Olovo i nikal u okolišu istočne Hrvatske

Jurčić, Iva

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Chemistry / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:182:808361

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-18**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Department of Chemistry, Osijek

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za kemiju

Preddiplomski studij kemije

Iva Jurčić

Olovo i nikal u okolišu istočne Hrvatske

Završni rad

Mentor: izv. prof. dr. sc. Vlatka Gvozdić

Osijek, 2023.

Sažetak

Cilj ovog rada bio je procijeniti koncentracije olova i nikla u uzorcima vode, zemlje, maslačka i uzorcima kose, urina i seruma stanovnika s područja istočne Hrvatske, a metodama multivarijantne obrade podataka istražiti grupiranja i međusobne korelacije. Istraživanje je provedeno na ukupno 358 ispitanika u Vladislavcima, Dalju, Čepinu, Našicama i Osijeku. Vrijednosti za nikal kretale su se: serum 7,27 µg/L, urin 7,16 µg/L, kosa 4,95 mg/kg, zemlja od 19,24 mg/kg, voda 2,78 µg/L, maslačak 315,62 µg/kg. Vrijednosti za olovo kretale su se: serum 10,40 µg/L, urin 16,65 µg/L, kosa 17,23 mg/kg, zemlja 17,40 mg/kg, voda 0,60 µg/L, maslačak 77,22 µg/kg. Rezultat metode analize glavnih komponenata ukazao je na klaster koji se sastojao od dva grada i jednog naselja (Osijek, Našice, Čepin) okarakteriziranog nižim koncentracijama olova i nikla. Vrijednosti za biološke uzorke nalazile su se u rasponu referentnih vrijednosti ili su bile bliske njihovoj gornjoj granici. Vrijednosti koncentracija Ni i Pb za vodu, zemlju i maslačak nalazile su se u rasponu literaturnih vrijednosti za uzorke prikupljene na područjima koja nisu bila izložena antropogenim utjecajima. S obzirom na to da je istraživanje provedeno na velikom broju uzoraka, rezultati mogu poslužiti kao referentne i literaturne vrijednosti za koncentracije olova i nikla u istočnoj Hrvatskoj.

Ključne riječi: olovo, nikal, biološki uzorci, istočna Hrvatska, zemlja, voda, maslačak

Abstract

The aim of this study was to assess the concentrations of lead and nickel in samples of water, soil, dandelions, and hair, urine, and serum samples from residents of eastern Croatia, and to explore clustering and mutual correlations using multivariate data analysis methods. The research was conducted on a total of 358 participants in Vladislavci, Dalj, Čepin, Našice, and Osijek. The values for nickel were as follows: serum 7.27 µg/L, urine 7.16 µg/L, hair 4.95 mg/kg, soil 19.24 mg/kg, water 2.78 µg/L, dandelions 315.62 µg/kg. The values for lead were as follows: serum 10.40 µg/L, urine 16.65 µg/L, hair 17.23 mg/kg, soil 17.40 mg/kg, water 0.60 µg/L, dandelions 77.22 µg/kg. The result of the principal component analysis method indicated a cluster consisting of two cities and one settlement (Osijek, Našice, Čepin) characterized by lower concentrations of lead and nickel. Values for biological samples were within the range of reference values or close to their upper limit. Concentration values of Ni and Pb for water, soil, and dandelions were within the range of literature values for samples collected in areas not exposed to anthropogenic influences. Given that the research was conducted on a large number of samples, the results can serve as reference and literature values for concentrations of lead and nickel in eastern Croatia.

Key words: lead, nickel, biological samples, eastern Croatia, soil, water, dandelion

Sadržaj

2. UVOD 1
2. CILJ I SVRHA ISTRAŽIVANJA 4
3. ISPITANICI I METODE 4
3.1. Prikupljanje uzoraka 4
3.2. Analiza uzoraka i obrada podataka 6
3.2.1. Klaster analiza 6
3.2.2. Analiza glavnih komponenata 6
3. REZULTATI 8
5. RASPRAVA 18
6. ZAKLJUČAK 20
LITERATURA 21

2. UVOD

Olovo, simbol Pb (lat. *Plumbum*), kemijski je element s atomskim brojem 82 i relativnom atomskom masom 207,2. Olovo je sivi, sjajni metal koji je poznat od davnina. U prirodi se najčešće pojavljuje u spojevima, najvažnija ruda u kojoj se pojavljuje je galenit, a zatim ceruzit i anglezit. Mekano je, teško, ima nisko talište te je slab vodič. Zbog svojih dobrih fizikalnih svojstava i povoljne dostupnosti ima širioku primjernu.

Nikal, simbol Ni (lat. *Nichelium*), kemijski je element s atomskim brojem 28 i relativnom atomskom masom 58,693. Nikal je metal srebrnobijele boje, žilav i teško taljiv te dobar vodič. Pretpostavlja se da je uz željezo jedan od glavnih sastojaka Zemljine jezgre. Njegovi najvažniji minerali su garnijerit i nikelin. Otporan je prema djelovanju lužina, zato se često koristi za gradnju kemijskih aparatura otpornih prema alkalijama te za pripravu slitina [1] [2].

Teški metali u okoliš dolaze preko antropogenih izvora. Najučestaliji onečišćivači su industrije, baterije, vozila. Porastom proizvodnje i razvojem industrije nastale su metalne čestice koje se zrakom šire na velike udaljenosti, a može ih se pronaći i u otpadnim vodama. Olovni spojevi se najčešće koriste u indutriji guma, izradi akumulatora i pirotehnici [1].

Nikal se smatra ozbiljnim onečišćivačem koji potječe iz postrojenja za obradu metala te povećane potrošnje ugljena i nafte. Također, određeni komunalni muljevi i fosfatna gnojiva mogu biti značajni izvori nikla u poljoprivrednim tlima [3].

Istočna Hrvatska nije područje s razvijenom industrijom koja bi mogla uzrokovati onečišćenje olovom i niklom, ali je to područje koje je pretrpjelo rat i ratna djelovanja između 1991. i 1999. Četvrtina područja Hrvatske tada je pretrpjelo ozbiljne ratne posljedice. Prema istraživanju okoline i populacije provedenom na području istočne Hrvatske, u Osječko-baranjskoj županiji, zabilježene su veće koncentracije olova koje zahtijevaju daljnja istraživanja [4].

Istočna je Hrvatska dio u kojem je razvijena poljoprivreda te se kao i svugdje u svijetu koriste herbicidi i pesticidi koji potencijalno mogu biti izvori olova i nikla na tom području. Glavne svrhe korištenja kemikalija su poboljšanje hranjivih tvari u tlu pomoću gnojiva i zaštita usjeva i bolesti pomoću pesticida. Istraživanje provedeno na području uzgoja riže u Španjolskoj pokazala su da se u herbicidima nalaze povišene koncentracije olova i nikla uz

ostale teške metale [5]. Teški metali u pesticidima mogu štetno djelovati na ljudsko zdravlje. Mogu biti pogođeni različiti tjelesni organi zajedno s tjelesnim sustavima.

Najozbiljnije zagađenje niklom koje je doseglo 26.000 mg Ni/kg, prijavljeno je u površinskim tlima blizu topionice u Sudburyju, Kanada. Emisije nikla iz industrijskog sektora Rusije uzrokovale su povećane razine nikla u tlima Norveške [3]. Koncentracije nikla u površinskim poljoprivrednim tlima u tom području, kretale su do 136,88 mg/kg [3]. Utvrđeno je da su tla oko Burrel krom topionice u Albaniji sadržavale razine nikla do 1243 mg/kg. U Rusiji je zbog onečišćenja niklom, zamjetan smanjen rast drveća. Povišen sadržaj nikla u tlu povezan je s smanjenjem aktivnosti određenih enzima, kao što su dehidrogenaza, ureaza, te kiselinski i alkalni fosfatazi [3].

