koji učestvuje u katalitičkim reakcijama neophodnim za esencijalne procese kao što je disanje. Isti ovi procesi koji ga čine esencijalnim, kada je prisutan u višku, mogu da ga učine citotoksičnim. Kada homeostatski mehanizam postane zasićen, bakar postaje toksičan (Colin i sar., 2016).

Gvožđe je esencijalni element. Biljke iz zemljišta ga apsorbuju korenovim sistemom. Kod biljaka ono je važno za proces fotosinteze, disanje, za biosintezu hlorofila, a učestvuje i kao kofaktor enzima uključenih u transport kiseonika i elektrona (Kobayashi i sar., 2019). Ovaj element potiče iz prirode i široko je rasprostranjen u zemljinoj kori u vidu ruda iz kojih se eksploatiše u metalurškoj industriji. Manjak gvožđa je češći problem koji izaziva zdravstvene tegobe nego njegov višak (Lopez i sar., 2011). Kod ljudi, aluminijum na ćelijskom nivou, pored Fe^{3+} , zamenjuje i Mg^{2+} (Jaishankar i sar., 2014). Postoji pozitivna korelacija između sadržaja Mg i toksičnosti Al u biljkama (Bose i sar., 2011). Hrom je element široko rasprostranjen u zemljinoj kori. Javlja se u formi od trovalentnog do šestovalentnog stanja, a kao stabilan element se ne javlja. Najčešći zagađivač je šestovalentni hrom iz hemijske i metalurške industrije, koji je klasifikovan kao kancerogena supstanca (IARC, 1990). Izloženost hromu, ukoliko nije direktna inhalacija ili perkutano iz antropogenog izvora, postrojenja ili fabrike, najčešće je putem konzumiranja hrane i vode. Direktna izloženost hromu je dvostruko veća nego prilikom konzumacije svežih namirnica koje sadrže Cr u koncentraciji manjoj od 10 do 1300 $\mu g/kg$ (ATSDR, 2008).

Mangan je esencijalni mikroelement za sve organizme. Ulazi u sastav mitohondrija i neophodan je za njihovo funkcionisanje, tj. za život svake ćelije. Prirodno je rasprostranjen u zemljinoj kori, nejednako u vidu depozita minerala od čega se više od 80% depoa nalazi u Južnoj Africi i Ukrajini. Minerali u obliku kojih se prirodno javlja su piroluzit (MnO_2), manganit ($Mn_2O_3 \cdot H_2O$), hausmanit (Mn_3O_4) i rodohrozit ($MnCO_3$) (Anon, 2021). Toksičnost mangana se retko javlja i uglavnom je vezana za izlaganje u rudnicima ili u industriji koja se bavi proizvodnjom baterija (Evans i sar., 2021).

3. CILJ I ZADACI ISPITIVANJA

Cilj istraživanja ove doktorske disertacije je da se ispita sadržaj pojedinih mikro i makroelemenata prirodno prisutnih u zajednici pčela, i u pčelinjim proizvodima i kontaminanata antropogenog porekla (teških metala i drugih toksičnih elemenata) u uzorcima pčela (izletnice, pčele sa zatvorenog legla, pčele sa otvorenog legla, trutovi) i njihovih proizvoda (med, perga, vosak), i da se ispita njihova distribucija u odnosu na geografski položaj košnica, u odnosu na sezonski uticaj paše i dostupnih biljaka.

Shodno cilju istraživanja, postavljeni su sledeći zadaci:

1. Ispitati sadržaj mikro i makroelemenata (natrijum, magnezijum, kalijum, kalcijum, hrom, mangan, selen, gvožđe, kobalt, nikl, bakar, cink, arsen, kadmijum, olovo i živa) u uzorcima pčela izletnica, odraslih pčela radilica, pčela sa otvorenog legla, pčela sa zatvorenog legla i trutova;
2. Ispitati sadržaj mikro i makroelemenata (natrijum, magnezijum, kalijum, kalcijum, hrom, mangan, selen, gvožđe, kobalt, nikl, bakar, cink, arsen, kadmijum, olovo i živa) u pčelinjim proizvodima (med, perga, vosak);
3. Ispitati distribuciju mikro i makroelemenata (natrijum, magnezijum, kalijum, kalcijum, hrom, mangan, selen, gvožđe, kobalt, nikl, bakar, cink, arsen, kadmijum, olovo i živa) u uzorcima pčela izletnica, pčela sa otvorenog legla, pčela sa zatvorenog legla i trutova u odnosu na geografski položaj košnica;
4. Ispitati distribuciju mikro i makroelemenata (natrijum, magnezijum, kalijum, kalcijum, hrom, mangan, selen, gvožđe, kobalt, nikl, bakar, cink, arsen, kadmijum, olovo i živa) u pčelinjim proizvodima (med, perga, vosak) u odnosu na geografski položaj košnica;
5. Ispitati distribuciju mikro i makroelemenata (natrijum, magnezijum, kalijum, kalcijum, hrom, mangan, selen, gvožđe, kobalt, nikl, bakar, cink, arsen, kadmijum, olovo i živa) u uzorcima pčela izletnica, pčela sa otvorenog legla, pčela sa zatvorenog legla i trutova u odnosu na sezonski uticaj paše;
6. Ispitati distribuciju mikro i makroelemenata (natrijum, magnezijum, kalijum, kalcijum, hrom, mangan, selen, gvožđe, kobalt, nikl, bakar, cink, arsen, kadmijum, olovo i živa) u pčelinjim proizvodima (med, perga, vosak) u odnosu na sezonski uticaj paše;
7. Ispitati distribuciju mikro i makroelemenata (natrijum, magnezijum, kalijum, kalcijum, hrom, mangan, selen, gvožđe, kobalt, nikl, bakar, cink, arsen, kadmijum, olovo i živa) u uzorcima pčela izletnica, pčela sa otvorenog legla, pčela sa zatvorenog legla i trutova u odnosu na botaničko poreklo paše;
8. Ispitati distribuciju mikro i makroelemenata (natrijum, magnezijum, kalijum, kalcijum, hrom, mangan, selen, gvožđe, kobalt, nikl, bakar, cink, arsen, kadmijum, olovo i živa) u pčelinjim proizvodima (med, perga, vosak) u odnosu na botaničko poreklo paše;
9. Ispitati korelacione zavisnost između mikro i makroelemenata (natrijum, magnezijum, kalijum, kalcijum, hrom, mangan, selen, gvožđe, kobalt, nikl, bakar, cink, arsen, kadmijum, olovo i živa) i uzoraka pčela i pčelinjih proizvoda, u odnosu na geografsko područje sa koga potiču uzorci.



Slika 4.2. Uzorci bagremovog meda za ispitivanje



Slika 4.3. Uzorci voska za ispitivanje



Slika 4.4. Uzorci perge za ispitivanje

Uzorkovanje tokom lipove paše, krajem juna, 2018. godine, obavljeno je u zoni nacionalnog parka na Fruškoj gori, u blizini sela Ležimir. Ležimir je selo u sremskom okrugu, smešteno na obroncima Fruške Gore, i prostire se na $45^{\circ} 7'$ severne geografske širine i $19^{\circ} 34'$ severne geografske dužine. Iako Fruška gora nije izražene visine (Crveni Čot, najviši vrh je visok 539 m n.v.), činjenica da je okružena aluvijalnim ravnima odaje utisak masivnosti. Geološka osnova Fruške gore su vapnoviti liskuni i kristalasti krečnjaci. Od glavnog puta koji povezuje Rumu i Novi Sad košnice su udaljene 4 km, okružene naseobinom srebrnolisne lipe *T. argentea*, a udaljene od prve industrijske zone u Sremskoj Mitrovici oko 20 km. Veći deo Fruške gore je sa statusom nacionalnog parka, tako da su i košnice iz kojih su sakupljani uzorci bile u uslovima koji važe za zaštićeno područje nacionalnog parka.

Drugo uzorkovanje nakon bagremove paše, u aprilu 2018. godine, obavljeno je u selu Barzilovica u opštini Lazarevac $44^{\circ} 19'$ geografske širine i $20^{\circ} 18'$ geografske dužine. Lokalnim putevima ovo mesto je oko 30 km udaljeno od površinskog kopa uglja Veliki Crljeni, Kolubara.

Uzorci pčela su prikupljani iz jakih i zdravih zajednica u plastične čaše zapremine 100 mL sa navojem. Za svaku vrstu uzorka punjene su po dve čaše, da bi se obezbedila dovoljna količina uzorka i to više od 15 g pčela, i više od 100 g za ostale vrste uzoraka. Po uzimanju uzoraka oni su transportovani u ručnim frižiderima u prijemno odeljenje laboratorije Instituta za higijenu i tehnologiju mesa. Uzorci pčela, meda, perge i voska, obeleženi su na prijemnom odeljenju, gde su im dodeljeni brojevi analize i zahtevana ispitivanja. Nakon preuzimanja od strane odeljenja za ispitivanje rezidua, uzorci su do analize čuvani pri temperaturi frižidera oko $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$.

4.2. Metode

Pre analize, celokupna količina uzoraka je temperirana u čašama na sobnoj temperaturi ($20-25^{\circ}\text{C}$). Približno oko 0,5 g homogenizovanog uzorka je odmereno u teflonsku posudu za mikrotalasnu digestiju i dodato je 5 mL azotne kiseline (67% trace metal grade, Fisher Scientific, Loughborough, UK) i 1,5 mL vodonik peroksida (30% p.a., Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA). Program za mikrotalasnu digestiju (Start D, Milestone, Sorisole, Italy) se sastojao od tri koraka: 5 minuta od zagrevanja od sobne temperature ($20-25^{\circ}\text{C}$) do 180°C , 10 minuta na 180°C i 20 minuta hlađenja. Posle hlađenja, rastvori digestovanih uzoraka su kvantitativno prebačeni sa 100 mL dejonizovane vode u normalne plastične sudove.

Koncentracije elemenata određene su primenom induktivno-kuplovane plazme sa masenim spektrometrom (ICP-MS) "iCap Q" (Thermo Scientific, Bremen, Germany), koji sadrži kolizionu ćeliju i radi u KED modu. Određivanje se zasnivalo na merenju koncentracija ^{23}Na i ^{39}K izotopa.

Pre očitavanja sadržaja elemenata izvršeno je podešavanje fizičkih i električnih parametara instrumenta korišćenjem rastvora za kalibraciju (Thermo Scientific Tune B). Kalibraciona kriva je sadržala pet tačaka (uključujući nulu) u opsegu 0,1–2,0 mg/L. Tokom očitavanja, paralelno sa uzorcima, u sistem se uvodio multielementarni interni standard (6 Li, 45 Sc-10 ng/mL; 71 Ga, 89 Y, 209 Bi-2 ng/mL).

Softver za obradu podataka je obavljao automatsku korekciju očitane koncentracije uzoraka za procenat umanjena ili povećanja intenziteta internog standarda.

4.3 Statistička analiza

Od statističkih metoda, korišćeni su sledeći deskriptivni statistički parametri: aritmetička sredina, standardna devijacija, standardna greška, minimalna, maksimalna vrednost i koeficijent varijacije. Za utvrđivanje statistički značajnih razlika između ispitivanih grupa, korišćena su dva testa. t-test je korišćen za ispitivanje značajnosti razlika između srednjih vrednosti dve ispitivane grupe. Za ispitivanje signifikantnih razlika između tri i više grupa, korišćen je grupni ANOVA test, a zatim pojedinačni Tukey test za ispitivanje statistički značajne razlike između različitih uzoraka i lokacija. Signifikantnost razlika je utvrđena na nivou značajnosti $p < 0,01$. Stepenn zavisnosti dva parametra iskazan je Pearson-ovim koeficijentom korelacije. Svi dobijeni rezultati su prikazani tabelarno. Statistička analiza dobijenih rezultata je urađena u statističkom paketu PrismaPad 7.00 (San Diego, CA, USA).

5. REZULTATI ISPITIVANJA

Rezultati ispitivanja u okviru ove doktorske disertacije podeljeni su u sedam potpoglavlja.

5.1 Rezultati ispitivanja pojedinih mikro i makroelemenata nakon bagremove paše sa lokacije podnožja planine Rudnik

U tabeli 5.1. prikazan je prosečan sadržaj ispitivanih elemenata u uzorcima pčela sa lokacije podnožja planine Rudnik, bagremova paša.

Prosečan sadržaj natrijuma i kadmijuma se statistički značajno razlikovao između svih ispitivanih uzoraka ($p < 0,01$), a najveći sadržaj natrijuma je utvrđen kod pčela sa zatvorenog legla, dok je najveći sadržaj kadmijuma utvrđen kod pčela izletnica. Prosečan sadržaj magnezijuma i nikla u ispitivanim uzorcima pčela nije se statistički značajno razlikovao ($p > 0,01$). Utvrđeno je da je prosečan sadržaj kalijuma u uzorcima pčela sa otvorenog legla bio statistički značajno veći ($p < 0,01$) u odnosu na ostale ispitivane uzorke pčela. Sadržaj kalcijuma i hroma je bio statistički značajno veći ($p < 0,01$) kod pčela zatvorenog legla, u odnosu na ostale grupe uzoraka. Utvrđeno je da je prosečan sadržaj mangana, gvožđa, kobalta, cinka i arsena u uzorcima pčela izletnica bio statistički značajno veći ($p < 0,01$) u odnosu na uzorke pčela sa zatvorenog legla, pčela sa otvorenog legla i trutova. U ovim slučajevima, statistički značajne razlike nisu utvrđene kod pčela sa otvorenog legla i trutova ($p > 0,01$). Prosečan sadržaj selena i žive bio je ispod limita detekcije u svim ispitivanim uzorcima pčela. Prosečan sadržaj bakra bio je statistički značajno veći ($p < 0,01$) u uzorcima pčela izletnica, u poređenju sa ostalim ispitivanim uzorcima, gde nije utvrđena statistički značajna razlika ($p > 0,01$). Takođe, statistički najveći sadržaj olova je utvrđen kod pčela izletnica ($p < 0,01$), dok nije bilo statistički značajne razlike između između uzoraka pčela sa zatvorenog i otvorenog legla ($p > 0,01$).

Tabela 5.1. Prosečan sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima pčela, lokacija podnožje planine Rudnik, bagremova paša

Element (jedinica)	Ispitivani uzorci pčela			
	($\bar{X} \pm Sd$)			
	Izletnice	Pčele sa zatvorenog legla	Pčele sa otvorenog legla	Trutovi
Na (mg/kg)	212,40±0,99 ^A	251,50±0,60 ^B	215,60±0,02 ^C	164,40±1,45 ^D
Mg/(mg/kg)	443,60±1,92 ^A	434,60±6,29 ^A	412,80±0,41 ^A	386,20±3,58 ^A
K (mg/kg)	3710±38,77 ^A	3908±2,86 ^A	4555±8,74 ^B	3984±34,32 ^A
Ca (mg/kg)	321,00±1,20 ^A	535,50±51,34 ^B	339,30±0,10 ^A	345,70±7,73 ^A
Cr (µg/kg)	50,68±2,67 ^A	66,92±4,28 ^B	40,52±0,69 ^A	44,63±3,94 ^A
Mn (mg/kg)	43,93±2,51 ^A	32,86±0,74 ^B	10,98±0,15 ^C	12,59±1,43 ^C
Se (mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe (mg/kg)	47,79±1,80 ^A	34,28±0,35 ^B	27,37±1,21 ^C	26,33±0,68 ^C
Co (µg/kg)	92,20±3,10 ^A	56,35±1,02 ^B	28,63±0,08 ^C	31,28±3,01 ^C
Ni (µg/kg)	0,14±0,02 ^A	0,35±0,09 ^A	0,16±0,01 ^A	0,19±0,01 ^A
Cu (µg/kg)	6,27±0,05 ^A	5,91±0,12 ^B	5,83±0,02 ^B	5,94±0,09 ^B
Zn (mg/kg)	47,56±0,57 ^A	36,05±0,71 ^B	26,95±0,13 ^C	28,33±0,94 ^C
As (µg/kg)	47,97±5,57 ^A	28,67±3,75 ^B	16,08±2,23 ^C	15,47±1,10 ^C
Cd (µg/kg)	106,20±1,93 ^A	58,90±0,33 ^B	33,53±1,47 ^C	24,28±1,39 ^D
Pb (µg/kg)	137,70±0,52 ^A	58,98±0,35 ^B	54,62±1,85 ^B	46,78±4,28 ^C
Hg (µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Legenda: Različita slova (^A, ^B, ^C, ^D) u redu označavaju statističku značajnost na nivou $p < 0,01$; Ista slova u redu označavaju da statistička značajnost nije utvrđena ($p > 0,01$).

Prosečan sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima proizvoda pčela sa lokacije Rudnika prikazan je u Tabeli 5.2.

Utvrđeno je da je prosečan sadržaj natrijuma, hroma, gvožđa, nikla, bakra, cinka i olova u uzorcima perge bio veći ($p<0,01$) u odnosu na uzorke bagremovog meda i voska, među kojima je takođe bilo statistički značajne razlike. Prosečan sadržaj magnezijuma, kalijuma, kalcijuma i mangana, arsena i kadmijuma u pergi je bio veći ($p<0,01$) u odnosu na druge ispitivane proizvode pčela, kod kojih nije utvrđena statistički značajna razlika ($p>0,01$) u sadržaju navedenih elemenata. Rezultati prosečnog sadržaja selena i žive su bili ispod limita detekcije. Utvrđeno je da je prosečan sadržaj kobalta u uzorcima perge bio veći ($p<0,01$) u odnosu na prosečan sadržaj kobalta u uzorcima voska, dok je njegov prosečan sadržaj u uzorcima bagremovog meda bio ispod limita detekcije.

Tabela 5.2. Prosečan sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima proizvoda pčela, podnožje planine Rudnik, bagremova paša

Element (jedinica)	Ispitivani uzorci proizvoda pčela ($\bar{X} \pm Sd$)		
	Med (bagremov)	Perga	Vosak
Na (mg/kg)	10,05±1,39 ^A	32,90±1,69 ^B	5,65±0,03 ^C
Mg (mg/kg)	9,65±0,79 ^A	845,80±83,20 ^B	25,69±0,52 ^A
K (mg/kg)	485,30±7,30 ^A	7487±381,50 ^B	277,10±23,22 ^A
Ca (mg/kg)	23,79±0,17 ^A	1190±76,38 ^B	40,65±5,61 ^A
Cr (µg/kg)	7,79±0,69 ^A	131,30±15,68 ^B	99,50±3,02 ^C
Mn (mg/kg)	0,20±0,02 ^A	19,51±3,74 ^B	0,33±0,02 ^A
Se (mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2
Fe (mg/kg)	0,33±0,10 ^A	43,07±3,84 ^B	7,42±1,83 ^C
Co (µg/kg)	<1,0	65,50±9,70 ^A	3,13±0,10 ^B
Ni (µg/kg)	0,07±0,01 ^A	1,30±0,26 ^B	0,05±0,01 ^C
Cu (µg/kg)	0,33±0,04 ^A	5,29±0,25 ^B	0,13±0,02 ^C
Zn (mg/kg)	1,45±0,27 ^A	41,59±3,63 ^B	5,21±1,36 ^C
As (µg/kg)	1,60±0,33 ^A	33,27±9,63 ^B	6,47±0,16 ^A
Cd (µg/kg)	3,36±0,97 ^A	32,18±0,73 ^B	1,57±0,21 ^A
Pb (µg/kg)	18,85±1,83 ^A	100,90±6,06 ^B	29,25±3,82 ^C
Hg (µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0

Legenda: Različita slova (^{A, B, C}) u redu označavaju statističku značajnost na nivou $p<0,01$; Ista slova u redu označavaju da statistička značajnost nije utvrđena ($p>0,01$).

5.2 Rezultati ispitivanja pojedinih mikro i makroelemenata nakon livadske paše sa lokacije podnožja planine Rudnik

U tabeli 5.3. prikazan je prosečan sadržaj ispitivanih elemenata u uzorcima pčela nakon livadske paše sa lokacije podnožja planine Rudnik.

Prosečan sadržaj natrijuma i bakra u uzorcima trutova bio je veći ($p<0,01$) u odnosu na njihov sadržaj u uzorcima ostalih pčela i statistički se značajno razlikovao između svih grupa ($p<0,01$). Utvrđeno je da je prosečan sadržaj magnezijuma u uzorcima pčela sa zatvorenog legla i izletnica bio veći ($p<0,01$) u odnosu na prosečan sadržaj magnezijuma u uzorcima pčela sa otvorenog legla i uzorcima trutova. Prosečan sadržaj kalijuma je bio veći ($p<0,01$) u uzorcima pčela za zatvorenog legla u odnosu na ostale ispitivane grupe uzoraka pčela, a statistički značajna razlika nije utvrđena između uzoraka izletnica i trutova ($p>0,01$). Rezultati ispitivanja pokazuju da je prosečan sadržaj kalcijuma u uzorcima pčela izletnica i pčela sa zatvorenog legla bio veći ($p<0,01$) u odnosu na ispitivani element u uzorcima pčela sa otvorenog legla i trutova. Kod sadržaja hroma, nisu utvrđene statistički značajne razlike ($p>0,01$) u ispitivanim grupama. Utvrđeno je da je prosečan sadržaj mangana u uzorcima pčela izletnica bio veći ($p<0,01$) u odnosu na ostale ispitivane grupe pčela. Rezultati ispitivanja prosečnog sadržaja selena i žive su bili ispod limita detekcije metode. Prosečan sadržaj gvožđa u uzorcima pčela izletnica bio je veći ($p<0,01$) u odnosu na ostale ispitivane uzorke pčela, a statistički značajna razlika nije utvrđena kod uzoraka između pčela sa zatvorenog legla i trutova ($p>0,01$). Utvrđeno je da je

prosečan sadržaj nikla u uzorcima pčela sa zatvorenog legla bio veći ($p < 0,01$) u odnosu na njegov sadržaj u uzorcima ostalih ispitivanih uzoraka pčela, dok nije bilo statistički značajne razlike ($p > 0,01$) između pčela izletnica i pčela otvorenog legla. Rezultati ispitivanja prosečnog sadržaja kobalta, cinka, arsena i kadmijuma u svim uzorcima pčela su bili različiti ($p < 0,01$). Najveći prosečni sadržaj navedenih elemenata je utvrđen kod pčela izletnica, uključujući i prosečan sadržaj olova, gde nije utvrđena statistički značajna razlika ($p > 0,01$) između pčela otvorenog i pčela zatvorenog legla.

Tabela 5.3. Prosečan sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima pčela, lokacija podnožje Rudnika, livadska paša

Element (jedinica)	Ispitivani uzorci pčela ($\bar{X} \pm Sd$)			
	Izletnice	Pčele sa		Trutovi
		zatvorenog legla	otvorenog legla	
Na (mg/kg)	211,70±5,20 ^A	156,80±3,90 ^B	136,10±2,79 ^C	246,30±1,99 ^D
Mg (mg/kg)	415,10±11,95 ^A	420,10±9,55 ^A	317,90±2,75 ^B	301,70±1,52 ^B
K (mg/kg)	3830±79,28 ^A	4211±106,70 ^B	3547±83,72 ^C	3946±57,50 ^A
Ca (mg/kg)	400,50±2,31 ^A	386,70±28,79 ^A	257,50±8,92 ^B	105,60±2,03 ^C
Cr (µg/kg)	36,00±0,84 ^A	49,22±4,79 ^A	22,17±2,79 ^A	35,83±0,98 ^A
Mn (mg/kg)	75,01±2,81 ^A	15,77±0,81 ^B	12,05±0,55 ^B	4,30±0,23 ^B
Se (mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe (mg/kg)	93,36±0,99 ^A	39,03±2,50 ^B	27,84±1,07 ^C	29,40±0,06 ^B
Co (µg/kg)	116,70±3,14 ^A	36,42±1,95 ^B	27,83±1,17 ^C	9,78±0,25 ^D
Ni (µg/kg)	0,41±0,01 ^A	0,53±0,03 ^B	0,36±0,01 ^A	0,05±0,01 ^C
Cu (µg/kg)	7,95±0,15 ^A	6,83±0,13 ^B	5,95±0,40 ^C	10,93±0,02 ^D
Zn (mg/kg)	66,56±2,62 ^A	30,54±0,58 ^B	23,88±0,50 ^C	35,13±0,80 ^D
As (µg/kg)	71,78±0,31 ^A	25,48±1,74 ^B	19,48±0,85 ^C	5,65±0,24 ^D
Cd (µg/kg)	115,40±4,73 ^A	21,15±2,16 ^B	16,53±0,14 ^C	2,50±0,55 ^D
Pb (µg/kg)	138,70±5,85 ^A	55,85±0,24 ^B	50,05±2,41 ^B	9,12±0,26 ^C
Hg (µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Legenda: Različita slova (^{A, B, C, D}) u redu označavaju statističku značajnost na nivou $p < 0,01$; Ista slova u redu označavaju da statistička značajnost nije utvrđena ($p > 0,01$).

Rezultati ispitivanja prosečnog sadržaja elemenata u uzorcima proizvoda pčela (livadski med, perga, vosak) prikazani su u tabeli 5.4.

Prosečan sadržaj natrijuma, kalijuma, mangana, gvožđa, nikla, cinka i olova, statistički se razlikovao između svih uzoraka i statistički je bio najveći u uzorcima perge ($p < 0,01$). Prosečan sadržaj kalcijuma, bakra, arsena i kadmijuma statistički se značajno razlikovao ($p < 0,01$) između voska i meda u odnosu na pergu, gde je utvrđen najveći sadržaj. Prosečan sadržaj hroma u uzorcima perge je bio najveći i nije se razlikovao ($p > 0,01$) od sadržaja u vosku, ali jeste u odnosu na sadržaj u livadskom medu ($p < 0,01$). U uzorcima perge, prosečan sadržaj kobalta je bio veći u odnosu na uzorke voska ($p < 0,01$), dok je u uzorcima livadskog meda bio ispod limita detekcije. Rezultati prosečnog sadržaja selena i žive su takođe bili ispod limita detekcije.

Tabela 5.4. Prosečan sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima proizvoda pčela, sa lokacije podnožja Rudnika, livadska paša

Element (jedinica)	Ispitivani uzorci proizvoda pčela		
	($\bar{X} \pm Sd$)		
	Med (livadski)	Perga	Vosak
Na (mg/kg)	12,19±1,48 ^A	29,86±1,66 ^B	5,58±1,61 ^C
Mg (mg/kg)	14,75±1,06 ^A	865,30±29,84 ^B	31,21±4,54 ^A
K (mg/kg)	511,30±7,15 ^A	7142±145,10 ^B	200,30±25,05 ^C
Ca (mg/kg)	31,24±3,84 ^A	1289±47,11 ^B	33,28±2,68 ^A
Cr (µg/kg)	10,72±0,52 ^A	171,50±9,48 ^B	162,90±31,43 ^B
Mn (mg/kg)	0,30±0,03 ^A	28,06±2,24 ^B	4,80±0,52 ^C
Se (mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2
Fe (mg/kg)	0,58±0,10 ^A	89,68±4,44 ^B	9,75±0,72 ^C
Co (µg/kg)	<1,0	77,13±2,59 ^A	7,33±0,82 ^B
Ni (µg/kg)	0,10±0,01 ^A	1,45±0,08 ^B	0,19±0,05 ^C
Cu (µg/kg)	0,44±0,02 ^A	5,99±0,27 ^B	0,20±0,05 ^A
Zn (mg/kg)	1,66±0,11 ^A	38,54±1,75 ^B	7,66±0,42 ^C
As (µg/kg)	1,48±0,19 ^A	32,20±2,56 ^B	3,33±0,26 ^A
Cd (µg/kg)	4,18±0,22 ^A	31,37±3,05 ^B	2,25±0,45 ^A
Pb (µg/kg)	19,00±0,14 ^A	199,90±1,93 ^B	69,95±10,65 ^C
Hg (µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0

Legenda: Različita slova (^{A, B, C}) u redu označavaju statističku značajnost na nivou $p < 0,01$; Ista slova u redu označavaju da statistička značajnost nije utvrđena ($p > 0,01$).

5.3 Rezultati ispitivanja pojedinih mikro i makroelemenata nakon bagremove paše sa lokacije Lazarevac

Rezultati ispitivanja prosečnog sadržaja elemenata u uzorcima pčela sa lokacije opštine Lazarevac prikazani su u Tabeli 5.5.

Prosečan sadržaj natrijuma u uzorcima pčela sa zatvorenog legla sa lokacije Lazarevac bio je veći ($p < 0,01$) u odnosu na uzorke pčela sa otvorenog legla, zatim od izletnica i trutova, koji su se međusobno statistički razlikovali. Prosečan sadržaj olova u uzorcima pčela sa zatvorenog legla je takođe bio veći ($p < 0,01$) u odnosu na izletnice i trutove (gde nije utvrđena statistički značajna razlika, $p > 0,01$), i u odnosu na pčele sa otvorenog legla. Utvrđeno je da je prosečan sadržaj magnezijuma u uzorcima pčela izletnica bio veći ($p < 0,01$) u odnosu na ostale ispitivane uzorke pčela. Prosečan sadržaj kalijuma, kalcijuma i hroma u uzorcima pčela nije se razlikovao ($p > 0,01$), ali je numerički bio veći u uzorcima pčela izletnica kod kalijuma i kalcijuma i u uzorcima trutova kod hroma. Prosečan sadržaj mangana i gvožđa u uzorcima pčela izletnica i pčela sa zatvorenog legla bio je veći ($p < 0,01$) u odnosu na prosečan sadržaj mangana u uzorcima pčela sa otvorenog legla i uzorcima trutova. Prosečan sadržaj selena i žive bio je ispod limita detekcije metode. Prosečan sadržaj kobalta, bakra i cinka u uzorcima pčela sa otvorenog legla bio je manji ($p < 0,01$) u odnosu na prosečan sadržaj kobalta u ostalim uzorcima pčela, gde nije utvrđena statistički značajna razlika ($p > 0,01$). Prosečan sadržaj nikla se razlikovao ($p < 0,01$) između ispitivanih uzoraka pčela, a najveći sadržaj je utvrđen kod pčela izletnica. Prosečan sadržaj arsena u uzorcima pčela izletnica i trutova bio je veći ($p < 0,01$) u odnosu na prosečan sadržaj arsena u uzorcima pčela sa otvorenog i zatvorenog legla.

Tabela 5.5. Prosečan sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima pčela sa lokacije opštine Lazarevac, bagremova paša

Element (jedinica)	Ispitivani uzorci pčela ($\bar{X} \pm Sd$)			
	Izletnice	Pčele sa zatvorenog legla	Pčele sa otvorenog legla	Trutovi
Na (mg/kg)	215,20±1,13 ^A	248,50±3,45 ^B	233,20±9,14 ^C	193,70±1,56 ^D
Mg (mg/kg)	501,50±1,38 ^A	444,80±2,55 ^B	417,10±18,44 ^B	396,10±2,97 ^B
K (mg/kg)	4445±36,17 ^A	4284±6,92 ^A	4250±122,10 ^A	4006±10,79 ^A
Ca (mg/kg)	473,80±2,22 ^A	347,70±21,02 ^A	334,30±7,20 ^A	377,20±7,20 ^A
Cr (µg/kg)	18,28±2,19 ^A	23,43±2,35 ^A	20,77±0,40 ^A	31,62±0,37 ^A
Mn (mg/kg)	76,66±3,80 ^A	71,91±14,11 ^A	59,23±1,17 ^B	52,35±0,83 ^B
Se (mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe (mg/kg)	64,50±0,17 ^A	60,51±4,14 ^A	57,60±1,39 ^B	54,26±0,96 ^B
Co (µg/kg)	78,25±5,45 ^A	67,48±9,53 ^A	58,37±2,43 ^B	70,23±3,12 ^A
Ni (µg/kg)	0,88±0,02 ^A	0,15±0,01 ^B	0,72±0,09 ^C	0,52±0,14 ^D
Cu (µg/kg)	7,67±0,13 ^A	7,70±0,11 ^A	7,00±0,32 ^B	7,42±0,16 ^A
Zn (mg/kg)	44,97±0,47 ^A	41,56±3,66 ^A	38,09±1,20 ^B	42,46±1,48 ^A
As (µg/kg)	76,28±1,62 ^A	60,55±5,81 ^B	57,47±3,13 ^B	73,63±0,51 ^A
Cd (µg/kg)	88,90±2,51 ^A	90,05±0,26 ^A	121,10±8,15 ^B	106,30±1,48 ^C
Pb (µg/kg)	65,88±1,05 ^A	98,12±0,66 ^B	55,82±1,06 ^C	68,07±1,35 ^A
Hg (µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Legenda: Različita slova (A, B, C, D) u redu označavaju statističku značajnost na nivou $p < 0,01$; Ista slova u redu označavaju da statistička značajnost nije utvrđena ($p > 0,01$).

U tabeli 5.6. su prikazani rezultati prosečnog sadržaja ispitivanih elemenata u uzorcima proizvoda pčela sa lokacije opštine Lazarevac.

Prosečan sadržaj natrijuma, magnezijuma, kalcijuma, hroma, gvožđa, cinka, arsena i olova bio je najveći ($p < 0,01$) u uzorcima perge, sledio je sadržaj pomenutih elemenata u uzorcima bagremovog meda i na kraju voska ($p < 0,01$). Utvrđeno je da je prosečan sadržaj kalijuma, mangana, nikla, bakra i kadmijuma u uzorcima perge bio veći ($p < 0,01$) u odnosu na ostale ispitivane uzorke proizvoda pčela, koji se međusobno nisu razlikovali ($p > 0,01$). Takođe, statistički veći ($p < 0,01$) sadržaj kobalta je utvrđen u uzorcima perge u odnosu na uzorke voska, dok je u uzorcima bagremovog meda njegov prosečan sadržaj bio ispod limita detekcije metode. Ispod limita detekcije metode, utvrđen je i prosečan sadržaj selena i žive u uzorcima proizvoda pčela.

Tabela 5.6. Prosečan sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima proizvoda pčela sa lokacije opštine Lazarevac, bagremova paša

Element (jedinica)	Ispitivani uzorci proizvoda pčela ($\bar{X} \pm Sd$)		
	Med (bagremov)	Perga	Vosak
Na (mg/kg)	2,82±0,59 ^A	34,91±1,50 ^B	15,34±1,73 ^C
Mg (mg/kg)	5,41±0,40 ^A	692,20±39,93 ^B	82,48±2,93 ^C
K (mg/kg)	411,30±7,57 ^A	5944±730,40 ^B	693,40±28,41 ^A
Ca (mg/kg)	11,62±2,04 ^A	1266±248,80 ^B	212,70±22,71 ^C
Cr (µg/kg)	2,00±0,28 ^A	183,80±29,77 ^B	85,77±4,03 ^C
Mn (mg/kg)	0,21±0,05 ^A	38,15±4,99 ^B	1,40±0,24 ^A
Se (mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2

Tabela 5.6. Prosečan sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima proizvoda pčela sa lokacije opštine Lazarevac, bagremova paša

Element (jedinica)	Ispitivani uzorci proizvoda pčela		
	($\bar{X} \pm Sd$)		
	Med (bagremov)	Perga	Vosak
Fe (mg/kg)	0,26±0,07 ^A	54,97±6,79 ^B	17,11±0,28 ^C
Co (µg/kg)	ND	37,52±4,65 ^A	10,53±1,44 ^B
Ni (µg/kg)	0,04±0,01 ^A	1,33±0,12 ^B	0,05±0,004 ^A
Cu (µg/kg)	0,06±0,01 ^A	4,59±0,11 ^B	0,35±0,02 ^A
Zn (mg/kg)	0,87±0,03 ^A	27,31±2,25 ^B	7,16±0,47 ^C
As (µg/kg)	1,13±0,12 ^A	43,37±4,39 ^B	25,60±1,63 ^C
Cd (µg/kg)	1,15±0,10 ^A	43,50±4,15 ^B	3,42±0,79 ^A
Pb (µg/kg)	5,73±0,48 ^A	183,20±8,95 ^B	111,80±6,73 ^C
Hg (µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0

Legenda: Različita slova (^{A, B, C}) u redu označavaju statističku značajnost na nivou $p < 0,01$; Ista slova u redu označavaju da statistička značajnost nije utvrđena ($p > 0,01$).

5.4 Rezultati ispitivanja pojedinih mikro i makroelemenata nakon lipove paše sa lokacije Ležimir (Fruška gora)

Rezultati prosečnog sadržaja elemenata u ispitivanim uzorcima pčela sa lokacije Ležimir, na Fruškoj Gori, tokom lipove paše, prikazani su u tabeli 5.7.

Prosečan sadržaj natrijuma u uzorcima trutova i prosečan sadržaj magnezijuma kod pčela izletnica je bio veći ($p < 0,01$) u odnosu na ostale ispitivane uzorke. Rezultati kod pčela otvorenog i zatvorenog legla nisu se međusobno razlikovali ($p > 0,01$) u oba slučaja. Između ispitivanih uzoraka pčela, prosečan sadržaj kalijuma i cinka se nije razlikovao ($p > 0,01$), ali je numerički prosečan sadržaj kalijuma bio najveći u uzorcima trutova, a prosečan sadržaj cinka u pčelama izletnicama. Prosečan sadržaj kalcijuma, mangana, gvožđa, kobalta i kadmijuma je bio najveći ($p < 0,01$) u uzorcima pčela izletnica, sledili su uzorci pčela sa zatvorenog legla, pčela sa otvorenog legla i uzorci trutova. Prosečan sadržaj hroma bio najveći ($p < 0,01$) u uzorcima pčela sa zatvorenog legla, zatim kod pčela izletnica, sledio je prosečan sadržaj hroma kod pčela sa otvorenog legla i trutova. Prosečan sadržaj selena i žive bio je ispod limita detekcije metode. Prosečan sadržaj nikla u uzorcima pčela sa otvorenog i zatvorenog legla bio je veći ($p < 0,01$) u odnosu na prosečan sadržaj ispitivanog elementa u uzorcima pčela izletnica i trutova. Utvrđeno je da je prosečan sadržaj bakra bio manji ($p > 0,01$) u uzorcima trutova u odnosu na ostale vrste uzoraka. Prosečan sadržaj arsena bio je veći ($p < 0,01$) u uzorcima pčela izletnica u odnosu na prosečan sadržaj ispitivanog elementa u uzorcima pčela kod zatvorenog legla i pčela kod otvorenog legla i trutova. Prosečan sadržaj olova u uzorcima pčela izletnica bio veći ($p < 0,01$) u odnosu na ostale ispitivane uzorke pčela.

Tabela 5.7. Prosečan sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima pčela, sa lokacije Ležimir, Fruška gora, lipova paša

Element (jedinica)	Ispitivani uzorci pčela			
	($\bar{X} \pm Sd$)			
	Izletnice	Pčele sa zatvorenog legla	Pčele sa otvorenog legla	Trutovi
Na (mg/kg)	184,70±2,79 ^A	143,20±9,07 ^B	148,00±4,81 ^B	212,80±6,23 ^C
Mg (mg/kg)	415,10±0,34 ^A	351,90±12,71 ^B	363,10±8,13 ^B	274,00±2,37 ^C
K (mg/kg)	3990±8,96 ^A	4179±75,70 ^A	4323±32,34 ^A	4609±151,10 ^A
Ca (mg/kg)	634,20±12,63 ^A	478,80±24,19 ^B	425,30±12,87 ^C	168,50±1,38 ^D
Cr (µg/kg)	8,58±0,93 ^A	9,27±1,16 ^B	7,68±1,02 ^C	7,25±0,37 ^D
Mn (mg/kg)	393,80±1,48 ^A	135,30±0,51 ^B	126,50±1,38 ^C	17,72±1,77 ^D

Tabela 5.7. Prosečan sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima pčela, sa lokacije Ležimir, Fruška gora, lipova paša

Element (jedinica)	Ispitivani uzorci pčela			
	($\bar{X} \pm Sd$)			
	Izletnice	Pčele sa zatvorenog legla	Pčele sa otvorenog legla	Trutovi
Se (mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe (mg/kg)	62,68±2,08 ^A	32,33±3,16 ^B	24,83±0,45 ^C	18,61±1,57 ^D
Co (µg/kg)	82,48±2,38 ^A	39,98±1,06 ^B	28,93±0,36 ^C	6,50±0,09 ^D
Ni (µg/kg)	0,22±0,01 ^A	0,45±0,02 ^B	0,53±0,01 ^B	0,09±0,01 ^A
Cu (µg/kg)	7,62±0,10 ^A	7,92±0,10 ^A	8,11±0,03 ^A	6,94±0,91 ^B
Zn (mg/kg)	29,14±0,12 ^A	23,75±1,94 ^A	24,55±0,39 ^A	24,15±2,39 ^A
As (µg/kg)	28,40±0,28 ^A	10,62±0,86 ^B	6,18±0,08 ^C	6,25±1,56 ^C
Cd (µg/kg)	173,60±8,12 ^A	67,70±1,16 ^B	34,33±0,90 ^C	5,12±0,39 ^D
Pb (µg/kg)	44,42±3,01 ^A	31,57±1,47 ^B	26,57±1,28 ^B	25,48±1,54 ^B
Hg (µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Legenda: Različita slova (^{A, B, C, D}) u redu označavaju statističku značajnost na nivou $p < 0,01$; Ista slova u redu označavaju da statistička značajnost nije utvrđena ($p > 0,01$).

U tabeli 5.8. su prikazani rezultati ispitivanja sadržaja pojedinih elemenata u uzorcima proizvoda pčela, sa lokacije sela Ležimir na Fruškoj gori tokom lipove paše.

Prosečan sadržaj natrijuma, magnezijuma, kalcijuma, gvožđa i cinka bio je najveći ($p < 0,01$) u uzorcima perge, sledili su uzorci voska i bagremovog meda. Prosečan sadržaj kalijuma je takođe bio najveći ($p < 0,01$) u uzorcima perge, a sledili su uzorci bagremovog meda i voska. Prosečan sadržaj hroma i olova u uzorcima voska je bio najveći ($p < 0,01$), sledili su uzorci perge i meda. Prosečan sadržaj selena i žive bio je ispod limita detekcije metode. Takođe, prosečan sadržaj kobalta je bio ispod limita detekcije metode u uzorcima bagremovog meda, dok je u uzorcima perge bio veći ($p < 0,01$) u odnosu na uzorke voska. Utvrđeno je da je prosečan sadržaj nikla, bakra i kadmijuma u uzorcima perge bio veći ($p < 0,01$) u odnosu na ispitivani element u uzorcima bagremovog meda i voska, gde nije utvrđena statistički značajna razlika ($p > 0,01$). Prosečan sadržaj arsena u uzorcima voska i perge međusobno se nije razlikovao, a bio je veći ($p < 0,01$) u odnosu na prosečan sadržaj arsena u uzorcima bagremovog meda.

Tabela 5.8. Prosečan sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima proizvoda pčela, sa lokacije Ležimir, Fruška gora, lipova paša

Element (jedinica)	Ispitivani uzorci proizvoda pčela		
	($\bar{X} \pm Sd$)		
	Med (bagremov)	Perga	Vosak
Na (mg/kg)	6,15±0,35 ^A	49,07±3,03 ^B	20,03±0,45 ^C
Mg (mg/kg)	38,45±2,02 ^A	714,70±40,64 ^B	247,90±5,22 ^C
K (mg/kg)	2824±44,96 ^A	5515±361,20 ^B	1572±178,40 ^C
Ca (mg/kg)	119,70±5,45 ^A	1806±44,98 ^B	396,70±21,18 ^C
Cr (µg/kg)	13,63±3,04 ^A	106,90±12,92 ^B	247,60±33,59 ^C
Mn (mg/kg)	4,04±0,12 ^A	204,80±1,17 ^B	3,83±0,58 ^A
Se (mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2
Fe (mg/kg)	2,17±0,12 ^A	57,52±4,28 ^B	41,10±0,68 ^C
Co (µg/kg)	ND	55,43±3,88 ^A	17,55±1,15 ^B
Ni (µg/kg)	0,04±0,009 ^A	3,67±0,30 ^B	0,18±0,04 ^A
Cu (µg/kg)	0,27±0,02 ^A	10,72±1,67 ^B	1,01±0,03 ^A
Zn (mg/kg)	1,01±0,07 ^A	46,94±8,37 ^B	21,04±2,35 ^C

Tabela 5.8. Prosečan sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima proizvoda pčela, sa lokacije Ležimir, Fruška gora, lipova paša

Element (jedinica)	Ispitivani uzorci proizvoda pčela ($\bar{X} \pm Sd$)		
	Med (bagremov)	Perga	Vosak
As ($\mu\text{g/kg}$)	1,50 $\pm$ 0,13 ^A	20,50 $\pm$ 3,96 ^B	21,55 $\pm$ 0,30 ^B
Cd ($\mu\text{g/kg}$)	2,27 $\pm$ 0,30 ^A	136,50 $\pm$ 8,48 ^B	7,55 $\pm$ 0,14 ^A
Pb ($\mu\text{g/kg}$)	13,23 $\pm$ 1,92 ^A	55,85 $\pm$ 6,42 ^B	401,10 $\pm$ 16,02 ^C
Hg ($\mu\text{g/kg}$)	<1,0	<1,0	<1,0

Legenda: Različita slova (A, B, C) u redu označavaju statističku značajnost na nivou $p < 0,01$; Ista slova u redu označavaju da statistička značajnost nije utvrđena ($p > 0,01$).

5.5 Rezultati ispitivanja prosečnog sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima pčela sa različitih lokacija

Rezultati ispitivanja prosečnog sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima pčela izletnica sa različitih lokacija prikazani su u Tabeli 5.9.

Prosečan sadržaj natrijuma u uzorcima pčela izletnica sa lokacije Ležimir (Fruška gora) je manji ($p < 0,01$) u odnosu na ostale ispitivane lokacije. Utvrđeno je da je prosečan sadržaj magnezijuma u uzorcima pčela izletnica veći ($p < 0,01$) sa lokacije Lazarevac u odnosu na ostale lokacije, gde se rezultati sa podnožja planine Rudnik nakon livadske paše i sa Fruške gore nisu statistički značajano razlikovali ($p > 0,01$). Prosečan sadržaj kalijuma i nikla u uzorcima pčela izletnica sa lokacije Lazarevac je bio najveći ($p < 0,01$), sledili su uzorci sa lokacije Ležimir (Fruška gora) i podnožja planine Rudnik, livadska pa bagremova paša. Utvrđeno je da je prosečan sadržaj kalcijuma, mangana i kadmijuma u uzorcima pčela izletnica sa lokacije Ležimir bio veći ($p < 0,01$) u odnosu na uzorke pčela izletnica sa ostalih lokacija. Prosečan sadržaj hroma, arsena i olova bio je manji ($p < 0,01$) u uzorcima pčela izletnica sa lokacije Ležimir, u odnosu na ostale ispitivane lokacije. Sadržaj hroma se statistički razlikovao između svih lokacija ($p < 0,01$). Rezultati ispitivanja prosečnog sadržaja selena i žive bili su ispod limita detekcije metode. Utvrđeno je da je prosečan sadržaj gvožđa, bakra, kobalta i cinka u uzorcima pčela izletnica sa lokacije podnožja planine Rudnik tokom livadske paše, bio veći ($p < 0,01$) u odnosu na ostale ispitivane lokacije.

Tabela 5.9. Prosečan sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima pčela (izletnica) sa različitih lokacija (Podnožje planine Rudnik, Lazarevac, Ležimir-Fruška gora)

Element (jedinica)	Lokacija ($\bar{X} \pm Sd$)			
	Podnožje planine Rudnik (Bagremova paša)	Podnožje planine Rudnik (Livadska paša)	Lazarevac (Bagremova paša)	Ležimir Fruška gora (Lipova paša)
Na (mg/kg)	212,40 $\pm$ 0,99 ^A	211,70 $\pm$ 5,20 ^A	215,20 $\pm$ 1,13 ^A	184,70 $\pm$ 2,79 ^B
Mg (mg/kg)	443,60 $\pm$ 1,92 ^A	415,10 $\pm$ 11,95 ^B	501,50 $\pm$ 1,38 ^C	415,10 $\pm$ 0,34 ^B
K (mg/kg)	3710 $\pm$ 38,77 ^A	3830 $\pm$ 79,28 ^B	4445 $\pm$ 36,17 ^C	3990 $\pm$ 8,96 ^D
Ca (mg/kg)	321,00 $\pm$ 1,20 ^A	400,50 $\pm$ 2,31 ^B	473,80 $\pm$ 2,22 ^C	634,20 $\pm$ 12,63 ^D
Cr ($\mu\text{g/kg}$)	50,68 $\pm$ 2,67 ^A	36,00 $\pm$ 0,84 ^B	18,28 $\pm$ 2,19 ^C	8,58 $\pm$ 0,93 ^D
Mn (mg/kg)	43,93 $\pm$ 2,51 ^A	75,01 $\pm$ 2,81 ^B	76,66 $\pm$ 3,80 ^B	393,80 $\pm$ 1,4 ^C
Se (mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe (mg/kg)	47,79 $\pm$ 1,80 ^A	93,36 $\pm$ 0,99 ^B	64,50 $\pm$ 0,17 ^C	62,68 $\pm$ 2,08 ^C
Co ($\mu\text{g/kg}$)	92,20 $\pm$ 3,10 ^A	116,70 $\pm$ 3,14 ^B	78,25 $\pm$ 5,45 ^C	82,48 $\pm$ 2,38 ^C
Ni ($\mu\text{g/kg}$)	0,14 $\pm$ 0,02 ^A	0,41 $\pm$ 0,01 ^B	0,88 $\pm$ 0,02 ^C	0,22 $\pm$ 0,01 ^D
Cu ($\mu\text{g/kg}$)	6,27 $\pm$ 0,05 ^A	7,95 $\pm$ 0,15 ^B	7,67 $\pm$ 0,13 ^C	7,62 $\pm$ 0,10 ^C
Zn (mg/kg)	47,56 $\pm$ 0,57 ^A	66,56 $\pm$ 2,62 ^B	44,97 $\pm$ 0,47 ^C	29,14 $\pm$ 0,12 ^D

Tabela 5.9. Prosečan sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima pčela (izletnica) sa različitih lokacija (Podnožje planine Rudnik, Lazarevac, Ležimir-Fruška gora)

Element (jedinica)	Lokacija ($\bar{X} \pm Sd$)			
	Podnožje planine Rudnik (Bagremova paša)	Podnožje planine Rudnik (Livadska paša)	Lazarevac (Bagremova paša)	Ležimir Fruška gora (Lipova paša)
As (µg/kg)	47,97±5,57 ^A	71,78±0,31 ^B	76,28±1,62 ^B	28,40±0,28 ^C
Cd (µg/kg)	106,20±1,93 ^A	115,40±4,73 ^B	88,90±2,51 ^C	173,60±8,12 ^D
Pb (µg/kg)	137,70±0,52 ^A	138,70±5,85 ^A	65,88±1,05 ^B	44,42±3,01 ^C
Hg (µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Legenda: Različita slova (A, B, C, D) u redu označavaju statističku značajnost na nivou $p < 0,01$; Ista slova u redu označavaju da statistička značajnost nije utvrđena ($p > 0,01$).

U tabeli 5.10. su prikazani rezultati prosečnog sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima pčela sa zatvorenog legla sa različitih lokacija.

Prosečan sadržaj natrijuma u ispitivanim uzorcima pčela sa zatvorenog legla bio je manji ($p < 0,01$) sa lokacije Ležimir u odnosu na ostale lokacije. Takođe, najmanji prosečni sadržaj magnezijuma je utvrđen na lokaciji Ležimir u odnosu na ostale lokacije, koje se nisu međusobno razlikovale ($p > 0,01$). Rezultati ispitivanja prosečnog sadržaja kalijuma u uzorcima pčela sa zatvorenog legla sa lokacije podnožja planine Rudnik, tokom bagremove paše bili su manji ($p < 0,01$) u odnosu na ostale ispitivane lokalitete. Međutim, prosečan sadržaj kalcijuma i hroma u uzorcima pčela sa zatvorenog legla sa lokacije podnožja planine Rudnik tokom bagremove paše bio je veći ($p < 0,01$) u odnosu na ostale ispitivane lokalitete. Utvrđeno je da je prosečan sadržaj mangana bio najveći ($p < 0,01$) na lokaciji Ležimir, sledili su Lazarevac, Rudnik tokom bagremove, a zatim livadske paše. Prosečan sadržaj selena i žive bio je ispod limita detekcije metode. Utvrđeno je da je prosečan sadržaj gvožđa, kobalta, cinka, arsena, kadmijuma i olova bio veći ($p < 0,01$) u uzorcima pčela zatvorenog legla sa lokacije Lazarevac u odnosu na ostale ispitivane lokalitete. Rezultati ispitivanja prosečnog sadržaja nikla sa lokacije podnožja planine Rudnik tokom livadske paše bili su veći ($p < 0,01$) u odnosu na ostale ispitivane lokacije, dok se prosečan sadržaj bakra razlikovao ($p < 0,01$) između svih poređenih lokacija, sa najvećim prosečnim sadržajem na lokaciji Ležimir, i sukcesivno manje na lokacijama Lazarevca, Rudnika tokom livadske, odnosno bagremove paše.

