

**UNIVERZITET EDUKONS U SREMSKOJ KAMENICI**  
**FAKULTET ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE**

**ANALIZA KONCENTRACIJE I POREKLA ŽIVE U KUĆNOJ PRAŠINI**  
**– HEMOMETRIJSKI PRISTUP**

**DOKTORSKA DISERTACIJA**

Ime i prezime mentora

Prof. dr Mira Pucarević  
inž.

Dr Biljana Lončar, Viši naučni saradnik

Ime i prezime kandidata

M.Sc. Aleksandra Nedić, dipl.

Sremska Kamenica, 2022. godine

*Zahvaljujem se prof. dr Miri Pucarević za svesrdnu i nesebičnu podršku koju mi je pružala tokom mentorstva, kao i za stručne savete i izuzetnu saradnju prilikom izrade doktorske disertacije.*

*Iskrenu zahvalnost dugujem dr Biljani Lončar za nesebičnu pomoć i savete oko hemometrijske obrade rezultata tokom mentorstva i znanje koje mi je prenela tokom pisanja doktorske disertacije.*

*Predsedniku komisije doc. dr Ljiljani Ćurčić, kao i članovima komisije prof. dr Nataši Stojić i prof. dr Dunji Prokić se zahvaljujem na pruženoj podršci i na korisnim savetima koje su mi davale tokom izrade teze.*

**KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

Redni broj: RBR	
Identifikacioni broj: IBR	
Tip dokumentacije: TD	Monografska dokumentacija
Tip zapisa: TZ	Tekstualni štampani material
Vrsta rada (dipl, mag, dr): VR	Doktorska disertacija
Ime i prezime autora: AU	M.Sc. Aleksandra Nedić, dipl. ing. zaštite životne sredine
Mentor (titula, ime, prezime, zvanje): MN	dr Mira Pucarević, redovni profesor dr Biljana Lončar, viši naučni saradnik
Naslov rada: NR	Analiza koncentracije i porekla žive u kućnoj prašini – hemometrijski pristup
Jezik publikacije: JP	srpski
Jezik izvoda/Apstrakta: JI	srpski/engleski
Zemlja publikovanja: ZP	Srbija
Uže geografsko područje: UGP	Srbija
Godina: GO	2022.
Izdavač: IZ	autorski reprint
Mesto i adresa: MA	Univerzitet Edukons, Vojvode Putnika 87, Sremska Kamenica
Fizički opis rada: FO	7 poglavlja, 171 stranica, 46 slika, 38 tabela, 204 referenci, 20 web literaturnih navoda, 4 priloga
Naučna oblast: NO	Zaštita životne sredine
Naučna disciplina: ND	Zaštita životne sredine
Predmetna odrednica, ključne reči: PO	Živa u kućnoj prašini živa, potencijalno toksični elementi, kućna prašina, zemljište, koncentracije.
UDK:	

<p>Čuva se u: ČU</p>	<p>Biblioteka Univerziteta Edukons, Sremska Kamenica</p>
<p>Važne napomene: VN</p>	<p>Nema</p>
<p>Izvod/Apstrakt: IZ</p>	<p>Hemometrijskim metodama (deskriptivna statistika, korelaciona analiza, analiza glavnih komponenti, klaster analiza, slobodno-granajući dendogram klaster, veštačke neuronske mreže, analiza osetljivosti i metoda standardne ocene) analizirani su rezultati sprovedene ankete i rezultati analize sadržaja žive u kućnoj prašini i zemljištu okućnica na posmatranim lokacijama u Šidu. Rezultati ispitivanja koncentracije žive u kućnoj prašini ovim radom pokazuju da u kućnoj prašini mogu biti zastupljene različite koncentracije žive. Koncentracija žive u kućnoj prašini je veća od maksimalno dozvoljene koncentracije u kućnoj prašini, na osnovu konsultovane literature (Rasmussen i sar., 2001), jer u Republici Srbiji ne postoji pravni akt kojim je MDK za Hg u kućnoj prašini regulisana.</p> <p>Sadržaj žive u kućnoj prašini je mnogo veći od okolnog zemljišta. U zemljištu okućnice zastupljena je živa. Rezultati ispitivanja koncentracije kućne prašine i upoređivanje sa koncentracijama žive u zemljištu okućnice pokazuju da nije utvrđena statistički značajna korelacija između koncentracije žive u kućnoj prašini i dvorištu okućnice. Koncentracija žive u zemljištu nije veća od maksimalno dozvoljene koncentracije u zemljištu. Ne postoji pozitivna korelacija između sadržaja žive u kućnoj prašiniu odnosu na prisustvo električnih uređaja, starosti objekta, načina zagrevanja objekta, materiala gradnje objekta i blizine industrijske zone. Predloženi ANN model može da se primeni za predviđanje sadržaja Hg u kućnoj prašini, kao i sadržaja Hg u zemljištu okućnica, za širok opseg vrednosti ulaza (vrsta grejanja, starost objekta, upotrebljen građevinski materijali, primena električnih uređaja u domaćinstvu, broj ložišta, broj stanara, kućnih ljubimaca i pušača). Na osnovu analiziranih rezultata i dostupne literature zaključuje se da je potrebna veća kontrola zagađivanja životne sredine prouzrokovana živom, kontrola zagađenja usled prisustva toksina i teških metala, sa ciljem značajnije redukcije emisije žive i drugih zagađujućih materija u životnu</p>