Nema dokaza o bitnoj ulozi nikla u metabolizmu biljaka, iako su neki istraživači sugerirali da bi nikal mogao biti bitan za biljke. Dokazana je važnost nikla za sintezu nekih bakterija. Studije o unosu i kemijskom ponašanju nikla u biljkama uglavnom su povezane s njegovom toksičnošću koja može imati implikacije u odnosu na životinje i ljude. Dugotrajno su primijećeni ograničeni rast biljaka i ozljede uzrokovane viškom nikla [3].

Voda za piće i hrana glavni su izvori izloženosti opće populacije metalima. Ljudska izloženost okolišima visoko onečišćenim niklom uzrokuje niz patoloških učinaka. Toksično djelovanje nikla utječe na živčani sustav, a može uzrokovati i alergije koje se manifestiraju u obliku dermatitisa, glavobolje i respiratornih problema. Također je poznato da nikal može uzrokovati maligna oboljenja [6][7].

Zagađenje tla olovom uslijed rudarskih i industrijskih aktivnosti stari je problem, pa tako 40% i 100% ukupnog olova u onečišćenim tlima u Francuskoj potječe iz srednjovjekovnih radionica. Sudbina antropogenog olova u tlima nedavno je privukla mnogo pažnje jer ovaj metal predstavlja opasnost za ljude i životinje, jer povećana koncentracija olova u tlu može djelovati na smanjenje aktivnost dehidrogenaze [8].

Prekomjerna koncentracija olova u biljkama narušava različite funkcije u biljkama te uzrokuje niz štetnih učinaka. Toksičnost olova uzrokuje inhibiciju proizvodnje ATP-a, peroksidaciju lipida i oštećenje DNA-a. Inhibira klijanje sjemena, elongaciju korijena, razvoj kličnih biljaka, rast biljaka, transpiraciju, proizvodnju klorofila, te vodu i sadržaj proteina. Negativni učinci na rast biljaka su izobličenja strukture kloroplasta, ometanja prijenosa elektrona, inhibicije enzima iz Calvinovog ciklusa, te poremećaja unosa bitnih elemenata poput Mg i Fe [9].

Povećana koncentracija olova u vodi djeluje na toksično na ljudski organizam. Djeca su posebno osjetljiva na povećane koncentracije olova u organizmu. Toksičnu učinci olova mogu utjecati na razvoj mozga i živčanog sustava. Olovo može naštetiti i odraslima, povećava rizik od visokog krvnog tlaka, uzrokuje probleme sa kardiovaskularnim sustavom te oštećuje bubrege. Trudnice koje imaju povećan udio olova u organizmu, mogu biti izložene riziku od pobačaja ili prijevremenog porođaja [6]. Istraživanja koja su uspoređivala koncentracije olova i nikla u biološkim uzorcima pacijenata koji boluju od različitih vrsta virusnih hepatitisa pokazala su da preopterećenje ovim toksičnim elementima može izravno uzrokovati peroksidaciju lipida i na kraju oštećenje jetre [10]. Na istraživanjima provedenim u Pakistanu cilj je bio procijeniti povezanost između tragova teških toksičnih metala kao što su olovo i nikal između hipertoničara pušača i nepušača. Rezultati ovog istraživanja pokazali su da su srednje vrijednosti nikla i olova bile značajno više u uzorcima vlasišta, krvi i urina pacijenata pušača i nepušača nego u referentnih zdravih osoba iste dobi [11].

Kosa je dostupna za testove i zbog više razine Ni u kosi nego u fiziološkim tekućinama, testovi pomažu smanjiti analitičku pogrešku. Stoga je kosa vrlo pogodan materijal za praćenje elemenata u ljudskom tijelu. Tako je istraživanjem koncentracije nikla u ljudskoj kosi pokazano da se nešto više nikla nalazi u kosi žena, nego muškaraca [12]. U još jednom istraživanju koncentracije Pb, Cd, Ni i Cr određene u biološkim uzorcima (uzorci krvi, urina i kose na tjemenu) radnika željezare u odnosu na kontrolirano neizložene zdrave osobe iste dobne skupine pokazalo se da je razina olova, kadmija i nikla u kosi na tjemenu, krvi i uzorcima urina bila značajno viša u skupini izloženih radnika nego u kontrolnoj skupini [13].

2. CILJ I SVRHA ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja je procijeniti koncentracije olova i nikla u okolišu istočne Hrvatske kako bi se utvrdilo postojanje antropogenih utjecaja. Rezultate analiza većeg broja uzoraka na više lokacija moguće je prikazati tablično ili metodama osnovne statistike. Međutim, takvi prikazi rezultata ne pružaju višedimenzionalan pogled na rezultat. Kako bi se poboljšala preglednost rezultata, istražila moguća grupiranja i otkrile korelacije među varijablama (Pb i Ni) i lokacijama (5 mjesta) na podakovnu će matricu biti primijenjene dvije metode multivarijantne analize podataka: klaster analiza i analizu glavnih komponenata (eng. *Principal Component Analysis*, PCA).

3. ISPITANICI I METODE

3.1. Prikupljanje uzoraka

Uzorci su prikupljani u 5 različitih naselja na području istočne Hrvatske, Vladislavci, Dalj, Čepin, Našice i Osijek. Koncentracije Pb i Ni procijenjene su iz analiza uzoraka seruma, urina i kose uzetih od 80 ispitanika u Vladislavcima, 95 ispitanika u Dalju, 45 ispitanika u Čepinu, 78 ispitanika u Našicama i 60 ispitanika u Osijeku. Koncentracije Pb i Ni procijenjeni su iz rezultata analiza uzoraka zemlje (N=15) vode (N=60) i maslačka (N=15) (lat. *Taraxacum officinale*) na ispitivanim područjima. U procjeni koncentracija Pb i Ni i obradi podataka metodama multivarijantne metode obrade podataka korišteni su dijelovi rezultata analiza uzoraka znanstvenog projekta „Istraživanje dugotrajnih posljedica ratnih zbivanja na zdravlje stanovništva” .

Slika 1. Karta naselja prikupljenih uzoraka

Slika 2. Maslačak, *Taraxacum officinale* L.

3.2. Analiza uzoraka i obrada podataka

Svi su uzorci analizirani ICP-MS metodom. [14]. Podatci su obrađeni u programima Excel i Statistica TIBCO Version 14.0.0.15. U cilju povećanja točnosti pri procijeni referentnih vrijednosti za biološke uzorke, iz podataka su izuzete vrijednosti koje su pokazale veća odstupanja od ukupnog broja podatka („*outliers* ; stršeće vrijednosti“). Prikazane su srednje vrijednosti svih analiziranih varijabli, a podatkovna matrica je obrađena dvjema metodama multivarijantne obrade podataka: klaster analizom i analizom glavnih komponenata (eng. *Principal Componet Analysis* ; PCA)[15].