Tabela 5.10. Prosečan sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima pčela (sa zatvorenog legla) sa različitih lokacija (Podnožje planine Rudnik, Lazarevac, Ležimir-Fruška gora)

Element (jedinica)	Lokacija ($\bar{X} \pm Sd$)			
	Podnožje planine Rudnik (Bagremova paša)	Podnožje planine Rudnik (Livadska paša)	Lazarevac (Bagremova paša)	Ležimir Fruška gora (Lipova paša)
Na (mg/kg)	251,50±0,60 ^A	156,80±3,90 ^B	248,50±3,45 ^A	143,20±9,07 ^C
Mg (mg/kg)	434,60±6,29 ^A	420,10±9,55 ^A	444,80±2,55 ^A	351,90±12,71 ^B
K (mg/kg)	3908±2,86 ^A	4211±106,70 ^B	4284±6,92 ^B	4179±75,70 ^B
Ca (mg/kg)	535,50±51,34 ^A	386,70±28,79 ^B	347,70±21,02 ^B	478,80±24,19 ^B
Cr (µg/kg)	66,92±4,28 ^A	49,22±4,79 ^B	23,43±2,35 ^B	9,27±1,16 ^C
Mn (mg/kg)	32,86±0,74 ^A	15,77±0,81 ^B	71,91±14,11 ^C	135,30±0,51 ^D
Se (mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe (mg/kg)	34,28±0,35 ^A	39,03±2,50 ^B	60,51±4,14 ^C	32,33±3,16 ^A
Co (µg/kg)	56,35±1,02 ^A	36,42±1,95 ^B	67,48±9,53 ^C	39,98±1,06 ^B

Tabela 5.10. Prosečan sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima pčela (sa zatvorenog legla) sa različitih lokacija (Podnožje planine Rudnik, Lazarevac, Ležimir-Fruška gora)

Element (jedinica)	Lokacija ($\bar{X} \pm Sd$)			
	Podnožje planine Rudnik (Bagremova paša)	Podnožje planine Rudnik (Livadska paša)	Lazarevac (Bagremova paša)	Ležimir Fruška gora (Lipova paša)
Ni (µg/kg)	0,35±0,09 ^A	0,53±0,03 ^B	0,15±0,01 ^C	0,45±0,02 ^D
Cu (µg/kg)	5,91±0,12 ^A	6,83±0,13 ^B	7,70±0,11 ^C	7,92±0,10 ^D
Zn (mg/kg)	36,05±0,71 ^A	30,54±0,58 ^B	41,56±3,66 ^C	23,75±1,94 ^D
As (µg/kg)	28,67±3,75 ^A	25,48±1,74 ^A	60,55±5,81 ^B	10,62±0,86 ^C
Cd (µg/kg)	58,90±0,33 ^A	21,15±2,16 ^B	90,05±0,26 ^C	67,70±1,16 ^D
Pb (µg/kg)	58,98±0,35 ^A	55,85±0,24 ^B	98,12±0,66 ^C	31,57±1,47 ^D
Hg (µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Legenda: Različita slova (^{A, B, C, D}) u redu označavaju statističku značajnost na nivou $p < 0,01$; Ista slova u redu označavaju da statistička značajnost nije utvrđena ($p > 0,01$).

Rezultati ispitivanja prosečnog sadržaja ispitivanih elemenata u uzorcima pčela sa otvorenog legla sa sve četiri paše prikazan je u tabeli 5.11.

Prosečan sadržaj natrijuma, gvožđa, nikla, cinka, arsena, kobalta bio je veći ($p < 0,01$) u uzorcima pčela sa otvorenog legla sa lokacije Lazarevac u odnosu na druge ispitivane lokacije, sa m razlikom ($p < 0,01$) u prosečnom sadržaju natrijuma, nikla i arsena između svih lokacija. Najveći prosečan sadržaj magnezijuma, pored lokacije Lazarevac, je učen u i uzorcima pčela sa otvorenog legla sa lokacije podnožje planine Rudnik, nakon bagremove paše. Utvrđeno je da je prosečan sadržaj kalijuma i kalcijuma u uzorcima pčela sa otvorenog legla bio manji ($p < 0,01$) sa lokacije podnožja planine Rudnik (livadska paša) u odnosu na ispitivane uzorke sa drugih lokacija. Prosečan sadržaj hroma i olova u ispitivanim uzorcima pčela sa otvorenog legla bio je manji ($p < 0,01$) sa lokacije Ležimir, u odnosu na druge ispitivane lokacije, dok je prosečan sadržaj mangana i bakra sa lokacije Ležimir bio veći ($p < 0,01$), u odnosu na druge lokacije. Rezultati ispitivanja pokazuju da je prosečan sadržaj selenia i žive u ispitivanim uzorcima pčela sa otvorenog legla bio ispod limita detekcije metode.

Tabela 5.11. Prosečan sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima pčela (sa otvorenog legla) sa različitih lokacija (Podnožje planine Rudnik, Lazarevac, Ležimir-Fruška gora)

Element (jedinica)	Lokacija ($\bar{X} \pm Sd$)			
	Podnožje planine Rudnik (Bagremova paša)	Podnožje planine Rudnik (Livadska paša)	Lazarevac (Bagremova paša)	Ležimir Fruška gora (Lipova paša)
Na (mg/kg)	215,60±0,02 ^A	136,10±2,79 ^B	233,20±9,14 ^C	148,00±4,81 ^D
Mg (mg/kg)	412,80±0,41 ^A	317,90±2,75 ^B	417,10±18,44 ^A	363,10±8,13 ^C
K (mg/kg)	4555±8,74 ^A	3547±83,72 ^B	4250±122,10 ^C	4323±32,34 ^C
Ca (mg/kg)	339,30±0,10 ^A	257,50±8,92 ^B	334,30±7,20 ^A	425,30±12,87 ^C
Cr (µg/kg)	40,52±0,69 ^A	22,17±2,79 ^B	20,77±0,40 ^B	7,68±1,02 ^C
Mn (mg/kg)	10,98±0,15 ^A	12,05±0,55 ^A	59,23±1,17 ^B	126,50±1,3 ^C
Se (mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe (mg/kg)	27,37±1,21 ^A	27,84±1,07 ^A	57,60±1,39 ^B	24,83±0,45 ^C
Co (µg/kg)	28,63±0,08 ^A	27,83±1,17 ^A	58,37±2,43 ^B	28,93±0,36 ^A

Tabela 5.11. Prosečan sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima pčela (sa otvorenog legla) sa različitih lokacija (Podnožje planine Rudnik, Lazarevac, Ležimir-Fruška gora)

Element (jedinica)	Lokacija ($\bar{X} \pm Sd$)			
	Podnožje planine Rudnik (Bagremova paša)	Podnožje planine Rudnik (Livadska paša)	Lazarevac (Bagremova paša)	Ležimir Fruška gora (Lipova paša)
Ni (µg/kg)	0,16±0,01 ^A	0,36±0,01 ^B	0,72±0,09 ^C	0,53±0,01 ^D
Cu (µg/kg)	5,83±0,02 ^A	5,95±0,40 ^A	7,00±0,32 ^B	8,11±0,03 ^C
Zn (mg/kg)	26,95±0,13 ^A	23,88±0,50 ^B	38,09±1,20 ^C	24,55±0,39 ^B
As (µg/kg)	16,08±2,23 ^A	19,48±0,85 ^B	57,47±3,13 ^C	6,18±0,08 ^D
Cd (µg/kg)	33,53±1,47 ^A	16,53±0,14 ^A	121,10±8,15 ^B	34,33±0,90 ^A
Pb (µg/kg)	54,62±1,85 ^A	50,05±2,41 ^B	55,82±1,06 ^A	26,57±1,28 ^C
Hg (µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Legenda: Različita slova (^A, ^B, ^C, ^D) u redu označavaju statističku značajnost na nivou $p < 0,01$; Ista slova u redu označavaju da statistička značajnost nije utvrđena ($p > 0,01$).

U tabeli 5.12. su prikazani rezultati prosečnog sadržaja pojedinih elemenata u uzorcima trutova sa različitih lokacija.

Prosečan sadržaj natrijuma u uzorcima trutova sa lokacije podnožja planine Rudnik nakon livadske paše bio je najveći ($p < 0,01$), sledili su uzorci trutova sa lokacije Ležimir, Lazarevac i Rudnik nakon bagremove paše. Utvrđeno je da je prosečan sadržaj magnezijuma, kalcijuma, mangana, gvožđa, kobalta, nikla, cinka, arsena, kadmijuma i olova u uzorcima trutova sa lokacije Lazarevac bio veći ($p < 0,01$) u odnosu na ostale ispitivane lokalitete. Zajedničko za ove elemente je i da su se svi rezultati međusobno razlikovali ($p < 0,01$) osim za kobalt, nikal i arsen. Prosečan sadržaj kalijuma sa lokacije Ležimir bio je veći ($p < 0,01$) u uzorcima trutova u odnosu na ostale ispitivane lokacije, koje se međusobno statistički nisu značajno razlikovale ($p > 0,01$). Najveći prosečan sadržaj hroma utvrđen je na lokaciji podnožje planine Rudnik, nakon bagremove paše ($p < 0,01$), zatim u uzorcima sa iste lokacije nakon livadske paše, sledili su Lazarevac i Ležimir. Rezultati ispitivanja prosečnog sadržaja selena i žive bili su ispod limita detekcije metode. Utvrđeno je da je prosečan sadržaj bakra u uzorcima trutova sa lokacije podnožja planine Rudnik (nakon livadske paše) bio veći ($p < 0,01$) u odnosu na ostale ispitivane lokacije, a najmanji na istoj lokaciji tokom bagremove paše.

Tabela 5.12. Prosečan sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima trutova sa različitih lokacija (Podnožje planine Rudnik, Lazarevac, Ležimir-Fruška gora)

Element (jedinica)	Lokacija ($\bar{X} \pm Sd$)			
	Podnožje planine Rudnik (Bagremova paša)	Podnožje planine Rudnik (Livadska paša)	Lazarevac (Bagremova paša)	Ležimir Fruška gora (Lipova paša)
Na (mg/kg)	164,40±1,45 ^A	246,30±1,99 ^B	193,70±1,56 ^C	212,80±6,23 ^D

Tabela 5.12. Prosečan sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima trutova sa različitim lokacija (Podnožje planine Rudnik, Lazarevac, Ležimir-Fruška gora)

Element (jedinica)	Lokacija ($\bar{X} \pm Sd$)			
	Podnožje planine Rudnik (Bagremova paša)	Podnožje planine Rudnik (Livadska paša)	Lazarevac (Bagremova paša)	Ležimir Fruška gora (Lipova paša)
Mg (mg/kg)	386,20±3,58 ^A	301,70±1,52 ^B	396,10±2,97 ^C	274,00±2,37 ^D
K (mg/kg)	3984±34,32 ^A	3946±57,50 ^A	4006±10,79 ^A	4609±151,10 ^B
Ca (mg/kg)	345,70±7,73 ^A	105,60±2,03 ^B	377,20±7,20 ^C	168,50±1,38 ^D
Cr (µg/kg)	44,63±3,94 ^A	35,83±0,98 ^B	31,62±0,37 ^C	7,25±0,37 ^D
Mn (mg/kg)	12,59±1,43 ^A	4,30±0,23 ^B	52,35±0,83 ^C	17,72±1,77 ^D
Se (mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe (mg/kg)	26,33±0,68 ^A	29,40±0,06 ^B	54,26±0,96 ^C	18,61±1,57 ^D
Co (µg/kg)	31,28±3,01 ^A	9,78±0,25 ^B	70,23±3,12 ^C	6,50±0,09 ^B
Ni (µg/kg)	0,19±0,01 ^A	0,05±0,01 ^A	0,52±0,14 ^B	0,09±0,01 ^A
Cu/ (µg/kg)	5,94±0,09 ^A	10,93±0,02 ^B	7,42±0,16 ^C	6,94±0,91 ^C
Zn (mg/kg)	28,33±0,94 ^A	35,13±0,80 ^B	42,46±1,48 ^C	24,15±2,39 ^D
As (µg/kg)	15,47±1,10 ^A	5,65±0,24 ^B	73,63±0,51 ^C	6,25±1,56 ^B
Cd (µg/kg)	24,28±1,39 ^A	2,50±0,55 ^B	106,30±1,48 ^C	5,12±0,39 ^D
Pb (µg/kg)	46,78±4,28 ^A	9,12±0,26 ^B	68,07±1,35 ^C	25,48±1,54 ^D
Hg (µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Legenda: Različita slova (A, B, C, D) u redu označavaju statističku značajnost na nivou $p < 0,01$; Ista slova u redu označavaju da statistička značajnost nije utvrđena ($p > 0,01$).

5.6 Rezultati ispitivanja prosečnog sadržaj mikro i makro elemenata u uzorcima proizvoda pčela sa različitih lokacija

U tabelama 5.13, 5.14. i 5.15. prikazani su rezultati prosečnog sadržaja ispitivanih elemenata u uzorcima proizvoda pčela (med, perga i vosak).

U Tabeli 5.13. prikazan je prosečan sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima meda sa različitih lokacija. Prosečan sadržaj natrijuma, nikla, cinka i olova bio je veći ($p < 0,01$) u uzorcima meda sa lokacije podnožja planine Rudnik tokom livadske i bagremove paše u odnosu na ostale lokacije, dok je prosečan sadržaj kadmijuma i bakra statistički bio veći ($p < 0,01$) samo u uzorcima livadskog meda sa lokacije podnožja planine Rudnik. najveći ($p < 0,01$) prosečan sadržaj magnezijuma i kalijuma utvrđen je u lipovom medu sa lokacije Ležimir, a sledili su uzorci livadskog, pa bagremovog meda sa podnožja planine Rudnik, i bagremov med sa lokacije Lazarevac. Prosečan sadržaj kalcijuma, mangana i gvožđa bio je takođe najveći ($p < 0,01$) u uzorcima livadskog meda sa lokacije Ležimir u odnosu na ostale ispitivane lokacije, gde nije utvrđena statistički značajna razlika ($p > 0,01$) u prosečnom sadržaju mangana i gvožđa, dok statistički značajna razlika ($p > 0,01$) nije utvrđena između dve paše sa lokacije Rudnik kod kalcijuma. Prosečan sadržaj hroma i arsena su bili manji ($p < 0,01$) u uzorcima bagremovog meda sa lokacije Lazarevac u odnosu na ostale lokalitete. Prosečan sadržaj selen, kobalta i žive bio je ispod limita detekcije metode.

Tabela 5.13. Prosečan sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima meda sa različitih lokacija (Podnožje planine Rudnik, Lazarevac, Ležimir-Fruška gora)

Element (jedinica)	Lokacija ($\bar{X} \pm Sd$)			
	Podnožje planine Rudnik (Bagremova paša)	Podnožje planine Rudnik (Livadska paša)	Lazarevac (Bagremova paša)	Ležimir Fruška gora (Lipova paša)
Na (mg/kg)	10,05±1,39 ^A	12,19±1,48 ^A	2,82±0,59 ^B	6,15±0,35 ^C
Mg (mg/kg)	9,65±0,79 ^A	14,75±1,06 ^B	5,41±0,40 ^C	38,45±2,02 ^D
K (mg/kg)	485,30±7,30 ^A	511,30±7,15 ^B	411,30±7,57 ^C	2824±44,96 ^D
Ca (mg/kg)	23,79±0,17 ^A	31,24±3,84 ^A	11,62±2,04 ^B	119,70±5,45 ^C
Cr (µg/kg)	7,79±0,69 ^A	10,72±0,52 ^A	2,00±0,28 ^B	13,63±3,04 ^A
Mn (mg/kg)	0,20±0,02 ^A	0,30±0,03 ^A	0,21±0,05 ^A	4,04±0,12 ^B
Se (mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe (mg/kg)	0,33±0,10 ^A	0,58±0,10 ^A	0,26±0,07 ^A	2,17±0,12 ^B
Co (µg/kg)	< 8	<8	<8	<8
Ni (µg/kg)	0,07±0,01 ^A	0,10±0,01 ^A	0,04±0,01 ^B	0,04±0,009 ^B
Cu (µg/kg)	0,33±0,04 ^A	0,44±0,02 ^B	0,06±0,01 ^C	0,27±0,02 ^D
Zn (mg/kg)	1,45±0,27 ^A	1,66±0,11 ^A	0,87±0,03 ^B	1,01±0,07 ^C
As (µg/kg)	1,60±0,33 ^A	1,48±0,19 ^A	1,13±0,12 ^B	1,50±0,13 ^A
Cd (µg/kg)	3,36±0,97 ^A	4,18±0,22 ^B	1,15±0,10 ^C	2,27±0,30 ^D
Pb (µg/kg)	18,85±1,83 ^A	19,00±0,14 ^A	5,73±0,48 ^B	13,23±1,92 ^C
Hg (µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Legenda: Različita slova (^{A, B, C, D}) u redu označavaju statističku značajnost na nivou $p < 0,01$; Ista slova u redu označavaju da statistička značajnost nije utvrđena ($p > 0,01$).

U tabeli 5.14 je prikazan prosečan sadržaj ispitivanih elemenata u uzorcima perge sa različitih lokacija.

Prosečan sadržaj natrijuma, bakra, kalcijuma i kadmijuma u uzorcima perge sa lokacije Ležimir bio je veći ($p < 0,01$) u odnosu na ostale ispitivane lokacije. Takođe, prosečan sadržaj mangana i nikla je bio veći ($p < 0,01$) u uzorcima perge sa lokacije Ležimir u odnosu na ostale ispitivane lokacije, koje su se razlikovale ($p < 0,01$). Utvrđeno je da je prosečan sadržaj magnezijuma i kalijuma bio veći ($p < 0,01$) u uzorcima perge sa lokacije podnožja planine Rudnik nakon livadske i bagremove paše, u odnosu na ostale lokacije, dok je sadržaj gvožđa, kobalta i olova bio veći ($p < 0,01$) samo u uzorcima perge sa lokacije podnožja planine Rudnik. Sa druge strane, prosečan sadržaj hroma i arsena bio je najveći ($p < 0,01$) u uzorcima perge sa lokacije Lazarevac, a najmanji prosečan sadržaj bio je u uzorcima sa lokacije Ležimir. Najmanji prosečan sadržaj cinka ($p < 0,01$) je utvrđen na lokaciji Lazarevac. Prosečan sadržaj selena i žive bio je ispod limita detekcije metode.

Tabela 5.14. Prosečan sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima perge sa različitih lokacija (Podnožje planine Rudnik, Lazarevac, Ležimir-Fruška gora)

Element (jedinica)	Lokacija ($\bar{X} \pm Sd$)			
	Podnožje planine Rudnik (Bagremova paša)	Podnožje planine Rudnik (Livadska paša)	Lazarevac (Bagremova paša)	Ležimir Fruška gora (Lipova paša)
Na (mg/kg)	32,90±1,69 ^A	29,86±1,66 ^A	34,91±1,50 ^A	49,07±3,03 ^B
Mg (mg/kg)	845,80±83,20 ^A	865,30±29,84 ^A	692,20±39,93 ^B	714,70±40,64 ^C
K (mg/kg)	7487±381,50 ^A	7142±145,10 ^A	5944±730,40 ^B	5515±361,20 ^C
Ca (mg/kg)	1190±76,38 ^A	1289±47,11 ^B	1266±248,80 ^B	1806±44,98 ^C
Cr (µg/kg)	131,30±15,68 ^A	171,50±9,48 ^B	183,80±29,77 ^C	106,90±12,92 ^D
Mn (mg/kg)	19,51±3,74 ^A	28,06±2,24 ^B	38,15±4,99 ^C	204,80±1,17 ^D
Se (mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe (mg/kg)	43,07±3,84 ^A	89,68±4,44 ^B	54,97±6,79 ^C	57,52±4,28 ^C
Co (µg/kg)	65,50±9,70 ^A	77,13±2,59 ^B	37,52±4,65 ^C	55,43±3,88 ^D
Ni (µg/kg)	1,30±0,26 ^A	1,45±0,08 ^B	1,33±0,12 ^C	3,67±0,30 ^D
Cu (µg/kg)	5,29±0,25 ^A	5,99±0,27 ^A	4,59±0,11 ^A	10,72±1,67 ^B
Zn (mg/kg)	41,59±3,63 ^A	38,54±1,75 ^A	27,31±2,25 ^B	46,94±8,37 ^A
As (µg/kg)	33,27±9,63 ^A	32,20±2,56 ^A	43,37±4,39 ^B	20,50±3,96 ^C
Cd (µg/kg)	32,18±0,73 ^A	31,37±3,05 ^A	43,50±4,15 ^B	136,50±8,48 ^C
Pb (µg/kg)	100,90±6,06 ^A	199,90±1,93 ^B	183,20±8,95 ^C	55,85±6,42 ^D
Hg (µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Legenda: Različita slova (^{A, B, C, D}) u redu označavaju statističku značajnost na nivou $p < 0,01$; Ista slova u redu označavaju da statistička značajnost nije utvrđena ($p > 0,01$).

Prosečan sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima voska sa različitih lokacija prikazan je u tabeli 5.15.

Utvrđeno je da je prosečan sadržaj natrijuma u uzorcima voska sa lokacija Ležimir i Lazarevac bio veći ($p < 0,01$) u odnosu na prosečan sadržaj ispitivanog elementa na lokaciji podnožja planine Rudnik nakon obe paše. Prosečan sadržaj magnezijuma, kalijuma, kalcijuma, hroma, gvožđa, kobalta, bakra, cinka, kadmijuma i olova u uzorcima voska sa lokacije Ležimir bio je veći ($p < 0,01$) u odnosu na sadržaj svih navedenih elemenata u uzorcima voska sa drugih ispitivanih lokacija. Kod prosečnog sadržaja hroma, kobalta, cinka i olova, utvrđena je i statistički značajna razlika ($p < 0,01$) ovih elemenata između livadske i bagremove paše na lokaciji podnožja planine Rudnik za razliku od ostalih pomenutih elemenata. Rezultati ispitivanja prosečnog sadržaja selena i žive bili su ispod limita detekcije metode. Prosečan sadržaj mangana i nikla u uzorcima voska sa lokacije podnožja planine Rudnik, nakon livadske paše, bio je veći ($p < 0,01$) u odnosu na ostale ispitivane lokacije, dok je prosečan sadržaj arsena sa lokacije Lazarevac bio veći ($p < 0,01$) u uzorcima voska u poređenju sa uzorcima koji su prikupljeni sa drugih lokacija.

Tabela 5.15. Prosečan sadržaj mikro i makroelemenata u uzorcima voska sa različitim lokacija (Podnožje planine Rudnik, Lazarevac, Ležimir-Fruška gora)

Element (jedinica)	Lokacija ($\bar{X} \pm Sd$)			
	Podnožje planine Rudnik (Bagremova paša)	Podnožje planine Rudnik (Livadska paša)	Lazarevac (Bagremova paša)	Ležimir Fruška gora (Lipova paša)
Na (mg/kg)	5,65±0,03 ^A	5,58±1,61 ^A	15,34±1,73 ^B	20,03±0,45 ^B
Mg (mg/kg)	25,69±0,52 ^A	31,21±4,54 ^A	82,48±2,93 ^B	247,90±5,22 ^C
K (mg/kg)	277,10±23,22 ^A	200,30±25,05 ^A	693,40±28,41 ^B	1572±178,40 ^C
Ca (mg/kg)	40,65±5,61 ^A	33,28±2,68 ^A	212,70±22,71 ^B	396,70±21,18 ^C
Cr (µg/kg)	99,50±3,02 ^A	162,90±31,43 ^B	85,77±4,03 ^C	247,60±33,59 ^D
Mn (mg/kg)	0,33±0,02 ^A	4,80±0,52 ^B	1,40±0,24 ^C	3,83±0,58 ^D
Se (mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe (mg/kg)	7,42±1,83 ^A	9,75±0,72 ^A	17,11±0,28 ^B	41,10±0,68 ^C
Co (µg/kg)	3,13±0,10 ^A	7,33±0,82 ^B	10,53±1,44 ^C	17,55±1,15 ^D
Ni (µg/kg)	0,05±0,01 ^A	0,19±0,05 ^B	0,05±0,004 ^A	0,18±0,04 ^C
Cu (µg/kg)	0,13±0,02 ^A	0,20±0,05 ^A	0,35±0,02 ^B	1,01±0,03 ^C
Zn (mg/kg)	5,21±1,36 ^A	7,66±0,42 ^B	7,16±0,47 ^B	21,04±2,35 ^C
As (µg/kg)	6,47±0,16 ^A	3,33±0,26 ^B	25,60±1,63 ^C	21,55±0,30 ^D
Cd (µg/kg)	1,57±0,21 ^A	2,25±0,45 ^A	3,42±0,79 ^B	7,55±0,14 ^C
Pb (µg/kg)	29,25±3,82 ^A	69,95±10,65 ^B	111,80±6,73 ^C	401,10±16,02 ^D
Hg (µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Legenda: Različita slova (^{A, B, C, D}) u redu označavaju statističku značajnost na nivou $p < 0,01$; Ista slova u redu označavaju da statistička značajnost nije utvrđena ($p > 0,01$)

5.7 Korelacione zavisnosti između ispitivanih mikro i makroelemenata i uzoraka pčela i proizvoda pčela prema lokacijama

Korelaciona zavisnost ispitivanih elemenata u uzorcima pčela i pčelinjih proizvoda prema različitim lokacijama prikazana je *Pearson*-ovim koeficijentom (r) u Tabelama 5.16, 5.17 i 5.18.

Prema Colton-u (1974) nema korelacione zavisnosti ako je vrednost r manja od 0,25, bez obzira da li je pozitivna (+) ili negativna (-). Ako je korelaciona zavisnost od 0,25 do 0,50 onda je slaba (*weak*), a može da bude pozitivna (+) ili negativna (-). Umerena (*moderate*) korelaciona zavisnost ima vrednosti od 0,50 do 0,75 i može da bude pozitivna (+) ili negativna (-). Jaka (*strong*) korelaciona zavisnost ima vrednosti od 0,75 do 1,0 i može da bude pozitivna (+) ili negativna (-). Navedena klasifikacija prema jačini korišćena je u ovoj doktorskoj disertaciji.

Korelaciona zavisnost ispitivanih elemenata na lokaciji podnožja planine Rudnik prikazana je *Pearson*-ovim koeficijentom (r) u Tabeli 5.16.

Slaba pozitivna korelaciona zavisnost, bez statistički značajne razlike ($p > 0,01$), utvrđena je između sledećih elemenata: kadmijuma i kalijuma, olova i natrijuma, bakra i mangana, bakra i nikla, gvožđa i kobalta, gvožđa i natrijuma, kao i između cinka i natrijuma, hroma i nikla, natrijuma i magnezijuma. Slaba negativna korelaciona zavisnost, bez statistički značajne razlike, utvrđena je između navedenih elemenata iz uzoraka sa podnožja planine Rudnik: arsen i cink, arsen i mangan, kadmijum i cink, olovo i kalijum, cink i kobalt, cink i kalijum, mangan i kalijum, hrom i kobalt, kobalt i nikl, nikl i kalijum. Selen nije prikazan u ovoj tabeli jer je njegov sadržaj bio ispod nivoa detekcije.

Umerena pozitivna korelaciona zavisnost, bez statistički značajne razlike ($p>0,01$), utvrđena je između kadmijuma i kalcijuma, olova i kobalta, kao i između gvožđa i kalijuma. Umerena negativna korelaciona zavisnost, bez statistički značajne razlike, utvrđena je između arsena i olova, arsena i bakra, hroma i kalijuma, kao i između kobalta i kalijuma.

Jaka negativna korelaciona zavisnost utvrđena je između arsena i kalijuma.

Tabela 5.16. Korelacione zavisnosti između ispitivanih mikro i makroelemenata i uzoraka pčela i proizvoda pčela prema lokacijama sa lokacije podnožja planine Rudnik (r)

Parametar		Cd	Pb	Cu	Fe	Zn	Mn	Cr	Co	Ni	K	Na	Ca	Mg
As	1	-0.030	-0.720	-0.600	0.070	-0.450	-0.450	-0.187	0.200	-0.166	-0.957	-0.091	-0.015	0.060
Cd		1	0.134	-0.170	0.160	-0.280	-0.015	-0.152	0.123	-0.182	0.363	0.219	0.647	0.043
Pb			1	-0.012	0.016	0.113	0.055	0.154	0.691	0.030	-0.373	0.250	0.225	-0.010
Cu				1	0.049	0.110	0.380	0.031	0.014	0.304	-0.211	0.091	-0.119	0.061
Fe					1	0.180	-0.021	-0.091	0.304	-0.200	0.610	0.391	0.239	0.097
Zn						1	0.070	0.016	-0.320	-0.173	-0.323	0.261	-0.187	0.071
Mn							1	0.074	-0.142	-0.073	-0.389	0.062	-0.137	-0.006
Cr								1	-0.282	0.344	-0.550	-0.062	0.039	0.119
Co									1	-0.261	-0.518	0.120	0.039	-0.226
Ni										1	-0.328	-0.148	0.050	-0.117
K											1	0.130	0.043	0.114
Na												1	0.234	0.255
Ca													1	0.043
Mg														1

U tabeli 5.17 prikazani su rezultati korelacione zavisnosti ispitivanih elemenata u uzorcima pčela i pčelinjih proizvoda na lokaciji Lazarevac.

Slaba pozitivna korelaciona zavisnost, bez statistički značajne razlike ($p>0,01$), na području Lazarevca, utvrđena je između sledećih elemenata: kadmijuma i kalijuma, kadmijuma i natrijuma, olova i natrijuma, bakra i mangana, bakra i nikla, gvožđa i kobalta, gvožđa i natrijuma, gvožđa i kalcijuma, kao i između hroma i nikla, natrijuma i kalcijuma, natrijuma i magnezijuma. Slaba negativna korelaciona zavisnost, bez statistički značajne razlike, utvrđena je između: arsena i cinka, kadmijuma i cinka, olova i kalijuma, cinka i kobalta, cinka i kalijuma, mangana i kalijuma, hroma i kobalta, hroma i kalijuma, kobalta i magnezijuma, nikla i kalijuma.

Umerena pozitivna korelaciona zavisnost, bez statistički značajne razlike, utvrđena je između kadmijuma i kalcijuma, olova i kobalta, kao i između gvožđa i kalijuma. Umerena negativna

korelaciona zavisnost, bez statistički značajne razlike, utvrđena je između arsena i olova, arsena i bakra, arsena i mangana, kao i između kobalta i kalijuma.

Jaka negativna korelaciona zavisnostm bez statistički značajne razlike, utvrđena je između arsena i kalijuma.

Tabela 5.17. Korelacione zavisnosti između ispitivanih mikro i makroelemenata i uzoraka pčela i proizvoda pčela prema lokacijama na lokaciji Lazarevac (*r*)

Parametar	As	Cd	Pb	Cu	Fe	Zn	Mn	Cr	Co	Ni	K	Na	Ca	Mg
As	1	-	-	-	0.051	-	-	-	0.150	-	-	-	-	0.030
		0.020	0.610	0.600		0.444	0.500	0.162		0.110	0.930	0.100	0.010	
Cd		1	0.140	-	0.158	-	-	-	0.100	-	0.285	0.250	0.610	0.090
				0.153		0.260	0.010	0.139		0.197				
Pb			1	-	0.010	0.100	0.070	0.144	0.582	0.041	-	0.261	0.200	-
				0.011							0.396			0.010
Cu				1	0.028	0.090	0.474	0.023	0.010	0.275	-	0.130	-	0.030
											0.200		0.103	
Fe					1	0.154	-	-	0.275	-	0.590	0.342	0.281	0.010
							0.019	0.090		0.170				
Zn						1	0.070	0.009	-	-	-	0.231	-	0.070
									0.300	0.133	0.410		0.114	
Mn							1	0.035	-	-	-	0.040	-	-
									0.131	0.099	0.425		0.110	0.009
Cr								1	-	0.298	-	-	0.060	0.129
									0.328		0.450	0.031		
Co									1	-	-	0.152	0.050	-
										0.230	0.598			0.259
Ni										1	-	-	0.020	-
											0.380	0.121		0.130
K											1	0.115	0.025	0.110
Na												1	0.299	0.300
Ca													1	0.020
Mg														1

Korelaciona zavisnost ispitivanih elemenata u uzorcima pčela i pčelinjih proizvoda na lokaciji Ležimir prikazana je u tabeli 5.18.

Slaba pozitivna korelaciona zavisnost, bez statistički značajne razlike ($p > 0,01$), utvrđena je između sledećih elemenata: kadmijuma i kalijuma, bakra i mangana, bakra i nikla, gvožđa i natrijuma, cinka i natrijuma, kao i između hroma i nikla, natrijuma i magnezijuma. Slaba negativna korelaciona zavisnost, bez statistički značajne razlike između rezultata za ispitivane elemente sa lokaliteta Ležimir, utvrđena je između sledećih elemenata: arsen i cink, kadmijum i cink, olovo i kalijum, cink i kobalt, cink i kalijum, mangan i kalijum, hrom i kobalt, kobalt i nikl, kobalt i kalijum, kao i između nikla i kalijuma.

Umerena pozitivna korelaciona zavisnost, bez statistički značajne razlike, utvrđena je između kadmijuma i kalcijuma, olova i kobalta, kao i između gvožđa i kalijuma, iz uzoraka pčela i pčelinjih proizvoda sa lokacije Ležimir. Umerena negativna korelaciona zavisnost, bez statistički značajne razlike, utvrđena je između arsena i bakra, arsena i mangana, hroma i kalijuma.

Jaka negativna korelaciona zavisnost, bez statistički značajne razlike, utvrđena je između arsena i olova, kao i između arsena i kalijuma.

Tabela 5.18. Korelacione zavisnosti između ispitivanih mikro i makroelemenata i uzoraka pčela i proizvoda pčela prema lokacijama na lokaciji Ležimir (*r*)

Parametar	As	Cd	Pb	Cu	Fe	Zn	Mn	Cr	Co	Ni	K	Na	Ca	Mg
As	1	-	-	-	0.092	-	-	-	0.220	-	-	-	-	0.030
		0.050	0.910	0.500		0.450	0.500	0.166		0.120	0.900	0.100	0.009	
Cd		1	0.200	-	0.140	-	-	-	0.130	-	0.300	0.200	0.600	0.010
				0.130		0.260	0.010	0.158		0.160				
Pb			1	-	0.010	0.200	0.090	0.150	0.700	0.010	-	0.210	0.220	-
				0.010							0.350			0.005
Cu				1	0.070	0.150	0.380	0.030	0.030	0.280	-	0.090	-	0.060
											0.201		0.100	
Fe					1	0.202	-	-	0.200	-	0.580	0.350	0.220	0.100
							0.020	0.100		0.100				
Zn						1	0.070	0.025	-	-	-	0.250	-	0.030
									0.350	0.150	0.300		0.180	
Mn							1	0.070	-	-	-	0.040	-	-
									0.100	0.050	0.370		0.130	0.001
Cr								1	-	0.300	-	-	0.050	0.140
									0.300		0.520	0.060		
Co									1	-	-	0.140	0.020	-
										0.260	0.410			0.216
Ni										1	-	-	0.010	-
											0.310	0.150		0.120
K											1	0.100	0.040	0.110
Na												1	0.200	0.270
Ca													1	0.040
Mg														1

6. DISKUSIJA

6.1 Prosečan sadržaj natrijuma u uzorcima pčela i njihovih proizvoda

Za pčele, natrijum je jedan od esencijalnih mineralnih elemenata koji ima svoju metaboličku funkciju. Međutim, tačne količine koje su insektima potrebne za održavanje metaboličkih funkcija nisu utvrđene.

U studiji, u kojoj su Golubkina i sar. (2016) ispitivali količine hemijskih elemenata u medonosnim pčelama poreklom iz određenih regiona u Moldaviji, Mongoliji i iz dva regiona u Rusiji, sadržaj natrijuma bio je 636 mg/kg, 719 mg/kg i 600 mg/kg, odnosno 598 mg/kg. Grainger i sar. (2020) nalaze Na u pčelama u opsegu od 14300 µg/kg do 41300 µg/kg, u studiji na Novom Zelandu u studiji sa sedam industrijskih lokaliteta u Slovačkoj pčele unutar košnica su imale vrednosti Na od 107 mg/kg do 300 mg/kg (Zafeiraki i sar., 2022). Da bi proučili uticaj različitih klimatskih uslova (zima, proleće, jesen), kao i uslova spoljašnje sredine (ruralna oblast, urbana sredina, industrijska oblast) na pčelinje zajednice, ispitani su uzorci medonosnih pčela sa različitih lokaliteta u Srbiji (Ilijević i sar., 2021). U zavisnosti od okuženja, srednje vrednosti natrijuma u uzorcima pčela su bile u opsegu od 200,66 mg/kg do 257,27 mg/kg, dok su najveće koncentracije natrijuma u pčelama dokazane u letnjem periodu i, u zavisnosti od lokaliteta, iznosile su 336,33 mg/kg, 429,12 mg/kg i 358,81 mg/kg. Rezultati ove doktorske disertacije pokazuju da je srednja vrednost natrijuma u uzorcima pčela izletnica sa dva lokaliteta (bagremova i livadska paša, na Rudniku i bagremova paša, na lokaciji Lazarevca) bila u opsegu od 211,70±5,2 mg/kg do 215,20 ±1,13 mg/kg, bez statistički značajne razlike, dok je na lokalitetu Fruška gora, sa lipove paše, srednja vrednost natrijuma iznosila 184,70±2,79 mg/kg (Tabela 5.9). Istim redosledom, za pčele sa zatvorenog legla (tabela 5.10) srednje vrednosti za natrijum bile su 251,50±0,6 mg/kg; 156,80±3,9 mg/kg; 248,50±3,45 mg/kg i 143,20±9,07 mg/kg, a za pčele sa otvorenog legla (Tabela 5.11) opseg koncentracija za prve tri lokacije je bio od 215,60±0,02 mg/kg i 136,10±2,79 mg/kg, tokom bagremove i livadske paše na Rudniku do 233,20±9,14 mg/kg na lokaciji Lazarevca iz bagremove paše i 148,00±4,81 mg/kg, na lokalitetu Fruška gora, sa lipove paše (tabela 5.11). Srednje koncentracije natrijuma u uzorcima trutova sakupljenim tokom različitih paša bile su u opsegu od 164,40±1,45 mg/kg do 246,30±1,99 mg/kg (Tabela 5.12). Rezultati prosečne vrednosti za natrijum u uzorcima pčela koji su dobijeni u ovoj doktorskoj disertaciji slični su rezultatima koje su prikazali drugi autori (Grainger i sar., 2020; Zafeiraki i sar., 2022), a u saglasnosti sa nalazima Ilijević i sar. (2021), sa izuzetkom izletnica sa lokaliteta Fruške u kojima je sadržaj Na bio manji (Tabela 5.7). U našim ispitivanjima, rezultati za natrijum u pčelama su manji od rezultata autora Golubkina i sar. (2016) za nezagađeno područje. Najveća koncentracija natrijuma je dokazana u pčelama sa zatvorenog legla sa bagremove paše sa Rudnika i iz okoline Lazarevca (Tabela 5.10). Moguće je da je najveća koncentracija Na u ovim uzorcima mladih pčela posledica bogate ishrane koju su imale u ranoj fazi razvoja, što može ukazati da je za veliki sadržaj Na značajnija činjenica da su obe paše bagremove, nego što je uticaj lokaliteta. Natrijum čini 20% ukupnog sadržaja mineralnih materija u medu (Bettar i sar., 2015). Literaturni podaci ukazuju da prosečna vrednost natrijuma u medu različitog botaničkog porekla iznosi 45 mg/kg (Conti i sar., 2018) i da, u zavisnosti od geografskog porekla, varira od 3,23 mg/kg do 236,8 mg/kg (Bontempo i sar., 2017). U uzorcima meda iz Kenije, autori su dokazali koncentracije natrijuma u opsegu od 98,04 mg/kg do 269,1 mg/kg (Mbiri i sar., 2011), dok se na području Meksika ove vrednosti kreću od 20,5 mg/kg do 302 mg/kg (Mondragón-Cortez i sar., 2013). Prosečna vrednost natrijuma u uzorcima meda sa područja Rumunije kreće se u opsegu od 21,25 mg/kg do 24,3 mg/kg u bagremovom medu, zatim od 36,0 mg/kg do 47,9 mg/kg u medu uljane repice, i od 41,7 mg/kg do 50,7 mg/kg u livadskom medu (Tudoreanu i sar., 2012). Izmerene koncentracije za natrijum takođe sa teritorije Rumunije u uzorcima meda iz nezagađenih i zagađenih područja su u opsegu od 3,08 do 41,23 mg/kg (Golubkina i sar., 2016). Ova variranja mogu se objasniti i razlikama u odnosu na geografsko područje sa kojeg potiču uzorci (Golubkina i sar., 2016). Prosečna vrednost natrijuma u malezijskom medu je 236,80 mg/kg (Moniruzzaman i sar., 2014). U istraživanjima monofloralnih vrsta meda utvrđene su sledeće vrednosti za natrijum: med žalfije od 258 do 473 mg/kg (Terrab i sar.,

2004), med eukaliptusa od 169,49 mg/kg do 727,78 mg/kg (Silva i sar., 2009), med ruzmarina od 9,18 mg/kg do 18,20 mg/kg (Alda-Garcilope i sar., 2012). U pojedinim ispitivanjima u medu nije utvrđeno prisustvo natrijuma, tj. njegove vrednost su bile ispod limita detekcije (Sakač i sar., 2019; AlqUarni i sar., 2014). Srednja vrednost natrijuma, dobijena u ispitivanju sedam vrsta meda sa područja hrvatskog primorja bila je od 17,8 mg/kg do 73,0 mg/kg (Bilandžić i sar., 2017). Različiti medovi sa područja Srbije imaju vrednosti za natrijum od 6,75 mg/kg do 160,04 mg/kg (Mračević i sar., 2020). U uzorcima bagremovog i lipovog meda takođe iz Srbije, vrednosti Na su iznosile 14,7 mg/kg odnosno 13,2 mg/kg (Jovetić i sar., 2017). Rezultati drugih autora iz Srbije, a koji su ispitivali sadržaj natrijuma su bili u opsegu u bagremovom medu od 2,35 do 36,49 mg/kg, u lipovom medu od 3,88 mg/kg do 35,89 mg/kg i u livadskom medu od 2,46 mg/kg do 92,73 (Spirić i sar., 2019a). Naši rezultati za natrijum u medu imaju prosečne vrednosti od 7,8 mg/kg i nalaze se u rasponu od $2,82 \pm 0,59$ mg/kg (bagremova paša), $6,15 \pm 0,35$ mg/kg (lipova paša), $10,05 \pm 1,39$ mg/kg (planinska bagremova paša) do $12,19 \pm 1,39$ mg/kg (planinska livadska paša) (Tabela 5.13). Navedeni rezultati za prosečnu vrednost natrijuma u uzorcima meda su u skladu sa rezultatima manjeg broja autora (de Alda-Garcilope i sar., 2012), uključujući i med iz nezagađenih područja (Golubkinai sar., 2016), a manji u odnosu na rezultate drugih autora (Tudoreanu i sar., 2012, Bilandžić i sar., 2017, Mračević i sar., 2020, Terrab i sar., 2004). Rezultati koji su prikazani u ovoj doktorskoj disertaciji su u skladu sa rezultatima autora iz Srbije, a koji su ispitivali sadržaj natrijuma u bagremovom, lipovom (Jovetić i sar., 2017; Spirić i sar., 2019a) i livadskom medu (Spirić i sar., 2019a). Najveći sadržaj Na utvrđen je u medu sa podnožja planine Rudnik (obe paše), što može da ukaže na specifičnost pčelinjih zajednica sa ovog područja za usvajanje Na, odnosno na geografsko poreklo meda.

Izmerene koncentracije za natrijum sa teritorije Rumunije u uzorcima perge iz nezagađenih i zagađenih područja su u opsegu od 26,2 mg/kg do 79,99 mg/kg (Golubkina i sar., 2016). Prosečna vrednost natrijuma u uzorcima perge u ovoj doktorskoj disertaciji bila je od $29,86 \pm 1,66$ mg/kg (livadska paša), $32,90 \pm 1,69$ mg/kg (planinska bagremova paša), $34,91 \pm 1,5$ mg/kg (bagremova paša), do $49,07 \pm 3,03$ mg/kg (lipova paša) (Tabela 5.14) sa srednjom vrednošću od 36,68 (mg/kg). Ove vrednosti su u opsegu za vrednosti Na od 26,2 mg/kg do 79,99 mg/kg u uzorcima perge iz studije iz nezagađenih područja, ali manje od zagađenih područja (Golubkina i sar., 2016). Veće vrednosti za Na u pergi od naših su utvrđeni u uzorcima perge iz Maroka $14,2 \pm 0,1$ mg/100g (Bakour i sar., 2019). Najveći sadržaj Na utvrđen je na lokaciji Ležimir, što može biti pokazatelj povećanog sadržaja Na u lipovom cvetu ili je povećan sadržaj Na odlika samog zemljišta sa kojeg potiču biljke.

U industrijskoj zoni u sedam različitih područja Slovačke, u vosku su utvrđene vrednosti Na na dve lokacije: 118 mg/kg i 132 mg/kg (Zafeiraki i sar., 2022). Rezultati ispitivanja u okviru ove doktorske disertacije pokazuju da je prosečna vrednost natrijuma u uzorcima voska bila $5,65 \pm 0,03$ mg/kg, $5,58 \pm 1,61$ mg/kg, $15,34 \pm 1,73$ mg/kg i $20,03 \pm 0,45$ mg/kg, u košnicama sa bagremove i livadske paše na Rudniku, sa bagremove paše u okolini Lazarevca odnosno sa lipove paše na Fruškoj gori (Tabela 5.15). Literaturni podaci o sadržaju elemenata u uzorcima voska su veoma oskudni, jer se pčelinji vosak ne koristi u ljudskoj ishrani (osim ako se ne radi u uzorcima meda u saću), pa samim tim, i njegov mineralni sadržaj naročito makroelemenata, nije čest predmet naučnih studija.

Na osnovu rezultata ove doktorske disertacije, u pčelinjim proizvodima, natrijum je bio najzastupljeniji element u uzorcima perge na svim ispitivanim lokacijama (Tabela 5.2, 5.4, 5.6 i 5.8), sledili su vosak i med, osim na lokaciji Rudnik. Ovi rezultati se mogu objasniti činjenicom da je natrijum iz biljaka, odgovoran za najveći udeo ovog elementa u polenu, odnosno pergi.

Imajući u vidu da su pčele izložene mineralnim elementima kroz hranu i vodu, dobijeni rezultati za natrijum u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (med, perga i vosak) su odraz njegovog prisustva u vodi i polenu, odnosno njegovog nalaza u biljkama ili u zemljištu.

6.2 Prosečan sadržaj magnezijuma u uzorcima pčela i njihovih proizvoda

Od ukupnog sadržaja mineralnih materija, magnezijum se nalazi u količini od 2%, u uzorcima pčela (Bettar i sar., 2015). Literaturni podaci o nalazu makroelemenata u pčelama su oskudni, u odnosu na studije o mineralnom sastavu meda. Međutim, došli smo do saznanja da su u pčelama sa područja

Moldavije, Mongolije i iz dva regiona u Rusiji dobijeni rezultati za magnezijum u opsegu koncentracija od 962 mg/kg do 1528 mg/kg (Golubkina i sar., 2016). U industrijskoj zoni u sedam različitih područja Slovačke, u pčelama su utvrđene vrednosti Mg od 240 mg/kg do 671 mg/kg (Zafeiraki i sar., 2022). Drugi autori, Ilijević i sar. (2021) daju prikaz rezultata za sadržaj magnezijuma u uzorcima pčela sa područja Srbije, gde konstatuju da su promene u koncentracijama makroelemenata, od zimskog, preko prolećnog do letnjeg perioda, verovatno, u korelaciji sa fiziološkim promenama i manjom aktivnošću pčela zimi, u odnosu na letnji period. Rezultati Ilijević i sar. (2021) pokazuju da je najveća koncentracija magnezijuma utvrđena u uzorcima pčela sa područja Beograda (1035,74 mg/kg), a najniža u ekološki čistoj sredini (520,46 mg/kg). U ovoj doktorskoj disertaciji, rezultati pokazuju da je prosečna vrednost za magnezijum u uzorcima pčela izletnicama sa dva lokaliteta (bagremova i livadska paša, na Rudniku i bagremova paša, na lokaciji Lazarevca) bila od $443,60 \pm 1,92$ mg/kg, $415,10 \pm 11,95$ mg/kg odnosno $501,50 \pm 1,38$ mg/kg, pojedinačno, dok je na lokalitetu Fruška gora, sa lipovom pašom, srednja vrednost za magnezijum bila $415,10 \pm 0,34$ mg/kg (Tabela 5.9). Istim redosledom, za pčele sa zatvorenog legla, srednje vrednosti za magnezijum bila je $434,60 \pm 6,29$ mg/kg, $420,10 \pm 9,55$ mg/kg, $444,80 \pm 2,55$ mg/kg i $351,90 \pm 12,71$ mg/kg (Tabela 5.10), a za pčele sa otvorenog legla opseg koncentracija magnezijuma je bio od $317,90 \pm 2,75$ mg/kg do $417,10 \pm 18,44$ mg/kg (Tabela 5.11). Najveća koncentracija magnezijuma je dokazana je na lokaciji Lazarevac u uzorcima pčela izletnica i iznosila je $501,50 \pm 1,38$ mg/kg (Tabela 5.9). Metabolička aktivnost izletnica je izraženija u odnosu na druge kaste pčela, što je moguće objašnjenje za najveći sadržaj ovog elementa u izletnicama. Veće vrednosti za Mg u pčelama na lokaciji Lazarevca, u odnosu na iste kaste iz druge dve lokacije ukazuju na uticaj dostupnog Mg iz okoline na sadržaj ovog elementa u uzorcima pčela i trutova. Srednje koncentracije za magnezijum u uzorcima trutova sa dve bagremove paše bile su u opsegu od $274,00 \pm 2,37$ mg/kg do $396,10 \pm 2,97$ mg/kg (Tabela 5.12). Najveća koncentracija magnezijuma je dokazana u uzorcima trutova (bagremova paša) sa lokacije Lazarevac (Tabela 5.12). S obzirom da je koncentracija Mg najveća u uzorcima kako trutova tako i izletnica sa bagremove paše iz Lazarevca, može se pretpostaviti značaj lokaliteta za sadržaj ovog elementa. Rezultati za magnezijum u našim ispitivanjima su značajno manji od rezultata drugih autora, što može da ukaže na odsustvo opterećenosti životne sredine ovim elementom (Golubkina i sar., 2016, Ilijević i sar., 2021).

Prema studiji o nalazu elemenata u medu različitog botaničkog porekla, magnezijum je, nakon kalijuma, drugi po zastupljenosti (Louppis i sar., 2017). U uzorcima meda sa područja Egipta srednje koncentracije magnezijuma bile su od 12,64 mg/kg do 41,88 mg/kg (Agbagwa i sar., 2011). U različitim vrstama meda koncentracije ovog elementa su varirale od 2,8 mg/kg do 253 mg/kg (Kunachowicz i sar., 2005). Studije nalaza različitih elemenata u medu sa područja Rumunije daju rezultate za magnezijum u opsegu od 4,38 mg/kg do 19,78 mg/kg (Simedru i sar., 2017). Rezultati istraživanja Golubkina i sar. (2016) pokazuju da je koncentracija magnezijuma u uzorcima iz nezagađenih, odnosno zagađenih područja za Mg u medu 20,74 mg/kg, odnosno 10,91 mg/kg. Meksički med sadrži magnezijum u opsegu od 13,1 mg/kg do 61,3 mg/kg (Mondragón-Cortez i sar., 2013). Monoflorni med Rhododendrona sadrži od 30,3 do 67,5 mg/kg magnezijuma, dok je u poliflornom medu sa istog područja Turske, koncentracija magnezijuma bila od 23,5 mg/kg do 65,8 mg/kg (Silici i sar., 2016). Prema Moniruzzaman i sar. (2014), prosečna vrednost za magnezijum u uzorcima meda iz Malezije je 64,46 mg/kg. Srednje vrednosti koncentracije magnezijuma u sedam vrsta meda sa različitih područja Hrvatske bile su u opsegu od 14,6 mg/kg do 89,3 mg/kg (Bilandžić i sar., 2017). Prosečna vrednost za magnezijum u uzorcima meda žalfije bila je od 37 mg/kg do 139 mg/kg (Terrab i sar. 2004); eukaliptusa od 25,25 mg/kg do 48,84 mg/kg (Silva i sar., 2009); ruzmarina od 42,11 mg/kg do 70,48 mg/kg (de Alda-Garcilope i sar., 2012). Med iz Srbije, u zavisnosti od botaničkog porekla, ima vrednosti za magnezijum od 5,71 mg/kg do 72,31 mg/kg (Mračević i sar., 2020). U uzorcima bagremovog i lipovog meda takođe iz Srbije, vrednosti Mg su iznosile 6,4 mg/kg odnosno 19,5 mg/kg (Jovetić i sar., 2017). Sadržaj magnezijuma u medu (Sakač i sar., 2019) je značajno manji od rezultata drugih autora (AlqUarni i sar. 2014). Rezultati ove doktorske disertacije za med u bagremovoj paši, odnosno livadskoj paši, sa planine Rudnik, sa lokacije Lazarevca iz bagremove paše, i sa Fruške gore iz lipove paše, su iznosile $9,65 \pm 0,79$, $14,75 \pm 1,06$, $5,41 \pm 0,40$,

odnosno $38,45 \pm 2,02$, gde je i utvrđen najveći sadržaj Mg (Tabela 5.13). Ove vrednosti su u skladu sa rezultatima drugih autora (Golubkina i sar. 2016, Jovetić i sar., 2017; Simedru i sar., 2017, Mračević i sar., 2020). Rezultati za Mg u bagremovom medu su u opsegu vrednosti Spirić i sar. (2019a): $3,12 \text{ mg/kg}$ do $25,34 \text{ mg/kg}$, a manji u lipovom medu u odnosu na rezultate iz studije Spirić i sar. (2019), $16,74 \text{ mg/kg}$ do $30,32 \text{ mg/kg}$, i iz studije Jovetić i sar. (2017). Nasuprot tome, livadski med sa Rudnika imao je sadržaj Mg u opsegu nalaza sa drugih lokacija u Srbiji (Spirić i sar. 2019a, Mračević i sar., 2020).

Rezultati ove doktorske disertacije pokazuju da su vrednosti magnezijuma (mg/kg) u uzorcima perge u bagremovoj paši odnosno livadskoj paši, sa planine Rudnik (gde nije utvrđena statistički značajna razlika); sa lokacije Lazarevca iz bagremove paše, i sa Fruške gore iz lipove paše: $845,80 \pm 83,20$, $865,30 \pm 29,84$, $692,20 \pm 39,93$, $714,70 \pm 40,64$ (Tabela 5.14). Rezultati istraživanja Golubkina i sar. (2016) pokazuju da je koncentracija magnezijuma u uzorcima perge iz nezagađenih, odnosno zagađenih područja 842 mg/kg , odnosno 349 mg/kg . Naše vrednosti za magnezijum u uzorcima perge su slične rezultatima za nezagađena područja (Golubkina i sar., 2016), osim vrednosti Mg u bagremovoj pergi iz Lazarevca, sa najmanjom vrednošću. Naše vrednosti su veće od Mg u pergi iz Maroka $61 \pm 2 \text{ mg/100 g}$, a manje od malezijske perge $1635,4 \pm 215,4 \text{ mg/kg}$ (Mohammad i sar., 2020). S obzirom da je perga proizvod prvenstveno nastao od polena, ona je ogledalo mineralnog sastava biljaka od kojih potiče, a na primeru Rudnika sa dve različite paše, bez značajne razlike u sadržaju Mg, može se pretpostaviti da sadržaj Mg u pergi zavisi i od geografskog porekla.