	sredinu. U Republici Srbiji potrebno je doneti pravni akt kojim bi se definisala MDK u kućnoj prašini.
Datum prihvatanja teme od strane NN veća: DP	
Datum odbrane: DO	
Članovi komisije (ime i prezime, titula, zvanje, naziv institucije, status): KO	Predsednik: dr Ljiljana Ćurčić, docent, Univerziteta Edukons u Sr. Kamenici Član: dr Mira Pucarević, redovni profesor, Univerziteta Edukons u Sremskoj Kamenici – mentor, Član: dr Biljana Lončar, viši naučni saradnik – Tehnološki fakultet Novi Sad, Univerzitet u Novom Sadu-mentor, Član: dr Nataša Stojić, vanredni profesor, Univerziteta Edukons u Sremskoj Kamenici Član: dr Dunja Prokić, vanredni profesor, Univerziteta Edukons u Sremskoj Kamenici

**Educons Univeristy**

**Faculty of environmental protection**

#### KEY DOCUMENT INFORMATION

Number *consecutive: ANO	
Identification number: INO	
Document type: DT	Monograph documentation
Type of record: TR	Textual printed material
Contents code (BA/BSc, MA/MSc, PhD): PhD): CC	PhD
Author: AU	M.Sc. Aleksandra Nedić, dipl.ing. Environmental Science
Mentor (title, name, post): MN	PhD Mira Pucarević, professor PhD Biljana Lončar, senior research fellow
Document title: TI	Analysis of the concentration and origin of mercury in house dust - chemometric approach
Language of main text:	Serbian

LT	
Language of abstract: LA	English/ Serbian
Country of publication: CP	Serbia
Locality of publication: LP	Serbia
Year of publication: PY	2022.
Publisher: PU	Author's reprint
Place of publication: PP	Sremska Kamenica, Vojvode Putnika 87 EDUCONS University
Physical description: PD	7 chapters, 171 pages, 46 figures, 36 tables, 204 references, 20 web references, 4 appendix)
Scientific field: SF	Environmental Science
Scientific discipline: SD	Environmental Science
Subject, Key words SKW	Mercury, potentially toxic elements PTEs, household dust, soil
UC (universal class. code)	
Holding data: HD	In the Library of the Educons University, Sremska Kamenica
Note: N	No notes
Abstract: AB	<p>Chemometric methods (descriptive statistics, correlation analysis, principal components analysis, cluster analysis, unrooted cluster tree, artificial neural networks, sensitivity analysis and standard score analysis) analyzed the results of the survey and the results of mercury content in house dust and soil in observed locations in Šid. The results of the examination of the concentration of mercury in house dust with this thesis show that different concentrations of mercury can be present in house dust. The concentration of mercury in house dust is higher than the maximum allowed concentration in house dust, due to the consulted literature (Rasmussen et al., 2001), because in the Republic of Serbia there is no legal act by which the MDK value for Hg in house dust is regulated.</p> <p>The content of mercury in house dust is much higher than in the surrounding soil. Mercury is present in the land of the yard. The results of the</p>