3.2.1. Klaster analiza

Klaster analiza je analiza kojom se elementi grupiraju u određene skupine, odnosno klastere. Elementi u istoj skupini su slični međusobno i odvajaju se od elemenata u drugim skupinama. Postoje dvije metode klaster analize, a to su hijerarhijska klaster analiza i nehijerarhijska klaster analiza. Hijerarhijska klaster analiza temlji se na tome da svaka iduća razina posjeduje jedan klaster manje. Rezultati se prikazuju grafički pomoću dendrograma. U nehijerarhijskoj analizi mora biti poznat broj klastera i njihovih centroida. Početni klaster se formira tako da se ukapaju svi preostali n – k objekata najbliskijem centroidu [16].

3.2.2. Analiza glavnih komponenata

PCA analiza (Analiza glavnih komponenata, eng. *Principal Component Analysis*) je statistička metoda koja se koristi za redukciju dimenzionalnosti u skupovima podataka. Osnovna svrha PCA analize je transformirati skup podataka s većim brojem varijabli u novi skup s manjim brojem varijabli, nastojeći pri tome zadržati što više informacija iz originalnog skupa podataka. Glavni cilj PCA analize je odrediti glavne komponente ili varijable koje najviše doprinose varijabilnosti u podacima. To se postiže tako da se linearno kombiniraju postojeće varijable kako bi se stvorile nove varijable, nazvane glavne komponente (eng. *Principal Components* ; PCs). Glavne komponente su međusobno ortogonalne , s tim da prva glavna komponenta sadrži najviše varijabilnosti u podatcima, a svaka slijedeća sve manje. PCA analiza se često koristi u analizi podataka radi nekoliko razloga:

- Omogućuje smanjenje broja varijabli, čime se olakšava analiza i prikaz podataka.
- Glavne komponente su neovisne i uklanjaju korelacije među varijablama
- Pomaže u identificiranju ključnih uzoraka i informacija u podacima.

- Manji skup podataka omogućava bržu analizu i obradu podataka.
- Omogućava prikazivanje podataka u nižoj dimenziji, čime se olakšava interpretacija rezultata.

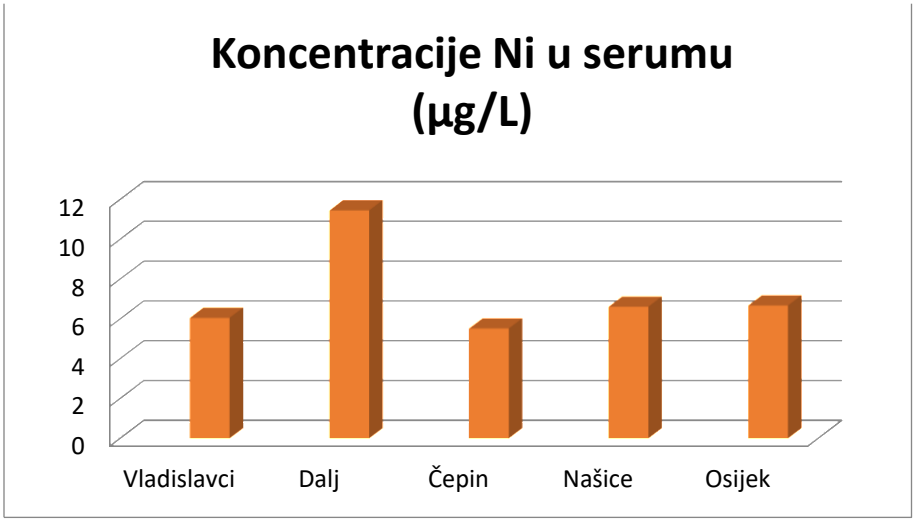
PCA se primjenjuje u različitim područjima, uključujući psihologiju, analizu slika, biostatistiku, ekonomiju, medicinu, kemiju i mnoge druge, kako bi se olakšala analiza složenih podataka i očuvala bitna informacija. [16].

3. REZULTATI

Na slikama od 1 do 14 i tablicama 1. i 2. prikazane su koncentracije Pb i Ni u biološkim uzorcima, uzorcima vode, tla i listova maslačka prikupljenih na pet lokacija istočne Hrvatske.

Tablica 1. Srednje vrijednosti koncentracija olova i nikla u biološkim uzorcima

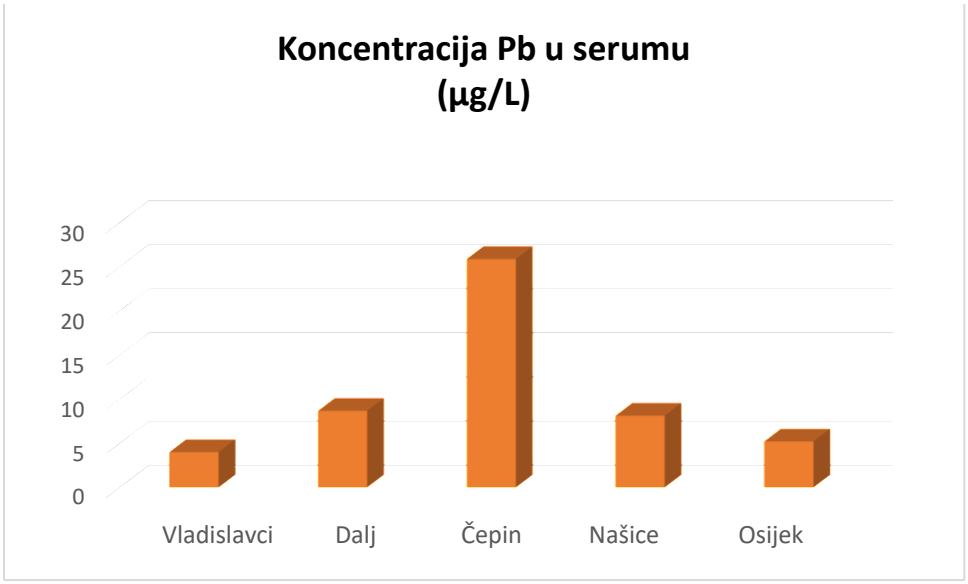
Lokacija	Ni (serum) µg/L	Pb (serum) µg/L	Ni (urin) µg/L	Pb (urin) µg/L	Ni (kosa) mg/kg	Pb (kosa) mg/kg
Vladislavci	6,05	4,01	6,89	28,35	4,17	35,55
Dalj	11,45	8,69	5,16	12,27	13,32	18,56
Čepin	5,52	25,89	5,35	30,18	3,12	15,63
Našice	6,61	8,15	5,88	4,81	0,38	1,64
Osijek	6,67	5,23	12,50	7,63	3,74	14,75



Slika 3. Srednje vrijednosti koncentracija nikla u serumu

Literaturne vrijednosti:

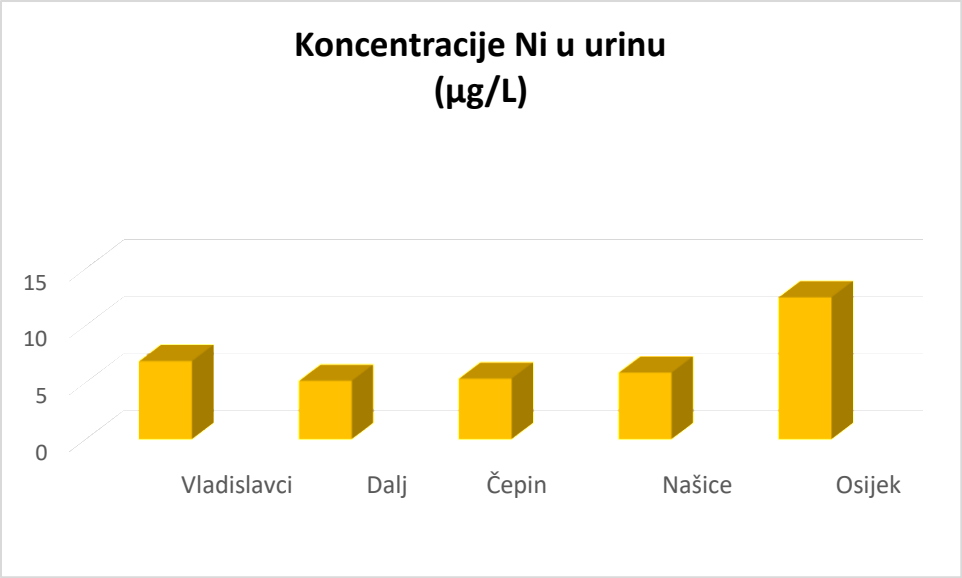
7 µg/L [17]