Rezultati o prosečnom sadržaju magnezijuma u uzorcima voska u literaturi su malobrojni. U industrijskoj zoni u sedam različitih područja Slovačke, u vosku su utvrđene vrednosti Mg na 4 lokacije od 129 mg/kg do 1080 mg/kg (Zafeiraki i sar., 2022). Naši rezultati za magnezijum u vosku iznose $25,69 \text{ mg/kg}$ u košnicama sa bagremove paše na Rudniku, $31,21 \text{ mg/kg}$ u košnicama sa livadske paše na Rudniku, $82,48 \text{ mg/kg}$ sa bagremove paše u okolini Lazarevca i $274,90 \text{ mg/kg}$ sa lipove paše na Fruškoj gori. Sadržaj Mg u vosku i medu sa istih lokacija je srazmerno dvostruko veći, osim u slučaju lokacije Lazarevac, gde je Mg u vosku sedam puta veći u odnosu na med. Objašnjenje za ovakav rezultat može biti u lokalnim uslovima tokom formiranja voska u samoj košnici, tokom aktivnosti radilica koje su formirale saće (Tabela 5.15). Iako su vrednosti Mg u vosku sa Fruške gore u opsegu nalaza kontaminiranih područja (Zafeiraki i sar., 2022), ne može se zaključiti o kontaminaciji lokaliteta Ležimir, s obzirom da su rezultati u drugim uzorcima sa ovog lokaliteta u skladu sa nezagađenim područjima.

U ispitivanim pčelinjim proizvodima, magnezijum je bio najzastupljeniji element u uzorcima perge na sve tri lokacije, odnosno sve četiri paše (Tabela 5.2, 5.4, 5.6 i 5.8), što je najverovatnije posledica nalaza ovog makroelementa u polenu biljke, sledili su vosak i med.

6.3 Prosečan sadržaj kalijuma u uzorcima pčela i njihovih proizvoda

Jedan od najvažnijih makroelementa za održavanje normalne fiziološke funkcije kod medonosnih pčela je kalijum. Optimalne količine kalijuma su bitne za aktivnost i ishranu pčela, jer visoke koncentracije kalijuma u nektaru mogu da inhibiraju njihovu ishranu. Iako veoma bitna, ova činjenica je kod pčela slabo istražena i mali broj naučnih publikacija je tome posvećen.

Golubkina i sar. (2016) daju sledeće rezultate za sadržaj kalijuma, u uzorcima pčela sa područja Moldavije, Mongolije i iz dva regiona u Rusiji: 9761 mg/kg , 18730 mg/kg , 10238 mg/kg , odnosno 10173 mg/kg , pojedinačno i smatraju da koncentracije makroelemenata u uzorcima pčela ukazuju na postojanje umerenih nivoa antropogenog uticaja. U industrijskoj zoni u sedam različitih područja Slovačke, u radilicama unutar košnica su utvrđene vrednosti K od 1957 mg/kg do 6396 mg/kg (Zafeiraki i sar., 2022). Ilijević i sar. (2021) su, u uzorcima pčela sa područja Srbije, istraživali promene u koncentracijama nekih makroelemenata, a među njima i kalijuma, od zimskog, preko prolećnog do letnjeg perioda. Najveće koncentracije kalijuma ovi autori su dokazali u letnjem periodu, u svim oblastima, od izmerenih $4899,69 \text{ mg/kg}$ u industrijskoj regiji, do količina iznad opsega merenja, u urbanoj i ruralnoj oblasti i konstatovali da dobijeni rezultati mogu biti posledica različitosti biljaka koje pčele posećuju radi sakupljanja polena i nektara, različitih izvora vode, a, takođe, i mogućeg korišćenja šećernog sirupa tokom zime, kao i potencijalnog zagađenja životne

sredine. Srednje koncentracije kalijuma, koje su prikazane u rezultatima ove doktorske disertacije, u uzorcima pčela izletnica sa tri paše (bagremova i livadska paša, na Rudniku i bagremova paša, na lokaciji Lazarevca) bile su $3710 \pm 38,77$ mg/kg, $3830 \pm 79,28$ mg/kg odnosno $4445 \pm 36,17$ mg/kg, dok je na lokalitetu Fruška gora, sa lipovom pašom, srednja koncentracija iznosila $3990 \pm 8,96$ mg/kg (Tabela 5.9). Istim redosledom, za uzorke pčela sa zatvorenog legla, srednje vrednosti za kalijum bile su $3908 \pm 2,86$ mg/kg, $4211 \pm 106,7$ mg/kg, $4284 \pm 6,92$ mg/kg, odnosno $4179 \pm 75,7$ mg/kg (Tabela 5.10), a za uzorke pčela sa otvorenog legla opseg koncentracije kalijuma je bio od $3574 \pm 83,72$ mg/kg na Rudniku, tokom livadske paše do $4555 \pm 8,74$ mg/kg, na istom pčelinjaku tokom bagremove paše (Tabela 5.11). Međusobno slične vrednosti za kalijum utvrđene su u uzorcima pčela sa otvorenog legla sa lokacije Fruške gore tokom lipove paše ($4323 \pm 32,34$ mg/kg), i sa lokacije u blizini Lazarevca tokom cvetanja bagrema ($4250 \pm 122,1$ mg/kg) (Tabela 5.11). Srednja vrednost za kalijum u uzorcima trutova sa istih paša su slične kao i kod uzoraka pčela, i bile su u opsegu od $3946 \pm 57,5$ mg/kg na Rudniku, tokom livadske paše, do $4609 \pm 151,1$ mg/kg na lokalitetu Ležimir (Tabela 5.12). Naši rezultati za prosečnu vrednost kalijuma u uzorcima pčela su manji od rezultata koje su prezentovali autori iz Srbije (Ilijević i sar., 2021) i duplo manji od rezultata autora iz Rusije, Moldavije i Mongolije (Golubkina i sar., 2016), a u skladu sa nalazima iz Slovačke (Zafeirakis i sar., 2022). Manje vrednosti K u našim uzorcima, mogu da ukažu na sposobnost pčelinje zajednice da optimalno usvoji ovaj makroelement, ili da je moguća manja distribucija ovog elementa u životnoj sredini. Ove i prethodne vrednosti za kalijum, ukazuju da sve pčele (izletnice, pčele sa zatvorenog i otvorenog legla) kao i trutovi, imaju ujednačen sadržaj kalijuma sa različitih ispitivanih lokacija, osim u slučaju pčela izletnica u kojima se sve vrednosti za K značajno razlikuju (Tabela 5.9, 5.10, 5.11, 5.12). Pčele izletnice su prema funkciji koju obavljaju u zajednici, metabolički najaktivnije, izložene spoljnim uticajima i reflektuju stanje životne sredine kroz bioakumulaciju. Poredeći slične rezultate za K, kod pčela zatvorenog i otvorenog legla i trutova, može se zaključiti da postoje mehanizmi kojima pčele dospeli kalijum iz životne sredine ujednačeno akumuliraju, bez obzira na botanički i geografski izvor. Najzastupljeniji element u medu je K, a zatim slede Ca, Mg, Zn i Fe, dok su Na i Cu imali vrednosti ispod limita kvantifikacije <50 mg/kg, odnosno <1 mg/kg (Sakač i sar., 2019). Sličan redosled zastupljenosti makro i mikroelemenata je opisan i u studiji AlqUarni i sar. (2014). I u drugim studijama, kalijum je naveden kao najzastupljeniji makroelement u medu (da Silva i sar., 2016; El-Haskoury i sar., 2018). U bagremovom medu iz Saudijske Arabije sadržaj kalijuma je bio najveći, u odnosu na nalaz ovog elementa u drugim vrstama meda (AlqUarni i sar., 2014). U uzorcima meda iz različitih regija Kenije Mbiri i sar. (2011), rezultati prosečne vrednosti za kalijum su u opsegu od 72,83 mg/kg do 781,52 mg/kg. U medu iz različitih regija Meksika, prosečna vrednost za kalijum bila je u opsegu od 276,7 mg/kg do 1760 mg/kg (Mondragon-Cortez i sar., 2013). U monoflornom medu iz vrste cveta Rhododendron nađeno je od 699 mg/kg do 6029 mg/kg kalijuma, a u poliflornom medu sa istog područja Turske, koncentracije kalijuma su se kretale od 350 mg/kg do 7340 mg/kg (Silici i sar., 2016). U monofloralnom medu rogača iz Maroka koncentracije kalijuma su bile u opsegu od 644 mg/kg do 1883 mg/kg (El-Haskoury i sar., 2018). U medu sa područja Rumunije, autori prikazuju vrednosti za kalijum od 176,12 mg/kg do 358,8 mg/kg (Simedru i sar., 2017). Rezultati de Alda-Garcilope i sar. (2012), pokazuju da je prosečna vrednost za kalijum u monofloralnim vrstama meda bila: od 175 mg/kg do 1380 mg/kg u medu žalfije; od 670,0 mg/kg do 1324,60 mg/kg, u medu eukaliptus i od 545,45 mg/kg do 553,03 mg/kg u medu ruzmarina. Srednje koncentracije kalijuma u sedam vrsta meda sa juga Hrvatske bile su u opsegu od 657 mg/kg do 3280 mg/kg (Bilandžić i sar., 2017). Najveća koncentracija kalijuma u medu iz Vojvodine je dokazana u suncokretovom medu, sa srednjom vrednošću od 590 mg/kg, a najmanja vrednost je izmerena u bagremovom medu, 239 mg/kg (Sakač i sar., 2019). U studiji mineralnog sastava meda različitog botaničkog porekla utvrđene su koncentracije kalijuma od 46,35 mg/kg, u bagremovom, do 466,69 mg/kg u livadskom medu (Mračević i sar., 2020). Ovi autori ističu da su u medu uljane repice i medu bagrema prisutne manje koncentracije kalijuma, u odnosu na livadski i lipov med. Nalaz kalijuma u medu iz Vojvodine (Sakač i sar., 2019) je u skladu sa njegovim količinama u monofloralnom medu sa Novog Zelanda (Vanhanen i sar., 2011), i čini 74% ukupnog mineralnog sastava u uzorcima livadskog i suncokretovog meda, dok kod bagremovog meda ovaj odnos ide i do 86%. U studiji Vanhanen i sar. (2011), 73% ukupnog

mineralnog sastava meda odnosi se na kalijum. Fernández-Torres i sar. (2005), imaju rezultat od 72%, ali Bogdanov i sar. (2007) detektuju kalijum kao jednu trećinu ukupnog mineralnog sastava meda. U uzorcima bagremovog i lipovog meda iz Srbije, vrednosti K su iznosile 200 mg/kg odnosno 1543 mg/kg (Jovetić i sar., 2017). Srednja vrednost kalijuma u našim uzorcima lipovog meda sa Fruške gore je iznosila $2824 \pm 44,96$ mg/kg, livadskog $511,3 \pm 7,15$ mg/kg, a za uzorke bagremovog meda sa dva lokaliteta, na Rudniku $485,3 \pm 7,3$ mg/kg, odnosno u okolini Lazarevca $411,3 \pm 7,57$ mg/kg (Tabela 5.13). Prosečna vrednost kalijuma u medu sa lipove paše na lokalitetu Fruška gora je pet puta veća u odnosu na njegove količine u medu sa ostalih paša, ali je kalijum u medu sa ostalih lokaliteta reda veličine rezultata koje su saopštili pomenuti autori (Kropf i sar, 2010, Bilandžić i sar 2014, Czipa i sar 2012, Czipa i sar., 2015, Patruica i sar., 2009, Oroian i sar. 2015 AlqUarni i sar., 2014). Lipov med je bogatiji mineralnim materijama u odnosu na neke druge monoflorne vrste meda (Kropf i sar, 2010; Bilandžić i sar 2014; Czipa i sar. 2012; Czipa i sar., 2015; Patruica i sar., 2009; Oroian i sar. 2015; AlqUarni i sar., 2014). Prosečna vrednost K u lipovom medu iz naše studije ima vrednosti veće u odnosu na opseg za istu vrstu meda i sa drugih područja Srbije: 626,5 mg/kg do 2278 mg/kg (Spirić i sar. 2019a), što može biti odlika samog zemljišta sa lokaliteta Fruške gore. Prosečna vrednost K u livadskom medu iz naše studije, uklapa se u opseg nalaza K za livadski med sa područja Srbije: 334,1 mg/kg do 2263 mg/kg kao i za bagremov med iz iste studije: 263.3 mg/kg do 566 mg/kg (Spirić i sar., 2019a). Kalijum je najzastupljeniji element u našim uzorcima meda, što je u skladu sa rezultatima drugih autora (Spirić i sar., 2019a).

Prosečne vrednosti kalijuma u uzorcima perge iz nezagađenih, odnosno zagađenih područja su iznosile 6699 mg/kg i 2487 mg/kg (Golubkina i sar., 2016). Prosečna vrednost kalijuma u uzorcima perge sa naših ispitivanih lokaliteta bila je $7487 \pm 381,5$ mg/kg, $7142 \pm 145,1$ mg/kg, $5944 \pm 730,4$ mg/kg i $5515 \pm 361,2$ mg/kg, sa lokacija tokom bagremove i livadske paše, na Rudniku; sa bagremove paše u okolini Lazarevca, odnosno lipove paše na Fruškoj gori (Tabela 5.14). Perga sa lokaliteta Rudnika, iz obe paše je najbogatija kalijumom. Ovi dobijeni rezultati imaju bliske vrednosti u odnosu na literaturne podatke Golubkina i sar. (2016), za nezagađena područja i u odnosu na uzorke iz Maroka $6524,9 \pm 610,6$ mg/kg (Mohammad i sar., 2020), dok u odnosu na pergu iz Maroka sa prosečnom koncentracijom K 338 ± 8 mg/100 g (Bakour i sar., 2019), naši uzorci imaju veće vrednosti.

U rezultatima studije za sedam industrijskih područja u Slovačkoj, vrednosti K u vosku su od 33 mg/kg do 4013 mg/kg (Zafeiraki i sar., 2022). Rezultati za prosečnu vrednost kalijuma u okviru ove doktorske disertacije u uzorcima voska iznose $277,10 \pm 23,22$ mg/kg; $200,30 \pm 25,05$ mg/kg; $693,40 \pm 28,41$ mg/kg i $1572 \pm 178,4$ mg/kg, iz košnica sa bagremove i livadske paše na Rudniku, sa bagremove paše u okolini Lazarevca, odnosno sa lipove paše na Fruškoj gori (Tabela 5.15). Uočljivo je da je koncentracija K u medu (Tabela 5.13) i u vosku (Tabela 5.15) sa Fruške gore višestruko veća u odnosu na uzorke meda i voska sa druge dve lokacije, iz bagremovih i livadske paše. Moguće je da zbog potencijalno veće količine K u samom nektaru cveta lipe, pčele iz usvojenog cvetnog soka imale veću količinu kalijuma za deponovanje u medu i vosku.

Rezultati ove doktorske disertacije pokazuju da je u ispitivanim pčelinjim proizvodima, kalijum bio najzastupljeniji makroelement u uzorcima perge (Tabela 5.2, 5.4, 5.6 i 5.8), sledili su med i vosak. Različitost u sadržaju elemenata, u konkretnom slučaju kalijuma, u uzorcima pčela i njihovih proizvoda može se pripisati botaničkim, ekološkim i geografskim faktorima (Bogdanov i sar., 2007). Ovu činjenicu potvrđuju velike razlike u količinama mikro i makro elemenata koje brojni autori prezentuju u svojim istraživanjima.

6.4 Prosečan sadržaj kalcijuma u uzorcima pčela i njihovih proizvoda

Kalcijum je poslednji element iz grupe makroelemenata koji smo ispitivali u okviru rezultata ove doktorske disertacije. Kalcijum je esencijalni makroelement, značajan za funkcionisanje svake žive ćelije. Učestvuje u građi komponenti ćelije, kao i u prenosu ćelijskih signala.

Golubkina i sar. (2016), za sadržaj kalcijuma u uzorcima pčela sa područja Moldavije, Mongolije i iz dva regiona Rusije su dobili sledeće rezultate: 1314 mg/kg, 2328 mg/kg, 1453 mg/kg odnosno 1695 mg/kg. U industrijskoj zoni u sedam različitih područja Slovačke, u pčelama koje ne napuštaju

košnice utvrđene su vrednosti Ca od 314 mg/kg do 1050 mg/kg (Zafeiraki i sar., 2022). Grupa autora iz Poljske (Ptaszyńska i sar., 2018) iznosi podatak za sadržaj kalcijuma u uzorcima medonosnih pčela, u zimskom periodu od 398,00 mg/kg. Ilijević i sar. (2021) su, u uzorcima pčela sa područja Srbije, istraživali promene u koncentracijama Ca u zimskom, prolećnom i letnjem periodu. Najveće koncentracije kalcijuma autori su dokazali u letnjem periodu, u svim oblastima, od izmerenih 773,46 mg/kg, u urbanoj oblasti, do 906,59 mg/kg, u ruralnoj i 1196,15 mg/kg u industrijskoj oblasti. Nagli porast potrošnje kalcijuma i kalijuma s jeseni i njegov visok unos pomažu pčelama da se pripreme za hladnije mesece, kada im je, verovatno, potrebno da ti minerali generišu toplotu. Srednje koncentracije kalcijuma u okviru rezultata ove doktorske disertacije, u uzorcima pčela izletnica sa ispitivanih lokaliteta (bagremova i livadska paša, na Rudniku, bagremova paša, kod Lazarevca i lipova paša na Fruškoj gori) su $321,00 \pm 1,2$ mg/kg, $400,50 \pm 2,31$ mg/kg, $473,80 \pm 2,22$ mg/kg, odnosno $634,20 \pm 12,63$ mg/kg (Tabela 5.9). Istim redosledom, za uzorke pčela sa zatvorenog legla, srednje vrednosti za kalcijum su iznosile $535,50 \pm 51,34$ mg/kg, $386,70 \pm 28,79$ mg/kg, $347,70 \pm 21,02$ mg/kg, odnosno $478,80 \pm 24,19$ mg/kg (Tabela 5.10), a za pčele sa otvorenog legla opseg koncentracija kalcijuma je bio od $257,50 \pm 8,92$ mg/kg sa livadske paše na Rudniku do $425,30 \pm 12,87$ mg/kg sa lipove paše na Fruškoj gori (Tabela 5.11). U uzorcima trutova sa različitih lokacija i vrsta paša, rezultati za Ca su se statistički značajno razlikovali. Najmanji sadržaj Ca je bio u trutovima sa livadske paše u podnožju Rudnika, a najveći sadržaj u trutovima iz košnica sakupljenim tokom bagremove paše u okolini Lazarevca (Tabela 5.12). Naši rezultati za kalcijum u uzorcima medonosnih pčela su, u većini slučajeva, dvostruko manji (Ilijević i sar. 2021), ili višestruko manji (Golubkina i sar. 2016) od rezultata koje su prezentovali drugi autori. U zimskom periodu, autor Ptaszyńska i sar. (2018) nalazi vrednosti reda veličine kao što su naši nalazi u sezonski aktivnim pčelama (Tabela 5.9 do Tabela 5.12). Može se uočiti da naši nalazi Ca u pčelama odgovaraju donjem opsegu Ca u pčelama iz industrijskih zona Slovačke (Zafeiraki i sar., 2022). U našim uzorcima, najveća koncentracija Ca je u uzorcima pčela izletnica sa lokacije na Fruškoj gori, što verovatno ukazuje da su izletnice bile izložene većem sadržaju kalcijuma, više su ga usvajale i metabolisale, tako da se Ca taložio u telu pčela, s obzirom da je krečnjak jedna od geoloških podloga Fruške gore.

Literaturni podaci ukazuju da su najveće koncentracije kalcijuma utvrđene u uzorcima propolisa i polena: 950,1 mg/kg, odnosno 780,0 mg/kg (Devillers i sar., 2002). U nekim istraživanjima, u medu je zastupljenost ovog elementa na trećem mestu i čini 11% od ukupnog sadržaja mineralnih materija (Zarić i sar., 2017). U zavisnosti od botaničkog porekla, uočena su velika variranja mineralnih materija u medu, i to za kalcijum između 319 mg/kg i 1503 mg/kg (Kaygusuz i sar., 2016). Prosečan sadržaj kalcijuma u medu iz Italije je 86 mg/kg, što ga stavlja na treće mesto po zastupljenosti mineralnih materija (Conti i sar., 2018). U medu iz Egipta kalcijum je drugi najzastupljeniji element, od 0,136 mg/l do 78,73 mg/l. U drugim istraživanjima, srednje vrednosti za kalcijum u medu su u opsegu od $19,33 \pm 4,07$ mg/kg do $70,17 \pm 3,9$ mg/kg (Agbagwa i sar., 2011). Visok ukupan sadržaj mineralnih materija karakterističan je za medljikovac, 3680 mg/kg (Golob i sar., 2005). Prosečan sadržaj kalcijuma u uzorcima kestenovog meda ima vrednosti u opsegu od 15 mg/kg do 182 mg/kg (de Alda-Garcilope i sar., 2012). Med iz različitih delova Meksika ima vrednosti Ca u opsegu od 38 mg/kg do 127,3 mg/kg (Mondragón-Cortez i sar., 2013). Monoflorni med vrste *Rhododendron* ima prosečne vrednosti kalcijuma u opsegu od 3,28 mg/kg do 232 mg/kg, dok poliflorni med sa istog područja ima od 8,04 mg/kg do 197 mg/kg kalcijuma (Silici i sar., 2016). U istraživanjima nekih autora, kalcijum je na trećem mestu po zastupljenosti u medu, sa prosečno 183,67 mg/kg (Moniruzzaman i sar., 2014). U sedam industrijskih zona u Slovačkoj u medu su koncentracije Ca u opsegu od 167 mg/kg do 209 mg/kg (Zafeiraki i sar., 2022). U suncokretovom medu sa područja Vojvodine ovaj element je drugi po zastupljenosti, sa 162 mg/kg (Sakač i sar., 2019). Utvrđene srednje vrednosti za kalcijum u bagremovom (32,8 mg/kg) i livadskom medu (137 mg/kg) (Sakač i sar., 2019) su veće od onih iz studije Vanhanen i sar. (2011) i AlqUarni i sar. (2014), koji su utvrdili 7,21–94,3 mg/kg, odnosno 63,8–99,9 mg/kg. U studiji koja je obuhvatala uzorke livadskog i bagremovog meda sa područja Srbije, utvrđene su koncentracije Ca u opsegu od 17,47 mg/kg do 173,4 mg/kg, odnosno od 10,33 mg/kg do 245,8 mg/kg (Spirić i sar, 2019a). U uzorcima bagremovog i lipovog meda takođe iz Srbije, vrednosti Ca su iznosile 27,3 mg/kg odnosno 84,1 mg/kg (Jovetić i

sar., 2017). U studiji sedam vrsta meda sa juga Hrvatske utvrđene su srednje vrednosti kalcijuma u opsegu od 59,1 mg/kg do 140 mg/kg (Bilandžić i sar., 2017). U monofloralnom medu od žalfije, eukaliptusa i ruzmarina koncentracije kalcijuma su bile u opsegu od 113 mg/kg do 248 mg/kg (Terrab i sar., 2004), od 19,90 mg/kg do 106,91 mg/kg (Silva i sar., 2009), odnosno od 15,15 mg/kg do 38,66 mg/kg (de Alda-Garcilope i sar., 2012). Srednje koncentracije kalcijuma koje smo dobili, u medu sa tri lokaliteta: bagremova i livadska paša, na Rudniku, bagremova paša, na lokaciji kod Lazarevca i lipova paša na lokalitetu Fruške gore, su sledeće: $23,79 \pm 0,17$ mg/kg, $31,24 \pm 3,84$ mg/kg, $11,62 \pm 2,04$ mg/kg, odnosno $119,70 \pm 5,45$ mg/kg (Tabela 5.13). Količine kalcijuma u medu sa lipove paše na lokalitetu Fruška gora su oko pet puta veće u odnosu na njegove količine u medu sa ostalih paša, što nam ukazuje na uticaj različitih botaničkih i geografskih faktora. Lipa se nalazi u šumskoj sastojini u blizini sela Ležimir, koje leži na geološkoj podlozi bogatoj krečnjakom. U poređenju sa rezultatima nalaza Ca u lipovom medu sa područja Srbije, rezultati ove teze su u opsegu izmerenih vrednosti 47,18 mg/kg do 163,0 mg/kg (Spirić i sar., 2019a), a veće u odnosu na nalaz Jovetić i sar. (2017). U bagremovom medu, naši nalazi za Ca su u skladu sa pomenutim autorom, Jovetić i sar., (2017). Količine kalcijuma u medu sa svih naših lokaliteta su u skladu sa literaturnim podacima (Devillers i sar., 2002, Zarić i sar., 2017, Conti i sar., 2018, Vanhanen i sar., 2011, AlqUarni i sar., 2014, Bilandžić i sar., 2017, Silva i sar., 2009, Spirić i sar., 2019a), ili manjih vrednosti (Golob i sar., 2005; Zafeiraki i sar., 2022).

U uzorcima perge sa naših ispitivanih lokaliteta utvrđene su sledeće srednje vrednosti za kalcijum, i to: $1190 \pm 76,38$ mg/kg, $1289 \pm 47,11$ mg/kg, $1266 \pm 248,8$ mg/kg i $1806 \pm 44,98$ mg/kg, sa lokaliteta bagremove i livadske paše, na Rudniku, bagremove paše, na lokaciji kod Lazarevca, odnosno lipove paše na lokalitetu Fruške gore (Tabela 5.14). Kao što se iz prezentovanih rezultata vidi, najveće koncentracije kalcijuma ($1806 \pm 44,98$ mg/kg), ustanovljene su na lokalitetu Fruška gora, sa lipove paše i ove vrednosti su veće od vrednosti studije perge iz Maroka 198 ± 4 mg/100g (Bakour i sar., 2019). Poređenjem naših rezultata za rezultat kalcijuma u uzorcima perge sa onima iz literature (Golubkina i sar., 2016), koji za pergu iz nezagađenog regiona u Moldaviji daju vrednosti od 1474 mg/kg, odnosno od 769 mg/kg iz industrijskog regiona u okolini Moskve, može se zaključiti da su rezultati slični onima iz nezagađenih područja. Njihovi rezultati ukazuju da kalcijum u uzorcima perge nije bio uslovljen industrijskom kontaminacijom životne sredine, što je verovatno slučaj i sa rezultatima ove teze, s obzirom da je Fruška gora zona Nacionanog parka, u kojoj nema industrijske aktivnosti.

Rezultati koji su prikazani u okviru ove doktorke disertacije za kalcijum u uzorcima voska iz košnica sa bagremove i livadske paše na Rudniku, sa bagremove paše u okolini Lazarevca i sa lipove paše na Fruškoj gori iznose $40,65 \pm 5,61$ mg/kg, $33,28 \pm 2,68$ mg/kg, $212,70 \pm 22,71$ mg/kg odnosno $396,70 \pm 21,18$ mg/kg (Tabela 5.15). Uočljive su velike razlike u količinama kalcijuma u uzorcima voska iz košnica sa bagremove i livadske paše na Rudniku, koje su bliske, u odnosu na vrednosti za kalcijum u košnicama sa bagremove paše na lokaciji Lazarevca i lipove paše na lokalitetu Fruška gora. U poređenju sa dostupnim rezultatima za vrednost voska sa sedam industrijskih lokacija u Slovačkoj od 129 mg/kg do 1427 mg/kg (Zafeiraki i sar., 2022), naše vrednosti su uporedive za uzorke iz okoline Lazarevca i za Fušku goru, a manje vrednosti Ca su u vosku sa podnožja Rudnika. Ovo može biti posledica različitog botaničkog sastava u ishrani pčela, ako se posmatra lipova paša na Fruškoj gori, ali pre svega geološkog, krečnjačkog sastava terena Fruške gore, kada se porede rezultati iz podnožja Rudnika, iz okoline Lazarevca sa lokacijom Fruške gore. Različite količine kalcijuma su verovatno posledica deponovanja kalcijuma iz dostupnih izvora. Međutim, zbog nepostojećih literaturnih podataka, poređenja nisu moguća. Naši rezultati pokazuju da je kalcijum bio najzastupljeniji element u ispitivanim uzorcima perge, u odnosu na druge ispitivane pčelinje proizvode, i to na sve tri lokacije (Tabela 5.2, 5.4, 5.6 i 5.8).

6.5 Prosečan sadržaj hroma u uzorcima pčela i njihovih proizvoda

Hrom je element poreklom iz zemljine kore, a kao kontaminant u životnu sredinu dospeva iz hemijske i metalurške industrije. Šestovalentni hrom je zagađivač sa kancerogenim delovanjem (IARC, 1990).

Hrom, kao ne-esencijalni element, u trovalentnom obliku nema dovoljno ispitanu metaboličku ulogu, kako u biljkama, tako i u životinjama, i njegovo prisustvo ili odsustvo u medu, a samim tim i u pčelama, se može pripisati razlikama u sastavu tla, cvetnom tipu i cvetnoj gustini (Solayman i sar., 2016). Prisustvo toksične forme, šestovalentnog hroma u životnoj sredini je posledica kontaminacije životne sredine, a deponovanje u pčelama i proizvodima dobar je način bioindikacije životne sredine. U studiji sprovedenoj u cilju određivanja stepena kontaminacije pčela teškim metalima, na 35 lokacija u centralnoj regiji Italije, dobijene vrednosti za hrom bile su opsegu od 0,11 mg/kg do 0,62 mg/kg, sa srednjom vrednošću od 0,27 mg/kg (Goretti i sar., 2020). Uporedne koncentracije hroma za uzorke pčela iz nezagađenih područja i sa teritorije industrijske zone, gde se proizvode mineralna đubriva bile su 0,27 mg/kg, odnosno 1,13 mg/kg (Golubkina i sar., 2016). U industrijskoj zoni, vrednosti hroma u Slovačkoj su u pčelama iz košnica od 85 µg/kg do 830 µg/kg (Zafeiraki i sar., 2022). Cilj studije Khalife i sar. (2020) bio je da se medonosne pčele koriste kao bioindikator za regionalno istraživanje zagađenja teškim metalima u Aleksandriji, u Egiptu. Srednje koncentracije na četiri paše koje su izmerili za hrom bile su u opsegu od 2,57 µg/g do 3,39 µg/g. Ilijević i sar. (2021) su, u pčelama sa područja Srbije, najveće koncentracije hroma dokazali u letnjem periodu, u svim oblastima, od izmerenih 0,24 mg/kg, u urbanoj, do 0,22 mg/kg, u ruralnoj oblasti. U toku zime, količine hroma u uzorcima pčela su bile ispod limita detekcije metode. Srednje koncentracije hroma u našim istraživanjima, u uzorcima pčela izletnica sa tri lokaliteta: bagremova i livadska paša, na Rudniku, bagremova paša kod Lazarevca i lipova paša na Fruškoj gori, su iznosile 50,68±2,67 µg/kg, 36,00±0,84 µg/kg, 18,28±2,19 µg/kg, odnosno 8,58±0,93 µg/kg (Tabela 5.9). Istim redosledom, u uzorcima pčela sa zatvorenog legla, srednja vrednosti za hrom bila je 66,92±4,28 µg/kg, 49,22±4,79 µg/kg, 23,43±2,35 µg/kg, odnosno 9,27±1,16 (Tabela 5.10). U uzorcima pčela sa otvorenog legla, opseg koncentracija hroma je bio od 7,68±1,02 µg/kg sa lipove paše na Fruškoj gori do 40,52±0,69 µg/kg sa bagremove paše na Rudniku (Tabela 5.11). Najveća prosečna koncentracija hroma je utvrđena je u uzorcima pčela sa zatvorenog legla (bagremova paša) sa lokacije na podnožju planine Rudnik (66,92±4,28 µg/kg). Naši rezultati za hrom u uzorcima pčela su manji od rezultata koje su prezentovali drugi autori (Golubkina i sar., 2016; Goretti i sar., 2020; Khalife i sar., 2020; Ilijević i sar., 2021; Zafeiraki i sar., 2022), čak i u uslovima izražene metaboličke aktivnosti u sezoni cvetanja biljaka čiji su nektar pčele sakupljale. Srednje koncentracije hroma u uzorcima trutova sa istih paša su slične kao i kod uzoraka pčela, i bile su u opsegu od 7,25 µg/kg na lokaciji Fruške gore tokom lipove paše do 44,63±3,94 µg/kg, u uzorcima trutova tokom bagremove paše sa lokacije u podnožju planine Rudnik. S obzirom da je hrom prirodno prisutan u zemljinoj kori, moguće da je prisustvo ovog elementa posledica njegovog usvajanja od strane biljaka iz tla. Rudnik je poznat u prošlosti kao mesto eksploatacije ruda, otud moguće i najveći nalaz hroma u uzorcima pčela sa ovog lokaliteta. Najmanje vrednosti hroma u našim uzorcima pčela utvrđene su u uzorcima sa lokaliteta Fruške gore, za sve grupe pčela. S obzirom da je lokalitet u području nacionalnog parka Fruška gora, nema kontaminacije životne sredine hromom.

U uzorcima meda, poreklom iz Rumunije, detektovan je hrom u opsegu od 0,11 mg/kg do 0,39 mg/kg (Simeđu i sar., 2017). Rezultati prosečne koncentracije hroma u uzorcima monoflornog meda vrste *Rhododendron* su u opsegu od 1,57 mg/kg do 10,2 mg/kg, dok je u poliflornom medu sa istog područja Turske sadržaj hroma iznosio od 1,24 mg/kg do 2,67 mg/kg (Silici i sar., 2016). Koncentracije hroma u uzorcima meda iz Brazila bile su u opsegu od 83 mg/kg do 94 mg/kg (de Andrade i sar., 2014). Opseg koncentracija Cr u livadskom, bagremovom i lipovom medu sa područja Srbije iznosio je od 2,00 µg/kg do 20,7 µg/kg; od 2,10 µg/kg do 27,30 µg/kg, odnosno od 2,20 µg/kg do 10,30 µg/kg (Spirić i sar., 2019a). U uzorcima bagremovog i lipovog meda takođe iz Srbije, vrednosti Cr su iznosile 68 µg/kg odnosno 51 µg/kg (Jovetić i sar., 2017). Srednje koncentracije hroma u sedam vrsta meda iz Hrvatske su bile u opsegu od 4,97 µg/kg do 27,6 µg/kg (Bilandžić i sar., 2017). Kada su u pitanju mikroelementi, autori smatraju da za kontaminante u medu kao što je hrom, koncentracije zavise od botaničkog porekla, i nalaze se u opsegu do 0,02 mg/kg (Atanasova i sar., 2012). Koncentracije hroma utvrđene u poliflornom medu iz Turske su 540 mg/kg (Yücel i Sultanoglu, 2013). Sadržaj hroma u medu iz nezagađenog, odnosno zagađenog područja su bili 0,02 mg/kg i ispod limita detekcije metode (Golubkina i sar., 2016). U medu iz industrijski zagađenog

područja Slovačke vrednosti za Cr se kreću od 38 µg/kg do 52 µg/kg (Zafeiraki i sar., 2022). Rezultati ove doktorske disertacije pokazuju da je srednja koncentracija hroma u medu sa bagremove i livadske paše na Rudniku, bagremove paše, okolina Lazarevca i lipove paše na lokalitetu Fruška gora bila: $7,79 \pm 0,69$ µg/kg, $10,72 \pm 0,52$ µg/kg, $2,00 \pm 0,28$ µg/kg, odnosno $13,63 \pm 3,04$ µg/kg (Tabela 5.13), što je manje od srednje koncentracije hroma u medu iz zagađenog područja u istraživanju Golubkina i sar. (2016) i iz industrijski zagađenog područja Slovačke (Zafeiraki i sar., 2022). Najveća koncentracija hroma u medu je sa područja Fruške gore i Rudnika, i u opsegu je nalaza autora iz Srbije, Bugarske i Hrvatske (Spirić i sar., 2019a, Atanasova i sar., 2012, Bilandžić i sar., 2017), a znatno manja od nalaza drugih autora (Silici i sar., 2016, de Andrade i sar., 2014, Yücel i Sultanoglu, 2013, Golubkina i sar., 2016, Jovetić i sar., 2017). Razlike u sadržaju Cr mogu se pripisati razlikama u sastavu tla i sastavu nektara.

Koncentracije hroma u uzorcima perge iz nezagađenih, odnosno zagađenih područja su bile iste, 0,11 mg/kg (Golubkina i sar., 2016). U našim istraživanjima, prosečne vrednosti hroma u uzorcima perge iznosile su $131,30 \pm 15,68$ µg/kg, $171,50 \pm 9,48$ µg/kg, $183,80 \pm 29,77$ µg/kg i $106,90 \pm 12,92$ µg/kg (Tabela 5.14), u uzorcima sa lokaliteta bagremove i livadske paše, na Rudniku, bagremove paše, okolina Lazarevca, odnosno lipove paše na Fruškoj gori. Naši rezultati prosečnog sadržaja hroma u uzorcima perge su veći od gore navedenih podataka (Golubkina i sar., 2016). Hrom se najslabije od svih teških metala transportuje korenovim sistemom kroz biljku (Sharma i sar., 2020), tako da je njegov nalaz u polenu, a posledično i u pergi manji nego u okolnom zemljištu. Nalaz Cr iz uzoraka zemljišta sa planine Rudnik (Zdravković, 2020) pokazuje povećane vrednosti u odnosu na MDK (Sl. Glasnik RS 23/94), dok je sadržaj Cr u uzorcima zemljišta sa Fruške gore sa maksimalnom vrednošću 51,55 mg/kg (Sekulić i sar., 2004) ispod vrednosti MDK od 100 mg/kg. Najveće vrednosti Cr u našim uzorcima su iz okoline Lazarevca. Ovo područje pripada kolubarskom kraju koje pokriva studija kopova uglja gde su utvrđene vrednosti Cr u sedimentima aerosola takođe velike i iznose od 96,8 mg/kg do 113,5 mg/kg (Cvetković, 2013).

Prosečne vrednosti koje smo dobili za sadržaj hroma u uzorcima voska iznose $99,50 \pm 3,02$ µg/kg, $162,90 \pm 31,43$ µg/kg, $85,77 \pm 4,03$ µg/kg i $247,60 \pm 33,59$ µg/kg (Tabela 5.15), iz košnica sa bagremove i livadske paše na Rudniku, sa bagremove paše u okolini Lazarevca, odnosno sa lipove paše na Fruškoj gori. Najveći sadržaj Cr u vosku sa Fruške gore, može biti lokalni odgovor pčelinje zajednice na neki stimulans putem dekontaminacije košnica Cr u vosak. U poređenju sa voskom iz industrijskih područja Slovačke, u kojima su koncentracije Cr od 83 do 982 µg/kg, naši rezultati su manji od ili u nivou manjih vrednosti opsega (Zafeiraki i sar., 2022). Činjenica da su literaturni podaci, u nama dostupnim radovima malobrojni, nije moguće poređenje dobijenih rezultata sa relevantnim rezultatima drugih autora.

Sadržaj hroma bio je najveći u uzorcima perge, a nešto manji sadržaj je utvrđen u uzorcima voska sa Fruške gore (Tabela 5.2, 5.4, 5.6 i 5.8). Ovakvu distribuciju je moguće objasniti botaničkim sastavom biljaka i liposolubilnošću jedinjenja koja se talože u vosku sa Cr.

6.6 Prosečan sadržaj mangana u uzorcima pčela i njihovih proizvoda

Mangan, kao konstituent brojnih enzima, ulazi u sastav mitohondrija, igra esencijalnu ulogu u svakom živom organizmu, pa i kod pčela.

Literaturni podaci daju uporedni prikaz za sadržaj mangana u uzorcima pčela iz nezagađenih područja i sa teritorije industrijske zone, gde se proizvode mineralna đubriva, i to 45,21 mg/kg i 84,62 mg/kg (Golubkina i sar., 2016). U pčelama iz industrijski zagađenih područja Slovačke vrednosti Mn se kreću od 10649 mg/kg do 80468 mg/kg (Zafeiraki i sar., 2022). Analizom jedinki pčela uzorkovanih sa četiri lokaliteta utvrđene su prosečne koncentracije mangana od 40,5 mg/kg (Skorbilowicz i sar., 2018). Goretti i sar. (2020) su ispitali bioakumulaciju teških metala u medonosnim pčelama sakupljenim sa 35 lokacija iz regije Umbrije (centralna Italija). Koncentracija mangana se kretala od 44,46 mg/kg do 396,21 mg/kg, sa srednjom vrednošću od 98,98 mg/kg, što je u saglasnosti sa rezultatom mangana u uzorcima izletnica u okviru ove doktorske disertacije (Tabela 5.9). U istoj studiji Goretti i sar. (2020), ispitali su i stepen kontaminacije pčela teškim metalima, u svrhu bioindikacije, na tri lokaliteta, a vrednosti za mangan su iznosile od 71,16 mg/kg do 163,35 mg/kg.

Ilijević i sar. (2021) su u pčelama sa područja Srbije dokazali koncentracije mangana u opsegu od 30,44 mg/kg do 164,20 mg/kg, nezavisno od godišnjeg doba. Srednje koncentracije mangana u našim istraživanjima, u uzorcima pčela izletnica sa ispitivanih lokaliteta: bagremova i livadska paša, na Rudniku, bagremova paša, kod Lazarevca i lipova paša na Fruškoj gori, su iznosile $43,93 \pm 2,51$ mg/kg, $75,01 \pm 2,81$ mg/kg, $76,66 \pm 3,8$ mg/kg, odnosno $393,80 \pm 1,4$ mg/kg (Tabela 5.9). Istim redosledom lokacija, za pčele sa zatvorenog legla, srednje vrednosti za mangan su bile $32,86 \pm 0,74$ mg/kg, $15,77 \pm 0,81$ mg/kg, $71,91 \pm 14,11$ mg/kg, odnosno $135,30 \pm 0,51$ mg/kg (Tabela 5.10). Za pčele sa otvorenog legla opseg koncentracija mangana je bio od $10,98 \pm 0,15$ mg/kg u uzrocima bagremove paše sa Rudnika, do $126,50 \pm 1,3$ mg/kg, koliko je zabeležena srednja vrednost u pčelama sa Fruške gore (Tabela 5.11). Srednje koncentracije mangana u uzorcima trutova sa istih paša su značajno i srazmerno manje nego kod pčela, i bile su u opsegu od $4,30 \pm 0,23$ mg/kg u košnicama tokom livadske paše sa Rudnika do $52,35 \pm 0,83$ mg/kg, koliko je bila maksimalna srednja vrednost mangana dokazana u trutovima tokom bagremove paše u okolini Lazarevca (Tabela 5.12). Naši rezultati za mangan u uzorcima pčela su slični rezultatima koje su prikazali drugi autori (Skorbiłowicz i sar., 2018; Goretti i sar. 2020; Ilijević i sar. 2021), i manji od sadržaja Mn utvrđenog u uzorcima pčela iz zagađenih područja (Golubkina i sar., 2016), osim kad su u pitanju pčele sa područja Fruške gore u kojima sadržaj Mn ima znatno veće vrednosti, ali te vrednosti ne prelaze sadržaj Mn sa teritorije industrijske zone (Zafeiraki i sar., 2022). Najveći sadržaj Mn utvrđen je u pčelama izletnicama sa lokacije Fruška gora. S obzirom da je Mn peti element po zastupljenosti u zemljinoj kori, moguće da je povećan nalaz posledica oslobađanja ovog elementa iz prirodno prisutnih ruda u šumskom zemljištu Fruške gore. Manja aktivnost trutova u odnosu na ostale pčele, mogla je da dovede do manje količine usvojenog mangana.

U uzorcima meda iz Anatolije nalazi za mangan su, usled različitog botaničkog porekla, veoma različiti i nalaze se u opsegu od 0,05 mg/kg do 1410 mg/kg (Kaygusuz i sar., 2016). U drugim studijama, koncentracije mangana, u zavisnosti od cvetnog porekla, nalaze se u opsegu vrednosti od 0,06 mg/kg do 2,45 mg/kg (Golob i sar., 2005). Studije nalaza mineralnih materija u medu sa područja Rumunije daju vrednosti za mangan do 0,55 mg/kg (Simedru i sar., 2017). Koncentracije mangana utvrđene u poliflornom medu iz Turske su 5,61 mg/kg (Yücel i Sultanoglu, 2013). Nalaz mangana u monoflornom medu vrste *Rhododendron* je od 1,21 mg/kg do 33 mg/kg, a u poliflornom medu iz istog područja Turske koncentracije Mn su u opsegu 1,11-61 mg/kg (Silici i sar., 2016). Rezultati za mangan u medu iz nezagađenog, odnosno zagađenog područja su u opsegu od 0,25 mg/kg do 0,22 mg/kg (Golubkina i sar., 2016). Med uzorkovan na sedam industrijskih lokacija u Slovačkoj ima vrednosti od 244 do 710 mg/kg (Zafeiraki i sar., 2022). Koncentracije mangana u sedam vrsta meda iz Hrvatske su od 0,19 mg/kg do 1,98 mg/kg (Bilandžić i sar., 2017). U studiji meda različitog porekla sa područja Srbije utvrđene su koncentracije mangana od 0,21 mg/kg u lipovom medu, do 7,96 mg/kg u medljikovcu (Mračević, 2020). U drugoj studiji sa istog područja, opseg koncentracija Mn za lipov, livadski i bagremov med kretao se u vrednostima 0,53 mg/kg do 2,14 mg/kg; 0,16 mg/kg do 4,94 mg/kg, odnosno 0,08 mg/kg do 0,49 mg/kg (Spirić i sar., 2019a). U uzorcima bagremovog i lipovog meda takođe iz Srbije, vrednosti Mn su iznosile 1,55 mg/kg odnosno 1,56 mg/kg (Jovetić i sar., 2017). Srednje koncentracije mangana u ovoj doktorskoj disertaciji, u medu sa bagremove i livadske paše na Rudniku, bagremove paše, okolina Lazarevca i lipove paše na lokalitetu Fruška bile su $0,20 \pm 0,02$ mg/kg, $0,30 \pm 0,03$ mg/kg, $0,21 \pm 0,05$ mg/kg, odnosno $4,04 \pm 0,12$ mg/kg (Tabela 5.13). Evidentno je da postoje razlike u količinama mangana u medu sa lokaliteta Fruška gora u odnosu na preostala dva lokaliteta, ali se te razlike mogu, prvenstveno, pripisati razlikama u sastavu tla i cvetnom tipu. Vrednosti za mangan u lipovom medu su veće i u odnosu na rezultate lipovog meda sa područja Srbije (Jovetić i sar., 2017; Spirić i sar., 2019a), ali i u odnosu na rezultate drugih autora, a ne samo u odnosu na livadski i bagremov med iz naše studije (Golubkina i sar., 2016, Golob i sar., 2005; Necemer i sar., 2009; Kropf i sar., 2010; Patruica i sar., 2009; Oroian i sar. 2015). Ove studije su imale fokus na analizi većeg broja uzoraka meda istog cvetnog porekla, tako da nije moguće pretpostaviti zašto su prosečne vrednosti za naš med veće. Rezultati za Mn u medu iz naše studije su 50 do 150 puta manji u odnosu na industrijska područja (Zafeiraki i sar., 2022). Naši rezultati za mangan u medu sa tri lokaliteta ne ukazuju na velika odstupanja kao što je slučaj kod drugih autora (Mračević, 2020,

Simedru i sar., 2017; Silici i sar., 2016; Bilandžić i sar., 2017), osim kada je u pitanju vrednost Mn za lipov med sa Fruške gore.

Literaturni podaci za koncentracije mangana u uzorcima perge iz nezagađenih područja su 21,37 mg/kg, odnosno zagađenih područja su 12,64 mg/kg (Golubkina i sar., 2016). Autori zaključuju da se ta neusklađenost podataka može pripisati razlikama u konzistenciji uzoraka, odnosno manjoj i većoj količini meda u pergi sa dva lokaliteta. U studiji na području Srbije prosečna vrednost Mn je 29,9 mg/kg (Anđelković i sar., 2012). U našim istraživanjima, prosečne vrednosti mangana u pergi iznose $19,51 \pm 3,74$ mg/kg, $28,06 \pm 2,24$ mg/kg, $38,15 \pm 4,99$ mg/kg i $204,80 \pm 1,17$ mg/kg, u uzorcima sa lokaliteta tokom bagremove i livadske paše na Rudniku, iz bagremove paše u okolini Lazarevca odnosno lipove paše na Fruškoj gori (Tabela 5.14). Dobijeni rezultati za mangan u uzorcima perge su, sa izuzetkom perge sa lokaliteta Fruške gore, veoma slični prethodno navedenim literaturnim podacima za nezagađeno područje (Anđelković i sar., 2012; Golubkina i sar., 2016), kao i rezultatima za Mn, $2,6 \pm 0,1$ mg/100 g iz perge sa područja Maroka (Bakour i sar., 2019). Moguće je da je konzistencija samog uzorka takva da je nalaz Mn najveći u pergi sa Fruške gore.

Prosečne vrednosti koje smo dobili za mangan u uzorcima voska iznose $0,33 \pm 0,02$ mg/kg, $4,80 \pm 0,52$ mg/kg, $1,40 \pm 0,24$ mg/kg i $3,83 \pm 0,58$ mg/kg iz košnica tokom bagremove i livadske paše na Rudniku, iz okoline Lazarevca za vreme bagremove paše, odnosno lipove paše na Fruškoj gori (Tabela 5.15). Najveći sadržaj Mn je u vosku sa livadske paše, iz podnožja Rudnika. S obzirom da se rezultati značajno razlikuju između ispitivanih lokaliteta, moguće je objašnjenje da deponovanje Mn u vosku zavisi od trenutne aktivnosti pčelinje zajednice. U poređenju sa nalazom Mn u vosku iz sedam industrijskih lokaliteta na području Slovačke, od 182 do 41904 mg/kg (Zafeiraki i sar., 2022), naši rezultati su višestruko puta manji. U nama dostupnoj literaturi, nije pronađen dovoljan broj podataka o nalazu mangana u vosku, što nam otežava poređenje.

Naši rezultati pokazuju da je mangan bio najzastupljeniji u uzorcima perge, što je i prikazano u tabelama 5.2, 5.4, 5.6 i 5.8. Ovi rezultati su verovatno posledica sadržaja ovog elementa u polenu, koji su pčele sakupljale i prerađivale u pergu.

Maksimalne vrednosti Mn u zemljištu nisu propisane, a na lokaciji Rudnika u analiziranim uzorcima vode ne prelaze MDK od 500 mg/kg (Zdravković, 2020), dok su u uzorcima zemljišta Fruške gore (Sekulić i sar., 2004), minimalne vrednosti sa nepoljoprivrednog zemljišta 339 mg/kg, a maksimalne vrednosti ovog elementa 756 mg/kg i to van zone nacionalnog parka. U aerosolima Kolubarskog basena vrednosti za Mn se kreću od 231 mg/kg do 828 mg/kg (Cvetković, 2013). Može se zaključiti da postoje mehanizmi kojima pčele, a moguće i biljke, uspešno kontrolišu količinu usvojenog Mn, s obzirom na velike koncentracije ovog elementa u neposrednoj životnoj sredini, i male vrednosti u samim pčelama i proizvodima od pčela. Takođe, Bogdanov i sar. (2007), ukazuju da su varijacije u sadržaju mikroelemenata pre posledica različitog botaničkog porekla, nego posledica izloženosti nektara različitim geografskim i sredinskim uslovima.

6.7 Prosečan sadržaj gvožđa u uzorcima pčela i njihovih proizvoda

Gvožđe je esencijalni nutrijent, neophodan za različite biohemijske i fiziološke funkcije, koji učestvuje u oksido-redukcionim procesima i važan je konstituent nekoliko ključnih enzima (Hejna i sar., 2018).