	<p>examination of the concentration of house dust and comparison with the concentrations of mercury in the garden soil show that no statistically significant correlation was found between the concentration of mercury in house dust and the yard. The concentration of mercury in the soil is not higher than the maximum allowed concentration in the soil. There is no positive correlation between the content of mercury in house dust in relation to the presence of electrical appliances, the age of the building, the way the building is heated, the building material and the proximity of the industrial zone. The proposed ANN model can be used to predict the content of Hg in house dust, as well as the content of Hg in the soil, for a wide range of input values (type of heating, age of the building, building materials used, use of electrical appliances, number of fireplaces, pets and smokers). Based on the analyzed results and available literature, it is concluded that greater control of environmental pollution caused by mercury is needed, control of pollution due to the presence of toxins and heavy metals, with the aim of significantly reducing emissions of mercury and other pollutants. In the Republic of Serbia, it is necessary to pass a legal act that would define the MDK in house dust.</p>
<p>Accepted by Sc.Board on : AS</p>	
<p>Defended/Viva voce Ph D eham.on:DE</p>	
<p>PhD Examination Panel: DB</p>	<p>Chair person: Ljiljana Ćurčić, PhD, Assistant Professor, Educons University, Sremska Kamenica  Member: Mira Pucarević, PhD, full professor, Educons University, Sremska Kamenica  Member: Biljana Lončar, PhD, Senior Research Fellow  Member: Nataša Stojić, Associate Professor, Educons University, Sremska Kamenica    Member: Dunja Prokić, PhD, Associate Professor, Educons University, Sremska Kamenica</p>

## **Spisak tabela**

**Tabela 1.** Odabrane fizičke i hemijske osobine Hg (Parsons i Percival, 2005)

**Tabela 2.** Jedinjenja žive (Trumbulović i Jovičić, 2015)

**Tabela 3.** Emisije žive (metričke tone po godini) prema izvoru u SAD-u u periodu od 1990 do 2002 (Driscoll i sar., 2007)

**Tabela 4.** Unos žive (u mg) u čovekov organizam na bazi konzumiranja vode za piće na dnevnom, mesečnom i godišnjem nivou (Rajković i sar., 2009)

**Tabela 5.** Rezultati sadržaja žive u uzorcima zemljišta (Đozić i Hodzić, 2016)

**Tabela 6.** Rezultati analize uzoraka sedimenta na sadržaj žive (mg/kg) (Đozić i Hodzić, 2016)

**Tabela 7.** Godišnja doba i datumi uzimanja uzoraka zemljišta i kućne prasine

**Tabela 8.** Anketna pitanja

**Tabela 9.** Američka klasifikacija zemljišta prema hemijskoj reakciji (vrednostima pH)

**Tabela 10.** Ocena nivoa sadržaja u zemljištu K<sub>2</sub>O mg/100g Manojlović i sar. (1995)

**Tabela 11.** Smernice za interpretaciju visine koeficijenta korelacije

**Tabela 12.** Koncentracija žive u kućnoj prašini, mg/kg

**Tabela 13.** Koncentracija žive u zemljištu, mg/kg

**Tabela 14.** Minimalna, maksimalna i srednja vrednost za PTE u kućnoj prašini i zemljištu (mgkg<sup>-1</sup>), (Nedić i sar., 2019)