Slika 4. Srednje vrijednosti koncentracija olova u serumu

Literaturne vrijednosti:

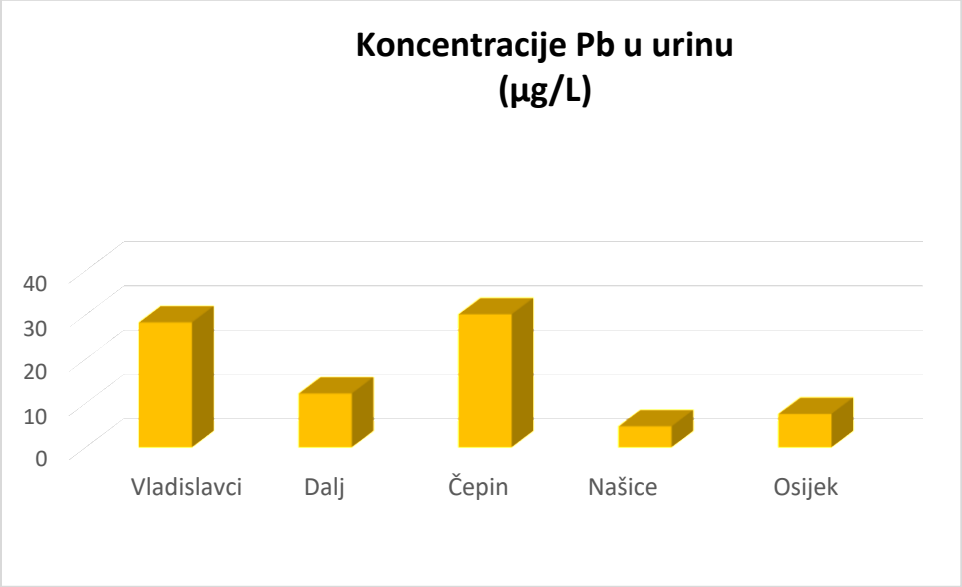
7-10 µg/L [17]



Slika 5. Srednje vrijednosti koncentracija nikla u urinu

Literaturne vrijednosti:

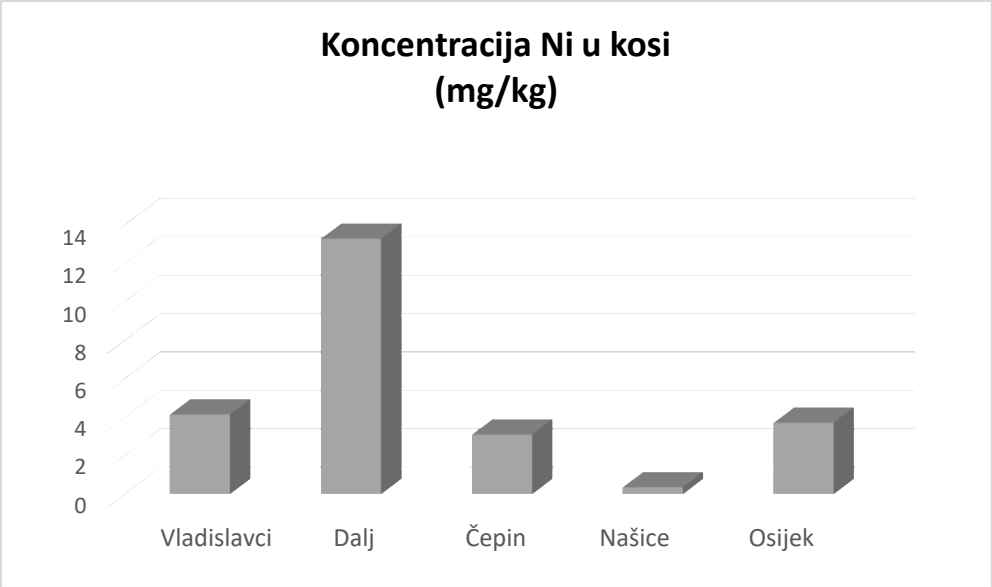
2-7 µg/L [17]



Slika 6. Srednje vrijednosti koncentracije olova u urinu

Literaturne vrijednosti:

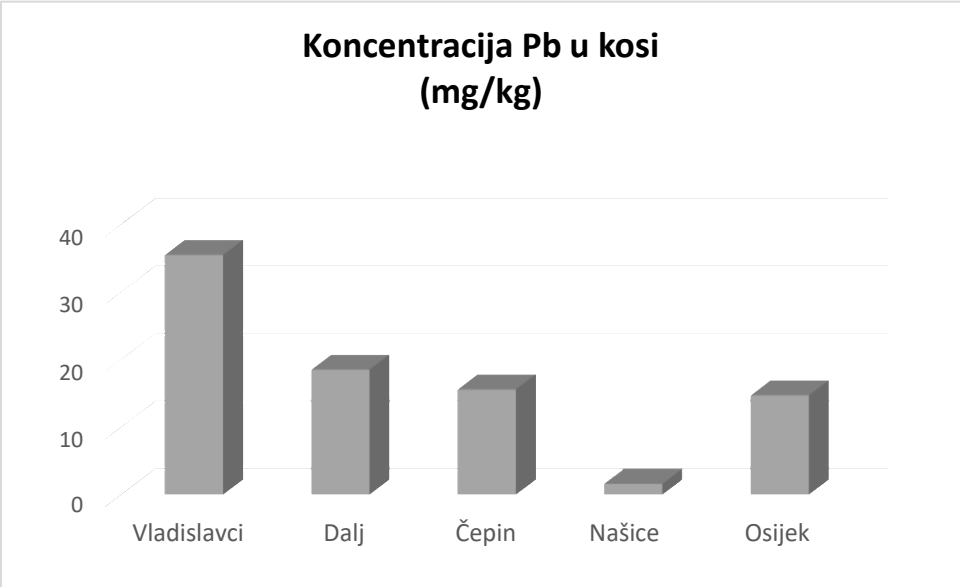
2-7 µg/L [17]



Slika 7. Srednje vrijednosti koncentracija nikla u kosi

Literaturne vrijednosti:

5 mg/kg [17]