Koncentracije gvožđa u uzorcima pčela sakupljenih u cilju ispitivanja bioakumulacije sa 35 lokacija iz regije Umbrije, sa područja Italije, kreću se od 62,81 mg/kg do 272,05 mg/kg, sa srednjom vrednošću od 125,84 mg/kg (Goretti i sar., 2020). U istoj studiji, autori su ispitali i stepen kontaminacije pčela u svrhu bioindikacije, na tri lokaliteta sa različitom opterećenošću metalima, a vrednosti za gvožđe su iznosile od 102,14 mg/kg do 179,15 mg/kg. U uzorcima pčela iz nezagađenih područja i mesta uzorkovanja sa teritorije industrijske zone, gde se proizvode mineralna đubriva, izmerene su količine gvožđa od 189 mg/kg i 422 mg/kg (Golubkina i sar., 2016). U Slovačkoj u industrijskim zonama na sedam lokacija u pčelama iz košnica utvrđeno je gvožđe u opsegu od 42476 mg/kg do 130497 mg/kg (Zafeiraki i sar., 2022). Autori iz Egipta daju vrednosti za gvožđe u pčelama radilicama, sa četiri lokaliteta, u sezoni proleće u opsegu od 134,00-336,33 mg/kg, a u leto u opsegu 73,00-147,00 mg/kg (Naggar i sar., 2013). U pčelama sa područja Srbije, najveće koncentracije

gvožđa Ilijević i sar. (2021) su dokazali u letnjem periodu, u sve tri oblasti ispitivanja, od izmerenih 93,72 mg/kg u industrijskoj oblasti, do 117,56 mg/kg u ruralnoj i 165,6 mg/kg, u urbanoj oblasti. U toku zime, u istoj studiji, količine gvožđa, u uzorcima pčela su bile 81,75 mg/kg, 58,51 mg/kg, odnosno 77,79 mg/kg. Srednje koncentracije gvožđa u okviru ove doktorske disertacije, u uzorcima pčela izletnica sa tri lokaliteta: bagremova i livadska paša, na Rudniku, bagremova paša, kod Lazarevca i lipova paša na Fruškoj gori, su iznosile: $47,79 \pm 1,8$ mg/kg, $93,36 \pm 0,99$ mg/kg, $64,50 \pm 0,17$ mg/kg, odnosno $62,68 \pm 2,08$ mg/kg (Tabela 5.9). Istim redosledom prema lokacijama, za pčele sa zatvorenog legla srednje vrednosti za gvožđe su bile: $34,28 \pm 0,35$ mg/kg, $39,03 \pm 2,5$ mg/kg, $60,51 \pm 4,14$ mg/kg, odnosno $32,33 \pm 3,16$ mg/kg (Tabela 5.10). U uzorcima pčela sa otvorenog legla opseg koncentracija gvožđa je bio od $24,83 \pm 0,45$ mg/kg u uzorcima pčela iz lipove paše, do $57,60 \pm 1,39$ mg/kg, u uzorcima pčela sa bagremove paše iz okoline Lazarevca (Tabela 5.11). Srednje koncentracije Fe u uzorcima trutova sa istih paša su slične kao i kod pčela, samo nešto manje i bile su u opsegu od $18,61 \pm 1,57$ mg/kg do $54,26 \pm 0,96$ mg/kg, a najveća koncentracija Fe je dokazana u trutovima (bagremova paša) sa lokacije Lazarevac $54,26 \pm 0,96$ mg/kg (Tabela 5.12). Naši rezultati za Fe u uzorcima pčela su slični manjim vrednostima iz zimskog perioda uzorkovanja studije Ilijević i sar. (2021). Najveću koncentraciju Fe u pčelama izletnicama (Tabela 5.9) sa lokacije podnožja planine Rudnik u odnosu na druge pčele, moguće je objasniti većom aktivnošću radilica koje izleću iz košnice i direktno su izložene sadržaju svih elemenata prisutnih u životnoj sredini, uključujući gvožđe. Planina Rudnik, gde su zabeležene najveće vrednosti Fe u izletnicama, poznata je po bogatstvu rude gvožđa. Rezultati ove doktorske teze za sadržaj Fe su znatno manji od vrednosti koje su dobili autori u studijama iz zagađenih područja (Goretti i sar., 2020; Zafeiraki i sar., 2022), ali i ili znatno manji od rezultata sa nezagađenog područja (Naggar i sar., 2013; Golubkina i sar., 2016). Razlog za ovakvu razliku u rezultatima može da leži u različitom geografskom poreklu i mikroklimatskim uslovima za formiranje zemljišta.

Procentualno izražen, udeo gvožđa u medu je 0,5% (Bettar i sar., 2015). U studiji sa područja Rumunije, rezultati prosečnog nalaza Fe u medu iz nezagađenog, odnosno zagađenog područja su 7,6 mg/kg i 2,2 mg/kg (Golubkina i sar., 2016). U medu iz Anatolije koncentracije Fe se kreću od 9 mg/kg do 280 mg/kg (Kaygusuz i sar., 2016). Opseg koncentracija Fe u medu iz Egipta je od vrednosti manjih od limita detekcije do 104,14 mg/kg (Agbagwa i sar., 2011), dok je u uzorcima meda iz Kenije Fe izmeren u koncentraciji od 0,08 mg/kg do 0,55 mg/kg (Mbiri i sar., 2011). U nekim istraživanjima sadržaj Fe iznosi 15,04 mg/kg (Perna i sar., 2012), pa i do 162,31 mg/kg (Moniruzzaman i sar., 2013). Visok nivo Fe je najverovatnije posledica kontaminacije meda od strane pčelara opremom i alatom, ili može da bude iz životne sredine (Perna i sar., 2012). U svom sveobuhvatnom revijalnom prikazu sadržaja minerala, elemenata u tragovima i teških metala u medu različitog porekla, Solayman i sar. (2016) beleže rezultate u opsegu koncentracija od 0,41 mg/kg do 224,00 mg/kg. Uzorci meda sa područja Rumunije sadrže Fe od količina manjih od LD do 0,24 mg/kg (Simedru i sar., 2017). Med iz Meksika sadrži širok opseg koncentracija gvožđa, od 0,66 mg/kg do 4,72 mg/kg (Mondragón-Cortez i sar., 2013). Med iz biljke *Rhododendron* sadrži Fe od 1,12 mg/kg do 12,8 mg/kg, dok su koncentracije u poliflornom medu sa istog područja od 1,55 mg/kg do 12,9 mg/kg (Silici i sar., 2016). U publikacijama autora, sadržaj Fe u 23 vrste meda iz Saudijske Arabije i šest drugih zemalja iznosio je od 67,18 mg/kg do 98,13 mg/kg (AlqUarni i sar., 2014). U studiji poliflornog meda iz Turske srednja koncentracija Fe iznosi 92,38 mg/kg (Yücel i Sultanoglu, 2013). Srednje koncentracije Fe u sedam vrsta meda iz Hrvatske bile su u opsegu od 1,29 mg/kg do 10,3 mg/kg (Bilandžić i sar., 2017). U sličnoj studiji u Vojvodini utvrđeno je 0,79 mg/kg u livadskom medu, i 1,24 mg/kg u bagremovom medu (Sakač i sar., 2019). Vrednosti za Fe u lipovom, livadskom i bagremovom medu sa područja Srbije kretale su se od 0,79 mg/kg do 3,44 mg/kg; od 0,57 mg/kg do 7,02 mg/kg, odnosno od 0,38 mg/kg do 4,13 mg/kg (Spirić i sar., 2019a). Vrednost Fe u medu iz Srbije kreće se od 0,79 mg/kg, u livadskom, do 5,99 mg/kg, u lipovom medu (Mračević i sar., 2020). U uzorcima bagremovog i lipovog meda takođe iz Srbije, vrednosti Fe su iznosile 1,57 mg/kg odnosno 1,44 mg/kg (Jovetić i sar., 2017). Srednje koncentracija Fe u našoj studiji, u medu sa bagremove i livadske paše na Rudniku, bagremove paše iz okoline Lazarevca i lipove paše na lokalitetu Fruške gore su $0,33 \pm 0,1$ mg/kg, $0,58 \pm 0,1$ mg/kg, $0,26 \pm 0,07$ mg/kg, odnosno $2,17 \pm 0,12$ mg/kg (Tabela 5.13). Evidentno je da postoje

razlike u količinama Fe u medu sa lokaliteta Fruška gora u odnosu na preostala dva lokaliteta, ali se te razlike mogu, prvenstveno, pripisati razlikama u sastavu tla i cvetnom tipu. Naši rezultati za Fe u medu sa tri lokaliteta su u opsegu nalaza istraživanja sa našeg podneblja (Mračević i sar., 2020; Bilandžić i sar., 2017;) ili kada su u pitanju bagremov i livadski med nešto manji (Spirić i sar., 2019a). Naši rezultati slični su i nalazima Fe u medu iz Meksika (Mondragón-Cortez i sar., 2013). Postoje i velika odstupanja u sadržaju Fe od prethodno navedenih rezultata 19,15 mg/kg za lipov med (Oroian i sar., 2015) i 3,79 mg/kg za bagremov med (Patruica i sar., 2008). Veći sadržaj Fe u lipovom medu može biti posledica veće količine gvožđa u zemljištu, ali i činjenice da je med iz šumske sastojine bogatiji mineralima u odnosu na livadski ili bagremov med. Analizom velike divergencije literaturnih podataka za nalaz Fe u medu, u odnosu na naš nalaz, može se pretpostaviti da je kontaminacija povezana, kako sa industrijskom i poljoprivrednom aktivnošću, tako i sa prirodnim nalazom Fe u zemljištu. Naši rezultati ukazuju da med nije kontaminiran gvožđem, i u skladu su sa vrednošću 20 mg/kg propisanom u Pravilniku (5/92, 11/92, 32/2002, 25/2010, 28/2011).

Uporedne koncentracije Fe u uzorcima perge iz nezagađenih, odnosno zagađenih područja su 92,7 mg/kg i 37,6 mg/kg, (Golubkina i sar., 2016). U studiji Anđelković i sar. (2012), prosečan sadržaj gvožđa u pergi je 121,99 mg/kg, što je veća vrednost od naših nalaza, $43,07 \pm 3,84$ mg/kg, $89,68 \pm 4,44$ mg/kg, $54,97 \pm 6,79$ mg/kg i $57,52 \pm 4,28$ mg/kg, u uzorcima sa lokaliteta tokom bagremove i livadske paše, na Rudniku, sa bagremove paše iz okoline Lazarevca, odnosno lipove paše na Fruškoj gori (Tabela 5.14). Dobijene vrednosti za Fe u pergi su između onih utvrđenih u nezagađenim i zagađenim područjima Rumunije (Golubkina i sar., 2016), i manji u odnosu na nalaz Fe, $7,3 \pm 0,3$ mg/100g, u pergi iz studije iz Maroka (Bakour i sar., 2019). U našoj studiji, s obzirom da uzorci sa najvećim sadržajem Fe potiču i sa područja nacionalnog parka udaljenog od izvora zagađenja, kao i iz okoline Lazarevca, gde su kopovi uglja, ne može se reći da su uzorci kontaminirani gvožđem.

Prosečan sadržaj Fe je 1,6 mg/kg u medu i 3,2 mg/kg u pčelinjem vosku (Nikolov i sar., 2019). U uzorcima pčelinjih proizvoda sa različitih lokaliteta u Poljskoj, ustanovljene su manje vrednosti za Fe u medu, u odnosu na vosak i propolis; vrednosti za Fe u medu nalaze u opsegu od 0,08 mg/kg do 0,24 mg/kg, a u vosku od 1,08 mg/kg do 3,34 mg/kg (Formicki i sar., 2013). Sličan trend znatno manje koncentracije Fe u medu u odnosu na pergu i vosak (Tabela 5.13, Tabela 5.14 i Tabela 5.15), uočljiv je i u našim nalazima. Pošto je med hrana i izvor energije za pčele, evolutivno su razvijeni mehanizmi prečišćavanja ovog proizvoda pre deponovanja u ćelije saća (Gizaw i sar., 2020). Isti autori konstatuju da u ispitanim uzorcima postoji pozitivna korelacija između sadržaja Cd i Fe i da korelacije koje se javljaju između koncentracije nekih metala u vosku mogu ukazati na važnu ulogu voska u taloženju metala. U uzorcima voska iz industrijskih zona Slovačke utvrđene su koncentracije Fe od 8277 mg/kg do 160775 mg/kg (Zafeiraki i sar., 2022). Prosečne vrednosti koje smo dobili za gvožđe u uzorcima voska iznose $7,42 \pm 1,83$ mg/kg, $9,75 \pm 0,72$ mg/kg, $17,11 \pm 0,28$ mg/kg i $41,10 \pm 0,68$ mg/kg iz košnica sa bagremove i livadske paše na Rudniku, sa bagremove paše u okolini Lazarevca, odnosno sa lipove paše na Fruškoj gori (Tabela 5.15). S obzirom da su vrednosti za Fe u medu najveće u uzorcima sa lokaliteta Lazarevca i Fruške gore, i da je Fe u vosku sa najvećim sadržajem upravo sa ove dve lokacije, može se pretpostaviti da je metabolički put deponovanja Fe u konkretnoj pčelinjoj zajednici bio takav, da se Fe zadrži u medu i vosku. Ako se uzme u obzir distribucija Fe u različitim proizvodima naše studije, najveći sadržaj je uočen u uzorcima perge, zatim vosku i medu (Tabela 5.2, 5.4, 5.6 i 5.8). Vrednosti koje smo dobili za Fe u vosku u našoj studiji značajno su veće od (Nikolov i sar., 2019; Gizaw i sar., 2020), ali i preko 200 puta manje od rezultata iz industrijski zagađenih područja (Zafeiraki i sar., 2022). Znatno veće količine Fe su utvrđene u pergi sa svih paša u odnosu na druge pčelinje proizvode, što ukazuje na dobru bioindikaciju ove vrste uzorka, ali i opravdava upotrebu proizvoda sa dodatkom perge u terapiji anemije kod ljudi.

Za objašnjenje rezultata potrebne su dodatne studije, sa većim brojem uzoraka, koje bi se bavile samo određenim matriksima i distribucijom elemenata u njima. Svakako je izloženost i usvajanje Fe iz životne sredine veće nego u pomenutim studijama (Formicki i sar., 2013; Nikolov i sar., 2019).

6.8 Prosečan sadržaj kobalta u uzorcima pčela i njihovih proizvoda

Kobalt je sastavni deo kobalamina, enzima koji učestvuje u eritropoezi. Spada u kontaminante hemijske industrije, a svrstan je u grupu potencijalnih karcinogena (IARC, 1991).

Opseg koncentracija kobalta izmeren u pčelama sa više lokaliteta u Srbiji iznosio je 0,022-0,221 mg/kg, izraženo preko suve mase uzorka (Zarić i sar., 2017). Za uzorke pčela iz nezagađenih područja i mesta uzorkovanja sa teritorije industrijske zone, gde se proizvode mineralna đubriva, koncentracija Co je bila u opsegu od 0,13-0,56 mg/kg (Golubkina i sar., 2016). U sedam industrijskih zona Slovačke uzorkovane su pčele iz košnica i utvrđeno je od 26 µg/kg do 101 µg/kg kobalta (Zafeiraki i sar., 2022). U pčelama sa područja Srbije, autori prikazuju godišnje srednje vrednosti za Co, za sve tri oblasti istraživanja, u ruralnoj 0,29 µg/kg, u urbanoj 0,14 µg/kg i industrijskoj oblasti, 0,13 µg/kg (Ilijević i sar., 2021). Grainger i sar. (2020) dobijaju vrednosti za Co u pčelama u opsegu od 25,6 µg/kg do 188 µg/kg. Srednje koncentracije Co (µg/kg) u našim istraživanjima, u pčelama izletnicama sa četiri lokaliteta: bagremova i livadska paša, na Rudniku, bagremova paša, kod Lazarevca i lipova paša na Fruškoj gori, su iznosile $92,20 \pm 3,1$, $116,70 \pm 3,14$, $78,25 \pm 5,45$ odnosno $82,48 \pm 2,38$ (Tabela 5.9). Istim redosledom, za pčele sa zatvorenog legla srednje vrednosti za Co (µg/kg) su bile $56,35 \pm 1,02$, $36,42 \pm 1,95$, $67,48 \pm 9,53$ odnosno $39,98 \pm 1,06$ (Tabela 5.10). U uzorcima pčela sa otvorenog legla vrednost koncentracija kobalta (µg/kg) iznosi od $27,83 \pm 1,17$ u uzorcima sa livadske paše na Rudniku, do $58,37 \pm 2,43$ koliko je izmereno u uzorcima sa bagremove paše iz okoline Lazarevca (Tabela 5.11). Srednje koncentracije Co (µg/kg) u trutovima sa istih paša su u sličnom opsegu koncentracija kao i kod pčela, i iznosile su od $6,50 \pm 0,09$ u uzorcima sa lokaliteta Fruške gore tokom lipove paše, do $70,23 \pm 3,12$ µg/kg, sa lokacije Lazarevac, tokom cvetanja bagrema (Tabela 5.12). Najveća prosečna koncentracija Co je dokazana u pčelama izletnicama (livadska paša) sa lokacije na podnožju planine Rudnik. U odnosu na rezultate koji su obuhvatili studiju sa područja industrijske zagađenosti, naše vrednost za Co su manje od izmerenog opsega (Golubkina i sar., 2016). Rezultati za Co u pčelama su slični (Grainger i sar., 2020; Zarić i sar., 2017; Zafeiraki i sar., 2022), odnosno veći (Ilijević i sar., 2021) od rezultata koje su prezentovali drugi autori, a koji se odnose i na zagađena i na kontrolna područja. Kobalt se kao element ne eksploatiše pojedinačno, već se nalazi u rudama sa drugim elementima. S obzirom da je poznato nalazište kobalta na planini Rudnik, kao i na činjenicu da je Lazarevac u neposrednoj blizini kopa uglja Velikih Crljena, moguće je da se Co nakon eksploatacije rude u prošlosti oslobodio u okolno zemljište i ušao u lanac ishrane. Objašnjenje za najveći sadržaj Co u izletnicama sa podnožja Rudnika, tokom livadske paše može da leži u lokalnoj izloženosti pčela tokom ispaše, s obzirom da u drugim pčelama i proizvodima sa ove lokacije nema povećanog sadržaja Co.

Ioannidou i sar. (2005) u uzorcima meda iz Grčke detektuju kobalt u opsegu 0,010-0,087 µg/kg. Kobalt i kadmijum nisu detektovani u 207 uzoraka meda iz Grčke (Louppis i sar., 2017). Nalaz Co u monoflornom medu vrste *Rhododendron* bio je u opsegu 1,44-28,5 µg/kg, a u poliflornom medu sa istog područja Turske, od 1,25 µg/kg do 7,98 µg/kg (Silici i sar., 2016). Za uzorke meda iz nezagađenog područja i mesta uzorkovanja sa teritorije industrijske zone, gde se proizvodilo mineralno đubrivo, koncentracija Co je bila u opsegu od 0,004 mg/kg do 0,02 mg/kg (Golubkina i sar., 2016). Srednje koncentracije Co u sedam vrsta meda iz Hrvatske su iznosile od 0,83 µg/kg do 75,4 µg/kg (Bilandžić i sar., 2017). Solayman i sar. (2016), u revijalnom prikazu, daju opseg koncentracija Co u medu od 0,01 µg/kg do 800,00 µg/kg, sa srednjom vrednošću od 152,84 µg/kg i ukazuju da kobalt nema značajniju metaboličku ulogu, kako u biljkama, tako i u životinjama, i njegovo prisustvo, ili odsustvo u medu se može pripisati razlikama u sastavu tla, cvetnom tipu i cvetnoj gustini. U medu, Grainger i sar. (2020) publikuju vrednosti za Co u opsegu od <LD do 16,5 µg/kg. Koncentracije Co (µg/kg) u medu, na teritoriji Srbije kretale su se u opsegu od 22,00 do 70,70; od 4,00 do 78,00 i od 4,00 do 59,50 u lipovom, livadskom, odnosno bagremovom medu (Spirić i sar., 2019a). U uzorcima bagremovog i lipovog meda takođe iz Srbije, vrednosti Co su iznosile 0,11 mg/kg odnosno 0,07 mg/kg (Jovetić i sar., 2017). U našim uzorcima meda Co nije detektovan, odnosno vrednosti su ispod limita detekcije 8 µg/kg, što je u skladu sa nalazima pojedinih autora (Louppis i sar., 2017, Grainger i sar., 2020 i Zafeiraki i sar., 2022). Mogućnost da se u pčelinjem proizvodu medu, koji je osnovna zimska hrana i zaliha energije za košnicu, ne nalazi Co, a u pčelama ga ima,

može da ukaže na sposobnost pčela da tokom sinteze meda koriste dobre mehanizme detoksikacije i ne deponuju Co. Upporedne koncentracije Co u uzorcima perge iz nezagađenih, odnosno zagađenih područja koje su objavljene su 0,11 mg/kg odnosno 0,28 mg/kg (Golubkina i sar., 2016). U našim istraživanjima, prosečne vrednosti za Co ($\mu\text{g/kg}$) u pergi iznose $65,50 \pm 9,7$; $77,13 \pm 2,59$; $37,52 \pm 4,65$ i $55,43 \pm 3,88$, u uzorcima sa lokaliteta tokom bagremove i livadske paše, na Rudniku, u uzorcima skupljenim tokom bagremove paše u okolini Lazarevca odnosno iz lipove paše na Fruškoj gori (Tabela 5.14). Najveća prosečna koncentracija Co je dokazana u pergi iz košnica na livadskoj paši u podnožju planine Rudnik, što je manje od onih malobrojnih koje su navedene u literaturi (Golubkina i sar., 2016). Nalazi kobalta u poljoprivrednom i nepoljoprivrednom zemljištu sa područja planine Rudnik su ispod vrednosti MDK (Zdravković, 2020), a istovremeno najveće vrednost za Co u pčelama su sa ovog područja, može se zaključiti da su pčele dobri bioindikator životne sredine, kada je u pitanju kobalt.

U nama dostupnoj literaturi, nije bilo dovoljno rezultata za nalaz Co u vosku. Od sedam industrijskih lokaliteta u Slovačkoj Co u vosku je detektovan u tri uzorka u koncentracijama 29, 84 i 129 $\mu\text{g/kg}$ (Zafeiraki i sar., 2022), dok su Nikolov i sar. (2019) utvrdili sadržaj Co od 0,006 mg/kg u vosku. Prosečne vrednosti koje smo mi dobili za Co u uzorcima voska iznose $3,13 \pm 0,1$ $\mu\text{g/kg}$, $7,33 \pm 0,82$ $\mu\text{g/kg}$, $10,53 \pm 1,44$ $\mu\text{g/kg}$ i $17,55 \pm 1,15$ $\mu\text{g/kg}$ iz košnica sa bagremove i livadske paše na Rudniku, sa bagremove paše u okolini Lazarevca, odnosno sa lipovom pašom na Fruškoj gori (Tabela 5.15). Vrednosti nalaza za Co u vosku sa područja planine Rudnik su u skladu sa nalazima Nikolov i sar. (2019), dok su svi naši nalazi Co u vosku manji od nalaza Zafeiraki i sar. (2022) iz industrijski zagađenog područja.

Rezultati ove doktorske disertacije pokazuju da kobalt nije utvrđen u ispitivanim uzorcima meda, a njegov sadržaj je značajno veći u uzorcima perge u odnosu na vosak, što može da ukaže na prisustvo ovog elementa u životnoj sredini, odnosno u polenu (Tabela 5.2, 5.4, 5.6 i 5.8).

6.9 Prosečan sadržaj nikla u uzorcima pčela i njihovih proizvoda

Nikl je esencijalni element u ljudskoj ishrani, dok u višku rastvorljivi nikl ima hepatotoksično i nefrotoksično dejstvo.

Koncentracija nikla u pčelama, kao bioindikatorima, sa područja Italije, nalazi se u opsegu od 0,08 do 7,5 mg/kg, sa srednjom vrednošću 1,34 mg/kg (Goretti i sar., 2020). Za uzorke pčela iz nezagađenih područja i mesta uzorkovanja sa teritorije industrijske zone, gde se proizvode mineralna đubriva, koncentracije Ni su bile 0,41 mg/kg i 1,02 mg/kg (Golubkina i sar., 2016). Autori iz Egipta objavljuju vrednosti za Ni u pčelama sa četiri lokaliteta u opsegu od 1,03 $\mu\text{g/g}$ do 1,20 $\mu\text{g/g}$ (Khalifa i sar., 2020). U letnjem i zimskom periodu količine Ni u pčelama su iznosile 227,7 i 2106 $\mu\text{g/kg}$ (Ptaszyńska i sar., 2018). Grainger i sar. (2020) saopštavaju vrednosti za Ni u pčelama u opsegu od 268-525 $\mu\text{g/kg}$. U sedam industrijskih regiona Slovačke nalaz Ni u pčelama iz košnica se kreće od 197 $\mu\text{g/kg}$ do 1735 $\mu\text{g/kg}$ (Zafeiraki i sar., 2022). U pčelama sa tri područja u Srbiji koncentracije Ni su bile u opsegu od 0,23 mg/kg do 0,79 mg/kg (Ilijević i sar., 2021). Srednje koncentracije Ni u našim istraživanjima, u pčelama izletnicama sa četiri paše: bagremova i livadska paša, na Rudniku, bagremova paša, kod Lazarevca i lipova paša na Fruškoj gori su iznosile $0,14 \pm 0,02$ $\mu\text{g/kg}$, $0,41 \pm 0,01$ $\mu\text{g/kg}$, $0,88 \pm 0,02$ $\mu\text{g/kg}$, odnosno $0,22 \pm 0,01$ (Tabela 5.9). Istim redosledom lokacija, za pčele sa zatvorenog legla srednje vrednosti za nikl su bile $0,35 \pm 0,09$ $\mu\text{g/kg}$, $0,53 \pm 0,03$ $\mu\text{g/kg}$, $0,15 \pm 0,01$ $\mu\text{g/kg}$ odnosno $0,45 \pm 0,02$ $\mu\text{g/kg}$ (Tabela 5.10). Za pčele sa otvorenog legla opseg koncentracija nikla je bio od $0,16 \pm 0,01$ $\mu\text{g/kg}$ u uzorcima tokom bagremove paše sa Rudnika do 0,72 $\mu\text{g/kg}$, u uzorcima iz okoline Lazarevca tokom bagremove paše (Tabela 5.11). Srednje koncentracije Ni u uzorcima trutova sa istih paša su manje nego kod pčela radilica i nalaze se u opsegu koncentracija od $0,05 \pm 0,01$ $\mu\text{g/kg}$ do $0,52 \pm 0,14$ $\mu\text{g/kg}$, koja je i najveća koncentracija utvrđena u trutovima iz bagremove paše sa lokacije Lazarevac (Tabela 5.12). Najveća prosečna koncentracija Ni je dokazana u pčelama izletnicama sakupljenim tokom bagremove paše na lokaciji Lazarevca (Tabela 5.9), što je najverovatnije posledica direktnog kontakta sa životnom sredinom ove pčelinje kaste. Naši rezultati za Ni u uzorcima pčela su manji od rezultata iz nezagađenih i zagađenih područja koje su prezentovali

drugi autori (Goretti i sar., 2020; Golubkina i sar., 2016; Khalifa i sar., 2020; Ilijević i sar., 2021; Zafeiraki i sar., 2022). Moguće je da su prirodni nalazi rastvorljivog Ni manji na lokalitetima i u biljkama odakle potiču naši uzorci, i da su posledično i koncentracije ovog elementa u našim pčelama manje.

U uzorcima meda iz Grčke autori nisu detektovali Ni (Ioannidou i sar., 2005). U sedam industrijskih regiona Slovačke nalaz Ni ($\mu\text{g/kg}$) u medu se kreće od 42 do 112 (Zafeiraki i sar., 2022). Nalaz Ni u monoflornom medu vrste *Rhododendron* je bio u opsegu od 1,67 $\mu\text{g/kg}$ do 131 $\mu\text{g/kg}$, a u poliflornom medu sa istog područja Turske bio je u opsegu od 1,21 $\mu\text{g/kg}$ do 41,1 $\mu\text{g/kg}$ (Silici i sar., 2016). Rezultati za Ni u medu iz nezagađenog, odnosno zagađenog područja Rumunije su 0,05 i 0,06 mg/kg (Golubkina i sar., 2016). Srednje koncentracije Ni u sedam vrsta meda iz Hrvatske su u opsegu od 0,75 $\mu\text{g/kg}$ do 82,1 $\mu\text{g/kg}$ (Bilandžić i sar., 2017). Vrednosti za Ni ($\mu\text{g/kg}$) u lipovom, livadskom i bagremovom medu sa područja Srbije, daju vrednosti od 50,50 do 228,1; od 50,30 do 387,5 i od 50,60 do 417,8 (Spirić i sar., 2019a). Nikl je utvrđen u nekoliko uzoraka meda, medljikovca i bagrema u koncentracijama 0,08 mg/kg i 0,05 mg/kg (Mračević, i sar., 2020). U uzorcima bagremovog i lipovog meda takođe iz Srbije, vrednosti Ni su iznosile 67 $\mu\text{g/kg}$ odnosno 25 $\mu\text{g/kg}$ (Jovetić i sar., 2017). Srednje koncentracija Ni u našoj studiji, u medu sa bagremove i livadske paše na Rudniku, u medu bagremove paše iz okoline Lazarevca i lipove paše na lokalitetu Fruška gora su: $0,07 \pm 0,01 \mu\text{g/kg}$, $0,10 \pm 0,01 \mu\text{g/kg}$, $0,04 \pm 0,01 \mu\text{g/kg}$, odnosno $0,04 \pm 0,09 \mu\text{g/kg}$ (Tabela 5.13). Evidentno je da postoje razlike u količinama Ni u medu sa lokaliteta podnožja planine Rudnik u odnosu na preostala dva lokaliteta i te razlike se mogu, prvenstveno, pripisati razlikama u sastavu tla i cvetnom tipu. Naši rezultati za Ni u medu sa tri lokaliteta su značajno manji od rezultata drugih autora, nezavisno od lokaliteta (Ioannidou i sar., 2005; Silici i sar., 2016; Golubkina i sar., 2016; Bilandžić i sar., 2017; Jovetić i sar., 2017; Spirić i sar., 2019a; Mračević, i sar., 2020; Zafeiraki i sar., 2022). Izraženo odstupanje naših rezultata za količine Ni u medu od literaturnih podataka može biti povezano i sa njegovim manjim sadržajem u pčelama koje ga proizvode.

Uporedne koncentracije Ni u uzorcima perge iz nezagađenih, odnosno zagađenih područja su 0,88 mg/kg i 0,2 mg/kg (Golubkina i sar., 2016). U našim istraživanjima, prosečne vrednosti za Ni u uzorcima perge iznose: $1,30 \pm 0,26 \mu\text{g/kg}$, $1,45 \pm 0,08 \mu\text{g/kg}$, $1,33 \pm 0,12 \mu\text{g/kg}$ $3,67 \pm 0,3 \mu\text{g/kg}$, u uzorcima tokom bagremove i livadske paše na Rudniku, sa bagremove paše iz okoline Lazarevca, odnosno lipove paše na Fruškoj gori (Tabela 5.14). Najveća prosečna koncentracija Ni je dokazana u uzorcima perge iz košnica na lipovoj paši na Fruškoj gori, što može biti posledica lokalnog sastava tla ili botaničkog porekla, ali je svakako manja od nalaza u nezagađenim i zagađenim područjima (Golubkina i sar., 2016).

Autori iz Poljske prezentuju vrednosti za Ni u uzorcima voska iz osam regiona, u opsegu koncentracija od 1,89 $\mu\text{g/kg}$ do 7,35 $\mu\text{g/kg}$ (Formicki i sar., 2013). U sedam industrijskih regiona Slovačke nalaz Ni ($\mu\text{g/kg}$) u vosku se kreće od 94 do 1919 (Zafeiraki i sar., 2022). Prosečni sadržaj Ni iznosi 0,03 mg/kg u vosku (Nikolov i sar., 2019). Prosečne vrednosti koje smo mi dobili u okviru ove doktorske disertacije za Ni u uzorcima voska iznose $0,05 \pm 0,01 \mu\text{g/kg}$, $0,19 \pm 0,05 \mu\text{g/kg}$, $0,05 \pm 0,004 \mu\text{g/kg}$ i $0,18 \pm 0,04 \mu\text{g/kg}$, iz košnica sa bagremove i livadske paše na Rudniku, sa bagremove paše u okolini Lazarevca, odnosno sa lipove paše na Fruškoj gori (Tabela 5.15). Najveća prosečna koncentracija Ni je dokazana u uzorcima voska iz košnica na livadskoj paši na Rudniku, i ovi rezultati su znatno manji od rezultata koje su saopštili istraživači iz Poljske (Formicki i sar., 2013) i Slovačke (Zafeiraki i sar., 2022). Moguće je da u okolnom zemljištu i biljkama sa kojih potiču naši uzorci, nije bilo većih količina Ni, samim tim ni u uzorcima pčela i njihovim proizvodima, medu i pergi.

Mali sadržaj Ni u uzorcima pčela i proizvoda, može da bude posledica i u dobrim mehanizmima detoksikacije, kroz metabolizam samih insekata. Sadržaj Ni je iznad MDK, 50 mg/kg (Sl. Glasnik RS, 23/94) u uzorcima poljoprivrednog i nepoljoprivrednog zemljišta na Rudniku (Zdravković, 2020), a nalaz Ni sa ovog područja bio je najveći u pčelama sa zatvorenog legla, medu i vosku sa livadske paše.

Naši rezultati pokazuju da je sadržaj Ni bio statistički značajno veći u pergi, u odnosu na vosak i med, na sve tri ispitivane lokacije (Tabela 5.2, 5.4, 5.6 i 5.8). Može se pretpostaviti da su ovi rezultati pokazatelji prisustva ovog elementa u polenu.

6.10 Prosečan sadržaj bakra u uzorcima pčela i njihovih proizvoda

Bakar je esencijalni element i sastavni deo enzima svih živih ćelija. Toksičnost jednovalentnih i dvovalentnih soli bakra s druge strane se ispoljava inaktiviranjem nekih enzima.

U svom radu, Hladun i sar. (2016) daju prikaz količina bakra u pčelama iz industrijskih regiona Finske (14-27 mg/kg), Češke (31,89-37,68 mg/kg) i Poljske (20,2-25,5 mg/kg). Za uzorke pčela iz nezagađenih područja i mesta uzorkovanja sa teritorije industrijske zone Golubkina i sar. (2016) beleže rezultate za Cu za različite uzorke od 33,11 mg/kg u kontrolnom nezagađenom području do 125,79 mg/kg u području za koje autori navode da je kontaminirano eksploatacijom ruda bakra. Sadržaj bakra (mg/kg) u pčelama sa područja Moldavije se kretao u opsegu od 13,7 do 34,6. Najmanje prosečne koncentracije iz ove studije su zabeležene u uzorcima uzorkovanim tokom marta 16,3 mg/kg, a najveći sadržaj u letnjoj sezoni u junu, 25,2 mg/kg (Skorbiłowicz i sar., 2018). Koncentracija bakra (mg/kg) u pčelama sa područja Italije nalazi se u opsegu od 2,53 do 21,51, sa srednjom vrednošću od 14,39 mg/kg suve materije (Goretti i sar., 2020). Autori iz Finske nalaze u uzorcima pčela iz četiri kontrolna i osam zagađenih područja sadržaj Cu ($\mu\text{g/g}$) u opsegu 13 do 15, odnosno od 4 do 27 (Fakhimzadeh i Martin, 2000). Autori iz Egipta publikuju vrednosti za Cu u pčelama sa četiri lokaliteta u opsegu od 5,47 $\mu\text{g/g}$ do 6,68 $\mu\text{g/g}$ (Khalifa i sar., 2020). U letnjem i zimskom periodu količine Cu u pčelama su iznosile 10,02 ng/mg i 5,12 ng/mg (Ptaszyńska i sar., 2018). U studiji na sedam lokaliteta industrijskih zona u Slovačkoj u uzorcima pčela iz košnica utvrđene su vrednosti bakra (mg/kg) 4991 do 15729 (Zafeiraki i sar., 2022). Grainger i sar. (2020) nalaze sadržaj Cu u pčelama na Novom Zelandu u opsegu od 11248-22675 $\mu\text{g/kg}$. U pčelama sa tri područja u Srbiji, srednje koncentracije Cu su bile u opsegu od 16,44 mg/kg do 23,26 mg/kg (Ilijević i sar., 2021). Srednje koncentracije Cu u istraživanju ove doktorske disertacije, u uzorcima pčela izletnica u četiri uzorkovanja: tokom bagremove i livadske paše na Rudniku, tokom bagremove paše kod Lazarevca i lipove paše na Fruškoj gori, su iznosile $6,27 \pm 0,05 \mu\text{g/kg}$, $7,95 \pm 0,15 \mu\text{g/kg}$, $7,67 \pm 0,13 \mu\text{g/kg}$, odnosno $7,62 \pm 0,1 \mu\text{g/kg}$ (Tabela 5.9). Istim redosledom lokaliteta i botaničkog porekla, za pčele sa zatvorenog legla srednje vrednosti za Cu su bile $5,91 \pm 0,12 \mu\text{g/kg}$, $6,83 \pm 0,13 \mu\text{g/kg}$, $7,70 \pm 0,11 \mu\text{g/kg}$, odnosno $7,92 \pm 0,1 \mu\text{g/kg}$ (Tabela 5.10). Vrednost za bakar u uzorcima pčela sa otvorenog legla kretao se od $5,83 \pm 0,02 \mu\text{g/kg}$ na lokalitetu Rudnika tokom bagremove paše do najveće srednje vrednosti od $8,11 \pm 0,03 \mu\text{g/kg}$, tokom livadske paše (Tabela 5.11). Srednje koncentracije Cu u trutovima sa navedenih paša i lokacija su u opsegu koncentracija od $5,94 \pm 0,09 \mu\text{g/kg}$ tokom bagremovog cvetanja na Rudniku, do $10,93 \pm 0,02 \mu\text{g/kg}$ na istoj lokaciji tokom livadske paše, što je najveća koncentracija Cu dokazana u pčelama. Naši rezultati za Cu u pčelama su veći u odnosu na nalaze iz Egipta (Khalifa i sar., 2020), a značajno manji od rezultata koje su prezentovali drugi autori (Hladun i sar., 2016; Goretti i sar., 2020; Ptasyńska i sar., 2018; Ilijević i sar., 2021), a koje uključuju i industrijski zagađena područja (Zafeiraki i sar., 2022, Golubkina i sar., 2016;), što može da ukaže da su lokaliteti uzorkovanja naših uzoraka područja nezagađene životne sredine. Na osnovu ovih rezultata ne može se zaključiti šta doprinosi razlikama u sadržaju bakra, ali se može pretpostaviti da je u pitanju posledica aktivnosti svake pčelinje zajednice i sposobnosti jedinki pojedinih kasti unutar zajednice da različito metabolišu dostupna jedinjenja.

Bakar je četvrti po redu element zastupljen u medu iz različitih regiona Egipta, u opsegu od 0,055 mg/kg do 0,693 mg/kg, sa srednjom vrednošću od 0,02 mg/kg (Agbagwa i sar., 2011). U uzorcima meda iz Kenije koncentracije bakra u uzorcima iz različitih regija su u opsegu od 0,02 mg/kg do 0,05 mg/kg (Mbiri i sar., 2011). Golubkina i sar. (2016) objavljuju nalaz meda iz nezagađenog, odnosno zagađenog područja od 0,22 $\mu\text{g/kg}$ i 0,15 $\mu\text{g/kg}$. Hladun i sar. (2016) iznose vrednosti za količine bakra u livadskom medu iz Nigerije 25 mg/kg, u livadskom medu iz Turske 0,2 mg/kg, u medu iz poljoprivredne i industrijske regije u Egiptu 2,3 mg/kg, odnosno 11 mg/kg i iz industrijske regije u Poljskoj 0,01-23,5 mg/kg. Prosečan sadržaj bakra u medu iz Mađarske je 0,21-0,4 mg/kg (Ördög i

sar., 2017). Različite studije nalaza mineralnih materija u medu sa područja Rumunije beleže nalaz bakra od ispod limita detekcije do maksimalne vrednosti od 0,13 mg/kg (Simedru i sar., 2017). Nalaz Cu u monoflornom medu vrste *Rhododendron* je u opsegu 10,5-35,8 mg/kg, a u poliflornom medu iz istog područja Turske, od 1,21 mg/kg do 41,1 mg/kg (Silici i sar., 2016). U drugoj studiji sa teritorije Turske prosečan nalaz bakra u medu je 9,52 mg/kg (Yücel i Sultanoglu, 2013). Nalaz bakra u medu sa područja Hrvatske je od 0,14 µg/kg do 1,39 µg/kg (Bilandžić i sar., 2017). U bagremovom, livadskom i suncokretovom medu iz Vojvodine, nalaz bakra je bio ispod limita detekcije (Sakač i sar., 2019). Rezultati nalaza bakra (µg/kg) u lipovom, livadskom i bagremovom medu sa područja Srbije kreću se u opsegu od 114,6 do 217,4; od 65,35 do 407,0 odnosno od 43,76 do 257,3 (Spirić i sar., 2019a). U uzorcima bagremovog i lipovog meda takođe iz Srbije, vrednosti Cu su iznosile 0,22 mg/kg odnosno 0,25 mg/kg (Jovetić i sar., 2017). Srednje koncentracija Cu, u našoj studiji, u medu sa bagremove i livadske paše na Rudniku, bagremove paše, okolina Lazarevca i lipove paše na lokalitetu Fruška gora su $0,33 \pm 0,04$ µg/kg, $0,44 \pm 0,02$ µg/kg, $0,06 \pm 0,01$ µg/kg, odnosno $0,27 \pm 0,02$ µg/kg (Tabela 5.13), što je u saglasnosti sa rezultatima drugih autora (Bilandžić i sar., 2017; Silici i sar., 2016). Naši rezultati za Cu u medu su znatno manji od prethodno navedenih rezultata drugih autora (Simedru i sar., 2017; Silici i sar., 2016; Jovetić i sar., 2017; Spirić i sar., 2019a). Evidentno je da postoje razlike u količinama Cu u medu sa sva tri lokaliteta, ali se te razlike mogu, prvenstveno, pripisati trenutnoj adaptiranosti pčelinjih zajednica sa različitih lokacija, a verovatno i različitom sadržaju Cu na lokalitetima, u nektaru biljaka, odnosno u zemljištu iz areala biljaka koje su pčele posećivale tokom paše. Vrednosti nalaza bakra u našem medu su manje od vrednosti MDK 1 mg/kg propisanom u Pravilniku (5/92, 11/92, 32/2002, 25/2010, 28/2011).

Uporedne koncentracije Cu u uzorcima perge iz nezagađenih, odnosno zagađenih područja su 8,4 µg/kg i 2,0 µg/kg (Golubkina i sar., 2016). U našim istraživanjima, prosečne vrednosti za Cu (µg/kg) u pergi iznose: $5,29 \pm 0,25$, $5,99 \pm 0,27$, $4,59 \pm 0,11$ i $10,72 \pm 1,67$, u uzorcima na lokalitetu sa bagremovom i livadskom pašom, na Rudniku, sa bagremovom pašom, okolina Lazarevca odnosno lipovom pašom na Fruškoj gori (Tabela 5.14). Najveća prosečna koncentracija Cu je dokazana u pergi iz košnica na lipovoj paši na Fruškoj gori.

Prosečne vrednosti bakra u uzorcima voska koje smo dobili u okviru ove doktorske disertacije iznose: $0,13 \pm 0,02$ µg/kg, $0,20 \pm 0,05$ µg/kg, $0,35 \pm 0,02$ µg/kg i $1,01 \pm 0,03$ µg/kg, iz košnica sa bagremove i livadske paše na Rudniku, sa bagremove paše u okolini Lazarevca, odnosno sa lipove paše na Fruškoj gori (Tabela 5.15). Najveća prosečna koncentracija bakra je dokazana u vosku iz košnica na lipovoj paši na Fruškoj gori. S obzirom da je najveća vrednost za Cu u pergi takođe sa lokaliteta Fruške gore, može se pretpostaviti da putem metabolizma ekskretornih pljuvačnih žlezda tokom pravljenja perge, odnosno lučenja voštanih žlezda tokom sinteze voska, dolazi do eliminacije Cu iz tela pčela. U nama dostupnoj literaturi retki su rezultati za nalaz Cu u vosku. Sa sedam industrijskih lokaliteta na području Slovačke u šest uzoraka voska, utvrđeno je Cu (µg/kg) 290 do 12967 (Zafeiraki i sar. 2022), što je znatno više od naših nalaza. S obzirom da je region Fruške gore poznat vinogradarski kraj, moguće je da se upotrebom bakar sulfata tokom tretiranja vinove loze, povećava i sadržaj Cu u zemljištu. Samim tim su i biljke i pčele izložene ovom elementu, čiji se nalaz u zemljištu zone NP „Fruška gora“, kretao od 10,77 mg/kg do 42,47 mg/kg (Sekulić i sar., 2004). To bi mogao biti razlog zašto su veće vrednosti bakra u uzorcima pčela sa zatvorenog i otvorenog legla i perge sa lokaliteta Fruške gore.

Rezultati ove doktorske disertacije pokazuju da je najveći sadržaj bakra utvrđen u uzorcima perge na svim ispitivanim lokacijama (Tabela 5.2, 5.4, 5.6 i 5.8).

6.11 Prosečan sadržaj cinka u uzorcima pčela i njihovih proizvoda

Cink je jedan od mikroelemenata koji ima esencijalnu ulogu u rastu i razvoju svih oblika života. Nalazi se u mnogim enzimima, u kojima ima strukturnu ili katalitičku ulogu. Cink ima ključnu ulogu u formiranju genetičkog materijala, neophodan je za deobu ćelija, kao i za sintezu i degradaciju hranljivih materija; smatra se esencijalnim za rast tkiva i dr. U životnoj sredini Zn je prisutan usled prirodnog nalaza u mineralima, ili kao posledica antropogenog delovanja.

Vrednosti za Zn u uzorcima pčela iz nezagađenih područja i mesta uzorkovanja sa teritorije industrijske zone su 95,5 mg/kg i 94 mg/kg (Golubkina i sar., 2016). Analizom jedinki pčela uzorkovanih sa četiri lokaliteta u moldavskom urbanom području utvrđene su najveće prosečne koncentracije Zn (mg/kg) tokom tri perioda uzorkovanja, mart, jun i septembar, od 57,8 (mart), 85,7 (jun) 79,6 (septembar) (Skorbiłowicz i sar., 2018). U letnjem i zimskom periodu količine Zn u pčelama su iznosile 55,54 ng/mg i 34,53 ng/mg (Ptaszyńska i sar., 2018). Sa sedam lokaliteta u Slovačkoj uzorkovane su pčele iz košnica i utvrđene koncentracije Zn ($\mu\text{g/kg}$) od 16732 do 53819 (Zafeiraki i sar., 2022). Autori iz Finske nalaze u uzorcima pčela iz četiri kontrolna i osam zagađenih područja sadržaj Zn ($\mu\text{g/g}$) u opsegu 56 do 73, odnosno od 59 do 100 (Fakhimzadeh i Martin, 2000). Autori iz Egipta su dobili koncentracije Zn u pčelama sa četiri lokaliteta u opsegu od 25,48 $\mu\text{g/g}$ do 35,83 $\mu\text{g/g}$ (Khalifa i sar., 2020). Koncentracija Zn u uzorcima pčela sa 35 mesta uzorkovanja, na području Italije, kreće se od 87,91 mg/kg do 210,55 mg/kg, sa srednjom vrednošću 132,47 mg/kg (Goretti i sar., 2020). Grainger i sar. (2020) beleže koncentracije za Zn u pčelama na Novom Zelandu u opsegu od 48556 $\mu\text{g/kg}$ do 93122 $\mu\text{g/kg}$. Studija koja je sprovedena u Srbiji prikazuje rezultate za sadržaj cinka u pčelama u opsegu od 58,23 mg/kg do 111,09 mg/kg (Zarić i sar., 2016). U pčelama sa tri područja u Srbiji srednje koncentracije Zn su bile u opsegu od 80,81 mg/kg do 93,53 mg/kg (Ilijević i sar., 2021). Srednje koncentracije Zn u našim istraživanjima, u pčelama izletnicama iz četiri uzorkovanja tokom bagremove i livadske paše na Rudniku, bagremove paše, kod Lazarevca i lipove paše na Fruškoj gori, su iznosile $47,56 \pm 0,57$, $66,56 \pm 2,62$, $44,97 \pm 0,47$ odnosno $29,14 \pm 0,12$ mg/kg (Tabela 5.9). Istim redosledom uzorkovanja, za pčele sa zatvorenog legla srednje vrednosti za Zn (mg/kg) su bile $36,05 \pm 0,71$, $30,54 \pm 0,58$ $41,56 \pm 3,66$ odnosno $23,75 \pm 1,94$ (Tabela 5.10). Za pčele sa otvorenog legla opseg koncentracija cinka je bio od $23,88 \pm 0,5$ do $38,09 \pm 1,2$ mg/kg (Tabela 5.11). Srednje koncentracije Zn u trutovima sa navedenih paša su u opsegu koncentracija od $24,15 \pm 2,39$ mg/kg sa lipove paše na Fruškoj gori do $42,46 \pm 1,48$ mg/kg, što je najveća koncentracija Zn dokazana u trutovima na bagremovoj paši iz okoline Lazarevca (Tabela 5.12). Najveća prosečna koncentracija Zn je dokazana u pčelama izletnicama sa lokacije na planini Rudnik, i možda se može objasniti multifloralnim poreklom usvojenog nektara sa livadske paše. Naši rezultati za Zn su u skladu sa nezagađenim kontrolnim područjima pomenutih autora (Fakhimzadeh i Martin, 2000), a manji od takođe nezagađenih (Golubkina i sar., 2016) i zagađenih područja (Grainger i sar. 2020; Goretti i sar., 2020). Sa druge strane, u odnosu na studiju zagađenog područja iz Slovačke, Poljske i Egipta, naše vrednosti za Zn u pčelama su u opsegu prikazanih vrednosti (Zafeiraki i sar., 2022; Ptaszyńska i sar., 2018; Khalifa i sar., 2020). Cink u našim uzorcima pčela je manje zastupljen u odnosu na nalaz drugih autora iz Srbije (Ilijević i sar., 2021) ili u sličnom opsegu vrednosti (Zarić i sar., 2016). Ovi podaci mogu biti uzrokovani manjom količinom Zn prisutnog u životnoj sredini, tj. manjom industrijskom i agrarnom kontaminacijom, kao i manjim količinama ovog elementa u zemljištu i cvetu biljaka.

Cink je jedan od sedam najčešće detektovanih elemenata u medu, što je i potvrđeno u 207 uzoraka meda iz Grčke (Louppis, 2017). Razlike u sadržaju Zn u uzorcima meda sa različitih lokaliteta a i iz uvoza u studiji iz Saudijske Arabije su od 3,44 mg/kg do 5,72 mg/kg (AlqUarni i sar. 2014). Ovi autori navode da kontaminacija meda cinkom može biti posledica migracije elementa iz ambalaže. Većina uzoraka meda iz studije sprovedene u Egiptu sadrži velike količine Zn, sa srednjom vrednošću od 0,19 mg/kg (Agbagwa i sar., 2011). U uzorcima meda iz različitih oblasti Kenije, vrednosti za Zn se kreću od 0,09-0,43 mg/kg (Mbiri i sar., 2011). Koncentracije Zn se, u zavisnosti od cvetnog porekla, nalaze u opsegu vrednosti od 0,17 mg/kg do 1,17 mg/kg (Golob i sar., 2005). Velika koncentracija Zn od 11,846 mg/kg u medu je najverovatnije posledica kontaminacije od strane pčelara, opremom i alatom, ili iz životne sredine (Perna i sar., 2012). Studije nalaza mineralnih materija u medu sa područja Rumunije daju rezultate za Zn u opsegu od 0,08 mg/kg do 0,57 mg/kg (Simedru i sar., 2017). Različite vrednosti elemenata utvrđene su u medu iz različitih delova Meksika, a vrednosti za Zn su u opsegu od 1,5 mg/kg do 6,8 mg/kg (Mondragón-Cortez i sar., 2013). Prosečan sadržaj Zn je 1,1 mg/kg u medu (Nikolov i sar., 2019). Nalaz Zn u monoflornom medu vrste *Rhododendron* je od 0,47 mg/kg do 6,57 mg/kg, a u poliflornom medu iz istog područja Turske je od 0,65 mg/kg do 3,2 mg/kg (Silici i sar., 2016). Veće koncentracije Zn, koje iznose 30,67 mg/kg, utvrđene su u studiji poliflornog meda iz Turske (Yücel i Sultanoglu, 2013). Rezultati za Zn u medu

iz nezagađenog, odnosno zagađenog područja Rumunije su 0,7 mg/kg i 3,5 mg/kg (Golubkina i sar., 2016). Na sedam industrijskih lokaliteta u Slovačkoj u medu je utvrđen opseg Zn ($\mu\text{g/kg}$) od 282 do 1099 (Zafeiraki i sar., 2022). Vrednosti za Zn u medu su 43,88 mg/kg, dok su u polenu ove koncentracije veće (Moniruzzaman i sar., 2014). Prosečan sadržaj cinka u medu iz Mađarske je od 0,47 do 1,1 mg/kg (Ördög i sar., 2017). Nalaz cinka u medu sa područja Hrvatske je od 1,33 do 3,02 mg/kg (Bilandžić i sar., 2017). Novija studija nalaza Zn u medu iz Srbije pokazuje koncentracije Zn koje se kreću od 0,36 mg/kg, u medu uljane repice, do 7,68 mg/kg, u livadskom medu (Mračević i sar., 2020). Za uzorke lipovog, livadskog i bagremovog meda, opseg koncentracija za Zn (mg/kg) kreće se od 0,25 do 7,59; od 0,62 do 19,17 i od 0,44 do 6,85 (Spirić i sar., 2019a). Neki autori iz naše zemlje (Sakač i sar., 2019) su utvrdili srednje vrednosti Zn, 0,78 mg/kg, za bagremov i 1,84 mg/kg, za livadski med. U uzorcima bagremovog i lipovog meda sa područja Srbije, vrednosti Zn su iznosile 2,8 mg/kg odnosno 1,4 mg/kg (Jovetić i sar., 2017). Srednje koncentracije Zn (mg/kg) u našoj studiji, u medu sa bagremove i livadske paše na Rudniku, sa bagremove paše, iz okoline Lazarevca i sa lipove paše na lokalitetu Fruške gore su: $1,45 \pm 0,27$, $1,66 \pm 0,11$, $0,87 \pm 0,03$, odnosno $1,01 \pm 0,07$ (Tabela 5.13). Evidentno je da postoje razlike u količinama Zn u bagremovom medu sa lokaliteta Lazarevca u odnosu na ostale tri paše, i tako posmatrano ove razlike se mogu pripisati razlikama u sastavu tla ili cvetnom tipu. S obzirom da se rezultati obe, različite paše sa planine Rudnik međusobno ne razlikuju po količini Zn u medu, u slučaju naših nalaza, značajnost u nalazu Zn u medu imamo samo sa stanovišta različitih lokaliteta. Naši rezultati za Zn u medu iz četiri uzorkovanja su slični (Bilandžić i sar., 2017; Jovetić i sar., 2017; Sakač i sar., 2019), ili su manji (Mračević i sar., 2020; Moniruzzaman i sar., 2014; AlqUarni i sar. 2014; Perna i sar., 2012; Yücel i Sultanoglu, 2013) od rezultata drugih autora. Veće odstupanje naših rezultata za količine Zn u medu od literaturnih može biti povezano sa njegovim manjim prirodnim nalazom u zemljištu ili manjim antropogenim zagađenjem našeg područja. Postoje i studije u odnosu na koje je sadržaj Zn u našem medu veći nekoliko puta (Zafeiraki i sar., 2022) ili sličan maksimalnom nalazu (Golob i sar., 2005). Vrednosti nalaza Zn su u skladu sa MDK vrednošću 10 mg/kg propisanom u Pravilniku (5/92, 11/92, 32/2002, 25/2010, 28/2011).