**Tabeli 15.** Korelacija između PTE u kućnoj prašini za sve lokacije (Nedić i sar., 2019)



**Tabela 16.** Korelacija između PTEs u zemljištu za sve lokacije (Nedić i sar., 2019)

**Tabela 17.** Osnovne hemijske osobine zemljišta

**Tabela 18.** Podaci o preduzećima koja se nalaze u industrijskoj zoni u Šidu

**Tabela 19.** Udaljenost lokaliteta uzorkovanja od industrijske zone (Google Earth)

**Tabela 20.** Povezanost koncentracije žive u kućnoj prašini sa parametrima

**Tabela 21.** Meteorološki uslovi prilikom uzorkovanja zemljišta i kućne prašine

**Tabela 22.** Korelacija koncentracije žive u kućnoj prašini i zemljištu okućnice

**Tabela 23.** Ukupne koncentracije žive (mg/kg) u kućnoj prašini stambenih objekata i zemljištu okućnica u Šidu

**Tabela 24.** Poređenje koncentracije žive u objektima sa različitim električnim uređajima

**Tabela 25.** Poređenje koncentracije žive u objektima u odnosu na različit način zagrevanja

**Tabela 26.** Poređenje koncentracije žive u objektima u odnosu na različit materijal gradnje

**Tabela 27.** Rezultati veštačkih neuronskih mreža za sadržaj Hg u kućnoj prašini i zemljištu okućnica

**Tabela 28.** Elementi of matrice  $W_1$  i vektor  $B_1$  (prikazan u "bias" redu)

**Tabela 29.** Elementi matrice  $W_2$  i vektor  $B_2$  (prikazan u "bias" kolini)

**Tabela 30.** Vrednosti ulaznih parametara za ANN mrežu

**Tabela 31.** Eksperimentalno izmerene i ANN modelom predviđene koncentracije žive u kućnoj prašini i zemljištu

**Tabela 32.** Ograničenja u ANN optimizaciji sadržaja Hg u kućnoj prašini i zemljištu okućnica

**Tabela 33.** Min i max vrednosti parametara za računanje optimalnih ulaznih i izlaznih vrednosti pomoću ANN mreže

**Tabela 34.** Optimizovane vrednosti ulaznih parametara ANN mreže

**Tabela 35.** Optimizovane vrednosti izlaznih parametara ANN mreže

**Tabela 36.** Vrednosti SS optimizacije izlaznih parametara

### **Spisak slika**

**Slika 1.** Mapa Opštine Šid sa obeleženim lokacijama uzorkovanja u Šidu

**Slika 2.** Geometrijska mapa (engl. mesh) za određivanje koncentracije Hg u kućnoj prašini i zemljištu

**Slika 3.** Šematski prikaz neuronske mreže sa tri sloja (Petrović, 2011)

**Slika 4.** Mapa koncentracija Hg u kućnoj prašini prema lokaciji uzorkovanja za jesen 2016. godine

**Slika 5.** Mapa koncentracija Hg u kućnoj prašini prema lokaciji uzorkovanja za zimu 2016. godine

**Slika 6.** Mapa koncentracija Hg u kućnoj prašini prema lokaciji uzorkovanja za proleće 2017. godine

**Slika 7.** Mapa koncentracija Hg u kućnoj prašini prema lokaciji uzorkovanja za leto 2017. godine

**Slika 8.** Mapa koncentracija Hg u zemljištu okućnica prema lokaciji uzorkovanja za jesen 2016. godine

**Slika 9.** Mapa koncentracija Hg u zemljištu okućnica prema lokaciji uzorkovanja za zimu 2016. godine

**Slika 10.** Mapa koncentracija Hg u zemljištu okućnica prema lokaciji uzorkovanja za proleće 2017. godine

**Slika 11.** Mapa koncentracija Hg u zemljištu okućnica prema lokaciji uzorkovanja za leto 2017. godine

- Slika 12.** Starost objekata koji su obuhvaćeni ispitivanjem
- Slika 13.** Koncentracija žive u zavisnosti od starosti objekta
- Slika 14.** Koncentracija žive u zavisnosti od načina zagrevanja objekta
- Slika 15.** Koncentracija žive u zavisnosti od broja stanara
- Slika 16.** Koncentracija žive u zavisnosti od površine objekta (m<sup>2</sup>)
- Slika 17.** Koncentracija žive u zavisnosti od materijala od koga je objekat sagrađen
- Slika 18.** Koncentracija žive u zavisnosti od električnih uređaja
- Slika 19.** Koncentracija žive u zavisnosti od osvetljenja: neonske sijalice, štedljive sijalice
- Slika 20.** Koncentracija žive u zavisnosti od broja ložišta
- Slika 21.** Koncentracija žive u zavisnosti od broja kućnih ljubimaca
- Slika 22.** Koncentracija žive u zavisnosti od broja pušača u domaćinstvu
- Slika 23.** Grafikon distribucije koncentracije žive u kućnoj prašini (mg/kg)
- Slika 24.** Grafikon distribucije koncentracije žive u zemljištu okućnice (mg/kg)
- Slika 25.** Grafički prikaz prosečne koncentracije žive u kućnoj prašini u odnosu na broj električnih uređaja u kući
- Slika 26.** Grafički prikaz koncentracije žive u kućnoj prašini u odnosu na starost objekta
- Slika 27.** Grafički prikaz koncentracije žive u kućnoj prašini u odnosu na način zagrevanja kuće
- Slika 28.** Grafički prikaz koncentracije žive u kućnoj prašini u odnosu na materijal gradnje
- Slika 29.** Grafički prikaz koncentracije žive u kućnoj prašini u odnosu na blizinu industrijske zone
- Slika 30.** Korelacioni dijagram između posmatranih odziva i sadržaja Hg u zemljištu i kućnoj prašini
- Slika 31.** Varijabilnost faktorskih kordinata
- Slika 32.** Doprinos promenljivih na izračunavanje prve faktorske koordinate
- Slika 33.** Doprinos promenljivih na izračunavanje druge faktorske koordinate
- Slika 34.** Doprinos promenljivih na izračunavanje treće faktorske koordinate
- Slika 35.** Doprinos promenljivih na izračunavanje četvrte faktorske koordinate