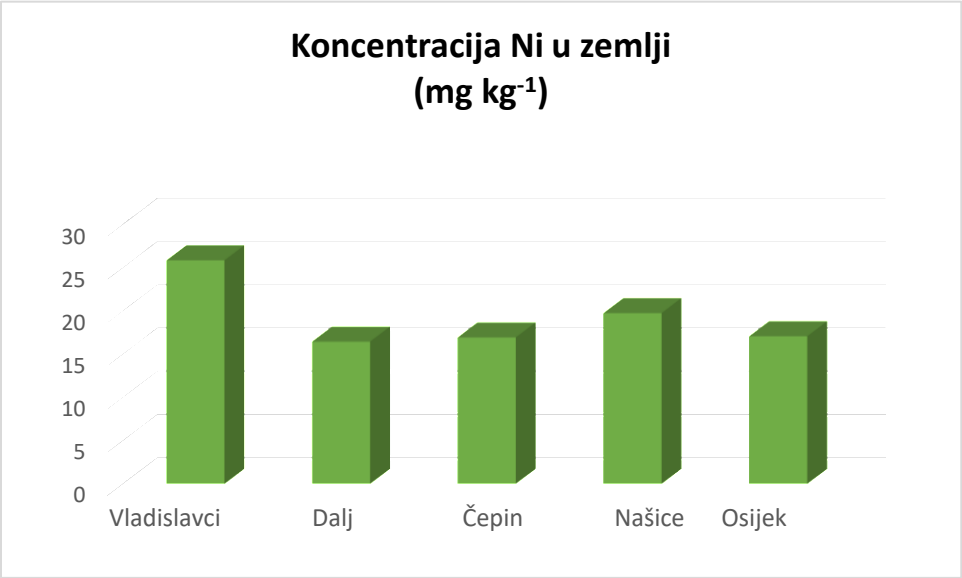
Slika 8. Srednje vrijednosti koncentracija olova u kosi

Literaturne vrijednosti:

5 mg/kg [17]

Tablica 2. Srednje vrijednosti koncentracija olova i nikla u zemlji, vodi i maslačku

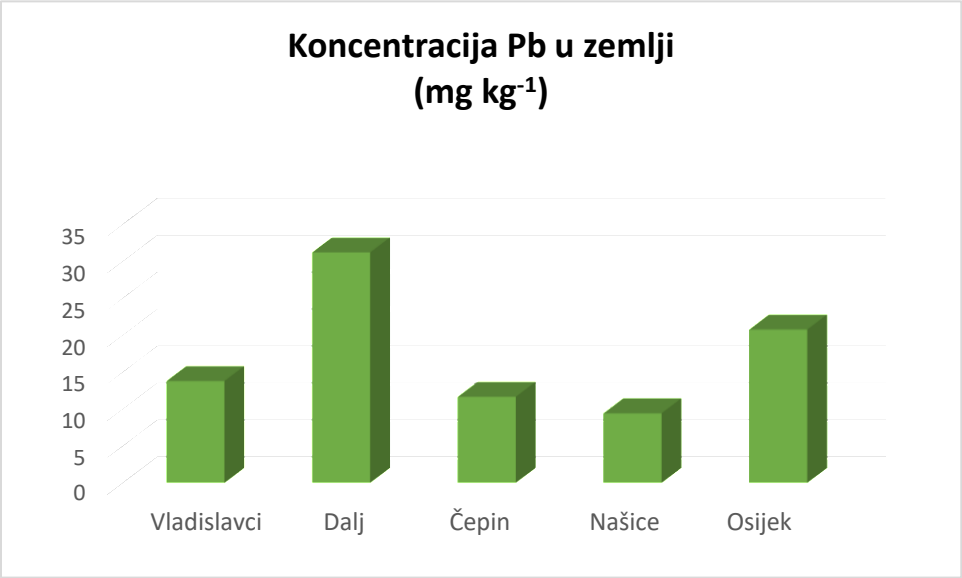
Lokacija	Ni (zemlja) mg/kg	Pb (zemlja) mg/kg	Ni (voda) µg/L	Pb (voda) µg/L	Ni (maslačak) µg/kg	Pb (maslačak) µg/kg
Vladislavci	25,88	13,81	5,07	1,14	388,2	93,2
Dalj	16,47	31,23	5,58	0,48	227,2	92,2
Čepin	16,96	11,68	1,43	0,26	193,4	73,2
Našice	19,77	9,45	0,32	0,27	321,1	74,2
Osijek	17,1	20,8	1,45	0,81	448,2	53,3



Slika 9. Srednje vrijednosti koncentracija nikla u zemlji

Literaturne vrijednosti:

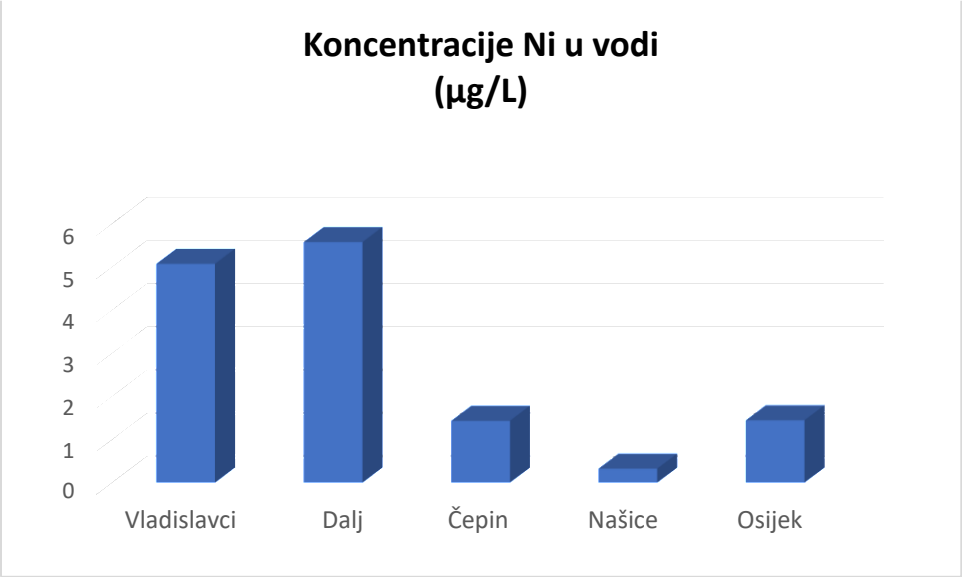
29 mg/kg [7]



Slika 10. Srednje vrijednosti koncentracija olova u zemlji

Literaturne vrijednosti:

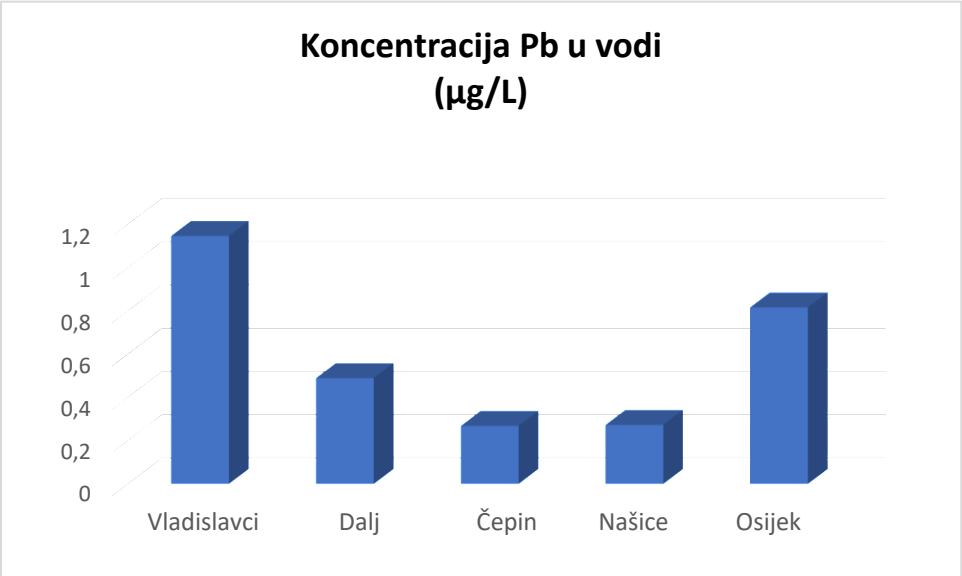
27 mg/kg [7]