Uporedne koncentracije Zn u uzorcima perge iz nezagađenih odnosno zagađenih područja su 48,2 mg/kg i 15,5 mg/kg (Golubkina i sar., 2016). U studiji iz Srbije prosečna vrednost Zn u pergi je 44,09 mg/kg (Anđelković i sar., 2012). U našim istraživanjima, prosečne vrednosti za Zn (mg/kg) u pergi iznose od $27,31 \pm 2,25$ na lokaciji Lazarevca do maksimalnih $46,94 \pm 8,37$ na druge dve lokacije (Tabela 5.14). Vrednosti za Zn u pergi koje smo dobili u našim istraživanjima su slične malobrojnim rezultatima koji su navedeni u literaturi (Anđelković i sar., 2012; Golubkina i sar., 2016), a odnose se na nezagađena područja.

U vosku sa osam lokaliteta u Poljskoj utvrđene su srednje koncentracije Zn u opsegu od 19,1 mg/kg do 81,2 mg/kg (Formicki i sar., 2013). Isti autori su ustanovili pozitivnu korelaciju između Cd i Zn u vosku i smatraju da korelacije koje se javljaju između koncentracije nekih metala u vosku mogu sugerisati da vosak igra važnu ulogu u taloženju metala. Takođe, smatraju da se, kod medonosnih pčela, višak nekih elemenata može transportovati do voštanih žlezda i deponovati u vosku, kao vid dekontaminacije organizma. Po njima, detoksikacija meda i perge kao hrane pčela, kombinovana sa odlaganjem toksičnih elemenata u vosku kojeg pčele ne koriste u ishrani, može biti korisna za funkcionisanje pčelinjih porodica, iako informacije o takvom mehanizmu ne postoje u naučnoj literaturi. Na sedam lokaliteta industrijskoj zona u Slovačkoj utvrđen je opseg Zn ($\mu\text{g/kg}$) u vosku od 5150 do 118606 (Zafeiraki i sar., 2022). Prosečne vrednosti koje smo mi dobili za nalaz Zn (mg/kg) u vosku iznose $5,21 \pm 1,36$; $7,66 \pm 0,42$; $7,16 \pm 0,47$ i $21,04 \pm 2,35$, iz košnica sa bagremovom i livadskom pašom na Rudniku, sa bagremovom pašom u okolini Lazarevca odnosno sa lipovom pašom na Fruškoj gori (Tabela 5.15). Najveća prosečna koncentracija Zn je dokazana u vosku iz košnica na lipovoj paši na Fruškoj gori. Naši dobijeni rezultati za Zn u vosku su veći od navedenih iz literature 3,8 mg/kg (Nikolov i sar., 2019), odnosno manji (Formicki i sar., 2013), osim za vosak sa lokaliteta Fruške gore (Zafeiraki i sar., 2022).

U odnosu na sve ispitivane pčelinje proizvode, cink je element sa najvećom distribucijom u uzorcima perge, na sve tri ispitivane lokacije (Tabela 5.2, 5.4, 5.6 i 5.8). Prisustvo cinka je najverovatnije

posledica njegovog prisustva u polenu biljaka, a ovakav nalaz ukazuje na opravdanost preparata na bazi perge u apiterapiji.

Prema nalazima Zn u uzorcima zemljišta NP „Fruške gore“, rezultati se kreću od 53,60 mg/kg do 68,90 mg/kg (Sekulić i sar., 2004), što je pet do šest puta manje u odnosu na MDK za ovaj element u zemljištu (Sl. Glasnik RS br. 23/94). To može biti objašnjenje da je Zn u našim uzorcima odraz nezagađenog područja.

6.12 Prosečan sadržaj arsena u uzorcima pčela i njihovih proizvoda

Arsen, kao mineral, predstavlja prirodnu komponentu zemljine kore, i stoga je široko rasprostranjen u životnoj sredini, u vazduhu, vodi i zemljištu. Arsen je toksični element iz grupe nemetala i ima veliku upotrebu u rudarstvu, drvnoj, kožnoj i agro-industriji, u staklarstvu i dr. Prisustvo arsena u životnoj sredini, čak i u malim količinama, zbog toksičnosti, negativno utiče na biljni i životinjski svet.

U uzorcima pčela iz nezagađenih područja i mesta sa teritorije industrijske zone prosečne količine As su 0,11 i 0,32 µg/kg (Golubkina i sar., 2016). Grainger i sar. (2020) su u svojoj studiji objavili vrednosti za As u uzorcima pčela u opsegu od 30,2 do 126 µg/kg. Na sedam industrijskih lokaliteta utvrđeno je od 12 µg/kg do 54 µg/kg As u pčelama unutar košnica (Zafeiraki i sar., 2022). Srednje koncentracije As u okviru ove doktorske disertacije, u uzorcima pčela izletnica sa četiri paše, bagremova i livadska paša, na Rudniku, bagremova paša, kod Lazarevca i lipova paša na Fruškoj gori, su iznosile $47,97 \pm 5,57$ µg/kg, $71,78 \pm 0,31$ µg/kg, $76,28 \pm 1,62$ µg/kg, odnosno $28,40 \pm 0,28$ µg/kg (Tabela 5.9). Istim redosledom, za pčele sa zatvorenog legla srednje vrednosti za As su bile $28,67 \pm 3,75$ µg/kg, $25,48 \pm 1,74$ µg/kg, $60,55 \pm 5,81$ µg/kg, odnosno $10,62 \pm 0,86$ µg/kg (Tabela 5.10). Za pčele sa otvorenog legla opseg koncentracija arsena je bio od $6,18 \pm 0,08$ µg/kg sa Fruške gore do $57,47 \pm 3,13$ µg/kg iz okoline Lazarevca (Tabela 5.11). Srednje koncentracije za As u našim uzorcima trutova su u opsegu koncentracija od $5,65 \pm 0,24$ µg/kg sa livadske paše na Rudniku, do $73,63 \pm 0,51$ µg/kg, u okolini Lazarevca. Najveća prosečna koncentracija As je dokazana u uzorcima pčela izletnica sa bagremove paše iz okoline Lazarevca i sa livadske paše, sa podnožja Rudnika, što može da ukaže na veći sadržaj arsena na ova dva lokaliteta. Naši rezultati za As u pčelama su veći od prethodno navedenih rezultata koje su prezentovali drugi autori (Golubkina i sar., 2016; Zafeiraki i sar., 2022), a ima i sličnih nalaza našim (Grainger i sar., 2020), što može da ukaže na veće količine As prisutnog u zemljištu i u životnoj sredini, kao i na veću industrijsku i agrarnu kontaminaciju područja sa kojih su naši uzorci pčela. Generalno, ako se posmatraju sve vrste pčela i sve lokacije, najveća kontaminacija arsenom je ustanovljena u pčelama na bagremovoj paši, okolina Lazarevca (Tabela 5.12). Objašnjenje za to može biti u činjenici da u Lazarevcu, u odnosu na ostale lokalitete, postoje, kako industrijske, tako i poljoprivredne aktivnosti koje utiču na zagađenje životne sredine arsenom, što se može videti po sadržaju ovog elementa u uzorcima pčela, kao dobrih bioindikatora. Koncentracije mikroelemenata u PM₁₀ česticama su ukazali da As i Co u Lazarevcu i Cd u Velikim Crljenima su iznad maksimalno dozvoljenih vrednosti (Cvetković, 2013). Odatle najverovatnije potiče i dodatna izloženost živog sveta ovim elementima.

Arsen u medu u Nigeriji, kao mikroelement i kontaminant, ima male vrednosti, sa srednjom koncentracijom od 0,01 mg/kg (Agbagwa i sar., 2011). U uzorcima meda iz Kenije, As ima vrednosti ispod limita detekcije do 0,03 mg/kg (Mbiri i sar., 2011). U uzorcima meda iz Malezije nije detektovan arsen (Chua i sar., 2012). U studijama na teritoriji Rumunije As nije detektovan u medu (Simedru i sar., 2017). U 59 uzoraka multiflornog meda sa teritorije Hrvatske dokazane su količine As u opsegu koncentracija od 24,1 µg/kg do 276,1 µg/kg, a za multifloralni med iz Italije autori (Bilandžić i sar., 2014) dobijaju vrednosti od 6,59 µg/kg. U medu, Grainger i sar. (2020) saopštavaju vrednosti za As u opsegu od <LD do 8,99 µg/kg. U monoflornom i multiflornom medu iz Italije utvrđene su količine As u opsegu od 0,009 do 0,017 mg/kg (Squadrone i sar., 2020). Prema Mračević i sar. (2020), arsen nije detektovan u medu sa ispitivanih područja u Srbiji. U studiji lipovog, livadskog i bagremovog meda rezultati za As (µg/kg), kretali su se u opsegu od 1,00 do 3,40; od 1,00 do 5,40 i od 1,00 do 6,80 (Spirić i sar., 2019a). Najmanja koncentracija As u medu je utvrđena u

uzorcima bagremove paše iz okoline Lazarevca $1,13 \pm 0,12$ $\mu\text{g/kg}$, dok se na drugim lokacijama kretala do $1,60 \pm 0,33$ $\mu\text{g/kg}$ (Tabela 5.13). Naši rezultati za As u medu su manjih vrednosti od prethodno navedenih rezultata drugih autora (Agbagwa i sar., 2011; Mbiri i sar., 2011; Grainger i sar., 2020; Squadrone i sar., 2020), ili su u donjem opsegu nalaza (Spirić i sar., 2019a). Smatramo da se razlike u sadržaju As mogu pripisati razlikama u cvetnoj vrsti kao i tipu zemljišta, što bi zahtevalo dodatne studije. Primetno je da je As u medu na lokalitetu iz Lazarevca prisutan u najmanjim koncentracijama, dok je u uzorcima svih vrsta pčela najzastupljeniji upravo na tom lokalitetu. Moguće objašnjenje leži u metaboličkim putevima insekata kojima sprečavaju da se As taloži u medu koji je rezerva hrane za zajednicu. Naši rezultati za As su u skladu sa propisanom vrednošću 0,5 mg/kg propisanom u Pravilniku (5/92, 11/92, 32/2002, 25/2010, 28/2011).

Koncentracije As u uzorcima perge iz nezagađenih, odnosno zagađenih područja su od 0,04 mg/kg do 0,03 mg/kg (Golubkina i sar., 2016). U našim istraživanjima, prosečne vrednosti za As u uzorcima perge iznose: $33,27 \pm 9,63$ $\mu\text{g/kg}$, $32,20 \pm 2,56$ $\mu\text{g/kg}$, $43,37 \pm 4,39$ $\mu\text{g/kg}$ i $20,50 \pm 3,96$ $\mu\text{g/kg}$, u uzorcima na lokalitetu bagremove i livadske paše, na Rudniku, bagremove paše iz okoline Lazarevca i lipove paše na Fruškoj gori (Tabela 5.14). Vrednosti za As u pergi koje smo dobili u našim istraživanjima su slične malobrojnim rezultatima koji su navedeni u literaturi (Golubkina i sar., 2016), a najveće vrednosti na lokalitetu Lazarevca moguće je objasniti prisustvom ovog elementa iznad MDK u čestičnim materijama PM_{10} , i njihovim taloženjem na prašnicima cveta (Cvetković, 2013).

Prosečne vrednosti koje smo mi dobili za nalaz As u uzorcima voska iznose $6,47 \pm 0,16$ $\mu\text{g/kg}$, $3,33 \pm 0,26$ $\mu\text{g/kg}$, $25,60 \pm 1,63$ $\mu\text{g/kg}$ i $21,55 \pm 0,3$ $\mu\text{g/kg}$, iz košnica sa bagremove i livadske paše na Rudniku, bagremove paše u okolini Lazarevca i sa lipove paše na Fruškoj gori (Tabela 5.15). Najveća prosečna koncentracija As je dokazana u vosku iz košnica na bagremovoj paši na lokalitetu Lazarevac (Tabela 5.15). Dobijeni rezultati za As u vosku su u skladu sa nalazima Kosanović i sar. (2019), koji nalaze As u koncentracijama od 20 do 30,7 $\mu\text{g/kg}$, u različitim fazama prerade voska. Gajger i sar. (2016) nalaze koncentracije As u vosku u opsegu 0,15 mg/kg do 70, 2 mg/kg, što je više od naših vrednosti za As u vosku. Naše vrednosti su u opsegu nalaza As u vosku sa područja Slovačke od 17 $\mu\text{g/kg}$ do 61 $\mu\text{g/kg}$ (Zafeiraki i sar., 2022), osim manjih vrednosti na obe paše na Rudniku. Možemo pretpostaviti da su veće koncentracije As u vosku u odnosu na med, posledica većeg afiniteta za vezivanje u nepolarnim jedinjenjima (Renu i sar., 2021).

Rezultati ove doktorske disertacije pokazuju da je As najzastupljeniji u uzorcima perge sa lokacija Lazarevac i Rudnik (Tabela 5.2, 5.4, 5.6 i 5.8). Područje naše zemlje, naročito Vojvodine je izuzetno opterećeno arsenom, što je moguće objašnjenje za nalaz ovog ispitivanog elementa u uzorcima perge sa Fruške gore.

6.13 Prosečan sadržaj kadmijuma u uzorcima pčela i njihovih proizvoda

Kadmijum je neesencijalni mikroelement, koji ima toksično delovanje, jer npr. može zameniti Ca u kostima.

Prosečne koncentracije, veoma toksičnog elementa, kadmijuma u pčelama iz urbane regije u Poljskoj, u odnosu na poljoprivrednu, iznose 0,60 odnosno 0,70 mg/kg (Roman, 2010). U egipatskoj studiji vrednosti za kadmijum (mg/kg) u uzorcima pčela radilica, u prolećnom i letnjem periodu, kreću se u opsegu koncentracija od 0,25 do 1,60 i od 0,07 do 0,15 (Al Naggar i sar., 2013). Količine kadmijuma za uzorke pčela iz nezagađenih područja i mesta uzorkovanja sa teritorije industrijske zone su 0,09 i 0,26 mg/kg (Golubkina i sar., 2016). U svom radu, Hladun i sar. (2016) daju prikaz količina kadmijuma u pčelama iz urbanih regiona Italije, u blizini autoputeva, 2,87-4,23 mg/kg, industrijskih mesta u Finskoj 0,05-1,2 mg/kg, industrijskih lokaliteta u Češkoj 0,74-1,75 mg/kg, zagađenih područja u Italiji 0,05-0,06 mg/kg i industrijskih regija u Poljskoj 0,39-0,81 mg/kg. Grupa autora iz Poljske (Ptaszyńska i sar., 2018) iznosi podatke za koncentraciju kadmijuma u medonosnim pčelama, u letnjem i zimskom periodu, od 0,0236 ng/mg odnosno 0,0891 ng/mg. Autori iz Finske nalaze u uzorcima pčela iz četiri kontrolna i osam zagađenih područja sadržaj Cd ($\mu\text{g/g}$) u opsegu od 0,03 do 0,18, odnosno od 0,5 do 1,2 (Fakhimzadeh i Martin, 2000). Grainger i sar. (2020) u svojoj studiji, u uzorcima pčela na Novom Zelandu su zabeležili vrednosti za kadmijum u opsegu od 12,8 $\mu\text{g/kg}$ do 158,4 $\mu\text{g/kg}$. Koncentracija kadmijuma u uzorcima pčela sa područja Italije kreće se od 0,03 mg/kg

do 2,93 mg/kg, sa srednjom vrednošću 0,3 mg/kg (Goretti i sar., 2020). U Poljskoj, srednje vrednosti za kadmijum u uzorcima pčela iz urbane regije u odnosu na poljoprivrednu su 0,07 mg/kg, odnosno 0,04 mg/kg (Roman, 2010). Na sedam industrijskih lokaliteta u Slovačkoj vrednosti za Cd u pčelama iz košnice se kreću od 26 do 161 µg/kg (Zafeiraki i sar., 2022). U uzorcima pčela sa tri područja u Srbiji (ruralna, urbana i industrijska oblast) srednje koncentracije kadmijuma su bile 0,59 mg/kg, 0,17 mg/kg, odnosno 1,57 mg/kg suve materije (Ilijević i sar., 2021). Srednje koncentracije kadmijuma u okviru ove doktorske disertacije, u uzorcima pčela izletnica sa četiri paše: bagremova i livadska paša, na Rudniku, bagremova paša, kod Lazarevca i lipova paša na Fruškoj gori, su iznosile 106,20±1,93 µg/kg, 115,40±4,73 µg/kg, 88,90±2,51 µg/kg, odnosno 173,60±8,12 µg/kg (Tabela 5.9). Istim redosledom za četiri uzorkovanja, u uzorcima pčela sa zatvorenog legla srednje vrednosti za kadmijum su bile: 58,90±0,33 µg/kg, 21,15±2,16 µg/kg, 90,05±0,26 µg/kg, odnosno 67,70±1,16 µg/kg (Tabela 5.10). Opseg koncentracija kadmijuma u uzorcima pčela sa otvorenog legla je bio od 16,53±0,14 µg/kg do 121,10±8,15 µg/kg. Srednje vrednosti koncentracije za kadmijum u uzorcima trutova sa ispitivanih paša su u opsegu koncentracija od 2,50±0,55 µg/kg na livadskoj paši iz podnožja Rudnika do 106,30±1,48 µg/kg sa bagremove paše iz okoline Lazarevca. Najveća prosečna koncentracija kadmijuma je dokazana u uzorcima pčela izletnica tokom lipove paše sa lokacije na Fruškoj gori, i iznosila je 173,60±8,12 µg/kg, što je i približno najmanjoj prosečnoj vrednosti zabeleženoj u studiji drugih autora sa teritorije Srbije (Ilijević i sar., 2021) i prosečnoj vrednosti za nezagađeno područje Finske (Fakhimzadeh i Martin, 2000), Novog Zelanda (Grainger i sar., 2020), kao i industrijskih područja Slovačke (Zafeiraki i sar., 2022). Naši rezultati za kadmijum su veći od nalaza drugih autora (Roman, 2010; Ptaszyńska i sar., 2018), a manji od nalaza iz zagađenih i nezagađenih područja Rumunije (Golubkina, 2016). Kadmijum je pokazatelj zagađenosti životne sredine i njegov nalaz u tkivima i organizmima je odraz kontaminacije životne sredine usled bioakumulacije. Objašnjenje za najveći nalaz Cd u izletnicama može biti pretpostavka da je na Fruškoj gori, u odnosu na ostale lokalitete, prirodni nalaz kadmijuma u neposrednom arealu paše najveći. Izletnice su u neposrednom kontaktu sa okolinom, tako da je i njihova izloženost kontaminantima veća u odnosu na pčele zatvorenog i otvorenog legla i trutove.

Kadmijum u medu je kontaminant i ima, uobičajeno, niske vrednosti, sa srednjom koncentracijom 0,02 mg/kg (Agbagwa i sar., 2011). Autori iz Poljske dobili su vrednosti za kadmijum u medu iz osam regiona u opsegu koncentracija od 1,0 µg/g do 6,5 µg/g (Formicki i sar., 2013). Na sedam industrijskih lokaliteta u Slovačkoj Cd u medu nije detektovan (Zafeiraki i sar., 2022). Kadmijum nije detektovan u studiji koja je obuhvatila 207 uzoraka meda sa područja Grčke (Louppis i sar., 2017). Takođe, nije detektovan ni u medu iz Bugarske (Atanasova i sar., 2012) i Srbije (Mračević i sar., 2020). U uzorcima meda iz Kenije (Mbiri i sar., 2011) utvrđene su vrednosti za kadmijum do 0,03 mg/kg. Neki autori su ustanovili trend opadanja koncentracije kadmijuma u medu, tokom više sezona uzorkovanja, do 0,093 mg/kg (Berinde i Michnea, 2013). Studije nalaza mineralnih materija u medu sa područja Rumunije prikazuju rezultate za kadmijum, gde ovaj kontaminant nije detektovan u ispitivanim uzorcima (Simeđu i sar., 2017). Koncentracije kadmijuma u uzorcima meda iz nezagađenih područja i sa mesta uzorkovanja na teritoriji industrijske zone gde se proizvode mineralna đubriva, su do 0,0010 mg/kg, odnosno 0,0020 mg/kg (Golubkina i sar., 2016). Nalaz kadmijuma u monoflornom medu vrste *Rhododendron* je od 0,28 do 2,37, mg/kg, a u poliflornom medu iz turskog područja Sredozemlja koncentracije kadmijuma su od 0,29 mg/kg do 2,03 mg/kg (Silici i sar., 2016). Koncentracije kadmijuma u uzorcima meda iz Brazila kretale su se do 8 µg/kg (de Andrade i sar., 2014). Nalaz kadmijuma u medu sa područja Hrvatske bio je od 0,45 µg/kg do 6,83 µg/kg (Bilandžić i sar., 2017). U uzorcima bagremovog i lipovog meda sa područja Srbije, srednje vrednosti Cd su iznosile 3 µg/kg odnosno 1 µg/kg (Jovetić i sar., 2017). Koncentracija kadmijuma u okviru ove doktorske disertacije, u uzorcima meda sa bagremove i livadske paše na Rudniku, bagremove paše, okolina Lazarevca i lipove paše na lokalitetu Fruška gora su 3,36±0,97 µg/kg, 4,18±0,22 µg/kg, 1,15±0,1 µg/kg, odnosno 2,27±0,3 (Tabela 5.13). Najmanja koncentracija kadmijuma je dokazana u bagremovom medu sa lokaliteta okoline Lazarevca u odnosu na ostala dva lokaliteta, a najveća u livadskom medu sa podnožja Rudnika. Smatramo da se razlike za kadmijum u medu sa naših lokaliteta mogu pripisati razlikama u cvetnoj vrsti, odnosno prirodnom nalazu kadmijuma u zemljištu, kao i stepenu

zagađenosti životne sredine. Naši rezultati za kadmijum u medu sa tri lokaliteta slični su sa rezultatima za nezagađena područja, koji su prikazani u prethodno navedenoj literaturi (de Andrade i sar., 2014, Bilandžić i sar., 2014, Jovetić i sar., 2017), dok su manje vrednosti u medu iz studije koja obuhvata industrijska područja, Golubkina i sar. (2016). U našim uzorcima meda, Cd je sa vrednostima manjim od MDK propisanom u Pravilniku (5/92, 11/92, 32/2002, 25/2010, 28/2011).

Uporedne koncentracije kadmijuma u uzorcima perge iz nezagađenih, odnosno zagađenih područja, bile su 0,06 mg/kg, odnosno 0,11 mg/kg (Golubkina i sar., 2016). U našim istraživanjima, prosečne vrednosti za kadmijum u uzorcima perge iznose $32,18 \pm 0,73$ µg/kg, $31,37 \pm 3,05$ µg/kg, $43,50 \pm 4,15$ µg/kg i $136,50 \pm 8,48$, u uzorcima sa bagremove i livadske paše, na Rudniku, sa bagremove paše iz okoline Lazarevca, odnosno sa lipove paše na Fruškoj gori (Tabela 5.14). Najveća prosečna koncentracija kadmijuma je dokazana u uzorcima perge iz košnica sa lokaliteta Fruške gore (lipova paša) (Tabela 5.14). Vrednosti za kadmijum u uzorcima perge koje smo dobili u našim istraživanjima su slične malobrojnima rezultatima koji su navedeni u literaturi, a odnose se na nezagađena područja, osim za pergu sa Fruške gore (Golubkina i sar., 2016). S obzirom da studije Cd u okolini Lazarevca ukazuju na povećane koncentracije ovog elementa u PM₁₀ (Cvetković, 2013), pozitivno je saznanje da nalazi Cd u pčelama i proizvodima, sa lokacije Lazarevca nisu povećani, tj. da verovatno postoje uspešni mehanizmi filtracije i detoksikacije u biljkama i samim pčelama.

Autori iz Poljske su publikovane koncentracije za kadmijum u uzorcima voska iz osam regiona u opsegu koncentracija od 4,7 µg/g do 98,7 µg/g (Formicki i sar., 2013). Na sedam industrijskih lokaliteta u Slovačkoj vrednosti za Cd u vosku su izmerene samo u dva uzorka i to 29 µg/kg i 60 µg/kg (Zafeiraki i sar., 2022). Autori iz Hrvatske daju vrednosti za Cd (µg/g) u vosku od $1,00 \pm 0$ do $11 \pm 9,63$ u različitim slojevima tokom prerade voska (Kosanović i sar., 2019). Prosečne vrednosti koje smo mi dobili za nalaz kadmijuma u uzorcima voska iznose $1,57 \pm 0,21$ µg/kg, $2,25 \pm 0,45$ µg/kg, $3,42 \pm 0,79$ µg/kg i $7,55 \pm 0,14$ µg/kg, iz košnica sa bagremove i livadske paše na Rudniku, sa bagremove paše u okolini Lazarevca i sa lipove paše na Fruškoj gori (Tabela 5.15). Najveća prosečna koncentracija kadmijuma je dokazana u uzorcima voska iz košnica na lipovoj paši, na lokalitetu Fruške gore. Vrednosti za kadmijum u uzorcima voska koje smo mi utvrdili u našim uzorcima su manje od navedenih u literaturi, osim za vosak sa Fruške gore, što može da ukaže na lokalnu kontaminaciju životne sredine kadmijumom, kao što je slučaj sa uzorcima perge i pčela izletnica sa ovog lokaliteta.

Rezultati ove doktorske disertacije pokazuju da je kadmijum najzastupljeniji u uzorcima perge u odnosu na ostale ispitivane pčelinje proizvode, na svim lokacijama (Tabela 5.2, 5.4, 5.6 i 5.8), što je verovatno posledica sadržaja ovog elementa u polenu.

6.14 Prosečan sadržaj olova u uzorcima pčela i njihovih proizvoda

Olovo, kao jedan od najtoksičnijih i, stoga, najznačajnijih kontaminanata u životnoj sredini, predmet je istraživanja brojnih autora.

Prosečne koncentracije olova u uzorcima pčela iz urbane regije u Poljskoj, u odnosu na poljoprivrednu, iznose 1,98 i 1,91 mg/kg (Roman, 2010). U egipatskoj studiji, objavljene su vrednosti za olovo u uzorcima pčela radilica, u prolećnom i letnjem periodu, u opsegu koncentracija od 2,32 mg/kg do 11,15 mg/kg, odnosno od 2,95 mg/kg do 11,23 mg/kg (Al Naggar i sar., 2013). Koncentracija olova u uzorcima pčela iz nezagađenih područja i mesta uzorkovanja sa teritorije industrijske zone, gde se proizvode mineralna đubriva, je 0,51 mg/kg, odnosno 2,16 mg/kg, pojedinačno (Golubkina i sar., 2016). U svom radu, Hladun i sar. (2016) daju prikaz koncentracije olova u uzorcima pčela iz urbanih i industrijskih regija Belgije u opsegu od 0,33 mg/kg do 0,41 mg/kg i industrijskih mesta u Poljskoj u opsegu vrednosti od 1,46 mg/kg do 2,32 mg/kg. Autori iz Finske nalaze u uzorcima pčela iz četiri kontrolna i osam zagađenih područja sadržaj Pb (µg/g) u opsegu 0,58 do 0,62, odnosno od 0,27 do 1,4 (Fakhimzadeh i Martin, 2000). Grupa autora iz Poljske (Ptaszyńska i sar., 2018) iznose podatke za sadržaj olova u medonosnim pčelama, u letnjem i zimskom periodu, od 0,4182 ng/mg, odnosno 0,4309 ng/mg. Grainger i sar. (2020) su izmerili vrednosti za olovo u uzorcima pčela na Novom Zelandu u opsegu od 7,74 µg/kg do 66,8 µg/kg. Autori

iz Egipta beleže koncentracije olova u uzorcima pčela sa četiri lokaliteta u opsegu od 0,65 µg/kg do 1,75 µg/g (Khalifa i sar., 2020). Na sedam industrijskih lokaliteta u Slovačkoj vrednosti za Pb u pčelama iz košnice se kreću od 37 do 458 µg/kg (Zafeiraki i sar., 2022). Koncentracija olova u pčelama kao biondikatorima sa područja Italije kreće se od 0,13 mg/kg do 1,53 mg/kg, sa srednjom vrednošću od 0,34 mg/kg (Goretti i sar., 2020). U pčelama sa tri područja u Srbiji (ruralna, urbana i industrijska oblast) srednje koncentracije olova su bile 0,42 mg/kg, 0,43 mg/kg, odnosno 20,38 mg/kg (Ilijević i sar., 2021). Srednje koncentracije olova u našim istraživanjima, u pčelama izletnicama sa četiri paše, bagremove i livadske paše, na Rudniku, bagremove paše nedaleko od Lazarevca i lipove paše na Fruškoj gori, iznosile su 137,70±0,52 µg/kg, 138,70±5,85 µg/kg, 65,88±1,05 µg/kg, odnosno 44,42±3,01 µg/kg (Tabela 5.9). Istim redosledom, za pčele sa zatvorenog legla srednje vrednosti za olovo su 58,98±0,35 µg/kg, 55,85±0,24 µg/kg, 98,12±0,66 µg/kg, odnosno 31,57±1,47 µg/kg (Tabela 5.10). Za pčele sa otvorenog legla opseg koncentracija olova je bio od 26,57±1,28 µg/kg do 55,82±1,06 µg/kg (Tabela 5.11) Srednje koncentracije za olovo u trutovima sa istih paša su u opsegu koncentracija od 9,12 µg/kg do 68,07 µg/kg, a najveća koncentracija je dokazana u trutovima na bagremovoj paši u okolini Lazarevca (Tabela 5.12). Vrednosti za Pb u našim uzorcima su veće od Khalifa i sar. (2020). Najveća prosečna koncentracija olova je dokazana u pčelama izletnicama (livadska paša) sa lokacije u podnožju planine Rudnika i ova vrednost je manja od rezultata koje su prezentovali drugi autori (Fakhimzadeh i Martin, 2000; Golubkina i sar., 2016; Ptaszyńska i sar., 2018; Goretti i sar., 2020; Ilijević i sar., 2021), što može da ukaže na manje količine olova prisutnog u životnoj sredini, odnosno na manju industrijsku, saobraćajnu i agrarnu kontaminaciju. U odnosu na nalaze drugih autora, koji su analizirali pčele iz košnica, koje odgovaraju našim uzorcima pčela zatvorenog i otvorenog legla, naš nalaz Pb je u donjem delu opsega koncentracija (Zafeiraki i sar., 2022). Razlog za veći sadržaj Pb u uzorcima iz podnožja planine Rudnik može biti činjenica da preko Rudnika prelazi jedna od najprometnijih drumskih saobraćajnica u Srbiji, koja je bila u dugogodišnjoj eksploataciji. Takođe, studija mineralnog sastava zemljišta sa lokaliteta planine Rudnik, sa udaljenosti 20 km i više od jalovišta, pokazuje odstupanja i povećan sadržaj Pb u opsegu 87 mg/kg do 448 mg/kg (Zdravković, 2020). Vrednosti veće od 100 mg/kg Pb u zemljištu ukazuju na kontaminaciju, veću od MDK (Sl Glasnik RS, 23/94).

Srednje vrednosti za olovo u uzorcima meda u Nigeriji su 0,16 mg/kg (Agbagwa i sar., 2011). U uzorcima meda iz Kenije (Mbiri i sar., 2011) koncentracija olova iz različitih regija bila je do 0,28 mg/kg. U brojnim uzorcima meda iz Bugarske nije bilo nalaza olova (Atanasova i sar., 2012). Prosečan sadržaj olova u medu iz Mađarske je 0,05 mg/kg (Ördög i sar., 2017). U području visoko zagađenom cinkom, kadmijumom, olovom i bakrom, usled industrijske aktivnosti u Rumuniji, praćena je kontaminacija meda ovim elementima tokom perioda 2005-2012. godine, počev od perioda gašenja postrojenja za eksploataciju olova i bakra. Utvrđen je trend opadanja koncentracije olova, od 20,34 mg/kg, 2005. godine, do 0,12 mg/kg, 2012. godine (Berinde i Michnea, 2013). Druge studije nalaza mineralnih materija u medu sa područja Rumunije daju vrednosti za olovo do 0,19 mg/kg (Simedru i sar., 2017). Rezultati za olovo u uzorcima meda iz nezagađenog, odnosno zagađenog područja su 0,01 mg/kg i 0,2 mg/kg (Golubkina i sar., 2016). Nalaz olova u monoflornom medu vrste *Rhododendron* u Turskoj je bio u opsegu od 1,51 mg/kg do 55,3 mg/kg, a u poliflornom medu sa istog područja bio je u opsegu od 1,54 mg/kg do 36,7 mg/kg (Silici i sar., 2016). Koncentracija olova u uzorcima meda iz Brazila kretale su se u opsegu od 141 µg/kg do 228 µg/kg (de Andrade i sar., 2014). U uzorcima sedam vrsta meda monoflornog i poliflornog porekla u Hrvatskoj utvrđen je opseg olova od 5,03 µg/kg do 66,3 µg/kg (Bilandžić i sar., 2017). Grainger i sar. (2020) beleže vrednosti za olovo u medu na Novom Zelandu do 19,8 µg/kg. U monoflornom i multiflornom medu iz Italije, opseg koncentracija za olovo iznosi od 0,012 mg/kg do 0,071 mg/kg (Squadrone i sar., 2020). Na sedam industrijskih lokaliteta u Slovačkoj vrednosti za Pb u medu se kreću od 4,9 do 7 µg/kg (Zafeiraki i sar., 2022). Koncentracija olova u medu iz četiri glavne geografske regije Hrvatske tokom tri pčelarske sezone, iznosile su od 5,1 µg/kg do 20 µg/kg, za cvetni med, do 14 µg/kg za bagremov med (Bilandžić i sar., 2019). Autori iz Srbije su ispitali sedam vrsta meda sa različitih lokaliteta (tri ravničarska i dva planinska), i samo su u jednom iz planinske regije dokazali olovo u količini od 0,42 mg/kg (Mračević i sar., 2020). Srednja koncentracija olova, u okviru ove

doktorske disertacije, u medu sa bagremove i livadske paše na Rudniku, bagremove paše, okolina Lazarevca i lipove paše na lokalitetu Fruška gora su $18,85 \pm 1,83 \mu\text{g/kg}$, $19,00 \pm 0,14 \mu\text{g/kg}$, $5,73 \pm 0,48 \mu\text{g/kg}$, odnosno $13,23 \pm 1,92 \mu\text{g/kg}$ (Tabela 5.13). Najveće koncentracije Pb su u uzorcima obe vrste meda iz podnožja planine Rudnik, kao i u pčelama izletnicama moguće je objasniti, kako je prethodno navedeno, zagađenjem usled intenzivnog saobraćaja u vreme pre pojave bezolovnog benzina u našem regionu. Smatramo da se razlike za olovo u medu sa naših lokaliteta mogu pripisati razlikama u industrijskom, a prvenstveno razlikama u opterećenju velikih saobraćajnica i fluktuacijom teških vozila. Naši rezultati za olovo u medu sa tri lokaliteta nalaze se u donjem delu opsega nalaza olova u odnosu na radove koji su publikovani u, nama dostupnoj, prethodno pomenutoj literaturi (Golubkina i sar., 2016; Bilandžić i sar., 2019; Mračević i sar., 2020). Izuzimajući rezultate za med iz okoline Lazarevca, vrednosti Pb iz naše studije su veće od nalaza drugih autora (Zafeiraki i sar., 2022), a manje od rezultata među kojima su i zagađena područja (Berinde i Michnea, 2013; Golubkina i sar., 2016; Simedru i sar., 2017; Silici i sar., 2016; de Andrade i sar., 2014). Naši uzorci meda su u skladu sa MDK vrednošću za olovo $0,5 \text{ mg/kg}$, propisanom u Pravilniku (5/92, 11/92, 32/2002, 25/2010, 28/2011).

Uparedne koncentracije olova u uzorcima perge iz nezagađenih, odnosno zagađenih područja su $0,21 \text{ mg/kg}$ i $0,34 \text{ mg/kg}$ (Golubkina i sar., 2016). U našim istraživanjima, prosečne vrednosti za olovo u uzorcima perge iznose $100,90 \pm 6,06 \mu\text{g/kg}$, $199,90 \pm 1,93 \mu\text{g/kg}$, $183,20 \pm 8,95 \mu\text{g/kg}$ i $55,85 \pm 6,42 \mu\text{g/kg}$, u uzorcima sa bagremove i livadske paše, na Rudniku, sa bagremove paše iz okoline Lazarevca odnosno lipove paše na Fruškoj gori (Tabela 5.14). Vrednosti za olovo u uzorcima perge, koje smo dobili u našim istraživanjima, su slične malobrojnim rezultatima koji su navedeni u literaturi, a koji se odnose na nezagađena područja (Golubkina i sar., 2016). Najveća prosečna koncentracija olova dokazana u uzorcima perge iz košnica sa lokaliteta u podnožju planine Rudnik (livadska paša) može biti odraz mineralnog sastava zemljišta i saobraćajne kontaminacije olovom iz izduvnih gasova starih vozila.

Autori iz Poljske su u svojoj studiji u uzorcima voska iz osam regiona objavili vrednosti za olovo, u opsegu koncentracija od $0,15 \mu\text{g/g}$ do $3,15 \mu\text{g/g}$ (Formicki i sar., 2013). Na sedam industrijskih lokaliteta u Slovačkoj vrednosti za Pb u vosku se kreću od 59 do $3193 \mu\text{g/kg}$ (Zafeiraki i sar., 2022). Prosečne vrednosti koje smo mi dobili za olovo u uzorcima voska iznose $29,25 \pm 3,82 \mu\text{g/kg}$, $69,95 \pm 10,65 \mu\text{g/kg}$, $111,80 \pm 6,73 \mu\text{g/kg}$ i $401,10 \pm 16,02 \mu\text{g/kg}$, iz košnica sa bagremove i livadske paše na Rudniku, sa bagremove paše u okolini Lazarevca i sa lipove paše na Fruškoj gori (Tabela 5.15). Najveća prosečna koncentracija olova je dokazana u vosku iz košnica sa lipove paše, na lokalitetu Fruške gore. Vrednosti za olovo u vosku koje smo dobili u našim uzorcima mnogo su manje od navedenih u studiji Formicki i sar. (2013), osim sa lokaliteta Fruške gore, dok se, osim bagremovog voska iz područja Rudnika, koji ima manje vrednosti Pb, ostale uklapaju u izmerene vrednosti drugih autora (Zafeiraki i sar. 2022). S obzirom da su utvrđene najveće koncentracije Pb u pčelama na lokalitetu podnožja planine Rudnik, a nalaz Pb u vosku mali, moguće je objašnjenje da se Pb slabije taloži u vosku. Najveća kontaminacija uzoraka sa Fruške gore, može se objasniti kao bias uzorkovanja, različitost distribucije Pb u samom uzorku.

Naši rezultati pokazuju da je olovo najzastupljeniji element u uzorcima pergi, u donosu na med i vosak (Tabela 5.2, 5.4, 5.6 i 5.8), što može biti posledica lokalne kontaminacije, s obzirom da je u pitanju seleći pčelinjak.

6.15. Sezonske varijacije sadržaja mikro i makroelemenata i varijacije sadržaja mikro i makroelemenata na osnovu vrste botaničkog porekla paše pčela i botaničkog porekla njihovih proizvoda

U zavisnosti od perioda cvetanja biljke koju pčele oprašuju i čiji nektar i polen sakupljaju, zavisi i sadržaj metala i drugih elemenata koji se može naći kako u telima pčela tako i u proizvodima. U holandskoj studiji sezonsko variranje u sadržaju metala tokom uzorkovanja odraslih pčela u periodu juli-septembar kreće se u opsegu ($\mu\text{g/kg}$): Co, 800–330; As: 670–830; Cd: 50–750; Cu: 11650–19770;

Mn: 20690-50800; Pb: 190-1670; Se: 1150-1530; Zn: 61140-100640 (Van der Steen i sar., 2012). Autori iz Egipta dobijaju rezultate za gvožđe u pčelama radilicama, sa četiri lokaliteta, u sezoni proleća, u opsegu od 134,00-336,33 mg/kg, a u leto u opsegu 73,00-147,00 mg/kg (Naggar i sar., 2013). Veće prolećne vrednosti su verovatno posledica povoljnijih temperaturnih uslova i samog početka vegetacijske sezone, kad je cvetanje izraženije u odnosu na letnji period. Vrednosti za naše pčele izletnice sakupljane u periodu visoke aktivnosti april-jun su nešto niže, ali istog reda veličine za Co (78,25-116,7 µg/kg), As (28,4-76,28 µg/kg) i Cd (88,9-173,6 µg/kg) (Tabela 5.1, Tabela 5.3, Tabela 5.5 i Tabela 5.7). Znatno manje vrednosti su zabeležene za Mn (43,93-393,8 µg/kg), Pb (44,42-138,7 µg/kg) i Zn (29,14-66,56 µg/kg). Visoke koncentracije Zn, Mn i Cu, su posledica sadržaja ovih elemenata u polenu kojim se pčele hrane (Van der Steen i sar., 2012). Za pojedine metale izvor povećanog sadržaja mogu biti drvozaštitni premazi tj., komponente koje ih sadrže. Drvozaštitni premazi su izvor As, Cr i Ni u pčelama, dok je glavni izvor Cu polen, bez obzira što ga sadrže i ovi premazi (Kalnins & Detroy, 1984). U studiji van der Steen i sar. (2012), koncentracije Cr nisu povećane u odnosu na pčele iz košnica koje ne sadrže premaz sa Cr, tako da se i nalaz ovog elementa objašnjava njegovim nalazom u polenu kojim se pčele hrane. Pčele i proizvodi u našoj studiji uzorkovani su tokom cvetanja bagrema, lipe odnosno različitih livadskih cvetnica, tokom proleća, jedne vegetacione sezone kad je i najveća aktivnost pčela i usvajanje elemenata iz prirode. Naši rezultati u uzorcima pčela izletnica su tri do pet puta manjih vrednosti za sve ispitivane elemente u odnosu na rezultate Mahé i sar. (2021), koji nalaze da su u većini uzoraka koncentracije metala statistički značajno veće u izletnicama iz urbanih u odnosu na ruralne lokacije za Se, Co i Pb kao i u larvama za Na, Mg, K, Ca, Fe, Cu, Zn, Se i Sr. Koncentracije elemenata u studiji Ilijević i sar. (2021), u uzorcima sakupljenim tokom aktivne paše pčela, u skladu su sa našim nalazima ili neznatno veće za Ca, K, Na, Fe, Mg, Cd i Cr, samo su za Co, vrednosti našeg nalaza veće (Tabela 5.1, Tabela 5.3, Tabela 5.5 i Tabela 5.7). U odnosu na sezonu uzorkovanja, Ilijević i sar. (2021), zaključuju da Cd ima konstantu vrednost u urbanoj zoni, a Pb u ruralnoj zoni uzorkovanja. Konstantan nalaz toksičnih i neesencijalnih elemenata može da ukaže na rizik životne sredine. Ovaj pojam su definisali Porrini i sar. (2002), a predstavlja vrednost nalaza određenog elementa u telu pčele, iznad koje se prisustvo elementa tumači kao zagađenje životne sredine. Vrednosti ovog praga za sledeće elemente u matriksu tela medonosnih pčela su: Cd, 100 µg/kg; Cr, 120 µg/kg; Ni, 300 µg/kg; i Pb, 700 µg/kg, a za med: Cd, 10 µg/kg; Cr, 20 µg/kg; Ni, 200 µg/kg; i Pb, 50 µg/kg. Prema ovim kriterijumima, naše pčele izletnice opterećene su Cd osim uzoraka iz okoline Lazarevca i opterećene su niklom osim jedinki prikupljenih tokom bagremove paše na Rudniku i lipove paše na Fruškoj gori (Tabela 5.1, Tabela 5.3, Tabela 5.5 i Tabela 5.7).

Kada su u pitanju pčele izletnice koje su u direktnom kontaktu sa spoljnom sredinom, polenom i nektarom određenih cvetnica, Na je jedini element koji moguće zavisi od botaničkog porekla, jer je njegov sadržaj isti u pčelama sa bagremove paše, sa dve različite lokacije, ali je takođe isti i za dve botanički različite paše sa Rudnika (5.9). Na osnovu rezultata nalaza elemenata u našim uzorcima pčela izletnica, moguće je zaključiti da geografsko a ne botaničko poreklo, određuje sadržaj Pb.

Dve od četiri paše u ovoj doktorskoj disertaciji su bagremove. U pogledu bioindikacije, kada se posmatraju izletnice sa dve bagremove paše, nema razlike kada je u pitanju sadržaj Na, dok za sve ostale elemente razlika postoji (Tabela 5.9). Ovako se može pretpostaviti da sadržaj većine elemenata zavisi od geografskog a ne od botaničkog porekla. U pčelama sa bagremove paše veći je sadržaj Mg i Cr u odnosu na lipovu i livadsku pašu. U pčelama sa lipove paše ima više Ca, Mn i Cd u odnosu na druge dve vrste paše, što može biti odlika cvetnog porekla. Isto objašnjenje je moguće upotrebiti i za veći sadržaj Fe, Co i Zn u uzorcima izletnica sa livadske paše u odnosu na bagremovu i lipovu. Za elemente Ca, K, Cr i Zn u izletnicama (Tabela 5.9), nije moguće pretpostaviti zavisi li sadržaj ovih elemenata samo od botaničkog ili geografskog porekla, s obzirom da se značajno razlikuje njihov sadržaj. Za sadržaj Na u dve bagremove paše može se reći da sadržaj ovog elementa u mladim pčelama iz zatvorenog legla (Tabela 5.10) zavisi od botaničkog porekla. Prema našim nalazima Mg u pčelama otvorenog legla (Tabela 5.11) zavisi od botaničkog porekla jer nema razlike između dve bagremove paše sa Rudnika i iz okoline Lazarevca. Kada je u pitanju K u trutovima (Tabela 5.12) nema značajne razlike između dve bagremove paše, ali takođe niti između dve različite paše na

lokaciji Rudnika. Tako da je za ovaj element moguće da zavisi i od geografskog i botaničkog porekla. Za sve ostale elemente potrebno je više uzoraka iste paše sa različitih lokacija, da bi se pretpostavilo koji faktor određuje sadržaj pojedinih elemenata, uz pretpostavku da je metabolizam svake zajednice isti, što zavisi od mikroklimatskih uslova, starosti i opšteg stanja zajednice.

Med za sva četiri elementa, ima vrednosti manje od praga rizika životne sredine (Tabela 5.2, Tabela 5.4, Tabela 5.6 i Tabela 5.8). Ovakvi nalazi ukazuju da su pčele bolji bioindikatori od meda, kojeg prečišćavaju od štetnih supstanci, s obzirom da je med izvor energije za celokupnu pčelinju zajednicu. Mineralni sastav meda sa stanovišta botaničkog porekla je raznovrstan, tako da je moguće poređenje samo istovrsnih medova (Pohl i sar., 2009; Bilandžić i sar., 2017; Díaz i sar. 2019). Takođe je i velika varijabilnost elemenata u medovima različitog geografskog porekla (Bilandžić i sar., 2014, 2020; Lazarus i sar., 2021). Zbog toga je radi donošenja zaključaka i poređenja sadržaja elemenata sa aspekta botaničkog i geografskog porekla moguće uz veliki broj uzoraka sa bliskih lokaliteta. U bagremovom medu, vrednost za Na i Mg je desetostruko manja od vrednosti autora koji su poredili vrednosti nalaza elemenata u monofloornim u odnosu na poliflorne medove. Ta razlika je u manjoj meri izražena za K i Ca (Lanjwani i Channan, 2019).

Sadržaj kalijuma (1543 mg/kg) u lipovom medu autorke Jovetić i sar. (2017), je pet do sedam puta veći nego u medu poreklom od ostalih botaničkih vrsta (od 200 mg/kg do 398 mg/kg), što je u skladu sa našim rezultatima za med (Tabela 5.13). Sledeći po zastupljenosti element, u radu pomenute autorke je kalcijum (84,1 mg/kg), a njegova koncentracija u lipovom medu je četiri puta veća nego u uzorcima bagremovog meda, što je takođe u skladu sa našim rezultatima (Tabela 5.2, Tabela 5.4, Tabela 5.6 i Tabela 5.8). Sadržaj Na, Mg i Cd u bagremovom medu je sličnih prosečnih vrednosti kao i u našim medovima (Tabela 5.2, Tabela 5.4, Tabela 5.6 i Tabela 5.8). Sadržaj Fe, Cu, Mn, Cr i Ni je manji u našim uzorcima meda (Jovetić, 2017), a veći je prosečan sadržaj Zn (Tabela 5.2, Tabela 5.4, Tabela 5.6 i Tabela 5.8). U odnosu na lipov med, za prosečnu vrednost 11 uzoraka (Jovetić, 2017), naši rezultati su većih vrednosti za Ca, Fe, Mn i Cd; sličnih vrednosti za Zn, a manjih vrednosti za Na, Mg, Cu, Cr i Ni. U našoj studiji ne postoji vrednost ni za jedan element u bagremovom medu, koja bi bila karakteristika ove biljne vrste, odnosno različita nezavisno od lokacije u odnosu na druge dve vrste meda (Tabela 5.13). Lipov med je sa većim sadržajem Mg, K, Ca, Mn, Fe, u odnosu na druge dve vrste meda. Livadski med ima veći sadržaj bakra i kadmijuma u odnosu na druge dve vrste meda, što se može posmatrati kao odlika botaničkog porekla, s obzirom da je sa iste lokacije bagremov med sa različitim vrednostima za ova dva elementa. S obzirom da se uzorci meda iz obe bagremove paše razlikuju u sadržaju Na, Ca, Zn, Pb, As i Ni, može se zaključiti da botaničko poreklo nije presudno za sadržaj ovog elementa, za razliku od geografskog porekla, gde je uočljivo da nema razlike u sadržaju Na u obe paše sa Rudnika (Tabela 5.13).

Kada je u pitanju sadržaj Mg, Cu i Cd u medu, sadržaj se razlikuje i prema lokacijama i prema biljnom poreklu, i na osnovu rezultata se ne može zaključiti da li su ove razlike posledica botaničkog porekla (Tabela 5.13).

Za Mn i Fe je nejasno na osnovu rezultata da li je sadržaj ovog elementa u medu određen botaničkim poreklom ili geografskim, s obzirom da nema razlike u sadržaju u dve bagremove paše u donosu na livadsku pašu sa područja Rudnika (Tabela 5.13).