**Slika 36.** Doprinos promenljivih na izračunavanje pete faktorske koordinate

**Slika 37.** Doprinos promenljivih na izračunavanje šeste faktorske koordinate

**Slika 38.** Biplot grafik za PCA analizu, prva faktorska ravan, PC1-PC2

**Slika 39.** Biplot grafik za PCA analizu, druga faktorska ravan, PC1-PC3

**Slika 40.** Dendogram za testirane uzorke

**Slika 41.** Horizontalni euklidski klaster za posmatrane uzorke sadzaja Hg u prašini i zemljištu

**Slika 42.** Slobodno-granajući dendogram klister

**Slika 43.** Eksperimentalno izmerene i ANN modelom predviđene vrednosti za: a) sadržaj Hg u zemljištu okućnica, b) sadržaj Hg u kućnoj prašini

**Slika 44.** Relativni uticaj ulaznih promenljivih na sadržaj Hg u prašini utvrđen Yoon metodom interpretacije

**Slika 45.** Relativni uticaj ulaznih promenljivih na sadržaj Hg u zemljištu okućnica utvrđen Yoon metodom interpretacije

**Slika 46.** Standardna ocena uzoraka kućne prašine i zemljišta okućnica na osnovu sadržaja žive

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	16
2. PREGLED LITERATURE.....	4
2.1. Osobine žive.....	4
2.1.1. Izvori žive .....	6
2.1.2. Jedinjenja žive, toksičnost i negativan uticaj na ljudski organizam .....	6
2.1.3. Toksičnost žive .....	8
2.1.4. Uzroci, opasnosti i posledice od žive.....	9
2.1.5. Trovanje živom .....	10
2.1.6. Koncentracija žive u životnoj sredini .....	11
2.1.6.1. Koncentracija žive u vazduhu.....	11
2.1.6.2. .Koncentracija žive u vodi .....	14
2.1.6.3. Koncentracija žive u zemljištu .....	16
2.1.6.4. Koncentracija žive u sedimentu.....	19
2.1.6.5. Koncentracija žive u otpadu .....	21
2.1.6.6. Koncentracija žive u hrani .....	22
2.1.6.7. Koncentracija žive u kućnoj prašini .....	23
2.2. Instrumentalne metode određivanja žive.....	24
2.2.1. Atomska apsorciona spektrometrija (AAS).....	25
2.2.2. Atomska emisiona spektrometrija (AES) .....	26
2.2.3. Hidridna tehnika i tehnika hladnih para.....	26
2.2.4. Direktni analizator žive.....	27

2.3.	Zakonodavstvo .....	27
2.3.1.	Zakonodavstvo Evropske unije.....	27
2.3.2.	Zakonodavstvo Republike Srbije.....	29
3.	EKSPERIMENTALI DEO .....	32
3.1.	Materijal i metode rada .....	33
3.1.1.	Materijal.....	33
3.1.1.1.	Uzorci kućne prašine .....	33
3.1.1.2.	Uzorci zemljišta.....	34
3.2.	Anketa .....	36
3.3.	Laboratorijske metode.....	37
3.3.1.	Postupak određivanja lako pristupačnog fosfora ( $P_2O_5$ ).....	37
3.3.2.	Određivanje lako pristupačnog $K_2O$ .....	38
3.3.3.	Određivanje pH zemljišta pomoću pH-metra .....	38
3.3.4.	Postupak određivanja teških metala, žive u zemljištu i prašini .....	40
3.4.	Hemometrijske metode .....	40
3.4.1.	Deskriptivna statistika.....	41
3.4.2.	Korelaciona analiza (Colour correlation analysis).....	42
3.4.3.	Analiza glavnih komponenti – PCA (principal components analysis) .....	43
3.4.4.	Klaster analiza (Cluster analysis).....	44
3.4.5.	Slobodno granajući dendogram klaster- Unrooted cluster tree.....	44
3.4.6.	Veštačke neuronske mreže-ANN modeli (Artificial Neural network) .....	45
3.4.7.	Analiza osetljivosti (Global sensitivity analysis).....	48
3.4.8.	Metoda standardne ocene-određivanje normalizovanih standardnih ocena (SS)	
	48	
4.	REZULTATI I DISKUSIJA .....	50
4.1.	Sadržaj žive u kućnoj prašini i zemljištu okućnica .....	50
4.2.	Sadržaj $P_2O_5$ i $K_2O$ u zemljištu okućnica.....	62