Slika 11. Srednje vrijednosti koncentracija nikla u vodi

Maksimalno dozvoljene vrijednosti:

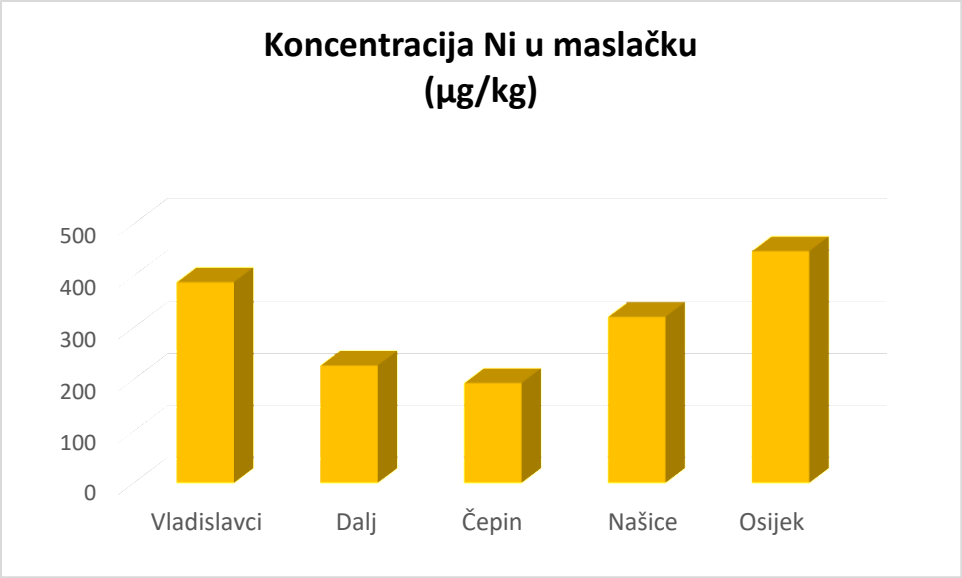
20 µg/L [18]



Slika 12. Srednje vrijednosti koncentracija olova u vodi

Maksimalno dozvoljene vrijednosti:

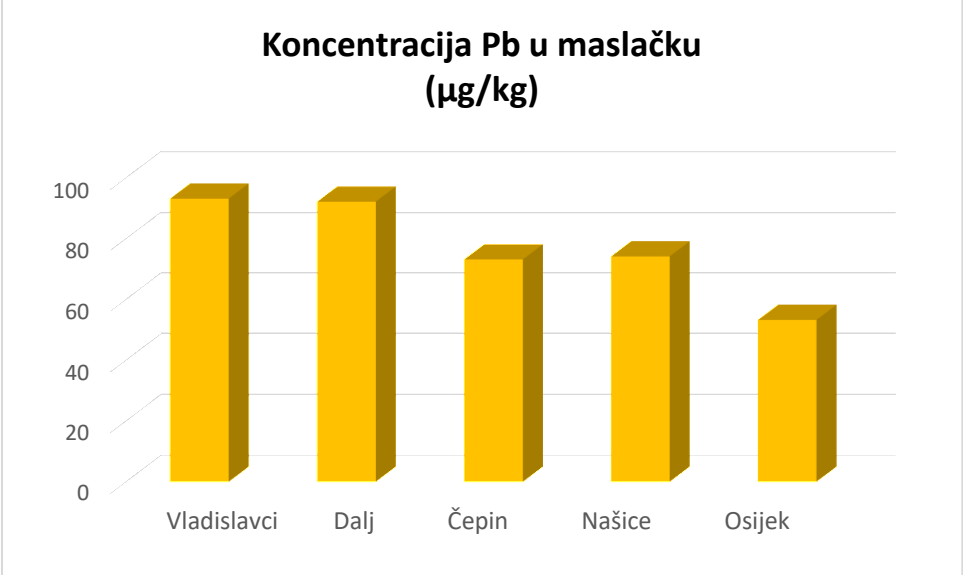
10 µg/L [18]



Slika 13. Srednje vrijednosti koncentracija nikla u maslačku

Literaturne vrijednosti:

10-1000 µg/kg [7]

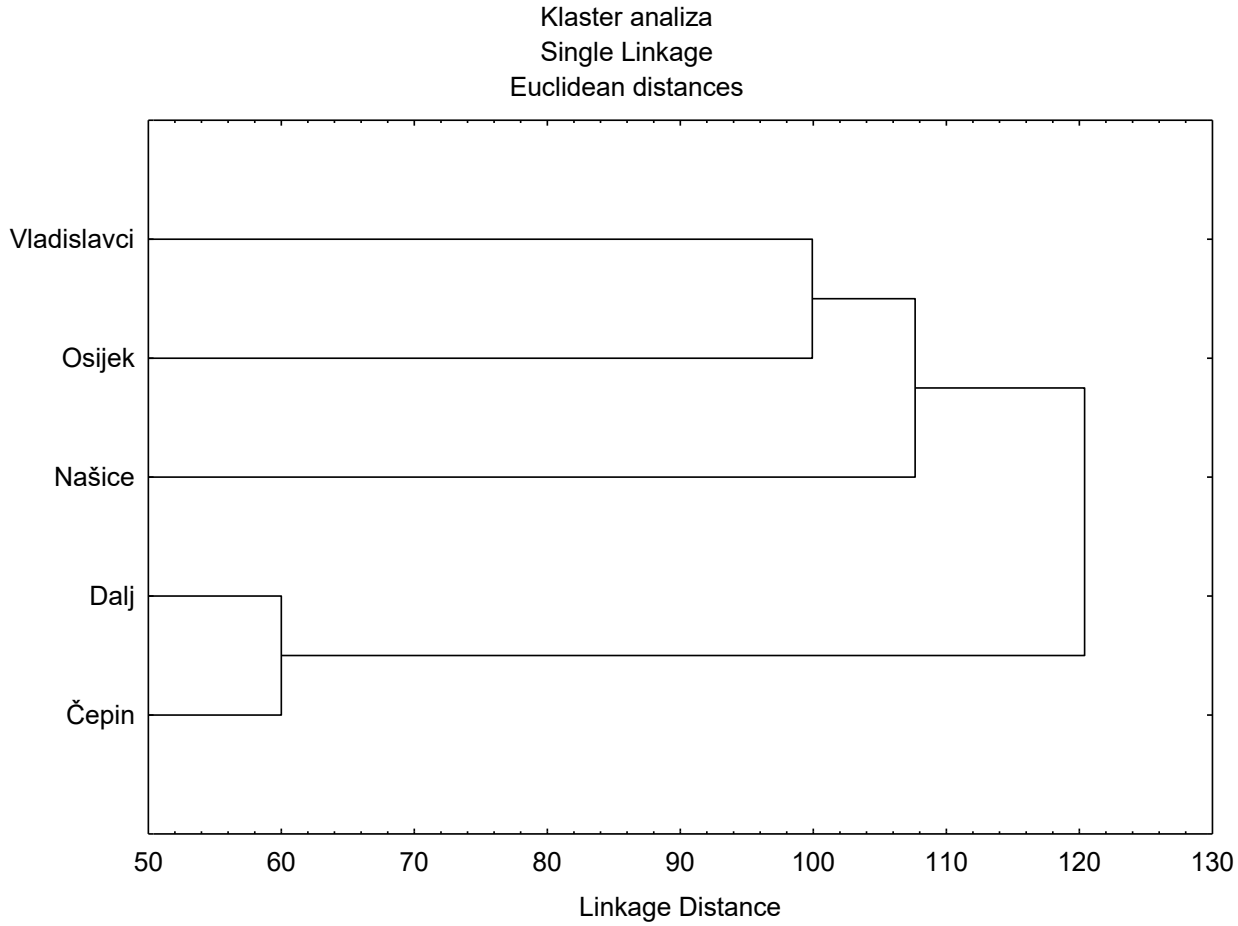


Slika 14. Srednje vrijednosti koncentracija olova u maslačku

Literaturne vrijednosti:

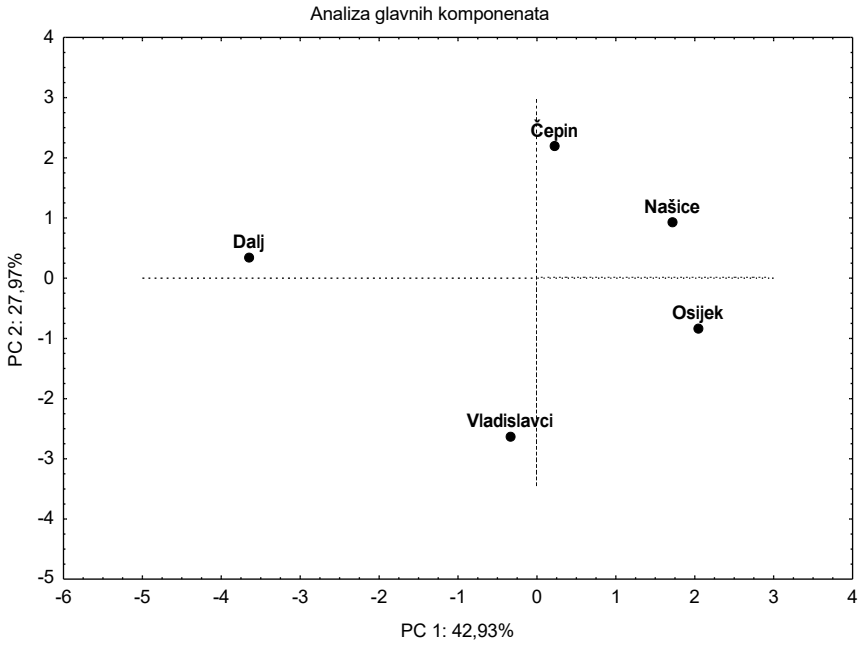
1-89 µg/kg [7]

Rezultat klaster analize prikazan je u obliku dendrograma na slici 18. Grupiranje je vršeno na temelju udaljenosti najbližih susjeda (Single Linkage) uz korištenje Euklidske udaljenosti među objektima.

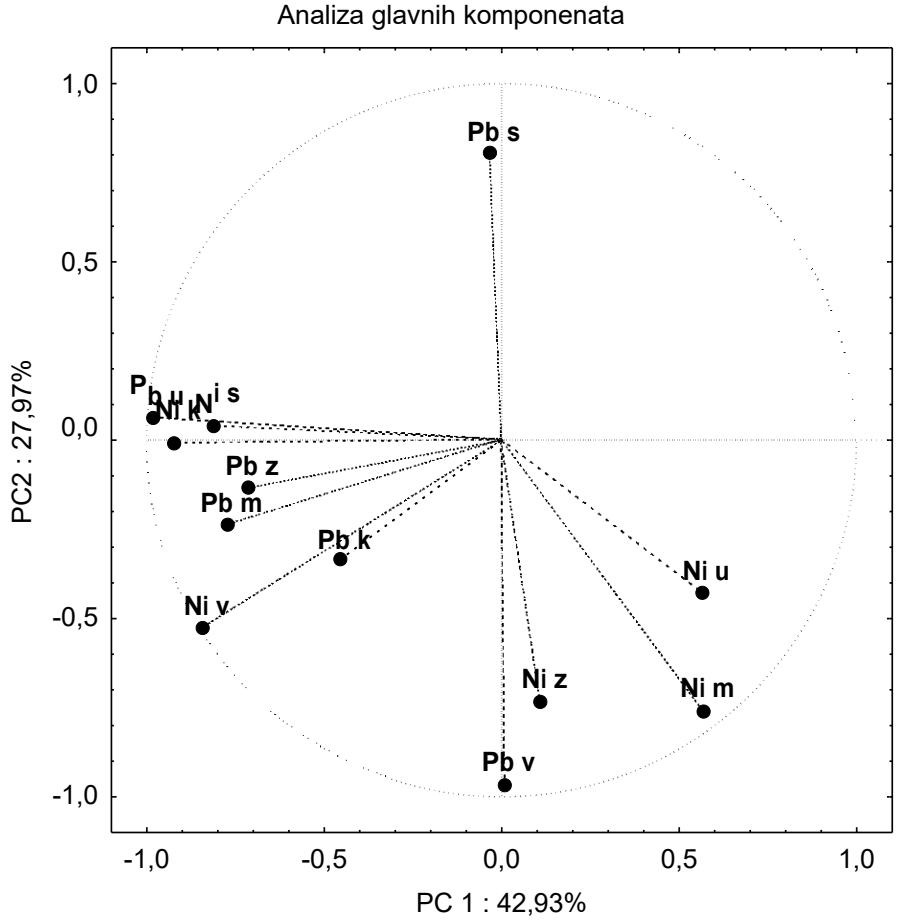


Slika 15. Rezultat klaster analize

Rezultati PCA prikazani su na slikama 19 (lokacije) i 20 (mjerne varijable) u obliku dvodimenzijskog prikaza na kojemu prve dvije komponente PC1 i PC2 objašnjavaju 70 % varijacija u podatcima, što se pokazalo dovoljnim pri opisu rezultata.



Slika 16. Rezultat analize glavnih komponenata (lokacije).



Slika 17. Rezultat analize glavnih komponenata (varijable).

5. RASPRAVA

Iz prikazanih rezultata analiza vidljivo je da su koncentracije olova i nikla u uzorcima kose nešto veće u selima u odnosu na gradove u kojima su koncentracije bile bliske referentnim vrijednostima. Nešto više koncentracije nikla u kosi ispitanika s područja Dalja i nešto veće koncentracije olova u kosi ispitanika s područja Vladislavaca mogle bi se povezati s većim koncentracijama oba elementa u vodi , međutim kosa je izložena vanjskim utjecajima (boja za kosu, prehrana, utjecaj radnog okoliša, rad u poljoprivredi, rad s metalima, gorivima, higijenske navike, itd.) stoga bi za točniju procjenu bile potrebne dodatne analize. Osim nešto više koncentracija olova u uzorcima seruma s područja Čepina, ostale se vrijednosti nalaze unutar granica ili blizu gornje granice referentnih vrijednosti. Koncentracije olova i nikla u uzorcima urina također se nalaze u granicama ili blizu gornjih granice referentnih vrijednosti.