Kada je reč o mikroelementima, vrednosti za bagremov med su van zgrade a za poliflorne medove u zagradi (mg/kg) Fe: 14,33 (2,98-16,2); Zn: 3,64 (1,11-4,1); Co: 0,019 (0,01-0,23); Cu: 0,28 (0,08-0,33); Mn: 0,95 (0,12-0,95); Cr: 0,034 (0,01-0,1); Ni: 0,25 (0,06-0,33); Pb: 0,015 (0,01-0,14); Cd 0,18 (0,01-0,38) (Lanjwani i Channan, 2019). Kobalt nije detektovan u našim uzorcima meda, tj. vrednost je bila manja od 0,008 mg/kg. Za ispitivane makroelemente, Na, K, Mg i Ca razlike u odnosu na naše rezultate (Tabela 5.2, Tabela 5.4, Tabela 5.6 i Tabela 5.8) su manje, ali su rezultati unutar istih studija međusobno sličnih vrednosti za različite vrste medova u odnosu na istovrsne medove iz različitih studija (Lanjwani i Channan, 2019). Posmatrano sa aspekta botaničkog porekla, odnosno vrste meda, naši nalazi u bagremovom medu za K su u skladu sa nalazima autora iz Slovenije, Hrvatske, Rumunije, Mađarske i Nemačke (Kropf i sar., 2010, Bilandžić i sar., 2014, Czipa i sar., 2012, Czipa i sar., 2015, Patruica i sar., 2009, Oroian i sar., 2015 AlqUarni i sar., 2014), dok su za Na vrednosti niže u odnosu na pomenute autore. Približne vrednosti našim za Ca u bagremovom medu su utvrđene

u studijama Conti i sar. (2018): 32,71 mg/kg, Kropf i sar. (2010): 17,7 mg/kg, Patruica i sar. (2009): 7,06 mg/kg i Atanassova i sar. (2012): 32 mg/kg, dok se višestruko veće vrednosti nalaze u podacima Bilandžić i sar. (2014): 349, Oroian i sar. (2015): 3 mg/kg i AlqUarni i sar. (2014): 60,75 mg/kg. Vrednosti za Ca u bagremovom medu iz Indije kreću se od 32,6–84,63 mg/kg (Nanda i sar., 2003). Nalazi za Mg u našim uzorcima su u skladu sa nalazima pomenutih autora: 8,02 mg/kg (Bilandžić i sar., 2014), 12,8 mg/kg (Czipa i sar., 2015), 13,40 mg/kg (Patruica i sar., 2009), osim kod Oroian i sar. (2015) i AlqUarni i sar. (2014), gde su vrednosti Mg u bagremovom medu višestruko veće, 51,212 mg/kg, odnosno 88,4 mg/kg. Posmatrajući studije gde su ispitivani elementi u lipovom i bagremovom medu, uključujući i našu, uočljivo je da je sadržaj K veći u lipovom u odnosu na bagremov med (Golob i sar., 2005, Necemer i sar. 2009, Kropf i sar. 2010, Bilandžić i sar., 2014). Vrednosti za K u bagremovom medu iz Indije, kreće se od 489,52–932,56 mg/kg (Nanda i sar, 2003). Kada je u pitanju lipov med, sadržaj K je u našem medu višestruko veći u odnosu na rezultate drugih autora 1740 mg/kg (Kropf i sar., 2010), 1574,8 mg/kg (Bilandžić i sar., 2014), 955 mg/kg (Czipa i sar., 2015), 591 mg/kg (Patruica i sar., 2009), 955,289 (Oroian i sar., 2015). Za druge makro i mikroelemente nije uočljiva ovakva razlika u sadržaju. Prosečan sadržaj Mn u bagremovom medu iz Slovenije iznosi 1,5 mg/kg, 4,25 mg/kg odnosno 6,7 mg/kg (Golob i sar., 2005, Necemer i sar., 2009 i Kropf i sar., 2010), a u Hrvatskoj i Mađarskoj 0,17 mg/kg odnosno 0,837 mg/kg (Uršulin Trstenjak i sar., 2015, Czipa i sar., 2015). Rezultati iz studije u Mađarskoj su višestruko puta veći od nalaza Mn u našim uzorcima meda (Tabela 5.2, Tabela 5.6). Razlika u dobijenim vrednostima može biti posledica većeg broja uzoraka meda, i većeg broja različitih rezultata, s obzirom da su se pomenute studije zemalja u okruženju bavile samo analizom meda, a ne drugih proizvoda i pčela. Sadržaj Fe u odnosu na botaničko poreklo meda, sličnih je vrednosti u lipovom medu 2,99 mg/kg (Patruica i sar., 2009) ili većih 19,156 mg/kg (Oroian i sar., 2015) u odnosu na bagremov med 2,77 mg/kg (Bilandžić i sar., 2014), 1,11 mg/kg (Uršulin Trstenjak i sar., 2015) i 2,18 mg/kg (Czipa i sar., 2012). Višestruko veće vrednosti Fe 8,86–13,25 u bagremovom medu su zabeležene u studiji iz Indije (Nanda i sar., 2003). Naše vrednosti za bagremov med (Tabela 5.2, Tabela 5.6), u saglasnosti su sa nižim vrednostima 0,429 mg/kg (Czipa i sar., 2015). Lipov med (Tabela 5.8) ima sadržaj Fe u skladu sa rezultatima prethodno pomenutog autora (Patruica i sar., 2009). Srednji sadržaj Ni u bagremovom medu iz Rumunije iznosi 0,005 mg/kg (Patruica i sar., 2009), i 0,191 mg/kg (Oroian i sar., 2015). Opseg Ni u bagremovom medu iz Bugarske je od <0,01 do 0,08 mg/kg (Atanassova i sar., 2012), a u medu iz Švajcarske srednja vrednost sadržaja Ni je 0,056 mg/kg (Bogdanov i sar., 2007). U lipovom medu iz Rumunije srednja vrednost Ni je 0,025 mg/kg (Patruica i sar., 2009) i 0,122 mg/kg (Oroian i sar., 2015). U lipovom medu iz Švajcarske utvrđena je srednja vrednost Ni 0,04 mg/kg (Bogdanov i sar., 2007), a u medu iz Bugarske opseg za Ni u medu se kretao od <0,01 do 0,092 mg/kg (Atanassova i sar., 2012). U prethodnim navodima uočljivo je da bez obzira na botaničko poreklo meda, približnije vrednosti nalaza Ni su za istu studiju, nego što je nalaz Ni u medu istog botaničkog porekla iz različitih zemalja, odnosno studija. Ovakvo poređenje može se primeniti i na naše nalaze Ni u bagremovom i lipovom medu (Tabela 5.2, Tabela 5.6 i tabela 5.8). Za livadski med nema dovoljno literaturnih podataka. Sadržaj Cu u bagremovom medu iz Hrvatske iznosi 18,6 mg/kg, a u lipovom 20,6 mg/kg (Bilandžić i sar., 2014). Vrednosti za bakar u bagremovom medu iz Švajcarske su 0,18 mg/kg, a za lipov med 0,382 mg/kg (Bogdanov i sar., 2007). U bagremovom medu iz Rumunije vrednosti za Cu su 0,39 mg/kg (Stihi i sar., 2016), 1,82 mg/kg (Oroian i sar., 2015), 0,26 mg/kg i 0,1425 mg/kg (Patruica i sar., 2008, Patruica i sar., 2009). Vrednosti sadržaja bakra u lipovom medu iz pomenutih studija su redom: 0,62 mg/kg (Stihi i sar., 2006), 1,563 mg/kg (Oroian i sar., 2015) i 0,44 mg/kg (Patruica i sar., 2009). Ovde je uočljivo da su vrednosti Cu u bagremovom medu manje nego u lipovom kada su u pitanju iste studije. Vrednosti za Cu u bagremovom medu iz Indije kreću se u opsegu 1,74–2,9 mg/kg (Nanda i sar. 2003). Posmatrano prema botaničkom ili geografskom poreklu nije moguće zaključiti da su vrednosti u različitim studijama bliske. Naši rezultati za Cu se za sve četiri paše razlikuju i prema botaničkom poreklu, a i prema geografskom rasprostranjenju (Tabela 5.2, Tabela 5.4, Tabela 5.6 i Tabela 5.8). U odnosu na rezultate drugih autora, sadržaj Cu je manji od 103 (Patruica i sar., 2008, Patruica i sar., 2009) do 106 puta (Bilandžić i sar., 2014) u odnosu na nalaze drugih autora. Sadržaj Zn u bagremovom medu iz Hrvatske je 5,6 mg/kg, a u lipovom 6,78 mg/kg (Bilandžić i sar., 2014), dok je u ovim vrstama meda

iz Mađarske nalaz Zn 1,58 mg/kg, za bagremov, odnosno 2,15 mg/kg za lipov med (Czipa i sar., 2015). U medu sa područja Rumunije nalaz Zn u bagremovom medu je 2,09 mg/kg (Patruica i sar., 2009) i 2,421 mg/kg (Oroian i sar., 2015), dok su za lipov med vrednosti cinka u radovima pomenutih autora 1,6 mg/kg, odnosno 2,655 mg/kg. Nalazi Zn u oba botanički različita meda iz Hrvatske su veći u odnosu na istovrsne uzorke meda iz Rumunije i Mađarske. Vrednosti za Zn u bagremovom medu iz Indije kreću se u opsegu od 2,5 mg/kg do 46,77 mg/kg (Nanda i sar. 2003). Sličnosti u vrednostima Zn u medu različitog botaničkog porekla sa područja Rumunije su očigledne osim kad je u pitanju lipov med (Patruica i sar., 2009). U bagremovom medu iz Mađarske sadržaj Zn je značajno manji 1,58 mg/kg nego u lipovom medu 2,15 mg/kg (Czipa i sar., 2015), tako da se može zaključiti da je razlika u botaničkoj vrsti uzrok razlici u sadržaju Zn. Vrednosti za cink u oba naša bagremova meda se značajno razlikuju, kao i u odnosu na lipov med (Tabela 5.13). Nalazi za sadržaj Zn u bagremovom i lipovom medu se razlikuju i u odnosu na rezultate pomenutih autora iz okruženja.

Vrednosti za livadski med u studiji Nanda i sar. (2003), su: Ca: $72,93 \pm 0,018$ mg/kg; Na: $247,15 \pm 0,025$ mg/kg; K: $932,56 \pm 0,15$ mg/kg; Zn: $11,20 \pm 0,016$ mg/kg; Fe: $10,10 \pm 0,016$ mg/kg; Cu: $1,84 \pm 0,019$ mg/kg. Naše vrednosti za ove elemente u livadskom medu su dvostruko niže za K i Ca, dok su za Cu, Fe i Zn od nekoliko do deset puta manje vrednosti (Tabela 5.4). Ove uporedne vrednosti idu u prilog prethodnoj pretpostavci da je veća sličnost rezultata različitih paša u okviru iste studije, tj. da se medovi iz različitih studija znatno razlikuju iako su istog botaničkog porekla. Autori iz Mađarske, Sajtos i sar. (2019), u svojoj studiji su ispitivali uticaj geografskog i botaničkog porekla na mineralni sastav meda. Generalni zaključak je da botaničko poreklo ima veći uticaj na mineralni sastav u odnosu na geografsko poreklo. U monofloralnom afričkom medu vrste *Bupleurum spinosum* koncentracije elemenata (mg/kg) su se kretale, između različitih lokacija, u opsegu Na: $497,86 \pm 7,64$ - $841,39 \pm 5,74$; K: $721,73 \pm 8,14$ - $1894,56 \pm 7,91$; Ca: $309,84 \pm 4,12$ - $688,46 \pm 5,38$; Mg: $28,88 \pm 2,17$ - $102,71 \pm 2,13$; Fe: $0,75 \pm 0,08$ - $3,07 \pm 0,27$; Cu: $0,14 \pm 0,04$ - $1,53 \pm 0,04$; Zn: $1,09 \pm 0,07$ - $4,02 \pm 0,19$; Ni: $0,03 \pm 0,01$ - $0,13 \pm 0,09$; Cd: 0,02; Pb: ND. U poređenju sa monofloralnim medovima iz naše studije, nalazi Na, Ca, Mg, Fe i Ni su veći od naših, a i nalaz K u osim u odnosu na lipov med, gde je nalaz K u našem medu gotovo dvostruko veći od nalaza Laaroussi i sar. (2020). Najveći sadržaj Na, Mg, K, Ca, Mn, Fe, Cu je utvrđen u lipovom medu. Nije bilo statistički značajne razlike sa stanovišta botaničkog porekla meda za najveći sadržaj Cr, Ni, Zn, As i Pb.

Podaci za mineralni sastav perge u odnosu na botaničko poreklo su oskudni, i nije moguće poređenje rezultata. U našim uzorcima, kada se posmatra isto botaničko poreklo perge, sa dve različite bagremove paše, može se pretpostaviti da od botaničkog porekla zavise sadržaj Na i Cu, mada se ne može tvrditi sa sigurnošću jer nema statističke značajnosti za ove elemente kad su u pitanju bagremova i livadska paša sa područja Rudnika (Tabela 5.13). Kada su u pitanju drugi elementi, izražena je razlika za sve paše Cr, Co, Ni i Pb. To može da znači da je sadržaj ovih elemenata određen geografskim područjem, lokalnim uslovima samog zemljišta i atmosferskim prilikama. Najveći sadržaj Fe, Co i Pb utvrđen je u livadskoj pergi. U bagremovoj pergi, (Lazarevac) najzastupljeniji je As. Perga sa lipove paše sadrži najviše Na, Ca, Ni, Cu i Cd, dok se najveći sadržaj Mg, K i Zn nije statistički značajno razlikovao sa stanovišta botaničkog porekla.

Vosak je supstanca za koju određivanje botaničkog porekla nema naučnog niti komercijalnog značaja. Sa stanovišta bioakumulacije, za sadržaj Ni u vosku sa dve bagremove paše nema razlike i može se pretpostaviti da zavisi od botaničkog porekla (Tabela 5.14). Neka lipofilna jedinjenja u vosku verovatno imaju afinitet da vežu elemente, konkretno As, Cr i Pb tako da je njihov veći sadržaj u vosku najverovatnije posledica toga.

Podaci za uzorke pčela i meda iz našeg istraživanja moguće je porediti sa drugim navodima samo na osnovu deskriptivne statistike, zbog malog broja istovrsnih uzoraka. Sezonski uticaj na sadržaj makro i mikroelemenata u ispitivanim uzorcima pčela i proizvoda od pčela zahtevaju dodatna ispitivanja s obzirom da su svi uzorci prikupljeni u periodu cvetanja bagrema i lipe u periodu april-jun, odnosno u toku iste, jedne, prolećne sezone.

Posmatrano u kontekstu bioindikacije, pčele izletnice su najbolji bioindikator prema količini elemenata koje sadrže, u odnosu na preostale tri kaste pčela za elemente Zn, Co, As, Pb i Cd, sa sve četiri paše kao i za Na, Mn, Fe Ca, osim u slučaju pčela iz okoline Lazarevca (Tabela 5.5). Kada se

posmatraju pčele kao bioindikatori u odnosu na proizvode, samo za Na se može reći da je bolji bioindikator, odnosno da je njegov sadržaj veći u pčelama nego u pergi i to deset puta (Tabela 5.1, Tabela 5.3; Tabela 5.5) odnosno pet puta u uzorcima sa Fruške gore (Tabela 5.7). Sadržaj K, Mg, Ca i Cr je dvostruko veći u uzorcima perge u odnosu na pčele, što pergu karakteriše kao boljeg bioindikatora životne sredine, u odnosu na pčele. Kalcijuma ima čak tri puta više u pergi sa Fruške gore, u odnosu na pčele, što se može objasniti krečnjačkom podlogom samog terena i zemljišta, odnosno verovatno većim sadržajem ovog elementa u polenu (Tabela 5.3; Tabela 5.4). Za uzorke sa Fruške gore je karakteristično da je hroma čak deset puta više u pergi i 25 puta više u vosku u odnosu na med i pčele, koje imaju sličan sadržaj ovog elementa (Tabela 5.7; Tabela 5.8). Sadržaj K, u medu sa Fruške gore je reda veličine kao u uzorcima pčela, a u pergi ga ima dvostruko više (Tabela 5.7; Tabela 5.8). Vrednosti u pergi su za Cd i Mn manje od sadržaja u izletnicama i mladim pčelama iz zatvorenog legla, a veće u odnosu na trutove i otvoreno leglo, osim za sadržaj Cd koji se ne razlikuje u pergi i izletnicama sa Fruške gore (Tabela 5.7; Tabela 5.8). Elementi As, Zn, Pb, Cu i Fe imaju sličan sadržaj u pergi i izletnicama, što znači da su ovi uzorci podjednako dobri indikatori stanja životne sredine. Sadržaj Zn iz uzoraka voska sa Fruške gore je sličan sadržaju u izletnicama, dok je u pergi dvostruko veći sadržaj ovog elementa (Tabela 5.7; Tabela 5.8). Perga je mnogo bolji indikator kontaminacije Ni u odnosu na pčele jer je sadržaj u pergi ovog elementa deset puta veći. Mangan je u deset puta većoj količini akumuliran u pergi u odnosu na organizme u uzorcima iz okoline Lazarevca (Tabela 5.5; Tabela 5.6). Sadržaj Pb je veći u pergi i vosku u odnosu na pčele iz okoline Lazarevca, dok je u vosku sa Fruške gore deset puta veći sadržaj olova u odnosu na pčele. Može se zaključiti da se As i Cr, a naročito Pb deponuju u vosku (Tabela 5.8). Najveći sadržaj Ni i Mn utvrđen je u vosku sa livadske paše, dok je u vosku sa lipove paše najveći sadržaj Mg, K, Ca, Cr, Fe, Co, Cu, Zn, Cd i Pb, u odnosu na druge dve botaničke vrste. U vosku sakupljanom u košnicama tokom bagremove paše najveći je nalaz As (Lazarevac), dok se najveći sadržaj Na nije statistički značajno razlikovao sa stanovišta botaničkog porekla.

6.16. Korelacione zavisnosti između ispitivanih mikro i makroelemenata i uzoraka pčela i proizvoda pčela prema lokacijama

Utvrđivanje korelacione zavisnosti između prosečnog sadržaja ispitivanih elemenata u uzorcima pčela i proizvoda pčela sa različitih lokaliteta u ovoj doktorskoj disertaciji bio je veliki izazov. Prema našim saznanjima, iz literaturnih podataka, nisu dostupni radovi koji su imali sličan pristup istraživanju kao što su prikazani rezultati ove doktorske disertacije. Konačno, naši rezultati su bili fokusirani na poređenje prosečnog sadržaja ispitivanih elemenata u uzorcima pčela i njihovih proizvoda sa istog područja uzorkovanja.

Rezultati ove doktorske disertacije pokazuju da nije utvrđena statistički značajna korelaciona zavisnosti ($p > 0,01$) između prosečnog sadržaja ispitivanih elemenata u uzorcima pčela i proizvoda pčela (Tabele 5.16, 5.17 i 5.18). Takođe, rezultati ove doktorske disertacije su pokazali da se sadržaj ispitivanih elemenata u uzorcima pčele i njihovih proizvoda (med, vosak i perga) mogu smatrati na neki način "slučajnim", odnosno da su direktno zavisni od geografskog porekla, odnosno botaničkog sastava. Sličan zaključak su imali i Zafeiraki i sar. (2022).

Kadmijum na sve tri lokacije pokazuje slabu pozitivnu korelaciju sa kalijumom. Zajedničko za sve tri lokacije su i slaba pozitivna korelacija Cu sa Mn i Ni; Fe sa Na; Cr i Ni; Na i Mg. Slaba negativna korelacija na sve tri lokacije vezana je za As i Zn; Cd i Zn; Pb i K; Zn i Co odnosno K; Cr i Co; Ni i K. Slaba negativna korelacija utvrđena je između Co i K, na Fruškoj gori i na Rudniku, dok je umereno negativna korelacija između ovih elemenata u uzorcima iz okoline Lazarevca. Između As i Mn je slaba negativna korelacija na lokalitetu Rudnika, a umereno negativna korelacija između ova dva elementa je na Fruškoj gori i u okolini Lazarevca.

Umerena pozitivna korelacija zajednička za sve tri lokacije je između Cd i Co; Pb i Co, i Fe i K, a umereno negativna između As i Cu. Jaka negativna korelacija postoji između arsena i kalijuma. S obzirom da su u pitanju tri različite lokacije, zajednički korelacioni odnosi se mogu objasniti

činjenicom da su u pitanju iste vrste uzoraka koje su ispitivane. Može se pretpostaviti da pčele i njihovi proizvodi, nezavisno od lokaliteta i cvetnog porekla paše, imaju određeni stepen korelacije između navedenih elemenata.

Specifična odlika cvetne paše ili lokacije može biti odsustvo korelacije između Co i Ni, Cr i K i između Zn i Na, u okolini Lazarevca, jer korelacija za ove elemente postoji na Rudniku i Fruškoj gori. Na Rudniku su vrednosti za Cr u zemljištu iznad vrednosti MDK, dok su na Fruškoj gori ispod MDK. Vrednosti u aerosolima sa basena u okolini Lazarevca takođe imaju visoke vrednosti (Poglavlje 6.7). S obzirom da je u pitanju kontaminant i da nema jake korelacije prema lokalitetu niti statističke značajnosti, može se zaključiti da su mehanizmi kojima pčele dekontaminiraju proizvode efikasni. Vrednosti za Co u zemljištu su ispod vrednosti MDK (Zdravković, 2020), što se poklapa sa odsustvom korelacije po lokacijama kao i statističke značajnosti.

Specifičnost korelacionih odnosa između elemenata na Fruškoj gori je vezana za jaku negativnu korelaciju između As i Pb, dok je ona umereno negativna za lokacije Rudnika i Lazarevca. Između Mn i K, na lokalitetu Fruška gora ne postoji korelaciona zavisnost, dok je slabo negativna korelacija između Mn i K utvrđena među uzorcima na Rudniku i u okolini Lazarevca. Između Fe i Co, na lokalitetu Fruške gore, nema korelacije dok je ona slabo pozitivna u uzorcima na lokalitetu Lazarevca i Rudnika. Specifičnost lokaliteta Fruška gora je u odsustvu korelacije Pb i Na, dok je između ovih elemenata slabo pozitivna korelacija na Rudniku i u okolini Lazarevca.

Specifičnost lokaliteta Lazarevac je u slaboj negativnoj korelaciji Co i Mg, kao i u slaboj pozitivnoj korelaciji Na i Ca, dok između ovih elemenata nema korelacije na Fruškoj gori i u podnožju Rudnika. U studiji sprovedenoj na tri zagađena i tri nezagađena lokaliteta u Rumuniji, ispitana je korelacija između Pb i Cd u medu i okolini, i kao u našoj studiji utvrđeno je da nema statistički značajne razlike u nalazu ovih elemenata $p < 0,01$ (Zugravu i sar., 2009). U području Bora, u studiji korelacije As iz meda i vode iz okoline utvrđena je slaba pozitivna korelacija 0,03 (Sovrlić i sar., 2022). Tokom zimskog perioda i smanjene metaboličke aktivnosti pčela, kadmijum je u umerenoj do visokopozitivnoj korelaciji sa kobaltom i niklom. Nikl je u negativnoj korelaciji sa bakrom (Cvetković, 2013). Kobalt je u korelaciji sa arsenom, kadmijumom, niklom, i u umereno do visokoj korelaciji sa bakrom. Mangan je u slaboj korelaciji sa ostalim elementima. Bakar kao element sa svim prethodno pomenutim elementima pretežno je u negativnoj korelaciji (As, Ni, Co, Be), sem sa cinkom sa kojim je u umereno do visoko pozitivnoj korelaciji. Olovo u letnjem periodu je u visokoj do umereno pozitivnoj korelaciji sa Ba, Ni, Co, Be, Mn i B (Cvetković, 2013). Autor Cvetković (2013), u svojoj doktorskoj disertaciji dalje objavljuje da je korelacija cinka je slaba u odnosu na zimski period i predstavljena je jakim negativnom, a sa arsenom i niklom kao i umereno pozitivnom korelacijom sa bakrom. Mangan je sa malo elemenata u korelaciji. Najznačajniji su sa Cr, Co, Bi i Pb (Cvetković, 2013). Olovo je i u našim uzorcima u umereno pozitivnoj korelaciji sa kobaltom. Ptasińska i sar.(2018), nalaze u pčelama međusobnu pozitivnu korelaciju Ca, K i Mg, od kojih je korelacija K i Mg snažna. Negativna korelacija je utvrđena između Na sa K, Mg i Ca. Pozitivna korelacija je utvrđena između Cr, Zn i Se, dok je slaba pozitivna korelacija utvrđena između Mn i Ni. Snažna negativna korelacija uočena je između Cr, Zn i Se kao i između Mn i Ni. Snažna pozitivna korelacija u uzorcima pčela utvrđena je između As i Hg, kao i između Cd i Pb. Bioelementi Ca, Zn, Cu, Se, Mg, P, K, Cr, Al, As i Hg su međusobno korelisani, pozitivno, a negativno sa elementima Na, Mn, Fe i Cd (Ptasińska i sar., 2018), Koncentracije gvožđa, cinka i magnezijuma u uzorcima meda u okviru ove doktorske disertacije bile su slične rezultatima drugih autora sa područja Republike Srbije (Spirić i sar., 2019a). Literaturni podaci ukazuju da postoji pozitivna korelacija između Pb i Ni, Pb i Cd, kao i Pb i Fe u vosku, kao i snažna pozitivna korelacija između Ni i Cd, Ni i Fe, kao i Ni i Mg. Pozitivna korelacija utvrđena je između sadržaja Cd i Fe i između Cd i Zn u vosku (Formicki i sar., 2013). Postoji snažna pozitivna korelacija između Ni i Mg (Formicki i sar., 2013). Slična pozitivna korelacija između navedenih metala postoji i u medu, ali je slabija. U studiji Leita i sar. (1996), utvrđena je pozitivna korelacija sadržaja Cd u telu pčela i u košnici, cvetu deteline (*Trifolium pratense* L.), u polenu, koji su svi uzorkovani u zoni ispaše izletnica. Nedostatak korelacije drugih elemenata može se objasniti različitim hemijskim ponašanjem Zn, Pb i Cd u biološkim i biogeochemijskim ciklusima (Leita i sar, 1996).

Rezultati drugih studija za elemente u medu pokazuju da je Na u dobroj korelaciji sa K (kod nas u slaboj negativnoj korelaciji), Zn, Cu i Mn, u umerenoj korelaciji od 0,5 do 0,7 sa Ca, Mg, Fe i Ni i u slaboj ili negativnoj sa ostalim elementima (Lanjwani i Channan 2019). Kalijum je u dobroj korelaciji sa Ca, u umerenoj korelaciji sa Mg, Zn Cu, Ni, Mn i Cd (kod na su slaboj pozitivnoj korelaciji). Kalcijum je u dobroj korelaciji sa Mg, a manje sa ostalim elementima. Gvožđe je u jakoj korelaciji sa Zn, Cu, Ni a u slaboj ili negativnoj korelaciji sa ostalim elementima. Cink je u jakoj korelaciji 0,766 sa Na i 0,702 sa Fe (Lanjwani i Channan 2019). Ostali elementi su u slaboj korelaciji ili u negativnoj (Lanjwani i Channan 2019). Elementi koji su u pozitivnoj korelaciji sa niklom su Bi, Co i Be, dok je u negativnoj, umerenoj korelaciji sa Cu. Negativna korelacija sa Mn je prilično izražena, što je slučaj i sa našim uzorcima sa umerenom negativnom korelacijom Mn i As i slabom negativnom korelacijom između Mn i K. Bakar je element koji se odlikuje umerenim korelacijama prema As (kao i kod naših uzoraka), Ni (kod naših uzoraka je korelacija između ovih elemenata slaba negativna), Co i Be. Prema ostalim elementima korelacija je niska ili je nema. Kod ostalih elemenata koji su prisutni, nije primećena korelacija ili je vrlo niska. U zemljištu Fruške gore Fe i Zn imaju jaku statistički značajnu pozitivnu korelaciju postoji za sve tri grupe podataka (naseljeno područje obronci Fruške gore) utvrđena pozitivna korelacija između Ca i K što ukazuje da ova dva elementa potiču iz istog izvora. Ono što nije bilo očekivano je jaka pozitivna korelacija između Ca i Pb (Mihailović, 2015). Rezultati ove doktorske disertacije dali su značajne podatke koji se mogu koristiti u razumevanju deponovanja različitih elemenata u ispitanim pčelinjim proizvodima. Korelacione međuzavisnosti mogu sugerisati da se pojedini elementi generalno javljaju u istoj vrsti zagađenja. U naučnoj literaturi nema puno podataka o korelacijama različitih elemenata u pčelinjim proizvodima, a obzirom da je ova studija prva u Srbiji, podaci će svakako biti veoma značajni za dalja istraživanja u ovoj naučnoj oblasti. Na osnovu svega navedenog, može se zaključiti da ispitivanje korelacione zavisnost ispitivanih elemenata u uzorcima pčela i pčelinjih proizvoda (med, polen, vosak) ima informativni karakter i teško se može diskutovati sa drugim literaturnim podacima, koji su veoma limitirani. Takođe, celokupan plan istraživanja korelacione zavisnosti prosečnog sadržaja elemenata veoma je rizičan obzirom na botaničko poreklo i geografski lokalitet uzorkovanja. Međutim, prikazani rezultati postuliraju da je intenzivna industrijska aktivnost, sa područja uzorkovanja pčela i njihovih proizvoda, ključni pokretač uočenih koncentracija toksičnih elemenata u tragovima. Pčelinji vosak služi kao detoksikacioni „organ pčelinjeg društva“ za različite lipofilne ksenobiotike prisutne u radijusu letenja pčela, što potvrđuju i naši rezultati. Ispitivani sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima pčelinjeg voska bili su mnogo veće u poređenju sa uzorcima pčela, ili bar jednak, čime je ovaj pčelinji proizvod pogodniji za analizu potencijalnog zagađenja životne sredine.

ZAKLJUČCI

Na osnovu dobijenih rezultata, izvedeni su sledeći zaključci:

1. U svim ispitivanim grupama pčela (izletnice, pčele zatvorenog legla, pčele otvorenog legla i trutovi), najveća koncentracija makroelemenata (Mg, Ca, Na, K) utvrđena je za Mg i Ca u pčelama izletnicama iz okoline Lazarevca (bagremova paša), odnosno sa Fruške gore (lipova paša), za Na u pčelama zatvorenog legla sa Rudnika (bagremova paša) i za K u trutovima sa Fruške gore (lipova paša). U pčelinjim proizvodima (med, perga i vosak), najveći sadržaj makroelemenata (Mg, Ca, Na, K) utvrđen je u uzorcima perge, na svim lokacijama (Rudnik, okolina Lazarevca, Fruška gora) i pašama (bagremova, livadska i lipova).
2. Najveća koncentracija mikroelemenata (Fe, Zn, Cu, Co, Ni i Mn) utvrđena je u pčelama izletnicama. Najveći sadržaj Mn utvrđen je u izletnicama sa Fruške gore (lipova paša), Fe, Zn, Cu i Co u izletnicama sa Rudnika (livadska paša), Ni u izletnicama iz okoline Lazarevca (bagremova paša). Od ispitivanih pčelinjih proizvoda, najveći sadržaj Zn, Cu, Ni i Mn utvrđen je u uzorcima perge sa Fruške gore (lipova paša), Fe i Co u uzorcima perge sa Rudnika (livadska paša).
3. U pčelama izletnicama utvrđene su najveće koncentracije kontaminanata (As, Cd i Pb). U izletnicama sa Rudnika (livadska paša) i iz okoline Lazarevca (bagremova paša), utvrđen je najveći sadržaj As, u izletnicama sa obe paše na Rudniku, utvrđen je najveći sadržaj Pb, u izletnicama sa Fruške gore (lipova paša), utvrđen je najveći sadržaj Cd. U pčelama zatvorenog legla sa Rudnika (bagremova paša), utvrđena je najveća koncentracija Cr. Od ispitivanih pčelinjih proizvoda, najveći sadržaj As i Cd utvrđen je u uzorcima perge iz okoline Lazarevca (bagremova paša), odnosno sa Fruške gore (lipova paša). Najveći sadržaj Pb i Cr utvrđen je u uzorcima voska sa Fruške gore (lipova paša).
4. Sezonski uticaj na sadržaj makro i mikroelemenata u ispitivanim uzorcima pčela i proizvoda od pčela zahteva dalja ispitivanja, s obzirom da su svi uzorci prikupljeni tokom prolećne sezone.
5. Nakon lipove paše, najveći sadržaj Mn i Cd utvrđen je u izletnicama, dok je najveći sadržaj K utvrđen u trutovima. Nakon livadske paše, najveći sadržaj Fe, Zn, Co i Cu utvrđen je u izletnicama. Nakon bagremove paše, najveći sadržaj Ni je utvrđen u izletnicama, dok je najveći sadržaj Na i Cr utvrđen u pčelama zatvorenog legla. U odnosu na botaničko poreklo, najveći sadržaj Na, Mg, K, Ca, Mn, Fe i Cu utvrđen je u lipovom medu. Najveći sadržaj Fe, Co i Pb utvrđen je u livadskoj pergi. U bagremovoj pergi (okolina Lazarevca), najzastupljeniji je As. Perga sa lipove paše sadrži najviše Na, Ca, Ni, Cu i Cd. Najveći sadržaj Ni i Mn utvrđen je u vosku sa livadske paše, dok je u vosku sa lipove paše najveći sadržaj Mg, K, Ca, Cr, Fe, Co, Cu, Zn, Cd i Pb. U vosku sakupljanom u košnicama tokom bagremove paše (okolina Lazarevca), utvrđena je najveća koncentracija As.
6. Selen i živa nisu utvrđeni ni u jednoj vrsti uzoraka, bez obzira na botaničko i geografsko poreklo.
7. Između prosečnog sadržaja ispitivanih elemenata u uzorcima pčela i pčelinjih proizvoda na obuhvaćenim geografskim područjima, utvrđene su pozitivne i negativne, jake, umerene i slabe korelacije, bez statistički značajne korelacione zavisnosti ($p > 0,01$).
8. Sadržaj ispitivanih mikro i makroelemenata bio je znatno veći u uzorcima pčela u odnosu na uzorke pčelinjih proizvoda. Pčele, prvenstveno pčele izletnice, su bolji indikatori zagađenja životne sredine u odnosu na pčelinje proizvode, od kojih je najbolji indikator perga.

8. SPISAK LITERATURE:

1. Aazza S, Lyoussi B, Antunes D, Miguel M.G. (2013). Physicochemical characterization and antioxidant activity of commercial Portuguese honeys *J. Food Sci.*, 78, 50159-50165.
2. Agbagwa, O. E. Otokunefor, O.E, Frank-Peterside, T.V (2011). Quality assessment of Nigeria honey and manuka honey *J. Microbiol. Biotech. Res.*, 1 (3):20-31
3. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), (2008). U.S. Department of Health and Human Services. Atlanta, GA: Public Health Service; Toxicological Profile for Chromium.
4. Ajtony Z, Bencs L, Haraszi R, Szigeti J, Szoboszlai N. (2007). Study on the simultaneous determination of some essential and toxic trace elements in honey by multi-element graphite furnace atomic absorption spectrometry, *Talanta*, Volume 71, Issue 2, Pages 683-690, ISSN 0039-9140, <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2006.05.023>
5. Aldgini H.M.M, Al-Abadi A.A., Abu-Nameh E.S.M., Alghazeer R.O (2019) Determination of metals as bio indicators in some selected bee pollen samples from Jordan, *Saudi Journal of Biological Sciences* 26, 1418–1422
6. Altunatamaz, S., Tarhan, D., Aksu, F., Barutcu, B., OR, M. (2017), Mineral element and heavy metal (cadmium, lead and arsenic) levels of bee pollen in Turkey. *Food Sci. Technol.* Print version ISSN 0101-2061.
7. Alqurni A. S, Owayss A. A, Mahmoud A. A, & Hannan M. A. (2014). Mineral content and physical properties of local and imported honeys in Saudi Arabia. *Journal of Saudi Chemical Society*, 18, 618–625.
8. Anklam E. (1998) A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. *Food Chem.*, 63, 549
9. Anđelković B, Jevtić G, Mladenović M, Marković J, Petrović M, Nedić N. (2012). Quality of pollen and honey bee bread collected in spring. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 1, 275–277.
10. Anon (2021). Occurrence, Extraction, and Uses. Available at: <https://chem.libretexts.org/@go/page/34417>
11. Ascher J.S, Pickering J- (2017). Discover Life bee species guide and world checklist (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila) <https://www.discoverlife.org/mp/20q?search=Apoidea>
12. Atanassova J., Yurukova L., Lazarova M. (2012). Pollen and inorganic characteristics of Bulgarian unifloral honeys. *Czech J Food Sci* 30: 520–6.
13. Atkins, E.L., Kellum, D. Atkins, K.W. (1981) Reducing pesticide hazards to honey bees: mortality prediction techniques and integrated management strategies. Leaflet-University of California, Cooperative Extension Service, USA.
14. Bakour, M.; Fernandes, Â.; Barros, L.; Sokovic, M.; Ferreira, I.C.F.R. Badiia lyoussi (2019) Bee Bread as a Functional Product: Chemical Composition and Bioactive Properties. *LWT Food Sci. Technol.* 2019, 109, 276–282
15. Barajas J, Cortes-Rodriguez M, & Rodríguez-Sandoval E. (2012). Effect of temperature on the drying process of bee pollen from two zones of Colombia. *Journal of Food Process Engineering*, 35(1), 134–148
16. Baroni M.V, Podio N.S, Badini R.G, Inga M, Ostera H.A, Cagnoni M, Gautier E.A, Garcia P.P, Googewerff J, Wunderlin D.A. (2015). Linking soil, water, and honey composition to assess the geographical origin of Argentinean honey by multielemental and isotopic analyses *J. Agric. Food Chem.*, 63, pp. 4638-4645
17. Bartha Z, Taut I, Goji G, Vlad IA i Dinulică F. (2020), Heavy Metal Content in Polyfloral Honey and Potential Health Risk. A Case Study of Cops, a Mică, Romania *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17, 1507; doi:10.3390/ijerph17051507

18. Bauer D.M, Wing I.S. (2016). The macroeconomic cost of catastrophic pollinator declines, Ecological economics, Volume 126, 1-13
19. Berinde Z.M, Michnea A.M. (2013). A comparative study on the evolution of environmental and honey pollution with heavy metals. J Sci Arts 2:173–80
20. Bettar I, González-Miret M. L, Hernanz D, Marconi, J. H. F, Terrab A. (2015). Characterisation of Moroccan Spurge (*Euphorbia*) honeys by their physicochemical characteristics, mineral contents and colour, Arabian Journal of Chemistry, ISSN 1878-5352, <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2015.01.003>.
21. Bibi S, Husain S.Z, Malik R.N. (2008). Pollen analysis and heavy metals detection in honey samples from seven selected countries, Pak. J. Bot., 40(2): 507-516
22. Bilandžić N, Gačić M, Đokić M, Sedak, Ivanec Šipušić Đ, Končurat A, Tlak Gajger I. (2014). Major and trace elements levels in multifloral and unifloral honeys in Croatia Journal of Food Composition and Analysis, 33, 132-138
23. Bilandžić N, Tlak G. I, Kosanović M, Čalopek B, Sedak M, Solomun K.B, Varenina I, Božić L.Đ, Varga I, Đokić M. (2017). Essential and toxic element concentrations in monofloral honeys from southern Croatia, Food Chemistry, Volume 234, 245-253, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.180>.
24. Bilandžić N, Sedak M, Đokić M, Bošković A.G, Florijančić T, Bošković I, Kovačić M, Puškadija Z, Hruškar M. (2019) Element content in ten Croatian honey types from different geographical regions during three seasons Journal of Food Composition and Analysis 84 103305, 1-12
25. Bjørklunda G, Dadarab M, Mutterc J, Aasethd J. (2017). The toxicology of mercury: Current research and emerging trends Environmental Research 159 pg. 545–554 ISSN 0013-9351, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.08.051>.
26. Bobis O, Marghitas L. A, Dezmiorean D, Morar O, Bonta V, & Chirila F. (2010). Quality parameters and nutritional value of different commercial bee products. Bulletin of University of agricultural sciences and veterinary medicine Cluj–Napoca. Animal science and biotechnologies, Vol. 67, 1–2.
27. Bogdanov S. (2006). Contaminants of bee products. Apidologie 37, 1e18
28. Bogdanov S, Haldimann M, Luginbühl W. P, Gallmann P. (2007). Minerals in honey: environmental, geographical and botanical aspects. Bee World, 46, 269–275.
29. Bontempo L, Camin F, Ziller L, Perini M, Nicolini G, Larcher R. (2017). Isotopic and elemental composition of selected types of Italian honey, Measurement, Volume 98, 283-289, ISSN 0263-2241, <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2015.11.022>.
30. Bose J, Babourina O, Rengel Z. (2011.) Role of magnesium in alleviation of aluminium toxicity in plants. J Exp Bot 62:2251–2264. doi: 10.1093/jxb/erq456
31. Bradberry M. (2016). Metals (cobalt, copper, lead, mercury), Medicine, Volume 44, Issue 3, 182-184, ISSN 1357-3039, <https://doi.org/10.1016/j.mpmed.2015.12.008>.
32. Calderone N.W. (2012). Insect pollinated crops, insect pollinators and US agriculture: trend analysis of aggregate data for the period 1992–2009 PLoS One, 7 (5), p. e37235
33. Cantarelli M.A., Camina J.M., Pettenati E.M., Marchevsky E.J., pellerano R.G. (2011) Trace mineral content of Argentinean raw propolis by neutron activation analysis (NAA): Assessment of geographical provenance by chemometrics. LWT – Food Sci. Technol., 44, 256,
34. Chauzat M-P, Carpentier P, Martel A-C, Bougeard S, Cougoule N, Porta P, Lachaize J, Madec F, Aubert M, Faucon J-P. (2009). Influence of Pesticide Residues on Honeybee (*Hymenoptera: Apidae*) Colony Health in France. Environmental entomology. 38. 514-23. 10.1603/022.038.0302.
35. Chua L.S, Abdul-Rahaman N.L, Roji M. Sarmidi, Aziz R. (2012) Multi-elemental composition and physical properties of honey samples from Malaysia Food Chemistry 135, 880–887

36. Ćirić J, Baltić Ž. M, Đorđević V, Janjić J, Jovetić M, Spirić D, Baltić B. (2018). Tehničko rešenje, Novo tehničko rešenje primenjeno na međunarodnom nivou (M81) PERGA U MEDU.
37. Ćirić, J., Haneklaus, N., Rajić, S., Baltić, T., Lazić, I. B., & Đorđević, V. (2022). Chemical composition of bee bread (perga), a functional food: A review. *Journal of Trace Elements and Minerals*, 100038. <https://doi.org/10.1016/j.jtemin.2022.100038>
38. Ćirić J, Sando D, Spirić D, Janjić J, Bosković M, Glisic M, Baltić M.Z. (2018). Characterization of Bosnia and Herzegovina honey according to their physico-chemical properties during 2016-2017, *Meat Technology* 59, 1, 46–53 http://www.journalmeattechnology.com/index.php/meat_technology/issue/view/8/pdf
39. Ćirić J, Spirić D, Baltić T, Janjić J, Petronijević R, Simunović S, Djordjević V. (2019). Element concentration and fatty acid composition of Serbian bee bread. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 333, No. 1, p. 012050). IOP Publishing. doi:10.1088/1755-1315/333/1/012050
40. Ćirić, J., Đorđević, V., Trbović, D., Baltić, T., Lazić, I. B., Matović, K., & Parunović, N. (2020a). Risk assessment of toxic elements in black locust honey. *Scientific journal "Meat Technology"*, 61(1), 70-74.
41. Ćirić J, Spirić D, Baltić T, Lazić I. B, Trbović D, Parunović N, Đorđević V. (2020b). Honey Bees and Their Products as Indicators of Environmental Element Deposition. *Biological Trace Element Research*, 1-8. DOI <https://doi.org/10.1007/s12011-020-02321-6>.
42. Colin V.L, Villegas L.B, Abate C.M. (2016). Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196, 309–323
43. Conti M. E, Canepari S, Finoia M.G, Mele G, Astolfi M. L.(2018). Characterization of Italian multifloral honeys on the basis of their mineral content and some typical quality parameters, *Journal of Food Composition and Analysis*, Volume 74, 102-113, ISSN 0889-1575, <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.09.002>.
44. Colton, T. "Regression and correlation." *Statistics in medicine* 189 (1974): 218.
45. Clermont A, Eickermann M, Kraus F, Hoffmann L, Beyer M. (2015). Correlations between land covers and honey bee colony losses in a country with industrialized and rural regions, *Science of The Total Environment*, Volume 532, 1-13, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.05.128>
46. Commission Regulation, 2015. (EU) 2015/1005 of 25 June 2015 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of lead in certain foodstuffs. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2015/1005/oj>.
47. Costa M.C.A, Morgano M.A, Miguel C. M.F, Milani R.F.(2019). Quantification of mineral composition of Brazilian bee pollen by near infrared spectroscopy and PLS regression, *Food Chemistry*, Volume 273, 85-90, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.017>
48. Council Directive 2001/110/EC relating to honey. *Official Journal of the European Communities*, L 10, 47–52 *Curr. Environ. Health Rep.*, 2 (1), pp. 52-68
49. Cvetković Ž.R. Mineral and chemical composition particles in the atmosphere Kolubara basin zone and environmental impact (2013), University of Belgrade, Faculty of mining and geology
50. Czipa N, Burján Z, András D, Kovács B (2012) Trace Element Content Of Hungarian Acacia Honeys. *European Chemical Bulletin*, 1 (11), 446-449
51. Czipa N, András D, Kovács B. (2015). Determination of essential and toxic elements in Hungarian honeys *Food Chemistry*, 175 , 536-542
52. de Alda-Garcilope C, Gallego-Picó A, Bravo-Yagüe J, Garcinuño-Martínez R, Fernández-Hernando P. (2012). Characterization of Spanish honeys with protected designation of origin “Miel de Granada” according to their mineral content. *Food Chem* 135:1785–8

53. de Andrade CK, dos Anjos VE, Felsner ML, Torres YR, Quin'ia SP. (2014). Direct determination of Cd, Pb and Cr in honey by slurry sampling electrothermal atomic absorption spectrometry. *Food Chem* 146:166–73
54. Demirci, M., 2014. Food chemical, seventh ed. Istanbul, Hat, pp. 148–156
55. Devillers J, Doré JC, Marenco M, Poirier-Duchêne F, Galand N, Viel C. (2002). *J Agric Food Chem.* ; 50(21):5998-6007.
56. Díaz, S., Paz, S., Rubio, C., Gutierrez, A.J., Gonzalez-Weller, D., Revert, C., Bentabol, A., Hardisson, A., (2019). Toxic metals and trace elements in Artisanal honeys from the Canary Islands. *Biol. Trace Elem. Res.* 190, 242e250. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1538-0>
57. s12011-018-1538-0
58. DiSTAL e UniBo, 2010. Università Politecnica delle Marche, Facoltà di Agraria, Dipartimento di Scienze Ambientali e delle Produzioni Vegetali. Biomonitoraggio ambientale mediante l'utilizzo di Apis mellifera. http://www.ambiente.marche.it/Portals/0/Ambiente/Natura/2010_api_relazione.pdf
59. Duffus, John H. (2002) "Heavy metals" a meaningless term? (IUPAC Technical Report): "Pure and Applied Chemistry", vol. 74, no. 5, pp. 793-807. <https://doi.org/10.1351/pac200274050793>
60. El-Haskoury R., Kriaa W., Lyoussi B., Makni M. (2018) *Ceratonia siliqua* honeys from Morocco: Physicochemical properties, mineral contents, and antioxidant activities, *Journal of Food and Drug Analysis*, Volume 26, Issue 1, 67-73, ISSN 1021-9498, <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.11.016>.
61. Evans GR, Masullo LN. (2021) Manganese Toxicity. [Updated 2021 Jul 31]. In: StatPearls <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560903/>
62. Fakhimzadeh K. and Martin L. (2000). Heavy metals in Finnish honey, pollen and honey bees. *Apiacta* 35(2): 85-95. 35.
63. Fakhri, Y.; Abtahi, M.; Atamaleki, A.; Raoofi, A.; Atabati, H.; Asadi, A.; Miri, A.; Shamloo, E.; Alinejad, A.; Keramati, H.; (2019). The concentration of potentially toxic elements (PTEs) in honey: A global systematic review and meta-analysis and risk assessment. *Trends Food Sci. Technol.*, 91, 498–506
64. Fernández-T. R, Pérez-B. J. L, Bello-L. M. Á, Callejón-M., M. J.(2005). Mineral content and botanical origin of Spanish honeys. *Talanta*. 2005 Feb 15;65(3):686-91. doi: 10.1016/j.talanta.2004.07.030. PMID: 18969853.
65. Formicki G, Greń A, Stawarz R, Zyśk B, Gał A. (2013). Metal Content in Honey, Propolis, Wax, and Bee Pollen and Implications for Metal Pollution Monitoring. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(1), 99-106.
66. Frazier M, Frazier J.L, Ashcraft S., Simonds R., Pettis J.S. (2010). High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: implications for honey bee health *PloS one*, 5 (3)9754
67. Gallai N, Salles J.M, Settele J, Vaissière B.E. (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological economics* 68, 810-821
68. Gajger I, Kosanović M, Bilandžić N, Sedak M, Čalopek B (2016), Variations in lead, cadmium, arsenic, and mercury concentrations during bee wax processing using casting technology *Arh Hig Rada Toksikol*;67:223-228 doi: 10.1515/aiht-2016-67-2780
69. Georgijev A, Plavša N. (2005). Korelacija između površine legla i pčela na produktivnost pčelinjih društava. *Zbornik plenarnih i naučnih radova, XII naučno savetovanje sa međunarodnim učešćem Kvalitet i promet meda i pčela*, Beograd 12-13.februar, ISBN 86-80733-91, 107-112
70. Gizaw, G., Kim, Y., Moon, K. , Kyung H., Choi J. B., K., Kim Y.H., Park, J. K. (2020). Effect of environmental heavy metals on the expression of detoxification-related genes in honey bee *Apis mellifera*. *Apidologie* 51, 664–674 <https://doi.org/10.1007/s13592-020-00751-8>

71. Golob T, Doberšek U, Kump P, Necemer M. (2005). Determination of trace elements in Slovenian honey by total reflection X-ray fluorescence spectroscopy. *Food Chemistry*, 91(4), 593–600
72. Golubkina N. A, Sheshnitsan S. S, Kapitalchuk M.V, Erdenotsogt E. (2016). Variations of chemical element composition of bee and beekeeping products in different taxons of the biosphere, *Ecological Indicators*, Volume 66, 452-457, ISSN 1470-160X, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.01.042>
73. Goretti E, Pallottini M, Rossi R, La Porta G, Gardi T, Cenci Goga B.T., Elia A.C., Galletti M, Moroni B, Petroselli C, Selvaggi R, Cappelletti D. (2020). Heavy metal bioaccumulation in honeybee matrix, an indicator to assess the contamination level in terrestrial environments, *Environmental Pollution*, Volume 256, 113388, ISSN 0269-7491, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113388>.
74. Greenpeace Research Laboratories Technical Report 03-2014 The bees' burden an analysis of pesticide residues in comb pollen (beebread) and trapped pollen from honey bees (*Apis mellifera*) in 12 european countries
75. Gregori J, Poklukar J, Mihelič J. (2003). The carniolan bee (*Apis mellifera carnica*) in Slovenia. *Beekeepers Association of Slovenia*: 1-48.
76. Grainger M.N.C, Hewitt N, French A.D. (2020) Optimised approach for small mass sample preparation and elemental analysis of bees and bee products by inductively coupled plasma mass spectrometry *Talanta* 214, 120858, 1-9
77. Gupta N, Khan D.K, Santra S.C. (2010). Determination of public health hazard potential of wastewater reuse in crop production. *World Rev. Sci. Technol. Sustain. Dev* 7, 328–340
78. Harmanescu, M., Popovici, D., Gergen, I., 2007. Mineral micronutrients composition of Bee's. *J. Agroalimentary Process. Technol.*, 175–182
79. Hejna M., Gottardo D., Baldi A., Dell'Orto V., Cheli F., Zaninelli M., Rossi L. (2018) Review: Nutritional ecology of heavy metals, *Animal*, Volume 12, Issue 10, Pages 2156-2170, <https://doi.org/10.1017/S175173111700355X>.
80. Hladun, K.R, Di N, Liu T.X, and Trumble J.T. (2016) Metal Contaminant Accumulation In The Hive: Consequences For Whole-Colony Health And Brood Production In The Honey Bee (*Apis Mellifera* L.) *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 35, No. 2, pp. 322–329
81. IARC. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Vol. 49. Lyon, France: IARC Scientific Publications, IARC; 1990. Ilijević K, Vujanović D, Orčić S, Purać J, Kojić D, Zarić N, Gržetić I, Blagojević D.P, Čelić T.V. (2021), Anthropogenic influence on seasonal and spatial variation in bioelements and non-essential elements in honeybees and their hemolymph, *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, Volume 239, 108852, ISSN 1532-0456, <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2020.108852>.
82. Ilijević K, Vujanović D, Orčić S, Purać J, Kojić D, Zarić N, Gržetić I, Blagojević D.P., Čelić T.V. (2021) Anthropogenic influence on seasonal and spatial variation in bioelements and non-essential elements in honeybees and their hemolymph, *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, Volume 239, ISSN 1532-0456, <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2020.108852>.
83. International Agency for Research on Cancer 1991, Chlorinated drinking-water chlorination by-products some other halogenated compounds cobalt and cobalt compounds. *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum* 1991; 52:1–544.
84. Ioannidou M.D, Zachariadis G.A., Anthemidis A.N, Stratis J.A (2005). Direct determination of toxic trace metals in honey and sugars using inductively coupled plasma atomic emission spectrometry *Talanta* 65 92–97
85. Islam M.N, Khalil M.I, Islam M.A, Gan S.H. (2014). Toxic compounds in honey *Journal of Applied Toxicology*, 34 733-742 ISSN 2214-5745,

- <https://doi.org/10.1016/j.cois.2015.01.015.H>
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214574515000188>
86. Ivanović J, Baltić M. Ž, Jelić D, Janjić J, Bošković M, Marković R, Dokmanović-Starčević M. (2015). Research of production volume and market turnover of honey from 2004 to 2014. *Veterinarski glasnik*, 69(5-6), 467-478.
 87. Jaishankar M, Tseten N. A., Mathew B.B, Beeregowda K.N. (2014). Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdiscip. Toxicol.*, 7 (2) 60-72
 88. Jovetić, M., Trifković, J., Stanković, D., Manojlović, D., & Milojković-Opsenica, D. (2017). *Mineral Content as a Tool for the Assessment of Honey Authenticity*. *Journal of AOAC International*, 100(4), 862–870. doi:10.5740/jaoacint.17-0145
 89. Kalnins A. A., & Detroy, B. F. (1984). Effect of wood preservative treatment of beehives on honey bees and hive products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 31, 1176–1180
 90. Karagas M.R, Gossai A, Pierce B, Ahsan H. (2015). Drinking water arsenic contamination, skin lesions, and malignancies: a systematic review of the global evidence, *Curr Environ Health Rep*;2(1),52-68
 91. Kaygusuz H, Tezcan F, Erim F.B, Yildiz O, Sahin H, Can Z, Kolayli S. (2016). Characterization of Anatolian honeys based on minerals, bioactive components and principal component analysis, *LWT - Food Science and Technology*, Volume 68, 273-279, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.005>.
 92. Khalifa M.H, Aly G.F. & Abdelhameed K.M.A. (2020) Heavy metal accumulation and the possible correlation with acetylcholinesterase levels in honey bees from polluted areas of Alexandria, Egypt *African Entomology* 28(2): 385–393
 93. Khan, K. A., Ghramh, H. A., Ahmad, Z., El-Niweiri, M. A. A., & Mohammed, M. E. A. (2021). *Honey bee (Apis mellifera) preference towards micronutrients and their impact on bee colonies*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(6), 3362–3366. doi:10.1016/j.sjbs.2021.02.084
 94. Kieliszek M, Piwowarek K, Kot A-M, Błażej S, Chlebowska-Ś A , Wolska I- (2018). Pollen and bee bread as new health-oriented products: A review, *Trends in Food Science & Technology*, Volume 71, 170-180, ISSN 0924-2244, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.02>
 95. Klein AM, Boreux V, Fornoff F, Mupepele AC, Pufal G. (2018) Relevance of wild and managed bees for human well-being. *Curr Opin Insect Sci*. Apr;26:82-88. doi: 10.1016/j.cois.2018.02.011. Epub 2018 Feb 8. PMID: 29764666.
 96. Kobayashi T, Nozoye T, Nishizawa N. K. (2019). Iron transport and its regulation in plants, *Free Radical Biology and Medicine*, Volume 133, 11-20, ISSN 0891-5849, <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2018.10.439>.
 97. Komosińska –V. K, Olczyk P, Kaźmierczak J, Mencner L, Olczyk K. (2015). Bee pollen: Chemical composition and therapeutic application. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine, <http://dx.doi.org/10.1155/2015/297425> Article ID 297425.
 98. Konstatinos M. K, Chris A, Pelagia A, Kyriaki M. (2014). Pesticide residues in honeybees, honey and bee pollen by LC–MS/MS screening: Reported death incidents in honeybees, *Science of The Total Environment*, Volumes 485–486, 633-642, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.03.042>
 99. Kosanović M, Bilandžić N, Sedak M, Kos S, Tlak Gajger I (2019). Koncentracije arsena, kadmija i žive u pčelinjem vosku (*Apis mellifera*) tijekom njegove prerade iz saća u satne osnove VETERINARSKA STANICA 50 (1), 2019
 100. Kropf, U., Korošec, M., Bertoneclj, J., Ogrinc, N., Nečemer, M., Kump, P., & Golob, T. (2010). Determination of the geographical origin of Slovenian black locust, lime and chestnut honey. *Food Chemistry*, 121(3), 839-846.
 101. Kunachowicz H, Nadolna I, Przygoda B, Iwanow K. (2005). Tabele składu i wartości odżywczej żywności. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL; 2005.
 102. Laaroussi H, Bouddine T, Bakour M, Ousaaïd D, Lyoussi B. (2020) Physicochemical properties, mineral content, antioxidant activities, and microbiological quality of *Bupleurum*

- spinosum Gouan honey from the Middle Atlas in Morocco Journal of Food Quality, 10.1155/2020/7609454
103. Lambert O, Piroux M, Puyo S, Thorin C, Larhantec M, Delbac F, Pouliquen H. (2012). Bees, honey and pollen as sentinels for lead environmental contamination, Environmental Pollution, Volume 170, 254-259, ISSN 0269-7491, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.07.012>.
104. Lanjwani M.F, Channan F.A. (2019) Minerals content in different types of local and branded honey in Sindh, Pakistan, Heliyon, Volume 5, Issue 7, SSN 2405-8440, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02042>.
105. Lau P, Nieh J. (2016). Salt preferences of honey bee water foragers. Journal of Experimental Biology, 219, 790-796, doi: 10.1242/jeb.132019.
106. Lazarus M, Tariba Lovaković B, Orct T, Sekovanić A, Bilandžić N, Đokić M, Solomun Kolanović B, Varenina I, Jurić A, Denžić Lugomer M, Bubalo D. (2021) Difference in pesticides, trace metal(loid)s and drug residues between certified organic and conventional honeys from Croatia, Chemosphere, Volume 266, 128954, ISSN 0045-6535, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128954>
107. Leita L, Muhlbachova G, Cesco S, Barbattini R, Mondini C. (1996). Investigation of the use of honey bees and honey bee products to assess heavy metals contamination. Environ Monit Assess. 43:1–9.
108. Li Q.Q, Wang K, Marcucci M. C, Frankland S. A, Christine H, Hu L, Xue XF, Wu L.M, Hu F.L. (2018). Nutrient-rich bee pollen: A treasure trove of active natural metabolites, Journal of Functional Foods, Volume 49, 472-484, ISSN 1756-4646, <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.09.008>.
109. López A.M, Prieto M.F, Miranda M, Castillo C, Hernández J, Luis B. J. (2004). Interactions between toxic (As, Cd, Hg and Pb) and nutritional essential (Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Zn) elements in the tissues of cattle from NW Spain. Biometals. 2004; 17(4):389–97
110. López de R.D, Olivares M, Uauy R, Araya M. (2011). Risks and benefits of copper in light of new insights of copper homeostasis, Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, Volume 25(1), 3-13, ISSN 0946-672X, <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2010.11.004>.
111. Louppis A.P, Karabagias I.K, Kontakos S, Kontominas M.G, Papastephanou C. (2017). Botanical discrimination of Greek unifloral honeys based on mineral content in combination with physicochemical parameter analysis, using a validated chemometric approach, Microchemical Journal, Volume 135, 180-189, ISSN 0026-265X, <https://doi.org/10.1016/j.microc.2017.09.004>.
112. Lutz C.A, Mazur E.E, Litch N.A. (2015). Minerals In Nutrition & diet therapy: Evidence based applications (6th ed., pp. 148-150). Philadelphia, PA: F. A. Davis Company LWT, Volume 84, 402-408, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.06.003>.
113. Mahé C, Jumarie M, Boily M. (2021) The countryside or the city: Which environment is better for the honeybee? Environmental Research Volume 195, April 2021, 110784
114. Mahbub K.R, Krishnan K, Naidu R, Andrews S, Megharaj M. (2017). Mercury toxicity to terrestrial biota, Ecological Indicators, Volume 74, 451-462, ISSN 1470-160X, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.12.004>
115. Matin G, Kargar N, Buyukisik H.B. (2016). Bio-monitoring of cadmium, lead, arsenic and mercury in industrial districts of Izmir, Turkey by using honey bees, propolis and pine tree leaves, Ecological Engineering, Volume 90, 331-335, ISSN 0925-8574, <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.01.035>
116. Mbiri A, Anam O, Nathan O, Murago E. (2011). Determination of essential and heavy metals in Kenyan honey by atomic absorption and emission spectroscopy. JAGST Vol. 13(1) 107-115

117. Meli M.A, Desideri D, Roselli C, Benedetti C, Feduzi L. (2015). Essential and toxic elements in honeys from region of central Italy J. Toxicol. Environ. Health A, 78, 617-627
118. Menahem E, Meni B.H. (2018). Heavy metals and metalloids: Sources, risks and strategies to reduce their accumulation in horticultural crops, Scientia Horticulturae, Volume 234, 431-444, ISSN 0304-4238, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.039>
119. Mihailović Aleksandra (2015). Fizičke karakteristike zemljišta i distribucija teških metala na gradskom području Novog Sada- doktorska disertacija Univerzitet U Novom Sadu Prirodno-matematički fakultet departman za fiziku, https://www.df.uns.ac.rs/wp-content/uploads/publikacije/disertacija_a_mihailovic.pdf
120. Mohammad, S.M.; Mahmud-Ab-Rashid, N.-K.; Zawawi, N. (2020) Botanical Origin and Nutritional Values of Bee Bread of Stingless Bee (*Heterotrigona itama*) from Malaysia. J. Food Qual. 2020, 2845757
121. Moniruzzaman M, Chowdhury MA, Rahman MA, Sulaiman SA, Gan SH. (2014). Determination of mineral, trace element, and pesticide levels in honey samples originating from different regions of Malaysia compared to manuka honey. Biomed Res Int. 2014;2014:359890. doi: 10.1155/2014/359890. Epub 2014 Jun 1. PMID: 24982869; PMCID: PMC4058684.
122. Mondragón C.P, Ulloa J, Rosas U.P, Rodríguez-R.R, Resendiz V.J. (2013). Physicochemical characterization of honey from the West region of México. CyTA-J Food 11:7–13.
123. Mračević Đ.S., Krstić M, Lolić A, Ražić S. (2020). Comparative study of the chemical composition and biological potential of honey from different regions of Serbia, Microchemical Journal 152, 104420
124. Mullin C.A, Alexander J. Mc, Elke G. (2015). Honey bee colony losses and associated viruses, Current Opinion in Insect Science, Volume 8, 121-129,
125. Nayik, G.A, Shah T.R, Muzaffar K, Wani S.A, Gull A, Majid I. (2014). Honey: Its history and religious significance: A review. UJP, 03, 5–8.
126. Naggar Y. A. A, El-Saied A. Naiem, Amal I. Seif and Mohamed H. (2013) Mona Honey bees *A. mellifera* and their products as a bio-indicator of environmental pollution with heavy metals MELLIFERA 13-26:10-20 Harum
127. Nanda V., Sarkar B.C., Sharma H.K., Bawa A.S. (2003). Physico-chemical properties and estimation of mineral content in honey produced from different plants in Northern India, Journal of Food Composition and Analysis, Volume 16, Issue 5, 613-619, ISSN 0889-1575, [https://doi.org/10.1016/S0889-1575\(03\)00062-0](https://doi.org/10.1016/S0889-1575(03)00062-0). (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157503000620>)
128. Necemer, M., Kosir, I. J., Kump, P., Kropf, U., Jamnik, M., Bertoncelj, J., ... & Golob, T. (2009). Application of total reflection X-ray spectrometry in combination with chemometric methods for determination of the botanical origin of Slovenian honey. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57(10), 4409-4414.
129. Nikolov B, Golubinova I, Marinov-Serafimov P, Petrova S. (2019). Trace Element Content of Polyfloral Honey and Beeswax from the Vicinity of Non-Ferrous Metal Plant. Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca: Food Science and Technology. 76. 2019. 10.15835/buasvmcn-fst:2019.0022
130. Oroian, M., Amariei, S., Leahu, A., & Gutt, G. (2015). Multi-element composition of honey as a suitable tool for its authenticity analysis. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 65(2), 93-100.
131. Ošap M. (2017). Sistematika porodice pčela (*Apidae*, Insecta), Završni rad, Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivrede Smjer Bilinogojstvo, Osijek
132. Ördög A, Görgényi-Miklósné-Tari I, Bátori Z, Poór P, (2017). Mineral content analysis of unifloral honeys from the Hungarian Great Plain. Journal of elementology, 22(1): 271-281.