4.2.1.	Sadržaj P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	65
4.2.2.	Sadržaj K <sub>2</sub> O .....	65
4.3.	pH vrednost zemljišta okućnica .....	66
4.4.	Rezultati ankete .....	68
4.5.	Hemometrijska analiza podataka .....	81
4.5.1.	Deskriptivna statistika-Provera hipoteza primenom Kruskal Wallis test-a i korelacija.....	81
4.5.1.1.	Hipoteza 1: U kućnoj prašini mogu biti zastupljene različite koncentracije žive	81
4.5.1.2.	Hipoteza 2: U zemljištu okućnice zastupljena je živa .....	82
4.5.1.3.	Hipoteza 3: Koncentracija žive u kućnoj prašini je u pozitivnoj korelaciji sa koncentracijom u okućnici.....	82
4.5.1.4.	Hipoteza 4: Koncentracija žive u zemljištu okućnice je veća od MDK u zemljištu	83
4.5.1.5.	Hipoteza 5: Koncentracija žive u kućnoj prašini veća od MDK u kućnoj prašini	84
4.5.1.6.	Hipoteza 6: Osnovni izvor koncentracije žive u kućnoj prašini uslovljen je prisustvom žive u različitim elektronskim uređajima.....	86
4.5.1.7.	Hipoteza 7: Koncentracija žive u kućnoj prašini je u funkciji starosti objekta	87
4.5.1.8.	Hipoteza 8: Način zagrevanja kuće utiče na koncentraciju žive .....	88
4.5.1.9.	Hipoteza 9: Više koncentracije žive mogu se pronaći kod kuća od mekog materijala (čerpić ili naboj).....	90
4.5.1.10.	Hipoteza 10: Udaljenost industrijske zone utiče na koncentraciju žive u kućnoj prašini.....	92
4.5.2.	Korelaciona analiza (Colour Correlation analysis).....	93
4.5.3.	Analiza glavnih komponentata (eng. Principal component analyses - PCA) .....	95
4.5.4.	Klaster analiza (CA) .....	103
4.5.5.	Slobodno granajući dendogram klaster- Unrooted cluster tree.....	105

4.5.6.	Veštačke neuronske mreže.....	109
4.5.6.1.	Simulacija veštačkih neuronskih mreža .....	111
4.5.6.2.	Optimizacija ulaznih i izlaznih parametara primenom ANN mreže .....	116
4.5.7.	Analiza osetljivosti (eng. Global sensitivity analysis)- Yoon metoda interpretacije .....	120
4.5.8.	Metoda standardne ocene-određivanje normalizovanih standardnih ocena (SS)	122
5.	ZAKLJUČCI.....	124
6.	LITERATURA .....	129
6.1.	Internet izvori .....	148
7.	PRILOZI I SKRAĆENICE.....	149
7.1.	Spisak skraćenica .....	149
7.2.	Prilozi .....	150



## 1. UVOD

Posle arsena i olova, živa (Hg) spada u najotrovniji hemijski element na planeti Zemlji, što je naročito problematično ako se uzme u obzir da se u životnu sredinu ispušta u atmosferu, vodene tokove i zemljište, a unosi u organizam čoveka putem hrane i vode.