Pri procjeni bi svakako trebalo voditi računa o tome da su referentne vrijednosti s kojima su uspoređeni rezultati ovoga rada određivane na područjima bez ikakvih onečišćenja, stoga dobiveni rezultati ne upućuju na znatnije povećanje koncentracija olova i nikla u biološkim uzorcima. Budući da je maslačak (*Taraxacum officinale* L.) biljka koja je široko rasprostranjena na ovim područjima i moguće je njegovo uzorkovanje tijekom sva četiri godišnja doba , za analizu je odabran kao prikladan jer do uzoraka povrća (salata, kupus i sl.) na svim lokacijama (posebice gradskim) nije bilo moguće doći. Maslačak se na ovim područjima koristi u prehrani ljudi i stoke, u pripravcima čajeva, sam ili u kombinaciji s drugim biljkama, tinkturama i sl. Dobiveni rezultati ukazuju na to da su koncentracije olova i nikla bliske literaturnim podatcima koncentracija olova i nikla određenim u listovima zelene salate u nezagađenim područjima. Slično je utvrđeno i za uzorke vode i tla.

Vizualni prikaz rezultata potpomognut je dvijema metoda multivarijante analize podataka: klaster analizom i analizom glavnih komponenata. Rezultat klaster analize nije ukazao na moguća grupiranja uslijed razlika u koncentracijama olova i nikla. Na dendrogramu su vidljivi dvočlani klaster sačinjen od dva naselja (Čepin i Dalj) i drugi dvočlani klaster (Osijek i Vladislavci) kojemu se na bliskoj udaljenosti nalazi jednočlani klaster predstavljen Našicama. Rezultat klaster analize: nedostatak jasno izraženih klastera i male udaljenosti među pet istraživanih lokacija upućuju na to da među njima nema većih razlika u koncentracijama Ni u Pb. Budući da rezultat klaster analize nije dao zadovoljavajući prikaz rezultata (korelacije varijabli i lokacija) na podatkovnu je matricu primijenjena analiza glavnih komponenata. Rezultat je prikazan u obliku dvije dimenzije, pri čemu su prva i druga komponenta opisale 70 % varijacija u podatcima. Slično rezultatima klaster analize, rezultati PCA nisu pokazali bilo

kakvo grupiranje s obzirom na istraživane lokacije. Izuzetak je činio Dalj smješten u gornjem desnom kvadrantu dijagrama na čije su udaljavanje od ostatka lokacija utjecale ponajviše nešto veće koncentracije Pb ili Ni u uzorcima tla, vode i maslačka. Rezultati ovoga rada iznimno su korisni jer mogu poslužiti kao referentne vrijednosti za ovaj dio Hrvatske. Također, mogu poslužiti autorima drugih istraživanja u Hrvatskoj i svijetu za usporedbu i objašnjenje njihovih rezultata mjerenja. Rezultati dobiveni primjenom multivarijantnih metoda ukazuju na potrebu obrade ovakvih vrsta podataka dodatnim metodama , koje će pored metoda osnovne statistike omogućiti pružanje jasnije slike i boljeg uvida u dobivene rezultate.

6. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bio je utvrditi koncentracije olova i nikla u zemlji, vodi, maslačku i biološkim uzorcima seruma, urina i kose na području istočne Hrvatske. Istraživanje je pokazalo da nema većih odstupanja u srednjim vrijednostima koncentracija olova i nikla u odnosu na referentne i literaturne vrijednosti koje se odnose na koncentracije Pb i Ni na uzorcima s područja koja nisu bila izložena onečišćenjima.

Rezultati analize glavnih komponenata omogućili su jasniji prikaz rezultata i otkrili međusobne korelacije analiziranih koncentracija i lokacija na kojima su prikupljani uzorci.

LITERATURA

1. https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=45075 (20. kolovoza.2023.)
2. https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=43762 (20. kolovoza 2023.)
3. Kabata-Pendias, A. (2011) Trace Element sin Soils and Plants [online]. Fourth Edition. New York: Taylor and Francis Group.
4. Vidosavljević, D., Puntarić, D., Gvozdić, V., Jergović, M., Jurčev-Savičević, A., Puntarić, I., Puntarić, E., Vidosavljević, M. (2014) Trace Metal sin the Environment and Population as Possible Long Term Cosequence of War in Osijek-Baranja Country, Croatia. Collegium antropologicum, 38(3), 925-932.
5. Eugenia Gimeno-Garcia, E., Andreu, V., Boluda, R. (1996) Heavy Metals Incidence In The Application On Inorganic Fertilizers And Pesticides To Rice. Environmental Pollution [online], 92(1), 19-25.
6. Genchi, G., Carocci, A., Lauria, G., Sinicropi, M.S., Catalano, A., (2020) Nickel: Human Health and Environmental Toxicology. International Journal of Environmental Research and Public Health [online], 17(3), 679.
7. Duda-Chodak, A., Blaszczyk, U. (2008) The Imapct of Nickel on Human Health. Journal of Elementology [online], 13(4), 685-696.
8. Doleman, P., Haanstra, L. (1979) Effects of Lead on Soil Respiration and Dehydrogenase Activiti. Soil Biology and Biochemistry, 11(5), 475-479.
9. Pourrut, B., Shahid, M., Dumat, C., Winterton, P., Pinelli, E. (2011) Lead uptake, toxicity, and detoxification in plants.Review of Environmental Contamination and Toxicology, 213(10), 113-136.
10. Afridi, H. I., Kazi, T. G., Shah, F., Sheikh, H. U., & Kolachi, N. F. (2011). Evaluation of arsenic, cadmium, lead, and nickel in biological samples (scalp hair, serum, blood, and urine) of Pakistani viral hepatitis (A-E) patients and controls. *Clinical Laboratory*, *57*(11-12), 847-857.
11. Afridi, H. I., Kazi, T. G., Kazi, N. G., Jamali, M. K., Arain, M. B., Baig, J. A., ... & Shah, A. Q. (2010). Evaluation of cadmium, lead, nickel and zinc status in biological samples of smokers and nonsmokers hypertensive patients. *Journal of human hypertension*, *24*(1), 34-43.
12. Dlugaszek, M., Szopa, M., & Mularczyk-Oliwa, M. (2009). Investigations of Ni content in human hair. *Journal of Elementology*, *14*(2), 229-237.

13. Afridi, H. I., Kazi, T. G., Jamali, M. K., Kazi, G. H., Arain, M. B., Jalbani, N., ... & Sarfaraz, R. A. (2006). Evaluation of toxic metals in biological samples (scalp hair, blood and urine) of steel mill workers by electrothermal atomic absorption spectrometry. *Toxicology and industrial health*, *22*(9), 381-393.
14. Thomas, R. (2004) Partical Guide to ICP-MS. New York: Marcel Dekker.
15. B. G. M. Vandeginste, D. L. Massart, L. M. C. Buydens, S. de Jong, P. J. Lewi, and J. Smeyers-Verbeke, Handbook of Chemometrics and Qualimetrics, Part B, Elsevier, Amsterdam 1998, pp. 57–86
16. B. G. M. Vandeginste, D. L. Massart, L. M. C. Buydens, S. de Jong, P. J. Lewi, and J. Smeyers-Verbeke, Handbook of Chemometrics and Qualimetrics, Part B, Elsevier, Amsterdam 1998, pp. 57–86. 15.
17. https://www.alsglobal.se/media-se/pdf/reference_data_biomonitoring.pdf (27.8.2023.)
18. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_10_125_2694.html (23. kolovoza 2023.)