133. Özcan, M. M, Al Juhaimi, F. Y. (2011). Determination of heavy metals in bee honey with connected and not connected metal wires using inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP–AES). *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(4), 2123–2126.
134. Patruica, S., Harmanescu, M., Bura, M., Jivan, A., & Ciobanas, C. (2008). Researches concerning of the mineral content of Acacia honey derived on Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies, 41(2), 325-327
135. Patruica, S., Harmanescu, M., Jivan, A., Cioaba, C., Simiz, E., & Calamar, C. D. (2009). Researches regarding the mineral trace content of some honey types harvested from Southern Romania during 2007 and 2008. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 42(2), 178-181
136. Perna A, Simonetti A, Intaglietta I, Sofo A, Gambacorta E.(2012). Metal content of southern Italy honey of different botanical origins and its correlation with polyphenol content and antioxidant activity. *International Journal of Food Science & Technology*, 47: 1909-1917. doi:10.1111/j.1365-2621.2012.03050.x
137. Perugini M, Manera M, Grotta L, Abete M.C, Tarasco R, Amorena M. (2011). Heavy metals (Hg, Cr, Cd and Pb) contamination in urban areas and wildlife reserves: honeybees as bioindicators. *Biological Trace Element Research*, 140: 170-176. doi: 10.1007/s12011-010-8688-z
138. Pirrone N, Cinnirella S, Feng X, Finkelman R. B, Friedli H. R, Leaner J, Mason R, Mukherjee A. B, Stracher G. B, Streets D. G, Telmer K. (2010). Global mercury emissions to the atmosphere from anthropogenic and natural sources *Atmos. Chem. Phys.*, 10, 5951-5964
139. Plavša N, Nedić N. (2015). *Praktikum iz pčelarstva 2015*, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad, ISBN 978-86-7520-325-4
140. Plavša N, Pavlović I. (2018). *Bolesti pčela 2018*, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Biblioteka Matice Srpske Novi Sad, ISBN 978-86-7520-412-1, file:///E:/HONEY%20BEE/BOLESTI%20PCELA%20ZA%20WEB.pdf
141. Pohl P, Bielawska P. A, Dzimitrowicz A, Jamroz P, Welna M, Lesniewicz A, Szymczycha M. A. (2017). Recent achievements in element analysis of bee honeys by atomic and mass spectrometry methods, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, Volume 93, 67-77, ISSN 0165-9936, <https://doi.org/10.1016/j.trac.2017.05.009>
142. Polykretis P, Delfino G, Petrocelli I, Cervo R, Tanteri G, Montori G, Perito B, Branca J.J.V, Morucci G, Gulisano M. (2016). Evidence of immunocompetence reduction induced by cadmium exposure in honey bees (*Apis mellifera*), *Environmental Pollution*, Volume 218, 826-834, ISSN 0269-7491, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.08.006>.(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749116306765>)
143. Porrini C, Ghini S, Girotti S, Sabatini AG, Gattavecchia E, Celli G (2002) Use of honeybees as bioindicators of environmental pollution in Italy. In: Devillers J, Pham-Delègue MH (eds)
144. Pravilnik o količinama pesticida, metala i metaloida i drugih otrovnih supstancija, hemioterapeutika. anabolika i drugih supstancija koje se mogu nalaziti u namirnicama (Sl. list SRJ br. 5/92, 11/92, 32/02, 25/10 i 28/11).
145. Ptaszyńska A.A, Marek Gancarz M, Paul J. Hurd P.J, Grzegorz Borsuk G, Dariusz Wiącek D, Agnieszka Nawrocka A, Aneta Strachecka A, Daniel Zaouski D, Jerzy Paleolog J (2018). Changes in the bioelement content of summer and winter western honeybees (*Apis mellifera*) induced by *Nosema ceranae* infection *PLOS ONE* | <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200410> July 25, 1-18

146. Rahman Md. M, Hossain K.F.B, Banik S, Sikder Md. T, Akter M, Bondad S.E.C, Rahaman Md. S, Toshiyuki H, Takeshi S, Kurasaki M. (2019). Selenium and zinc protections against metal-(loids)-induced toxicity and disease manifestations: A review , *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Volume 168, 146-163, ISSN 0147-6513, <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.10.054>
147. Renu K., Panda A., Vellingiri B., George A., Valsala Gopalakrishnan A., (2021). Arsenic: an emerging role in adipose tissue dysfunction and muscle toxicity, *Toxin Reviews*, Taylor & Francis 10.1080/15569543.2021.1992443
148. Roberts T.L. (2014). Cadmium and phosphorous Fertilizers: The issues and the science *Procedia Engineering*, 83, 52-59
149. Roman A. (2010). Level of copper, selenium, lead, and cadmium in forager bees. *Polish Journal of Environmental Studies*, 19, 3, 663-669
150. Ross A.C, Taylor C.L, Yaktine A.L, Dell H.B. (2011). Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D. Washington (DC): National Academies Press (US). Tolerable Upper Intake Levels: Calcium and Vitamin D. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK56058>
151. Ruschioni S, Riolo P, Minuz R.L, Cannella M, Porrini C, Isidoro N. (2013). Biomonitoring with Honeybees of Heavy Metals and Pesticides in Nature Reserves of the Marche Region (Italy) *Biol Trace Elem Res* 154: 226. <https://doi.org/10.1007/s12011-013-9732-6>
152. Sadeghi A, Mozafari A, Bahmani R, Shokri K. (2012). Use of honeybees as bio-indicators of environmental pollution in the Kurdistan province of Iran., *Journal of Apicultural Science*, 83-88
153. Sajtos Z, Herman P, Harangi S, Baranyai E.(2019). Elemental analysis of Hungarian honey samples and bee products by MP-AES method, *Microchemical Journal*, Volume 149, 103968, ISSN 0026-265X, <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.103968>.
154. Sakač M.B, Jovanov P.T, Marić A. Z, Pezo L.L, Kevrešan Ž.S, Novaković A. R, Nedeljković N.M. (2019). Physicochemical properties and mineral content of honey samples from Vojvodina (Republic of Serbia), *Food Chemistry*, Volume 276, 15-21, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.149>.
155. Sattler J.A.G, De-Melo A.A.M, Nascimento K.S.D, Mancini-Filho J, Sattler A, Almeida-Muradian L.B.D. (2016). Essential minerals and inorganic contaminants (barium, cadmium, lithium, lead and vanadium) in dried bee pollen produced in Rio Grande do Sul State. Brazil. *Food Science and Technology*. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.0029>.
156. Saunier J.B, Losfeld G, Freydier R, Grison C. (2013). Trace elements biomonitoring in a historical mining district (les Malines, France) *Chemosphere*, 93, 2016-2023
157. Seeley T.D. (2014). *Honeybee Ecology: A Study of Adaptation in Social Life*. Princeton: Princeton University Press; 2014. <http://ezproxy.nb.rs:2059/login.aspx?direct=true&db=e000xww&AN=791303&site=ehost-live>. Accessed March 25, 2019.
158. Sekulić P, Hadžić V, Bogdanović D, Vasin J, Pucarević M, Milošević N. (2004) Projekat kontrola kvaliteta životne sredine na teritoriji AP Vojvodine - nepoljoprivredno zemljište -Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad Zavod za zemljište, agroekologiju i đubriva Laboratorija za agroekologiju Maksima Gorkog 30 Novi Sad
159. Sharma, A., Kapoor, D., Wang, J., Shahzad, B., Kumar, V., Bali, A. S., Jasrotia, S., Zheng, B., Yuan, H., & Yan, D. (2020). Chromium Bioaccumulation and Its Impacts on Plants: An Overview. *Plants (Basel, Switzerland)*, 9(1), 100. <https://doi.org/10.3390/plants9010100>
160. Silici S, Uluzlu O.D, Tuzen M, Soylak M. (2016). Honeybee and honey as monitors for heavy metal contamination near the thermal power plants in Mugla, Turkey. *Toxicol Industrial Health*. 32(3); 507-516.

161. Silva L.R, Videira R, Monteiro A.P, Valentão P, Andrade PB.(2009). Honey from Luso region (Portugal): Physicochemical characteristics and mineral contents, *Microchemical Journal*, Volume 93(1)73-77, <https://doi.org/10.1016/j.microc.2009.05.005>.
162. Simedru D, Becze A, Cadar O, Roman M, Tanaselia C. (2017). Polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals contamination in honey from Cluj county Romania, *Agriculture and science* 101, 31-36
163. Skorbiłowicz M, Skorbiłowicz E, Cieśluk I. (2018). Bees as Bioindicators of Environmental Pollution with Metals in an Urban Area. *Journal of Ecological Engineering*. 19(3):229-234. doi:10.12911/22998993/85738.
164. Solayman M, Islam M. A, Paul S, Ali Y, Khalil M.I, Alam N, Gan S.H. (2016). Physicochemical Properties, Minerals, Trace Elements, and Heavy Metals in Honey of Different Origins: A Comprehensive Review. *COMPREHENSIVE REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND FOOD SAFETY*, 15: 219-233. doi:10.1111/1541-4337.12182
165. Sovrlić, Z.; Tošić, S.; Kovačević, R.; Jovanović, V.; Krstić (2022), V. The Importance of Measuring Arsenic in Honey, Water, and PM10 for Food Safety as an Environmental Study: Experience from the Mining and Metallurgical Districts of Bor, Serbia. *Sustainability* 2022, 14, 12446. <https://doi.org/10.3390/su141912446>
166. Spirić D, Ćirić J, Đorđević V, Nikolić D, Janković S, Nikolić A, Petrović Z, Katanić N, Teodorović V. (2019a). Toxic and essential element concentrations in different honey types. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 99(5), 474-485.
167. Spirić D, Ćirić J, Teodorović V, Nikolić D, Nikolić A, Radicević T, Janković S. (2019b). Trace elements and heavy metals in multifloral honeys from Serbia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 333, No. 1, 012104). IOP Publishing.
168. Stankovska E, Stafilov T, Šajin R. (2008). Monitoring of trace elements in honey from the Republic of Macedonia by atomic absorption spectrometry, *Environ Monit Assess* (2008) 142: 117. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9913-x>
169. Steinhauer N, Kulhanek K, Antúnez K, Human H, Chantawannakul P, Chauzat M.P, van Engelsdorp D. (2018). Drivers of colony losses, *Current Opinion in Insect Science*, Volume 26, 142-148, ISSN 2214-5745, <https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.02.004>.
170. Squadrone S., Brizio P, Stella C, Pederiva S, Brusa F, Mogliotti P, Garrone A, Maria Cesarina Abete M.C. (2020) Trace and rare earth elements in monofloral and multifloral honeys from Northwestern Italy; A first attempt of characterization by a multi-elemental Profile *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 61 (2020) 126556, 1-7
171. Tafere D.A. (2021). Chemical composition and uses of Honey: A Review, *J Food Sci Nutr Res*; 4 (3): 194-201
172. Taha E.K. A., Al-Kahtani S. (2020) Macro- and trace elements content in honeybee pollen loads in relation to the harvest season, *Saudi Journal of Biological Sciences*, Volume 27, Issue 7, 1797-1800, <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.05.019>
173. Tchounwou P.B, Yedjou C.G, Patlolla A.K, Sutton D.J. (2012). Heavy metal toxicity and the environment, *Exp Suppl*;101:133-64. doi: 10.1007/978-3-7643-8340-4_6.
174. Terrab A, Recamales A.F, Hernandez D, Heredia F.J. (2004). Characterization of Spanish thyme honey by their physicochemical characteristics and mineral contents *Food Chemistry*, 88 (2004), pp. 537-542
175. Thomas D.J. (2015). The chemistry and metabolism of arsenic J.C. States (Ed.), *Arsenic: Exposure Sources, Health Risks and Mechanisms of Toxicity*, Wiley, New York, 149-201
176. Thomas D.J, Bradham K. (2016). Role of complex organic arsenicals in food in aggregate exposure to arsenic, *Journal of Environmental Sciences*, Volume 49, 86-96, ISSN 1001-0742, <https://doi.org/10.1016/j.jes.2016.06.005>

177. Tudoreanu L, Codreanu D, Crivinean V, Goran G.V. (2012) The Quality of Romanian Honey Varieties - mineral content and textural properties *Bulletin UASVM Agriculture*, 69(2) Print ISSN 1843-5246; Electronic ISSN 1843-5386
178. Umeljčić V.(2010), *Pčelarstvo od početnika do profesionalca*, ISBN: 978-86-901835-4-8, Izdavač: Veroljub Umeljčić, Kragujevac
179. Uršulin-Trstenjak, N., Levanić, D., Primorac, L., Bošnjak, J., Vahčić, N., & Šarić, G. (2015). Mineral Profile of Croatian Honey and Differences Due to its Geographical Origin. *Czech Journal of Food Science*, 33(2)
180. van der Steen J.J.M, de Kraker, Grotenhuis T (2012) Spatial and temporal variation of metal concentrations in adult honeybees (*Apis mellifera* L.) *Environmental Monitoring and Assessment* volume 184, pages 4119–4126
181. Van der Steen J.J.M, Cornelissen B, Blacquièrre T, Pijnenburg J.E.M.L, Severijnen M. (2016) Think regionally, act locally: metals in honeybee workers in the Netherlands (surveillance study 2008), *Environ Monit Assess* 188, 463.
182. Vanhanen L.P, Emmertz A, Savage G.P. (2011). Mineral analysis of mono-floral New Zealand honey, *Food Chemistry*, Volume 128(1), 236-240, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.02.064>.
183. Vásquez A, Olofsson T. C. (2009). The lactic acid bacteria involved in the production of bee pollen and bee bread. *Journal of Apicultural Research*, 48(3), 189–195.
184. WHO/FAO/IAEA. World Health Organization. Switzerland: Geneva; 1996. Trace Elements in Human Nutrition and Health
185. Wu Z, Chen L, Wu L, Xue X, Zhao J, Li Y, Ye Z, Lin G. (2015) Classification of Chinese honeys according to their floral origins using elemental and stable isotopic compositions *J. Agric. Food Chem.* 63, pp. 5388-5394
186. Yücel, Yasin & Sultanoğlu, Pınar. (2013). Characterization of Hatay honeys according to their multi-element analysis using ICP-OES combined with chemometrics. *Food chemistry*. 140. 231-7. [10.1016/j.foodchem.2013.02.046](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.02.046).
187. Zafeiraki, E.; Sabo, R.; Kasiotis, K.M.; Machera, K.; Sabová, L.; Majchrák, T. Adult (2022). Honeybees and Beeswax as Indicators of Trace Elements Pollution in a Vulnerable Environment: Distribution among Different Apicultural Compartments. *Molecules*, 27, 6629. <https://doi.org/10.3390/>
188. Zarić N.M, Ilijević K, Stanisavljević L, Gržetić I. (2016). Metal concentrations around thermal power plants, rural and urban areas using honeybees (*Apis mellifera* L.) as bioindicators. *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, 13, 413–422.
189. Zarić N. M, Ilijević K, Stanisavljević L, Gržetić I. (2017). Use of honeybees (*Apis mellifera* L.) as bioindicators for assessment and source appointment of metal pollution, *Environ Sci Pollut Res* 24:25828–25838
190. Zhelyazkova I. (2012). Honeybees – bioindicators for environmental quality, *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 18 (No 3), 435-442 Agricultural Academy
191. Zdravković Alena, *Mehanizam formiranja sekundarnih minerala na odlagalištima Pb-Zn Rudnika rudnik i njihov uticaj na životnu sredinu*, (2020) Rudarsko geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu
192. Zugravu, Corina & Parvu, Monica & Patrascu, Dana & Stoian, Ancuta. (2009). Correlations between Lead and Cadmium Pollution of Honey and Environmental Heavy Metal Presence in Two Romanian Counties. *Bulletin UASVM Agriculture*. 66. 10.15835/buasvmcn-agr:4238.
193. Zuluaga, C.M, Serrato, J.M, & Quicazan M.C. (2015). Chemical, nutritional and bioactive characterization of colombian bee bread. *Chemical Engineering Transactions*, 43, 175–180

9. PRILOZI

PRILOG 9.1

Lokacija pčelinjaka- Lazarevac (Bagremova paša)

Tabela 9.1.1. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima pčela izletnica Lazarevac (Bagremova paša)

Element/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				C _V %
		S _d	S _e	I _V		
				X _{min}	X _{max}	
Na/(mg/kg)	215,20	1,13	0,46	213,90	216,60	0,53
Mg/(mg/kg)	501,50	1,38	0,56	500,00	503,00	0,27
K/(mg/kg)	4445	36,17	14,77	4400,00	4480,00	0,81
Ca/(mg/kg)	473,80	2,22	0,91	471,40	477,50	0,47
Cr/(µg/kg)	18,28	2,19	0,89	15,60	21,10	11,96
Mn/(mg/kg)	76,66	3,80	1,55	70,31	80,64	4,96
Se/(mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/(mg/kg)	64,5	0,17	0,07	64,30	64,66	0,26
Co/(µg/kg)	78,25	5,45	2,23	71,80	87,60	6,97
Ni/(µg/kg)	0,88	0,02	0,01	0,86	0,90	1,76
Cu/(µg/kg)	7,67	0,13	0,05	7,50	7,82	1,64
Zn/(mg/kg)	44,97	0,47	0,19	44,40	45,56	1,04
As/(µg/kg)	76,28	1,62	0,66	74,60	79,10	2,12
Cd/(µg/kg)	88,90	2,51	1,02	86,20	93,20	2,82
Pb/(µg/kg)	65,88	1,05	0,43	64,60	67,10	1,60
Hg/(µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Tabela 9.1.2. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima pčela sa zatvorenog legla Lazarevac (Bagremova paša)

		Mere varijacije				
Element/ Jedinica	$\bar{X}$	S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Na/ (mg/kg)	248,50	3,45	1,41	243,60	252,60	1,39
Mg/ (mg/kg)	444,80	2,55	0,96	442,00	448,50	0,57
K/ (mg/kg)	4284,00	6,92	2,82	4270,00	4289,00	0,16
Ca/ (mg/kg)	347,70	21,02	8,58	329,00	374,70	6,05
Cr/(µg/kg)	23,43	2,35	0,96	21,00	26,90	10,02
Mn/ (mg/kg)	71,91	14,11	5,76	53,37	83,66	19,62
Se/(mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/ (mg/kg)	60,51	4,14	1,69	55,53	66,95	6,85
Co/(µg/kg)	67,48	9,53	3,89	57,60	80,20	14,12

Tabela 9.1.2. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima pčela sa zatvorenog legla Lazarevac (Bagremova paša)

Element/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				$C_{V\%}$
		S_d	S_e	I_V		
				X_{min}	X_{max}	
Ni/($\mu\text{g/kg}$)	0,15	0,01	0,00	0,14	0,16	5,07
Cu/($\mu\text{g/kg}$)	7,70	0,11	0,05	7,56	7,81	1,48
Zn/ (mg/kg)	41,56	3,66	1,49	38,40	46,26	8,80
As/($\mu\text{g/kg}$)	60,55	5,81	2,37	54,00	69,20	9,60
Cd/($\mu\text{g/kg}$)	90,05	0,26	0,11	89,70	90,30	0,29
Pb/ (mg/kg)	98,12	0,66	0,27	97,00	98,70	0,67
Hg/($\mu\text{g/kg}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Tabela 9.1.3. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima pčela sa otvorenog legla Lazarevac (Bagremova paša)

Elementi/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				$C_{V\%}$
		S_d	S_e	I_V		
				X_{min}	X_{max}	
Na/ (mg/kg)	233,20	9,14	3,73	222,40	241,60	3,92
Mg/ (mg/kg)	417,10	18,44	7,53	391,50	435,60	4,42
K/ (mg/kg)	4250,00	122,10	49,84	4138,00	4363,00	2,87
Ca/ (mg/kg)	334,30	7,20	2,94	326,30	341,40	2,15
Cr/($\mu\text{g/kg}$)	20,77	0,40	0,16	20,20	21,40	1,94
Mn/ (mg/kg)	59,23	1,17	0,48	57,72	60,45	1,98
Se/(mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/ (mg/kg)	57,60	1,39	0,57	56,70	59,73	2,41
Co/($\mu\text{g/kg}$)	58,37	2,43	0,99	55,40	61,80	4,15
Ni/($\mu\text{g/kg}$)	0,72	0,09	0,04	0,62	0,81	12,26
Cu/($\mu\text{g/kg}$)	7,00	0,32	0,13	6,55	7,42	4,60
Zn/ (mg/kg)	38,09	1,20	0,49	36,44	39,59	3,14
As/($\mu\text{g/kg}$)	57,47	3,13	1,28	53,40	61,40	5,45
Cd/($\mu\text{g/kg}$)	121,10	8,15	3,33	110,90	131,40	6,73
Pb/ (mg/kg)	55,82	1,06	0,43	54,40	57,00	1,90
Hg/($\mu\text{g/kg}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Tabela 9.1.4. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima trutova Lazarevac (Bagremova paša)

Element/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				C _V %
		S _d	S _e	I _V		
				X _{min}	X _{max}	
Na/(mg/kg)	193,70	1,56	0,64	192,00	195,90	0,80
Mg/(mg/kg)	396,10	2,97	1,21	393,20	401,50	0,75
K/(mg/kg)	4006,00	10,79	4,41	3994,00	4016,00	0,27
Ca/(mg/kg)	377,20	7,20	2,94	368,00	383,00	1,91
Cr/(µg/kg)	31,62	0,37	0,15	31,00	32,00	1,17
Mn/(mg/kg)	52,35	0,83	0,34	51,44	53,46	1,58
Se/(mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/(mg/kg)	54,26	0,96	0,39	53,00	55,60	1,76
Co/(µg/kg)	70,23	3,12	1,27	66,90	75,50	4,44
Ni/(µg/kg)	0,52	0,14	0,06	0,30	0,64	27,39
Cu/(µg/kg)	7,42	0,16	0,07	7,25	7,69	2,16
Zn/(mg/kg)	42,46	1,48	0,60	40,65	44,08	3,48
As/(µg/kg)	73,63	0,51	0,21	73,00	74,20	0,69
Cd/(µg/kg)	106,30	1,48	0,60	104,10	107,90	1,39
Pb/(µg/kg)	68,07	1,35	0,55	66,10	69,80	1,98
Hg/(µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Tabela 9.1.5. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima bagremovog meda Lazarevac (Bagremova paša)

Elementi/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				Cv%
		S _d	S _e	I _v		
				X _{min}	X _{max}	
Na/(mg/kg)	2,82	0,59	0,24	2,15	3,72	21,05
Mg/(mg/kg)	5,41	0,40	0,16	4,99	6,00	7,35
K/(mg/kg)	411,30	7,57	3,09	401,60	419,40	1,84
Ca/(mg/kg)	11,62	2,04	0,83	9,65	15,42	17,52
Cr/(µg/kg)	2,00	0,28	0,11	1,50	2,30	13,85
Mn/(mg/kg)	0,21	0,05	0,02	0,14	0,28	22,51
Se/(mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/(mg/kg)	0,26	0,07	0,03	0,21	0,39	26,74
Co/(µg/kg)	ND					
Ni/(µg/kg)	0,04	0,01	0,001	0,03	0,05	20,61
Cu/(µg/kg)	0,06	0,01	0,01	0,05	0,08	21,21
Zn/(mg/kg)	0,87	0,03	0,01	0,84	0,90	3,04
As/(µg/kg)	1,13	0,12	0,05	1,00	1,30	10,69
Cd/(µg/kg)	1,15	0,10	0,04	1,00	1,30	9,12
Pb/(µg/kg)	5,73	0,48	0,20	5,00	6,40	8,38
Hg/(µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Tabela 9.1.6. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima perge Lazarevac (Bagremova paša)

Element/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S_d	S_e	I_v		$C_v\%$
				X_{min}	X_{max}	
Na/(mg/kg)	34,91	1,50	0,61	32,95	36,53	4,29
Mg/(mg/kg)	692,20	39,93	16,30	645,20	741,80	5,77
K/(mg/kg)	5944,00	730,40	298,20	5160,00	6680,00	12,29
Ca/(mg/kg)	1266,00	248,80	101,60	1018,00	1555,00	19,65
Cr/(µg/kg)	183,80	29,77	12,15	141,80	220,70	16,20
Mn/(mg/kg)	38,15	4,99	2,04	30,34	45,56	13,09
Se/(mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/(mg/kg)	54,97	6,79	2,77	46,50	63,01	12,36
Co/(µg/kg)	37,52	4,65	1,90	31,80	45,50	12,40
Ni/(µg/kg)	1,33	0,12	0,05	1,20	1,50	9,08
Cu/(µg/kg)	4,59	0,11	0,04	4,47	4,73	2,37
Zn/(mg/kg)	27,31	2,25	0,92	23,77	30,08	8,25
As/(µg/kg)	43,37	4,39	1,79	38,20	49,10	10,12
Cd/(µg/kg)	43,50	4,15	1,70	35,90	47,30	9,55
Pb/(µg/kg)	183,20	8,95	3,65	170,80	191,30	4,88
Hg/(µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Tabela 9.1.7. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima voska Lazarevac (Bagremova paša)

Element/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S_d	S_e	I_v		$C_v\%$
				X_{min}	X_{max}	
Na/(mg/kg)	15,34	1,73	0,71	13,50	17,45	11,28
Mg/(mg/kg)	82,48	2,93	1,20	79,46	86,79	3,55
K/(mg/kg)	693,40	28,41	11,60	662,70	738,20	4,10
Ca/(mg/kg)	212,70	22,71	9,27	184,80	239,60	10,67
Cr/(µg/kg)	85,77	4,03	1,65	81,10	91,80	4,70
Mn/(mg/kg)	1,40	0,24	0,10	1,10	1,70	16,90
Se/(mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/(mg/kg)	17,11	0,28	0,11	16,85	17,62	1,64
Co/(µg/kg)	10,53	1,44	0,59	8,90	12,10	13,66
Ni/(µg/kg)	0,05	0,004	0,00	0,04	0,05	7,96
Cu/(µg/kg)	0,35	0,02	0,01	0,32	0,38	6,23
Zn/(mg/kg)	7,16	0,47	0,19	6,61	7,83	6,62
As/(µg/kg)	25,60	1,63	0,67	23,70	27,60	6,37
Cd/(µg/kg)	3,42	0,79	0,32	2,50	4,50	23,08
Pb/(µg/kg)	111,80	6,73	2,75	102,00	118,90	6,02
Hg/(µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

PRILOG 9.2

Lokacija pčelinjaka- planina Rudnik (Bagremova paša)

Tabela 9.2.1. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima pčela izletnica Rudnik (Bagremova paša)

Element/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Na/(mg/kg)	212,40	0,99	0,40	211,30	213,80	0,46
Mg/(mg/kg)	443,60	1,92	0,79	441,00	445,80	0,43
K/(mg/kg)	3710,00	38,77	15,83	3670,00	3760,00	1,05
Ca/(mg/kg)	321,00	1,20	0,49	319,50	322,70	0,37
Cr/(µg/kg)	50,68	2,67	1,09	46,30	53,90	5,26
Mn/(mg/kg)	43,93	2,51	1,02	41,32	48,28	5,71
Se/(mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/(mg/kg)	47,79	1,80	0,74	46,00	50,63	3,77
Co/(µg/kg)	92,20	3,10	1,27	88,50	96,70	3,36
Ni/(µg/kg)	0,15	0,03	0,01	0,10	0,18	19,74
Cu/(µg/kg)	6,27	0,05	0,02	6,20	6,34	0,81
Zn/(mg/kg)	47,56	0,57	0,23	46,75	48,09	1,20
As/(µg/kg)	47,97	5,57	2,28	43,40	58,40	11,62
Cd/(µg/kg)	106,20	1,93	0,79	103,10	108,10	1,82
Pb/(µg/kg)	137,70	0,52	0,21	134,00	135,10	0,39
Hg/(µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Tabela 9.2.2. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima pčela sa zatvorenog legla Rudnik (Bagremova paša)

Element/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Na/ (mg/kg)	251,50	0,60	0,25	250,60	252,30	0,24
Mg/ (mg/kg)	434,60	6,29	2,38	425,10	440,00	1,45
K/ (mg/kg)	3908,00	2,86	1,17	3903,00	3911,00	0,07
Ca/ (mg/kg)	535,50	51,34	20,96	473,80	586,20	9,59
Cr/(µg/kg)	66,92	4,28	1,75	61,00	71,30	6,39
Mn/ (mg/kg)	32,86	0,74	0,30	31,60	33,70	2,27
Se/(mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/ (mg/kg)	34,28	0,35	0,14	34,02	34,76	1,03
Co/(µg/kg)	56,35	1,02	0,42	55,20	57,80	1,82
Ni/(µg/kg)	0,35	0,09	0,04	0,23	0,48	26,15
Cu/(µg/kg)	5,91	0,12	0,05	5,72	6,02	2,09

Tabela 9.2.2. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima pčela sa zatvorenog legla Rudnik (Bagremova paša)

Element/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				C _V %
		S _d	S _e	I _V		
				X _{min}	X _{max}	
Zn/ (mg/kg)	36,05	0,71	0,29	35,04	36,97	1,97
As/(µg/kg)	28,67	3,75	1,53	25,30	35,50	0,24
Cd/(µg/kg)	58,90	0,33	0,13	58,60	59,50	1,45
Pb/ (mg/kg)	58,98	0,35	0,14	58,30	59,30	0,07
Hg/(µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Tabela 9.2.3. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima pčela sa otvorenog legla Rudnik (Bagremova paša)

Element/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				C _V %
		S _d	S _e	I _V		
				X _{min}	X _{max}	
Na/ (mg/kg)	215,60	0,02	0,01	215,60	215,60	0,01
Mg/ (mg/kg)	412,80	0,41	0,17	412,00	413,00	0,10
K/ (mg/kg)	4555,00	8,74	3,57	4548,00	4570,00	0,19
Ca/ (mg/kg)	339,30	0,10	0,04	339,20	339,40	0,03
Cr/(μg/kg)	40,52	0,69	0,28	40,10	41,90	1,69
Mn/ (mg/kg)	10,98	0,15	0,06	10,80	11,20	1,36
Se/(mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/ (mg/kg)	27,37	1,21	0,49	26,00	28,72	4,42
Co/(μg/kg)	28,63	0,08	0,03	28,50	28,70	0,29
Ni/(μg/kg)	0,16	0,01	0,00	0,15	0,17	5,00
Cu/(μg/kg)	5,83	0,02	0,01	5,80	5,84	0,26
Zn/ (mg/kg)	26,95	0,13	0,05	26,80	27,17	0,47
As/(μg/kg)	16,08	2,23	0,91	13,20	18,80	13,87
Cd/(μg/kg)	33,53	1,47	0,60	31,90	35,30	4,38
Pb/ (mg/kg)	54,62	1,85	0,76	52,40	57,30	3,39
Hg/(μg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Tabela 9.2.4. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima trutova Rudnik (Bagremova paša)

Element/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Na/(mg/kg)	164,40	1,45	0,59	162,50	166,00	0,88
Mg/(mg/kg)	386,20	3,58	1,46	380,30	391,10	0,93
K/(mg/kg)	3984,00	34,32	14,01	3953,00	4045,00	0,86
Ca/(mg/kg)	345,70	7,73	3,15	338,00	356,40	2,23
Cr/(µg/kg)	44,63	3,94	1,61	40,30	51,50	8,82
Mn/(mg/kg)	12,59	1,43	0,59	11,00	14,37	11,39
Se/(mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/(mg/kg)	26,33	0,68	0,28	25,74	27,62	2,58
Co/(µg/kg)	31,28	3,01	1,23	28,80	36,90	9,61
Ni/(µg/kg)	0,19	0,01	0,00	0,18	0,20	5,13
Cu/(µg/kg)	5,94	0,09	0,04	5,80	6,03	1,55
Zn/(mg/kg)	28,33	0,94	0,38	27,00	29,37	3,31
As/(µg/kg)	15,47	1,10	0,45	14,00	16,70	7,08
Cd/(µg/kg)	24,28	1,39	0,57	22,70	26,50	5,74
Pb/(µg/kg)	46,78	4,28	1,75	39,50	51,20	9,15
Hg/(µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Tabela 9.2.5. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima bagremovog meda Rudnik (Bagremova paša)

Elementi/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Na/(mg/kg)	10,05	1,39	0,57	7,30	11,00	13,78
Mg/(mg/kg)	9,65	0,79	0,32	8,63	10,52	8,22
K/(mg/kg)	485,30	7,30	2,98	479,20	495,30	1,50
Ca/(mg/kg)	23,79	0,17	0,07	23,51	23,94	0,73
Cr/(µg/kg)	7,79	0,69	0,28	7,00	8,59	8,87
Mn/(mg/kg)	0,20	0,02	0,01	0,17	0,23	10,82
Se/(mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/(mg/kg)	0,33	0,10	0,04	0,20	0,42	29,23
Co/(µg/kg)	ND					
Ni/(µg/kg)	0,07	0,01	0,01	0,05	0,09	17,80
Cu/(µg/kg)	0,33	0,04	0,01	0,29	0,40	13,10
Zn/(mg/kg)	1,45	0,27	0,11	0,95	1,69	12,19
As/(µg/kg)	1,60	0,33	0,14	1,10	1,90	20,92
Cd/(µg/kg)	3,36	0,97	0,40	2,20	4,30	28,92
Pb/(µg/kg)	18,85	1,83	0,75	16,20	20,80	9,69
Hg/(µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Tabela 9.2.6. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima perge Rudnik (Bagremova paša)

Element/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _V %
				X _{min}	X _{max}	
Na/(mg/kg)	32,90	1,69	0,69	30,81	35,56	5,14
Mg/(mg/kg)	845,80	83,20	33,97	750,90	943,10	9,84
K/(mg/kg)	7487,00	381,50	155,70	6990,00	7760,00	5,10
Ca/(mg/kg)	1190,00	76,38	31,18	1120,00	1329,00	6,42
Cr/(µg/kg)	131,30	15,68	6,40	106,30	150,40	11,94
Mn/(mg/kg)	19,51	3,74	1,53	16,40	26,67	19,18
Se/(mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/(mg/kg)	43,07	3,84	1,57	39,25	49,15	8,92
Co/(µg/kg)	65,50	9,70	3,96	50,50	73,00	14,81
Ni/(µg/kg)	1,30	0,26	0,11	0,96	1,56	19,97
Cu/(µg/kg)	5,29	0,25	0,10	5,04	5,72	4,66
Zn/(mg/kg)	41,59	3,63	1,48	37,57	46,28	8,72
As/(µg/kg)	33,27	9,63	3,93	21,10	46,20	28,95
Cd/(µg/kg)	32,18	0,73	0,30	31,20	33,00	2,28
Pb/(µg/kg)	100,90	6,06	2,47	95,20	109,50	6,01
Hg/(µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Tabela 9.2.7. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima voska Rudnik (Bagremova paša)

Element/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _V %
				X _{min}	X _{max}	
Na/(mg/kg)	5,65	0,03	0,01	5,61	5,69	0,58
Mg/(mg/kg)	25,69	0,52	0,21	25,17	26,20	2,03
K/(mg/kg)	277,10	23,22	9,48	254,00	301,10	8,38
Ca/(mg/kg)	40,65	5,61	2,29	36,61	49,96	13,79
Cr/(µg/kg)	99,50	3,02	1,23	95,00	104,00	3,03
Mn/(mg/kg)	0,33	0,02	0,01	0,31	0,35	5,00
Se/(mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/(mg/kg)	7,42	1,83	0,75	5,09	9,75	24,62
Co/(µg/kg)	3,13	0,10	0,04	3,00	3,30	3,30
Ni/(µg/kg)	0,05	0,01	0,001	0,04	0,05	8,20
Cu/(µg/kg)	0,13	0,02	0,01	0,10	0,16	18,05
Zn/(mg/kg)	5,21	1,36	0,56	3,00	6,49	26,13
As/(µg/kg)	6,47	0,16	0,07	6,30	6,70	2,53
Cd/(µg/kg)	1,57	0,21	0,08	1,30	1,80	13,18
Pb/(µg/kg)	29,25	3,82	1,56	25,50	36,20	13,06
Hg/(µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

PRILOG 9.3

Lokacija pčelinjaka- planina Rudnik (Livadska paša)

Tabela 9.3.1. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima pčela izletnica Rudnik (Livadska paša)

Element/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				C _V %
		S _d	S _e	I _v		
				X _{min}	X _{max}	
Na/(mg/kg)	211,70	5,20	2,12	203,40	216,80	2,46
Mg/(mg/kg)	415,10	11,95	4,88	404,30	436,20	2,88
K/(mg/kg)	3830,00	79,28	32,37	3675,00	3899,00	2,07
Ca/(mg/kg)	400,50	2,31	0,94	396,60	403,40	0,58
Cr/(µg/kg)	36,00	0,84	0,34	35,10	37,40	2,33
Mn/(mg/kg)	75,01	2,81	1,15	72,08	80,00	3,75
Se/(mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/(mg/kg)	93,36	0,99	0,40	92,50	94,95	1,06
Co/(µg/kg)	116,70	3,14	1,28	112,00	121,00	2,69
Ni/(µg/kg)	0,41	0,01	0,00	0,39	0,42	2,98
Cu/(µg/kg)	7,95	0,15	0,06	7,76	8,11	1,88
Zn/(mg/kg)	66,56	2,62	1,07	62,63	69,73	3,94
As/(µg/kg)	71,78	0,31	0,12	71,50	72,30	0,43
Cd/(µg/kg)	115,40	4,73	1,93	109,70	120,90	4,10
Pb/(µg/kg)	138,70	5,86	2,39	131,80	148,50	4,22
Hg/(µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Tabela 9.3.2. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima pčela sa zatvorenog legla Rudnik (Livadska paša)

Element/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				Cv%
		S _d	S _e	I _v		
				X _{min}	X _{max}	
Na/ (mg/kg)	156,80	3,90	1,59	153,40	164,20	2,49
Mg/ (mg/kg)	420,10	9,55	3,61	406,00	426,30	2,27
K/ (mg/kg)	4211,00	106,70	43,54	4121,00	4387,00	2,53
Ca/ (mg/kg)	386,70	28,79	11,75	342,20	417,90	7,45
Cr/(µg/kg)	49,22	4,79	1,96	43,90	56,30	9,73
Mn/ (mg/kg)	15,77	0,81	0,33	14,76	16,84	5,16
Se/ (mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/ (mg/kg)	39,03	2,50	1,02	35,73	41,20	6,41

Tabela 9.3.2. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima pčela sa zatvorenog legla Rudnik (Livadska paša)

Element/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				$C_{V\%}$
		S_d	S_e	I_V		
				X_{min}	X_{max}	
Co/($\mu\text{g/kg}$)	36,42	1,95	0,80	34,00	38,60	5,36
Ni/($\mu\text{g/kg}$)	0,53	0,03	0,01	0,49	0,57	6,56
Cu/($\mu\text{g/kg}$)	6,83	0,13	0,05	6,67	6,98	1,85
Zn/ (mg/kg)	30,54	0,58	0,24	30,00	31,10	1,91
As/($\mu\text{g/kg}$)	25,48	1,74	0,71	23,20	27,70	6,83
Cd/($\mu\text{g/kg}$)	21,15	2,16	0,88	18,70	24,40	10,21
Pb/ (mg/kg)	55,85	0,24	0,10	55,50	56,20	0,43
Hg/($\mu\text{g/kg}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Tabela 9.3.3. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima pčela sa otvorenog legla Rudnik (Livadska paša)

Element/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				C _V %
		S _d	S _e	I _V		
				X _{min}	X _{max}	
Na/ (mg/kg)	136,10	2,79	1,14	131,20	139,10	2,05
Mg/ (mg/kg)	317,90	2,75	1,12	314,10	321,00	0,87
K/ (mg/kg)	3547,00	83,72	34,18	3492,00	3656,00	2,36
Ca/ (mg/kg)	257,50	8,92	3,64	249,60	270,20	3,46
Cr/(µg/kg)	22,17	2,79	1,14	19,00	26,00	12,57
Mn/ (mg/kg)	12,05	0,55	0,23	11,35	12,51	4,57
Se/ (mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/ (mg/kg)	27,84	1,07	0,44	26,63	28,82	3,83
Co/(µg/kg)	27,83	1,17	0,48	26,00	29,00	4,20
Ni/(µg/kg)	0,36	0,01	0,00	0,35	0,37	2,29
Cu/(µg/kg)	5,95	0,40	0,16	5,44	6,34	6,74
Zn/ (mg/kg)	23,88	0,50	0,21	23,23	24,74	2,10
As/(µg/kg)	19,48	0,85	0,35	18,00	20,30	4,38
Cd/(µg/kg)	16,53	0,14	0,06	16,40	16,70	0,83
Pb/ (mg/kg)	50,05	2,41	0,98	47,10	54,40	4,81

Tabela 9.3.3. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima pčela sa otvorenog legla Rudnik (Livadska paša)

Element/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				C _V %
		S _d	S _e	I _V		
				X _{min}	X _{max}	
Hg/(µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Tabela 9.3.4. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima trutova Rudnik (Livadska paša)

Element/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				C _V %
		S _d	S _e	I _V		
				X _{min}	X _{max}	
Na/(mg/kg)	246,30	1,99	0,81	243,20	248,50	0,81
Mg/(mg/kg)	301,70	1,52	0,62	300,00	303,80	0,50
K/(mg/kg)	3946,00	57,50	23,47	3832,00	3985,00	1,46
Ca/(mg/kg)	105,60	2,03	0,83	101,90	107,70	1,92
Cr/(µg/kg)	35,83	0,98	0,40	35,00	37,00	2,74
Mn/(mg/kg)	4,30	0,23	0,09	4,06	4,63	5,27
Se/(mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/(mg/kg)	29,40	0,06	0,02	29,30	29,45	0,19
Co/(µg/kg)	9,78	0,25	0,10	9,50	10,20	2,54
Ni/(µg/kg)	0,05	0,01	0,002	0,04	0,05	12,56
Cu/(µg/kg)	10,93	0,02	0,01	10,91	10,95	0,15
Zn/(mg/kg)	35,13	0,80	0,33	34,00	36,02	2,27
As/(µg/kg)	5,65	0,24	0,10	5,40	5,90	4,30
Cd/(µg/kg)	2,50	0,55	0,22	2,00	3,00	21,91
Pb/(µg/kg)	9,12	0,26	0,11	8,80	9,50	2,90
Hg/(µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Tabela 9.3.5. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima livadskog meda Rudnik (Livadska paša)

Elementi/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				C _V %
		S _d	S _e	I _V		
				X _{min}	X _{max}	
Na/(mg/kg)	12,19	1,48	0,60	10,26	14,02	12,14
Mg/(mg/kg)	14,75	1,06	0,43	13,20	16,25	7,16
K/(mg/kg)	511,30	7,15	2,92	502,40	520,30	1,40
Ca/(mg/kg)	31,24	3,84	1,57	25,69	35,99	12,28
Cr/(µg/kg)	10,72	0,52	0,21	10,09	11,25	4,89

Tabela 9.3.5. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima livadskog meda Rudnik (Livadska paša)

Elementi/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S_d	S_e	I_v		$C_{V\%}$
				$X_{\min}$	$X_{\max}$	
Mn/(mg/kg)	0,30	0,03	0,01	0,25	0,32	8,85
Se/ (mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/(mg/kg)	0,58	0,10	0,04	0,39	0,67	16,62
Co/(µg/kg)	ND					
Ni/(µg/kg)	0,10	0,001	0,001	0,09	0,10	4,50
Cu/(µg/kg)	0,44	0,02	0,01	0,42	0,48	5,18
Zn/(mg/kg)	1,66	0,11	0,04	1,58	1,85	6,39
As/(µg/kg)	1,48	0,19	0,08	1,30	1,80	13,08
Cd/(µg/kg)	4,18	0,22	0,09	3,99	4,58	5,17
Pb/(µg/kg)	19,00	0,14	0,06	18,80	19,20	0,74
Hg/(µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Tabela 9.3.6. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima perge Rudnik (Livadska paša)

Element/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S_d	S_e	I_v		$C_{V\%}$
				$X_{\min}$	$X_{\max}$	
Na/(mg/kg)	29,86	1,66	0,68	27,44	31,72	5,55
Mg/(mg/kg)	865,30	29,84	12,18	836,80	904,50	3,45
K/(mg/kg)	7142,00	145,10	59,23	6919,00	7260,00	2,03
Ca/(mg/kg)	1289,00	47,11	19,23	1243,00	1369,00	3,66
Cr/(µg/kg)	171,50	9,48	3,87	160,00	186,00	5,53
Mn/(mg/kg)	28,06	2,24	0,92	25,93	31,45	7,99
Se/ (mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/(mg/kg)	89,68	4,44	1,81	84,86	95,81	4,95
Co/(µg/kg)	77,13	2,59	1,06	74,00	80,00	3,35
Ni/(µg/kg)	1,45	0,08	0,03	1,35	1,57	5,39
Cu/(µg/kg)	5,99	0,27	0,11	5,79	6,37	4,48
Zn/(mg/kg)	38,54	1,75	0,72	36,22	40,74	4,55
As/(µg/kg)	32,20	2,56	1,05	29,50	36,50	7,95
Cd/(µg/kg)	31,37	3,05	1,25	27,00	35,30	9,73
Pb/(µg/kg)	199,90	1,93	0,79	197,60	202,80	0,97
Hg/(µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Tabela 9.3.7. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima voska Rudnik (Livadska paša)

Element/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S_d	S_e	I_V		$C_V\%$
				X_{min}	X_{max}	
Na/(mg/kg)	5,58	1,61	0,66	3,09	7,28	28,94
Mg/(mg/kg)	31,21	4,54	1,86	26,98	39,29	14,56
K/(mg/kg)	200,30	25,05	10,23	162,50	230,40	12,51
Ca/(mg/kg)	33,28	2,68	1,10	30,89	37,27	8,06
Cr/(μ g/kg)	162,90	31,43	12,83	126,00	199,00	19,30
Mn/(mg/kg)	4,80	0,52	0,21	4,16	5,46	10,64
Se/(mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/(mg/kg)	9,75	0,72	0,29	8,91	10,96	7,37
Co/(μ g/kg)	7,33	0,82	0,33	6,00	8,00	11,13
Ni/(μ g/kg)	0,19	0,05	0,02	0,12	0,24	26,09
Cu/(μ g/kg)	0,20	0,05	0,02	0,16	0,29	23,35
Zn/(mg/kg)	7,66	0,42	0,17	7,15	8,20	5,55
As/(μ g/kg)	3,33	0,26	0,11	3,00	3,70	7,75
Cd/(μ g/kg)	2,75	0,80	0,33	2,00	4,20	29,16
Pb/(μ g/kg)	69,95	10,65	4,35	56,40	81,10	15,22
Hg/(μ g/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

PRILOG 9.4

Lokacija pčelinjaka-Fruška gora (Lipova paša)

Tabela 9.4.1. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima pčela izletnica Fruška gora (Lipova paša)						
Element/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S_d	S_e	I_v		$C_{V\%}$
				X_{min}	X_{max}	
Na/(mg/kg)	184,70	2,79	1,14	182,00	188,90	1,51
Mg/(mg/kg)	415,10	0,34	0,14	414,50	415,50	0,08
K/(mg/kg)	3990,00	8,96	3,66	3979,00	3998,00	0,22
Ca/(mg/kg)	634,20	12,63	5,16	620,00	649,60	1,99
Cr/(µg/kg)	8,58	0,93	0,38	7,60	9,70	10,86
Mn/(mg/kg)	393,80	1,48	0,60	392,00	395,10	0,38
Se/(mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/(mg/kg)	62,68	2,08	0,85	60,20	65,89	3,31
Co/(µg/kg)	82,48	2,38	0,97	79,40	85,60	2,88
Ni/(µg/kg)	0,22	0,01	0,00	0,20	0,23	5,35
Cu/(µg/kg)	7,62	0,10	0,04	7,50	7,78	1,34
Zn/(mg/kg)	29,14	0,12	0,05	29,00	29,26	0,42
As/(µg/kg)	28,40	0,28	0,12	28,10	28,90	1,00
Cd/(µg/kg)	173,60	8,12	3,32	166,00	189,40	4,68
Pb/(µg/kg)	44,42	3,01	1,23	40,00	48,50	6,77
Hg/(µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Tabela 9.4.2. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima pčela sa zatvorenog legla Fruška gora (Lipova paša)						
Element/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S_d	S_e	I_v		$C_{V\%}$
				X_{min}	X_{max}	
Na/ (mg/kg)	143,20	9,07	3,70	135,50	155,60	6,33
Mg/ (mg/kg)	351,90	12,71	4,81	334,20	367,40	3,61
K/ (mg/kg)	4179,00	75,70	30,91	4024,00	4210,00	1,81
Ca/ (mg/kg)	478,80	24,19	9,88	443,30	501,70	5,05
Cr/(µg/kg)	9,27	1,16	0,48	7,80	10,90	12,56
Mn/ (mg/kg)	135,30	0,51	0,21	134,70	136,00	0,38
Se/ (mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/ (mg/kg)	32,33	3,16	1,29	29,82	37,03	9,77
Co/(µg/kg)	39,98	1,06	0,43	38,30	41,10	2,65

Tabela 9.4.2. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima pčela sa zatvorenog legla Fruška gora (Lipova paša)

Element/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S_d	S_e	I_v		$C_{V\%}$
				X_{min}	X_{max}	
Ni/($\mu\text{g/kg}$)	0,45	0,02	0,01	0,42	0,48	5,07
Cu/($\mu\text{g/kg}$)	7,92	0,10	0,04	7,82	8,04	1,25
Zn/ (mg/kg)	23,75	1,94	0,79	21,69	26,81	8,18
As/($\mu\text{g/kg}$)	10,62	0,86	0,35	9,70	11,80	8,11
Cd/($\mu\text{g/kg}$)	67,70	1,16	0,47	66,20	69,00	1,71
Pb/ (mg/kg)	31,57	1,47	0,60	30,00	33,40	4,66
Hg/($\mu\text{g/kg}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Tabela 9.4.3. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima pčela sa otvorenog legla Fruška gora (Lipova paša)

Element/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S_d	S_e	I_v		$C_{V\%}$
				X_{min}	X_{max}	
Na/ (mg/kg)	148,00	4,81	1,96	141,70	152,00	3,25
Mg/ (mg/kg)	363,10	8,13	3,32	355,10	373,00	2,24
K/ (mg/kg)	4323,00	32,34	13,20	4290,00	4358,00	0,75
Ca/ (mg/kg)	425,30	12,87	5,25	408,00	436,70	3,03
Cr/($\mu\text{g/kg}$)	7,68	1,02	0,42	6,30	8,60	13,26
Mn/ (mg/kg)	126,50	1,38	0,56	125,00	128,00	1,09
Se/ (mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/ (mg/kg)	24,83	0,45	0,18	24,20	25,13	1,80
Co/($\mu\text{g/kg}$)	28,93	0,36	0,15	28,50	29,30	1,25
Ni/($\mu\text{g/kg}$)	0,53	0,01	0,01	0,51	0,54	2,39
Cu/($\mu\text{g/kg}$)	8,11	0,03	0,01	8,05	8,15	0,42
Zn/ (mg/kg)	24,55	0,39	0,16	24,18	24,93	1,60
As/($\mu\text{g/kg}$)	6,18	0,08	0,03	6,10	6,30	1,22
Cd/($\mu\text{g/kg}$)	34,33	0,90	0,37	33,20	35,20	2,62
Pb/ (mg/kg)	26,57	1,28	0,52	25,50	28,90	4,83
Hg/($\mu\text{g/kg}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Tabela 9.4.4. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima trutova Fruška gora (Lipova paša)

Element/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Na/(mg/kg)	212,80	6,23	2,54	204,90	218,10	2,93
Mg/(mg/kg)	274,00	2,37	0,97	271,70	278,10	0,86
K/(mg/kg)	4609,00	151,10	61,69	4455,00	4760,00	3,28
Ca/(mg/kg)	168,50	1,38	0,56	167,00	170,00	0,82
Cr/(µg/kg)	7,25	0,37	0,15	6,90	7,80	5,14
Mn/(mg/kg)	17,72	1,77	0,72	15,93	20,40	9,96
Se/ (mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/(mg/kg)	18,61	1,57	0,64	16,93	20,73	8,45
Co/(µg/kg)	6,50	0,09	0,04	6,40	6,60	1,38
Ni/(µg/kg)	0,09	0,01	0,01	0,08	0,11	15,90
Cu/(µg/kg)	6,94	0,91	0,37	6,11	8,61	13,13
Zn/(mg/kg)	24,15	2,39	0,97	21,97	27,93	9,87
As/(µg/kg)	6,25	1,56	0,64	4,70	7,90	24,97
Cd/(µg/kg)	5,12	0,39	0,16	4,80	5,70	7,56
Pb/(µg/kg)	25,48	1,54	0,63	23,90	28,00	6,03
Hg/(µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Tabela 9.4.5. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima lipovog meda Fruška gora (Lipova paša)

Elementi/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Na/(mg/kg)	6,15	0,35	0,14	5,68	6,72	5,64
Mg/(mg/kg)	38,45	2,02	0,83	35,25	40,53	5,26
K/(mg/kg)	2824,00	44,96	18,36	2769,00	2877,00	1,59
Ca/(mg/kg)	119,70	5,45	2,22	112,40	125,80	4,55
Cr/(µg/kg)	13,63	3,04	1,24	10,20	17,20	22,33
Mn/(mg/kg)	4,04	0,12	0,05	3,92	4,19	2,95
Se/ (mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/(mg/kg)	2,17	0,12	0,05	2,00	2,36	5,64
Co/(µg/kg)	ND					
Ni/(µg/kg)	0,13	0,04	0,01	0,10	0,18	27,10
Cu/(µg/kg)	0,27	0,02	0,01	0,24	0,29	7,96
Zn/(mg/kg)	1,01	0,07	0,03	0,90	1,10	6,63
As/(µg/kg)	1,50	0,13	0,05	1,30	1,60	8,43
Cd/(µg/kg)	2,27	0,31	0,13	1,70	2,60	13,57
Pb/(µg/kg)	13,23	1,92	0,79	10,80	15,40	14,54
Hg/(µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

ND- nije detektovano

Tabela 9.4.6. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima perge Fruška gora (Lipova paša)

Element/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				C _V %
		S _d	S _e	I _v		
				X _{min}	X _{max}	
Na/(mg/kg)	49,07	3,03	1,24	45,33	52,89	6,17
Mg/(mg/kg)	714,70	40,64	16,59	664,40	752,20	5,69
K/(mg/kg)	5515,00	361,20	147,50	5153,00	5959,00	6,55
Ca/(mg/kg)	1806,00	44,98	18,36	1753,00	1860,00	2,49
Cr/(µg/kg)	106,90	12,92	5,27	92,00	123,40	12,09
Mn/(mg/kg)	204,80	1,17	0,48	203,00	206,00	0,57
Se/ (mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/(mg/kg)	57,52	4,28	1,75	52,35	62,78	7,43
Co/(µg/kg)	55,43	3,88	1,58	51,00	60,00	7,00
Ni/(µg/kg)	3,67	0,31	0,13	3,10	3,97	8,36
Cu/(µg/kg)	10,72	1,67	0,68	8,76	12,68	15,55
Zn/(mg/kg)	46,94	8,37	3,42	31,39	56,64	17,82
As/(µg/kg)	20,50	3,96	1,62	14,10	25,40	19,32
Cd/(µg/kg)	136,50	8,48	3,46	120,90	145,80	6,21
Pb/(µg/kg)	55,85	6,42	2,62	46,70	60,20	11,49
Hg/(µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Tabela 9.4.7. Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima voska Fruška gora (Lipova paša)

Element/ Jedinica	$\bar{X}$	Mere varijacije				C _V %
		S _d	S _e	I _v		
				X _{min}	X _{max}	
Na/(mg/kg)	20,03	0,45	0,18	19,64	20,85	2,25
Mg/(mg/kg)	247,90	5,22	2,13	237,50	251,80	2,11
K/(mg/kg)	1572,00	178,40	72,83	1360,00	1800,00	11,35
Ca/(mg/kg)	396,70	21,18	8,65	375,20	425,90	5,34
Cr/(µg/kg)	247,60	33,59	13,71	204,90	289,40	13,57
Mn/(mg/kg)	3,83	0,58	0,24	3,14	4,60	15,16
Se/ (mg/kg)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fe/(mg/kg)	41,10	0,68	0,28	40,00	41,95	1,66
Co/(µg/kg)	17,55	1,15	0,47	16,00	18,90	6,55
Ni/(µg/kg)	0,18	0,04	0,01	0,15	0,24	20,55
Cu/(µg/kg)	1,01	0,03	0,01	0,97	1,04	2,49
Zn/(mg/kg)	21,04	2,35	0,96	18,12	24,80	11,18
As/(µg/kg)	21,55	0,30	0,12	21,20	21,90	1,40
Cd/(µg/kg)	7,55	0,14	0,06	7,40	7,70	1,83
Pb/(µg/kg)	401,10	16,02	6,54	385,30	421,30	3,99
Hg/(µg/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

PRILOG 9.5

Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima pčela i njihovih proizvoda sa lokacije podnožja planine Rudnik (bagremova paša)

Tabela 9.5.1. Prosečan sadržaj Na u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg)
Rudnik (bagremova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	212,40 ^A	0,99	0,40	211,30	213,80	0,46
Pčele sa zatvorenog legla	251,50 ^B	0,60	0,24	250,60	252,30	0,24
Pčele sa otvorenog legla	215,60 ^C	0,02	0,006	215,60	215,65	0,01
Trutovi	164,40 ^D	1,45	0,59	162,50	166,00	0,88
Med	10,05 ^E	1,39	0,56	7,30	11,00	13,78
Perga	32,90 ^F	1,69	0,69	30,81	35,56	5,14
Vosak	5,65 ^G	0,03	0,01	5,61	5,69	0,58

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0.01

Tabela 9.5.2. Prosečan sadržaj Mg u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg)
Rudnik (bagremova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	443,60 ^A	1,92	0,78	441,00	445,80	0,43
Pčele sa zatvorenog legla	434,60 ^A	6,29	2,37	425,10	440,00	1,45
Pčele sa otvorenog legla	412,80 ^A	0,41	0,16	412,00	413,00	0,10
Trutovi	386,20 ^A	3,58	1,46	380,30	391,10	0,93
Med	9,65 ^B	0,79	0,32	8,63	10,52	8,22
Perga	845,80 ^C	83,20	33,97	750,90	943,10	9,84
Vosak	25,69 ^B	0,52	0,21	25,17	26,20	2,03

Tabela 9.5.3. Prosečan sadržaj K u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg) Rudnik (bagremova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	3710 ^A	38,77	15,83	3670	3760	1,05
Pčele sa zatvorenog legla	3908 ^A	2,86	1,16	3903	3911	0,07
Pčele sa otvorenog legla	4555 ^B	8,74	3,57	4548	4570	0,19
Trutovi	3984 ^A	34,32	14,01	3953	4045	0,86
Med	485,30 ^C	7,30	2,97	479,20	495,30	1,50
Perga	7487 ^D	381,50	155,70	6990	7760	5,10
Vosak	277,10 ^C	23,22	9,48	254,00	301,10	8,38

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0.01

Tabela 9.5.4. Prosečan sadržaj Ca u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg) Rudnik (bagremova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	321,00 ^A	1,20	0,48	319,50	322,70	0,37
Pčele sa zatvorenog legla	535,50 ^B	51,34	20,96	473,80	586,20	9,59
Pčele sa otvorenog legla	339,30 ^A	0,10	0,04	339,20	339,40	0,03
Trutovi	345,70 ^A	7,73	3,15	338,00	356,40	2,23
Med	23,79 ^C	0,17	0,07	23,51	23,94	0,73
Perga	1190 ^D	76,38	31,18	1120	1329	6,42
Vosak	40,65 ^C	5,61	2,28	36,61	49,96	13,79

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0.01

Tabela 9.5.5. Prosečan sadržaj Cr u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg) Rudnik (bagremova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	50,68 ^A	2,67	1,09	46,30	53,90	5,26
Pčele sa zatvorenog legla	66,92 ^B	4,28	1,74	61,00	71,30	6,39
Pčele sa otvorenog legla	40,52 ^A	0,69	0,28	40,10	41,90	1,69
Trutovi	44,63 ^A	3,94	1,60	40,30	51,50	8,82
Med	7,79 ^C	0,69	0,28	7,00	8,59	8,87
Perga	131,30 ^D	15,68	6,40	106,30	150,40	11,94
Vosak	99,50 ^E	3,02	1,23	95,00	104,00	3,03

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0.01

Tabela 9.5.6. Prosečan sadržaj Mn u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg) Rudnik (bagremova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	43,93 ^A	2,51	1,02	41,32	48,28	5,71
Pčele sa zatvorenog legla	32,86 ^B	0,74	0,30	31,60	33,70	2,27
Pčele sa otvorenog legla	10,98 ^C	0,15	0,06	10,80	11,20	1,36
Trutovi	12,59 ^C	1,43	0,58	11,00	14,37	11,39
Med	0,20 ^D	0,02	0,008	0,16	0,23	10,82
Perga	19,51 ^E	3,74	1,53	16,40	26,67	19,18
Vosak	0,33 ^D	0,02	0,01	0,31	0,35	5,00

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0.01

Tabela 9.5.7. Prosečan sadržaj Fe u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg)
Rudnik (bagremova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	47,79 ^A	1,80	0,74	46,00	50,63	3,77
Pčele sa zatvorenog legla	34,28 ^B	0,35	0,14	34,02	34,76	1,03
Pčele sa otvorenog legla	27,37 ^C	1,21	0,49	26,00	28,72	4,42
Trutovi	26,33 ^C	0,68	0,28	25,74	27,62	2,58
Med	0,33 ^D	0,10	0,04	0,20	0,42	29,23
Perga	43,07 ^E	3,84	1,57	39,25	49,15	8,92
Vosak	7,42 ^F	1,83	0,75	5,09	9,75	24,62

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0.01

Tabela 9.5.8. Prosečan sadržaj Co u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg)
Rudnik (bagremova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	92,20 ^A	3,10	1,26	88,50	96,70	3,36
Pčele sa zatvorenog legla	56,35 ^B	1,02	0,42	55,20	57,80	1,82
Pčele sa otvorenog legla	28,63 ^C	0,08	0,03	28,50	28,70	0,29
Trutovi	31,28 ^C	3,01	1,22	28,80	36,90	9,61
Med	ND					
Perga	65,50 ^D	9,70	3,95	50,50	73,00	14,81
Vosak	3,13 ^E	0,10	0,04	3,00	3,30	3,30

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0.01; ND: Nije detektovano.

Tabela 9.5.9. Prosečan sadržaj Ni u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg) Rudnik (bagremova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	0,14 ^A	0,04	0,01	0,10	0,18	19,74
Pčele sa zatvorenog legla	0,35 ^A	0,09	0,03	0,23	0,48	26,15
Pčele sa otvorenog legla	0,16 ^A	0,01	0,003	0,15	0,17	5,00
Trutovi	0,19 ^A	0,01	0,004	0,18	0,20	5,13
Med	0,07 ^B	0,01	0,005	0,05	0,08	17,80
Perga	1,30 ^C	0,26	0,10	0,96	1,56	19,97
Vosak	0,05 ^A	0,01	0,001	0,04	0,05	8,20

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0.01

Tabela 9.5.10. Prosečan sadržaj Cu u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg) Rudnik (bagremova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	6,27 ^A	0,05	0,02	6,20	6,34	0,81
Pčele sa zatvorenog legla	5,91 ^B	0,12	0,05	5,72	6,02	2,09
Pčele sa otvorenog legla	5,83 ^B	0,02	0,006	5,80	5,84	0,26
Trutovi	5,94 ^B	0,09	0,03	5,80	6,03	1,55
Med	0,33 ^C	0,04	0,01	0,29	0,40	13,10
Perga	5,29 ^D	0,25	0,10	5,04	5,72	4,66
Vosak	0,13 ^E	0,02	0,009	0,10	0,16	18,05

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0.01

Tabela 9.5.11. Prosečan sadržaj Zn u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg) Rudnik (bagremova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	47,56 ^A	0,57	0,23	46,75	48,09	1,20
Pčele sa zatvorenog legla	36,05 ^B	0,71	0,29	35,04	36,97	1,97
Pčele sa otvorenog legla	26,95 ^C	0,13	0,05	26,80	27,17	0,47
Trutovi	28,33 ^C	0,94	0,38	27,00	29,37	3,31
Med	1,45 ^D	0,27	0,11	0,95	1,69	18,45
Perga	41,59 ^E	3,63	1,48	37,57	46,28	8,72
Vosak	5,21 ^F	1,36	0,07	6,30	6,70	2,53

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0.01

Tabela 9.5.12. Prosečan sadržaj As u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (μg/kg) Rudnik (bagremova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	47,97 ^A	5,57	2,27	43,40	58,40	11,62
Pčele sa zatvorenog legla	28,67 ^B	3,75	1,53	25,30	35,50	13,08
Pčele sa otvorenog legla	16,08 ^C	2,23	0,91	13,20	18,80	13,87
Trutovi	15,47 ^C	1,10	0,45	14,00	16,70	7,08
Med	1,60 ^D	0,33	0,14	1,10	1,90	20,92
Perga	33,27 ^B	9,63	3,93	21,10	46,20	28,95
Vosak	6,47 ^D	0,16	0,07	6,30	6,70	2,53

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0.01

Tabela 9.5.13. Prosečan sadržaj Cd u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg)
Rudnik (bagremova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	106,20 ^A	1,93	0,79	103,10	108,10	1,82
Pčele sa zatvorenog legla	58,90 ^B	0,33	0,13	58,60	59,50	0,56
Pčele sa otvorenog legla	33,53 ^C	1,47	0,60	31,90	35,30	4,38
Trutovi	24,28 ^D	1,39	0,57	22,70	26,50	5,74
Med	3,36 ^E	0,97	0,40	2,20	4,30	28,92
Perga	32,18 ^C	0,73	0,29	31,20	33,00	2,28
Vosak	1,57 ^E	0,20	0,08	1,30	1,80	13,18

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0.01

Tabela 9.5.14. Prosečan sadržaj Pb u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg)
Rudnik (bagremova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	137,70 ^A	0,52	0,21	134,00	135,10	0,39
Pčele sa zatvorenog legla	58,98 ^B	0,35	0,14	58,30	59,30	0,60
Pčele sa otvorenog legla	54,62 ^B	1,85	0,75	52,40	57,30	3,39
Trutovi	46,78 ^C	4,28	1,74	39,50	51,20	9,15
Med	18,85 ^D	1,83	0,75	16,20	20,80	9,69
Perga	100,90 ^E	6,06	2,47	95,20	109,50	6,01
Vosak	29,25 ^F	3,82	1,56	25,50	36,20	13,06

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0.01

PRILOG 9.6

Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima pčela i njihovih proizvoda sa lokacije podnožja planine Rudnik (livadska paša)

Tabela 9.6.1. Prosečan sadržaj Na u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg) Rudnik (livadska paša)						
Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S_d	S_e	I_v		$C_{v\%}$
				$X_{\min}$	$X_{\max}$	
Izletnice	211,70 ^A	5,20	2,12	203,40	216,80	2,46
Pčele sa zatvorenog legla	156,80 ^B	3,90	1,59	153,40	164,20	2,49
Pčele sa otvorenog legla	136,10 ^C	2,79	1,14	131,20	139,10	2,05
Trutovi	246,30 ^D	1,99	0,81	243,20	248,50	0,81
Med	12,19 ^E	1,48	0,60	10,26	14,02	12,14
Perga	29,86 ^F	1,66	0,67	27,44	31,72	5,55
Vosak	5,58 ^G	1,61	0,66	3,29	7,28	28,94

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou $p < 0.01$

Tabela 9.6.2. Prosečan sadržaj Mg u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg) Rudnik (livadska paša)						
Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S_d	S_e	I_v		$C_{v\%}$
				$X_{\min}$	$X_{\max}$	
Izletnice	415,10 ^A	11,95	4,88	404,30	436,20	2,88
Pčele sa zatvorenog legla	420,10 ^A	9,55	3,61	406,00	426,30	2,27
Pčele sa otvorenog legla	317,90 ^B	2,75	1,12	314,10	321,00	0,87
Trutovi	301,70 ^B	1,52	0,62	300,00	303,80	0,50
Med	14,75 ^C	1,06	0,43	13,20	16,25	7,16
Perga	865,30 ^D	29,84	12,18	836,80	904,50	3,45
Vosak	31,21 ^C	4,54	1,85	26,98	39,29	14,56

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou $p < 0.01$

Tabela 9.6.3. Prosečan sadržaj K u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg) Rudnik (livadska paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	3830 ^A	79,28	32,37	3675	3899	2,07
Pčele sa zatvorenog legla	4211 ^B	106,70	43,54	4121	4387	2,53
Pčele sa otvorenog legla	3547 ^C	83,72	34,18	3492	3656	2,36
Trutovi	3946 ^A	57,50	23,47	3832	3985	1,46
Med	511,30 ^D	7,15	2,91	502,40	520,30	1,40
Perga	7142 ^E	145,10	59,23	6919	7260	2,03
Vosak	200,30 ^F	25,05	10,23	162,50	230,40	12,51

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0.01

Tabela 9.6.4. Prosečan sadržaj Ca u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg) Rudnik (livadska paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	400,50 ^A	2,31	0,94	393,60	403,40	0,58
Pčele sa zatvorenog legla	386,70 ^A	28,79	11,75	342,20	417,90	7,45
Pčele sa otvorenog legla	257,50 ^B	8,92	3,64	249,60	270,20	3,46
Trutovi	105,60 ^C	2,03	0,83	101,90	107,70	1,92
Med	31,24 ^D	3,84	1,56	25,69	35,99	12,28
Perga	1289 ^E	47,11	19,23	1243	1369	3,66
Vosak	33,28 ^D	2,68	1,09	30,89	37,27	8,06

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0.01

Tabela 9.6.5. Prosečan sadržaj Cr u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg) Rudnik (livadska paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	36,00 ^A	0,84	0,34	35,10	37,40	2,33

Tabela 9.6.5. Prosečan sadržaj Cr u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg) Rudnik (livadska paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Pčele sa zatvorenog legla	49,22 ^A	4,79	1,95	43,90	56,30	9,73
Pčele sa otvorenog legla	22,17 ^A	2,78	1,14	19,00	26,00	12,57
Trutovi	35,83 ^A	0,98	0,40	35,00	37,00	2,74
Med	10,72 ^A	0,52	0,21	10,09	11,25	4,89
Perga	171,50 ^B	9,48	3,87	160,00	186,00	5,53
Vosak	162,90 ^B	31,43	12,83	126,00	199,00	19,30

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0.01

Tabela 9.6.6. Prosečan sadržaj Mn u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg) Rudnik (livadska paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	75,01 ^A	2,81	1,15	72,08	80,00	3,75
Pčele sa zatvorenog legla	15,77 ^B	0,81	0,33	14,76	16,84	5,16
Pčele sa otvorenog legla	12,05 ^B	0,55	0,22	11,35	12,51	4,57
Trutovi	4,30 ^B	0,23	0,09	4,06	4,63	5,27
Med	0,30 ^B	0,03	0,01	0,25	0,32	8,85
Perga	28,06 ^B	2,24	0,91	25,93	31,45	7,99
Vosak	4,80 ^C	0,52	0,21	4,16	5,46	10,64

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

Tabela 9.6.7. Prosečan sadržaj Fe u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg) Rudnik (livadska paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	93,36 ^A	0,99	0,40	92,50	94,95	1,06

Tabela 9.6.7. Prosečan sadržaj Fe u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg)
Rudnik (livadska paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _V		C _V %
				X _{min}	X _{max}	
Pčele sa zatvorenog legla	39,03 ^B	2,50	1,02	35,73	41,20	6,41
Pčele sa otvorenog legla	27,84 ^C	1,07	3,83	26,63	28,82	3,83
Trutovi	29,40 ^B	0,06	0,02	29,30	29,45	0,19
Med	0,58 ^D	0,10	0,03	0,39	0,67	16,62
Perga	89,68 ^E	4,44	1,81	84,86	95,81	4,95
Vosak	9,75 ^F	0,72	0,29	8,91	10,96	7,37

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

Tabela 9.6.8. Prosečan sadržaj Co u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg)
Rudnik (livadska paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _V		C _V %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	116,70 ^A	3,14	1,28	112,00	121,00	2,69
Pčele sa zatvorenog legla	36,42 ^B	1,95	0,79	34,00	38,60	5,36
Pčele sa otvorenog legla	27,83 ^C	1,17	0,48	26,00	29,00	4,20
Trutovi	9,78 ^D	0,25	0,10	9,50	10,20	2,54
Med	ND					
Perga	77,13 ^E	2,59	1,05	74,00	80,00	3,35
Vosak	7,33 ^D	0,82	0,33	6,00	8,00	11,13

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

Tabela 9.6.9. Prosečan sadržaj Ni u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg) Rudnik (livadska paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _V		C _V %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	0,41 ^A	0,01	0,005	0,39	0,42	2,98

Tabela 9.6.9. Prosečan sadržaj Ni u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg) Rudnik (livadska paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Pčele sa zatvorenog legla	0,53 ^B	0,03	0,01	0,49	0,57	6,56
Pčele sa otvorenog legla	0,36 ^A	0,01	0,003	0,35	0,37	2,29
Trutovi	0,05 ^C	0,01	0,002	0,04	0,05	12,56
Med	0,10 ^C	0,01	0,001	0,09	0,10	4,50
Perga	1,45 ^D	0,08	0,03	1,35	1,57	5,39
Vosak	0,19 ^E	0,05	0,02	0,12	0,24	26,09

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

Tabela 9.6.10. Prosečan sadržaj Cu u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg) Rudnik (livadska paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	7,95 ^A	0,15	0,06	7,76	8,11	1,88
Pčele sa zatvorenog legla	6,83 ^B	0,13	0,05	6,67	6,98	1,85
Pčele sa otvorenog legla	5,95 ^C	0,40	0,16	5,44	6,34	6,74
Trutovi	10,93 ^D	0,02	0,007	10,91	10,95	0,15
Med	0,44 ^E	0,02	0,009	0,42	0,48	5,18
Perga	5,99 ^C	0,27	0,10	5,79	6,37	4,48
Vosak	0,20 ^E	0,05	0,02	0,16	0,29	23,35

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

Tabela 9.6.11. Prosečan sadržaj Zn u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg) Rudnik (livadska paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	66,56 ^A	2,62	1,07	62,63	69,73	3,94

Tabela 9.6.11. Prosečan sadržaj Zn u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg)
Rudnik (livadska paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Pčele sa zatvorenog legla	30,54 ^B	0,58	0,24	30,00	31,10	1,91
Pčele sa otvorenog legla	23,88 ^C	0,50	0,20	23,23	24,74	2,10
Trutovi	35,13 ^D	0,80	0,32	34,00	36,02	2,27
Med	1,66 ^E	0,11	0,04	1,58	1,85	6,39
Perga	38,54 ^F	1,75	0,71	36,22	40,74	4,55
Vosak	7,66 ^G	0,42	0,17	7,15	8,20	5,55

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

Tabela 9.6.12. Prosečan sadržaj As u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg)
Rudnik (livadska paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	71,78 ^A	0,31	0,12	71,50	72,30	0,43
Pčele sa zatvorenog legla	25,48 ^B	1,74	0,71	23,20	27,70	6,83
Pčele sa otvorenog legla	19,48 ^C	0,85	0,35	18,00	20,30	4,38
Trutovi	5,65 ^D	0,24	0,09	5,40	5,90	4,30
Med	1,48 ^E	0,19	0,07	1,30	1,80	13,08
Perga	32,20 ^F	2,56	1,04	29,50	36,50	7,95
Vosak	3,33 ^E	0,26	0,10	3,00	3,70	7,75

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

Tabela 9.6.13. Prosečan sadržaj Cd u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg)
Rudnik (livadska paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	115,40 ^A	4,73	1,93	109,70	120,90	4,10

Tabela 9.6.13. Prosečan sadržaj Cd u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg)
Rudnik (livadska paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _V		C _V %
				X _{min}	X _{max}	
Pčele sa zatvorenog legla	21,15 ^B	2,16	0,88	18,70	24,40	10,21
Pčele sa otvorenog legla	16,53 ^C	0,14	0,05	16,40	16,70	0,83
Trutovi	2,50 ^D	0,55	0,22	2,00	3,00	21,91
Med	4,18 ^D	0,22	0,09	3,99	4,58	5,17
Perga	31,37 ^E	3,05	1,25	27,00	35,30	9,73
Vosak	2,25 ^D	0,45	0,18	1,70	3,00	20,02

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

Tabela 9.6.14. Prosečan sadržaj Pb u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg)
Rudnik (livadska paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _V		C _V %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	138,70 ^A	5,85	2,39	131,80	148,50	4,22
Pčele sa zatvorenog legla	55,85 ^B	0,24	0,09	55,50	56,20	0,43
Pčele sa otvorenog legla	50,05 ^B	2,41	0,98	47,10	54,40	4,81
Trutovi	9,12 ^C	0,26	0,10	8,80	9,50	2,90
Med	19,00 ^D	0,14	0,05	18,80	19,20	0,74
Perga	199,90 ^E	1,93	0,78	197,60	202,80	0,97
Vosak	69,95 ^F	10,65	4,35	56,40	81,10	15,22

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

PRILOG 9.7

Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima pčela i njihovih proizvoda sa lokacije Lazarevac (bagremova paša)

Tabela 9.7.1. Prosečan sadržaj Na u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg) Lazarevac (bagremova paša)						
Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	215,20 ^A	1,13	0,46	213,90	216,60	0,53
Pčele sa zatvorenog legla	248,50 ^B	3,45	1,40	243,60	252,60	1,39
Pčele sa otvorenog legla	233,20 ^C	9,14	3,73	222,40	241,60	3,92
Trutovi	193,70 ^D	1,56	0,63	192,00	195,90	0,80
Med	2,82 ^E	0,59	0,24	2,15	3,72	21,05
Perga	34,91 ^F	1,50	0,61	32,95	36,53	4,29
Vosak	15,34 ^G	1,73	0,70	13,50	17,45	11,28

Legenda: različita slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

Tabela 9.7.2. Prosečan sadržaj Mg u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg) Lazarevac (bagremova paša)						
Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	501,50 ^A	1,38	0,56	500,00	503,00	0,27
Pčele sa zatvorenog legla	444,80 ^B	2,55	0,96	442,00	448,50	0,57
Pčele sa otvorenog legla	417,10 ^B	18,44	7,53	391,50	435,60	4,42
Trutovi	396,10 ^B	2,97	1,21	393,20	401,50	0,75
Med	5,41 ^C	0,40	0,16	4,99	6,00	7,35
Perga	692,20 ^D	39,93	16,30	645,20	741,80	5,77
Vosak	82,48 ^E	2,93	1,19	79,46	86,79	3,55

Legenda: različita slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

Tabela 9.7.3. Prosečan sadržaj K u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg)
Lazarevac (bagremova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	4445 ^A	36,17	14,77	4400	4680	0,81
Pčele sa zatvorenog legla	4284 ^A	6,92	2,82	4270	4289	0,16
Pčele sa otvorenog legla	4250 ^A	122,10	49,84	4138	4363	2,87
Trutovi	4006 ^A	10,79	4,40	3994	4016	0,27
Med	411,30 ^B	7,57	3,08	401,60	419,40	1,84
Perga	5944,00 ^C	730,40	298,20	5160	6680	12,29
Vosak	693,40 ^B	28,41	11,60	662,70	738,20	4,10

Legenda: različita slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

Tabela 9.7.4. Prosečan sadržaj Ca u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg)
Lazarevac (bagremova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	473,80 ^A	2,22	0,90	471,40	477,50	0,47
Pčele sa zatvorenog legla	347,70 ^A	21,02	8,58	329,00	347,70	6,05
Pčele sa otvorenog legla	334,30 ^A	7,20	2,94	326,30	341,40	2,15
Trutovi	377,20 ^A	7,20	2,94	368,00	383,00	1,91
Med	11,62 ^B	2,04	0,83	9,65	15,42	17,52
Perga	1266 ^C	248,80	101,60	1018	1555	19,65
Vosak	212,70 ^D	22,71	9,27	184,80	239,60	10,67

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0.01

Tabela 9.7.5. Prosečan sadržaj Cr u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg)
Lazarevac (bagremova paša)

		Mere varijacije				
Parametar	$\bar{X}$	S _d	S _e	I _V		C _V %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	18,28 ^A	2,19	0,89	15,60	21,10	11,96
Pčele sa zatvorenog legla	23,43 ^A	2,35	0,95	21,00	26,90	10,02
Pčele sa otvorenog legla	20,77 ^A	0,40	0,16	20,20	21,40	1,94
Trutovi	31,62 ^A	0,37	0,15	31,00	32,00	1,17
Med	2,00 ^A	0,28	0,11	1,50	2,30	13,85
Perga	183,80 ^B	29,77	12,15	141,80	220,70	16,20
Vosak	85,77 ^C	4,03	1,64	81,10	91,80	4,70

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0.01

Tabela 9.7.6. Prosečan sadržaj Mn u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg)
Lazarevac (bagremova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				C _V %
		S _d	S _e	I _V		
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	76,66 ^A	3,80	1,55	70,31	80,64	4,96
Pčele sa zatvorenog legla	71,91 ^A	14,11	5,76	53,37	83,66	19,62
Pčele sa otvorenog legla	59,23 ^B	1,17	0,48	57,72	60,45	1,98
Trutovi	52,35 ^B	0,82	0,34	51,44	53,46	1,58
Med	0,21 ^C	0,05	0,02	0,14	0,28	22,51
Perga	38,15 ^D	4,99	2,04	30,34	45,56	13,09
Vosak	1,40 ^C	0,24	0,09	1,10	1,70	16,90

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0.01

Tabela 9.7.7. Prosečan sadržaj Fe u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg) Lazarevac (bagremova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S_d	S_e	I_V		$C_{V\%}$
				$X_{\min}$	$X_{\max}$	
Izletnice	64,50 ^A	0,17	0,07	64,30	64,66	0,26
Pčele sa zatvorenog legla	60,51 ^A	4,14	1,69	55,53	66,95	6,85
Pčele sa otvorenog legla	57,60 ^B	1,39	0,56	56,70	59,73	2,41
Trutovi	54,26 ^B	0,96	0,39	53,00	55,60	1,76
Med	0,26 ^C	0,07	0,03	0,21	0,39	26,74
Perga	54,97 ^B	6,79	2,77	46,50	63,01	12,36
Vosak	17,11 ^D	0,28	0,11	16,85	17,62	1,64

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou $p < 0.01$

Tabela 9.7.8. Prosečan sadržaj Co u uzorcima pčela i njihovih proizvoda ($\mu\text{g/kg}$) Lazarevac (bagremova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S_d	S_e	I_V		$C_{V\%}$
				$X_{\min}$	$X_{\max}$	
Izletnice	78,25 ^A	5,45	2,22	71,80	87,60	6,97
Pčele sa zatvorenog legla	67,48 ^A	9,53	3,89	57,60	80,20	14,12
Pčele sa otvorenog legla	58,37 ^B	2,43	0,99	55,40	61,80	4,15
Trutovi	70,23 ^A	3,12	1,27	66,90	75,50	4,44
Med	ND					
Perga	37,52 ^C	4,65	1,90	31,80	45,50	12,40
Vosak	10,53 ^D	1,44	0,58	8,90	12,10	13,66

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou $p < 0.01$ (ND- nije detektovano)

Tabela 9.7.9. Prosečan sadržaj Ni u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg)
Lazarevac (bagremova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	0,88 ^A	0,02	0,006	0,86	0,90	1,76
Pčele sa zatvorenog legla	0,15 ^B	0,01	0,003	0,14	0,16	5,07
Pčele sa otvorenog legla	0,72 ^C	0,09	0,04	0,62	0,81	12,26
Trutovi	0,52 ^D	0,14	0,06	0,30	0,64	27,39
Med	0,04 ^B	0,01	0,001	0,03	0,05	20,61
Perga	1,33 ^E	0,12	0,05	1,20	1,50	9,08
Vosak	0,05 ^B	0,004	0,001	0,04	0,05	7,96

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0.01

Tabela 9.7.10. Prosečan sadržaj Cu u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg)
Lazarevac (bagremova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	7,67 ^A	0,13	0,05	7,50	7,82	1,64
Pčele sa zatvorenog legla	7,70 ^A	0,11	0,05	7,56	7,81	1,48
Pčele sa otvorenog legla	7,00 ^B	0,32	0,13	6,55	7,42	4,60
Trutovi	7,42 ^A	0,16	0,06	7,25	7,69	2,16
Med	0,06 ^C	0,01	0,005	0,05	0,08	18,17
Perga	4,59 ^D	0,11	0,04	4,47	4,73	2,37
Vosak	0,35 ^C	0,02	0,009	0,32	0,38	6,23

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0.01; mala slova p<0,05

Tabela 9.7.11. Prosečan sadržaj Zn u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg) Lazarevac (bagremova paša)						
Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _V		C _V %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	44,97 ^A	0,47	0,19	44,40	45,56	1,04
Pčele sa zatvorenog legla	41,56 ^A	3,66	1,49	38,40	46,26	8,80
Pčele sa otvorenog legla	38,09 ^B	1,20	0,49	36,44	39,59	3,14
Trutovi	42,46 ^A	1,48	0,60	40,65	44,08	3,48
Med	0,87 ^C	0,03	0,01	0,84	0,90	3,04
Perga	27,31 ^D	2,25	0,91	23,77	30,08	8,25
Vosak	7,16 ^E	0,47	0,19	6,61	7,83	6,62

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0.01

Tabela 9.7.12. Prosečan sadržaj As u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg) Lazarevac (bagremova paša)						
Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _V		C _V %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	76,28 ^A	1,62	0,66	74,60	79,10	2,12
Pčele sa zatvorenog legla	60,55 ^B	5,81	2,37	54,00	69,20	9,60
Pčele sa otvorenog legla	57,47 ^B	3,13	1,28	53,40	61,40	5,45
Trutovi	73,63 ^A	0,51	0,20	73,00	74,20	0,69
Med	1,13 ^C	0,12	0,05	1,00	1,30	10,69
Perga	43,37 ^D	4,39	1,79	38,20	49,10	10,12
Vosak	25,60 ^E	1,63	0,66	23,70	27,60	6,37

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

Tabela 9.7.13. Prosečan sadržaj Cd u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg) Lazarevac (bagremova paša)						
Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _V		C _V %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	88,90 ^A	2,51	1,02	86,20	93,20	2,82

Tabela 9.7.13. Prosečan sadržaj Cd u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg)
Lazarevac (bagremova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Pčele sa zatvorenog legla	90,05 ^A	0,26	0,10	89,70	90,30	0,29
Pčele sa otvorenog legla	121,10 ^B	8,15	3,33	110,90	131,40	6,73
Trutovi	106,30 ^C	1,48	0,60	104,10	107,90	1,39
Med	1,15 ^D	0,10	0,04	1,00	1,30	9,12
Perga	43,50 ^E	4,15	1,69	35,90	47,30	9,55
Vosak	3,42 ^D	0,79	0,32	2,50	4,50	23,08

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

Tabela 9.7.14. Prosečan sadržaj Pb u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg)
Lazarevac (bagremova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	65,88 ^A	1,05	0,43	64,60	67,10	1,60
Pčele sa zatvorenog legla	98,12 ^B	0,66	0,27	97,00	98,70	0,67
Pčele sa otvorenog legla	55,82 ^C	1,06	0,43	54,40	57,00	1,90
Trutovi	68,07 ^A	1,35	0,55	66,10	69,80	1,98
Med	5,73 ^D	0,48	0,19	5,00	6,40	8,38
Perga	183,20 ^E	8,95	3,65	170,80	191,30	4,88
Vosak	111,80 ^F	6,73	2,75	102,00	118,90	6,02

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

PRILOG 9.8

Prosečan sadržaj pojedinih elemenata u uzorcima pčela i njihovih proizvoda sa lokacije Ležimir (lipova paša)

Tabela 9.8.1. Prosečan sadržaj Na u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg) Ležimir(lipova paša)						
Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	184,70 ^A	2,79	1,14	182,00	188,90	1,51
Pčele sa zatvorenog legla	143,20 ^B	9,07	3,70	135,50	155,60	6,33
Pčele sa otvorenog legla	148,00 ^B	4,81	1,96	141,70	152,00	3,25
Trutovi	212,80 ^C	6,23	2,54	204,90	218,10	2,93
Med	6,15 ^D	0,35	0,14	5,68	6,72	5,64
Perga	49,07 ^E	3,03	1,24	45,33	52,89	6,17
Vosak	20,03 ^F	0,45	0,18	19,64	20,85	2,25

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

Tabela 9.8.2. Prosečan sadržaj Mg u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg) Ležimir(lipova paša)						
Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	415,10 ^A	0,34	0,14	414,50	415,50	0,08
Pčele sa zatvorenog legla	351,90 ^B	12,71	4,80	334,20	367,40	3,61
Pčele sa otvorenog legla	363,10 ^B	8,12	3,32	355,10	373,00	2,24
Trutovi	274,00 ^C	2,37	0,96	271,70	278,10	0,86
Med	38,45 ^D	2,02	0,83	35,25	40,53	5,26
Perga	714,70 ^E	40,64	16,59	664,40	752,20	5,69
Vosak	247,90 ^C	5,22	2,13	237,50	251,80	2,11

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

Tabela 9.8.3. Prosečan sadržaj K u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg)
Ležimir(lipova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	3990 ^A	8,96	3,65	3979	3998	0,22
Pčele sa zatvorenog legla	4179 ^A	75,70	30,91	4024	4210	1,81
Pčele sa otvorenog legla	4323 ^A	32,34	13,20	4290	4358	0,75
Trutovi	4609 ^A	151,10	61,69	4455	4760	3,28
Med	2824 ^B	44,96	18,36	2769	2877	1,59
Perga	5515 ^C	361,20	147,50	5153	5959	6,55
Vosak	1572 ^D	178,40	72,83	1360	1800	11,35

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

Tabela 9.8.4. Prosečan sadržaj Ca u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg)
Ležimir(lipova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	634,20 ^A	12,63	5,15	620,00	649,60	1,99
Pčele sa zatvorenog legla	478,80 ^B	24,19	9,87	443,30	501,70	5,05
Pčele sa otvorenog legla	425,30 ^C	12,87	5,25	408,00	436,70	3,03
Trutovi	168,50 ^D	1,38	0,56	167,00	170,00	0,82
Med	119,70 ^E	5,45	2,22	112,40	125,80	4,55
Perga	1806 ^F	44,98	1753	1753	1860	2,49
Vosak	396,70 ^C	21,18	8,64	375,20	425,90	5,34

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

Tabela 9.8.5. Prosečan sadržaj Cr u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg)
Ležimir (lipova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	8,58 ^A	0,93	0,38	7,60	9,70	10,86

Tabela 9.8.5. Prosečan sadržaj Cr u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg)
Ležimir (lipova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Pčele sa zatvorenog legla	9,27 ^B	1,16	0,47	7,80	10,90	12,56
Pčele sa otvorenog legla	7,68 ^C	1,02	0,41	6,30	8,60	13,26
Trutovi	7,25 ^D	0,37	0,15	6,90	7,80	5,14
Med	13,63 ^E	3,04	1,24	10,20	17,20	22,33
Perga	106,90 ^F	12,92	5,27	92,00	123,40	12,09
Vosak	247,60 ^C	33,59	13,71	204,90	289,40	13,57

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

Tabela 9.8.6. Prosečan sadržaj Mn u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg)
Ležimir(lipova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	393,80 ^A	1,48	0,60	392,00	395,10	0,38
Pčele sa zatvorenog legla	135,30 ^B	0,51	0,21	134,70	136,00	0,38
Pčele sa otvorenog legla	126,50 ^C	1,38	0,56	125,00	128,00	1,09
Trutovi	17,72 ^D	1,76	0,72	15,93	20,40	9,96
Med	4,04 ^E	0,12	0,05	3,92	4,19	2,95
Perga	204,80 ^F	1,17	0,48	203,00	206,00	0,57
Vosak	3,83 ^E	0,58	0,24	3,14	4,60	15,16

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

Tabela 9.8.7. Prosečan sadržaj Fe u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg)
Ležimir(lipova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	62,68 ^A	2,08	0,84	60,20	65,89	3,31

Tabela 9.8.7. Prosečan sadržaj Fe u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg)
Ležimir(lipova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Pčele sa zatvorenog legla	32,33 ^B	3,16	1,29	29,82	37,03	9,77
Pčele sa otvorenog legla	24,83 ^C	0,45	0,18	24,20	25,13	1,80
Trutovi	18,61 ^D	1,57	0,64	16,93	20,73	8,45
Med	2,17 ^E	0,12	0,05	2,00	2,36	5,64
Perga	57,52 ^F	4,28	1,74	52,35	62,78	7,43
Vosak	41,10 ^G	0,68	0,28	40,00	41,95	1,66

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

Tabela 9.8.8. Prosečan sadržaj Co u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg)
Ležimir (lipova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	82,48 ^A	2,38	0,97	79,40	85,60	2,88
Pčele sa zatvorenog legla	39,98 ^B	1,06	0,43	38,30	41,10	2,65
Pčele sa otvorenog legla	28,93 ^C	0,36	0,15	28,50	29,30	1,25
Trutovi	6,50 ^D	0,09	0,03	6,40	6,60	1,38
Med		ND				
Perga	55,43 ^E	3,88	1,58	51,00	60,00	7,00
Vosak	17,55 ^F	1,15	0,47	16,00	18,90	6,55

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01 (ND- nije detektovano)

Tabela 9.8.9. Prosečan sadržaj Ni u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg)
Ležimir (lipova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	0,22 ^A	0,01	0,004	0,20	0,23	5,35

Tabela 9.8.9. Prosečan sadržaj Ni u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg)
Ležimir (lipova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Pčele sa zatvorenog legla	0,45 ^B	0,02	0,01	0,42	0,48	5,07
Pčele sa otvorenog legla	0,53 ^B	0,01	0,005	0,51	0,54	2,39
Trutovi	0,09 ^A	0,01	0,006	0,07	0,11	15,90
Med	0,13 ^A	0,04	0,01	0,10	0,18	27,10
Perga	3,67 ^C	0,30	0,12	3,10	3,97	8,36
Vosak	0,18 ^A	0,04	0,01	0,15	0,24	20,55

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

Tabela 9.8.10. Prosečan sadržaj Cu u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg)
Ležimir (lipova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	7,62 ^A	0,10	0,04	7,50	7,78	1,34
Pčele sa zatvorenog legla	7,92 ^A	0,10	0,04	7,82	8,04	1,25
Pčele sa otvorenog legla	8,11 ^A	0,03	0,01	8,05	8,15	0,42
Trutovi	6,94 ^B	0,91	0,37	6,11	8,61	13,13
Med	0,27 ^C	0,02	0,008	0,24	0,29	7,96
Perga	10,72 ^D	1,67	0,68	8,76	12,68	15,55
Vosak	1,01 ^C	0,03	0,01	0,97	1,04	2,49

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

Tabela 9.8.11. Prosečan sadržaj Zn u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg)
Ležimir(lipova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	29,14 ^A	0,12	0,05	29,00	29,26	0,42

Tabela 9.8.11. Prosečan sadržaj Zn u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (mg/kg)
Ležimir(lipova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Pčele sa zatvorenog legla	23,75 ^A	1,94	0,79	21,69	26,81	8,18
Pčele sa otvorenog legla	24,55 ^A	0,39	0,16	24,18	24,93	1,60
Trutovi	24,15 ^A	2,39	0,97	21,97	27,93	9,87
Med	1,01 ^B	0,07	0,03	0,90	1,10	6,63
Perga	46,94 ^C	8,37	3,41	31,39	56,64	17,82
Vosak	21,04 ^A	2,35	0,96	18,12	24,80	11,18

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

Tabela 9.8.12. Prosečan sadržaj As u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg)
Ležimir (lipova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	28,40 ^A	0,28	0,11	28,10	28,90	1,00
Pčele sa zatvorenog legla	10,62 ^B	0,86	0,35	9,70	11,80	8,11
Pčele sa otvorenog legla	6,18 ^C	0,08	0,03	6,10	6,30	1,22
Trutovi	6,25 ^C	1,56	0,64	4,70	7,90	24,97
Med	1,50 ^D	0,13	0,05	1,30	1,60	8,43
Perga	20,50 ^E	3,96	1,62	14,10	25,40	19,32
Vosak	21,55 ^E	0,30	0,13	21,20	21,90	1,40

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

Tabela 9.8.13. Prosečan sadržaj Cd u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg)
Ležimir (lipova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	173,60 ^A	8,12	3,31	166,00	189,40	4,68
Pčele sa zatvorenog legla	67,70 ^B	1,16	0,47	66,20	69,00	1,71

Tabela 9.8.13. Prosečan sadržaj Cd u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg)
Ležimir (lipova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Pčele sa otvorenog legla	34,33 ^C	0,90	0,37	33,20	35,20	2,62
Trutovi	5,12 ^D	0,39	0,16	4,80	5,70	7,56
Med	2,27 ^D	0,30	0,12	1,70	2,60	13,57
Perga	136,50 ^E	8,48	3,46	120,90	145,80	6,21
Vosak	7,55 ^D	0,14	0,06	7,40	7,70	1,83

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

Tabela 9.8.14. Prosečan sadržaj Pb u uzorcima pčela i njihovih proizvoda (µg/kg)
Ležimir (lipova paša)

Parametar	$\bar{X}$	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{min}	X _{max}	
Izletnice	44,42 ^A	3,01	1,22	40,00	48,50	6,77
Pčele sa zatvorenog legla	31,57 ^B	1,47	0,60	30,00	33,40	4,66
Pčele sa otvorenog legla	26,57 ^B	1,28	0,52	25,50	28,90	4,83
Trutovi	25,48 ^B	1,54	0,63	23,90	28,00	6,03
Med	13,23 ^C	1,92	0,78	10,80	15,40	14,54
Perga	55,85 ^A	6,42	2,62	46,70	60,20	11,49
Vosak	401,10 ^D	16,02	6,54	385,30	421,30	3,99

Legenda: različita velika slova označavaju statističku značajnost na nivou p<0,01

BIOGRAFIJA

Danka M. Spirić je na Biološkom fakultetu Univerziteta u Beogradu diplomirala 2008.god, smer biologija i zaštita životne sredine. Akademske specijalističke studije, smer biologija mikroorganizama, završila je 2012.god, na Biološkom fakultetu u Beogradu i stekla zvanje specijalista biologije mikroorganizama. Školske 2011/12. godine upisala je doktorske akademske studije, smer prehrambena tehnologija, na Poljoprivrednom fakultetu u Beogradu. Od 2016, doktorske akademske studije nastavlja na Fakultetu veterinarske medicine u Beogradu.

U Institutu za higijenu i tehnologiju mesa, u Beogradu, zaposlena je od oktobra 2008. god, u Odeljenju za mikrobiološka i imunoenzimiska ispitivanja. Od aprila 2014. god raspoređena je na radno mesto saradnika u Odeljenju za ispitivanje rezidua. Od marta 2022. Godine raspoređena je na radno mesto mlađeg tehničkog saradnika u Odeljenju za instrumentalnu hemiju. Zvanje istraživač pripravnik stekla je 20.10.2009. godine, a zvanje istraživač saradnik 12.09.2012, sa reizborom koji traje od 2015. godine. Od oktobra 2023, u stručnom je zvanju.

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а Данка Спирић

број уписа 2016/5021

Изјављујем

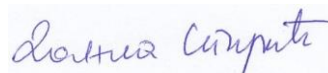
да је докторска дисертација под насловом

Испитивање садржаја микро и макроелемената у узорцима пчела и њихових производа

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, 05.04.2023.



Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Данка Спирић

Број уписа 2016/5021

Студијски програм Докторске академске студије ветеринарске медицине

Наслов рада Испитивање садржаја микро и макроелемената у узорцима пчела и њихових производа

Ментор проф. Др. Владо Теодоровић

Потписани Данка Спирић

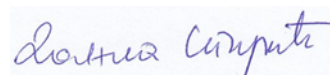
изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, 05.04.2023.



Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Испитивање садржаја микро и макроелемената у узорцима пчела и њихових производа
која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
- ☒ 6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, _____05.04.2023._____