Literaturni podaci potvrđuju da se živa može naći u određenim koncentracijama u vodi, vazduhu, zemljištu, otpadu, hrani, pa čak i u majčinom mleku. U vrlo sitnim kapljicama živa se meša sa prašinom i prodire u razne porozne materijale. Postoje naučni radovi o prisustvu žive u kućnoj prašini, međutim nedostaju podaci i istraživanja koja ukazuju na poreklo ovog zagađenja.

Kućna prašina je obično kombinacija atmosferske i prašine ljudskog porekla (izumrlje ćelije kože, vlakna sa odeće i pokrivača, itd) i predstavlja značajan izvor zagađujućih materija u vazduhu. Smatra se da su ftalati najčešće čestice u kućnoj prašini.

Kućna prašina se sastoji i od ostataka hrane, brašna, šećera, suve hrane, kafe u zrnu i čaja, prirodnog sušenja biljaka, kao i aeroalergena u okolini, čestica zemlje, polena, spora i buđi, ostataka od obrade drveta, piljevine, praha betona, trenja trotoara, cementa, crne boje za tonere, obrade duvana, obrade tekstilnih vlakana, smola, papira od kojih nastaju tehničke ili industrijske prašine. Pored organskih jedinjenja u kućnoj prašini se mogu naći različita neorganska jedinjenja.

U kućnoj prašini su često prisutni i organizmi (grinje) koji koriste organske komponente kućne prašine za svoju ishranu.

U literaturi postoje različiti podaci o zagađujućim materijama u kućnoj prašini koji uzrokuju zdravstvene probleme kod ljudi, odnosno tokom boravka u kući u kojoj je koncentracija zagađujućih materija iz kućne prašine visoka zdravlje ljudi može biti značajno ugroženo.

Prašina koja sadrži živu se stvara pri radu različitih kućnih uređaja, sagorevanjem uglja u ruralnim sredinama kao i indirektnim putem usled taloženja žive iz atmosfere na zemljište.

Predmet istraživanja ove doktorske disertacije je hemometrijski pristup analizi koncentracije i porekla žive u kućnoj prašini i zemljištu okućnica.

Multidisciplinarnost naučne oblasti hemometrije uključuje višeparametarsku statističku analizu, matematičko modelovanje, informatičke metode i analitičku hemiju. Napretkom specifičnih metoda hemometrije, pružena je mogućnost za sticanje validnih modela za predikciju nepoznatih podataka, obradu dostupnih eksperimentalnih vrednosti i organizaciju jedinjenja.

Za hemometrijsku analizu rezultata sadržaja žive u kućnoj prašini i zemljištu okućnica od višeparametarskih matematičkih metoda u ovoj disertaciji primenjene su: deskriptivna statistika (Descriptive statistics), korelaciona analiza (Colour correlation analysis), analiza glavnih komponenti (Principal components analysis – PCA), klaster analiza (Cluster analysis), slobodno-granajući dendogram klaster (Unrooted cluster tree), veštačke neuronske mreže (Artificial neural network- ANN), analiza osetljivosti (Sensitivity analysis) i metoda standardne ocene (Standard Score analysis-SS).

Osnovni cilj istraživanja ove doktorske disertacije je utvrđivanje prisustva i porekla žive u kućnoj prašini i zemljištu okućnica naseljenog mesta Šid.

U okviru ove disertacije će se ispitati sledeće hipoteze:

U kućnoj prašini mogu biti zastupljene različite koncentracije žive.

- U zemljištu okućnice zastupljena je živa.
- Koncentracija žive u kućnoj prašini je u korelaciji sa koncentracijom u okućnici.
- Koncentracija žive u zemljištu okućnice je veća od maksimalne dozvoljene koncentracije (MDK) u zemljištu.
- Koncentracija žive u kućnoj prašini veća je od MDK u kućnoj prašini.
- Osnovni izvor žive u kućnoj prašini uslovljen je prisustvom žive u različitim elektronskim uređajima.
- Koncentracija žive u kućnoj prašini zavisi od starosti objekta.
- Niža koncentracija metala se nalazi u novim kućama.
- Način zagrevanja kuće utiče na koncentraciju žive.

- Postojanje električnog grejanja dovodi do povećanja koncentracije žive u kućnoj prašini.
- Grejnje na ugalj dovodi do povećanja koncentracije žive u kućnoj prašini.
- Više koncentracije žive mogu se pronaći u kućama od zemljanog materijala (čerpić ili naboj).
- Živa je poreklom iz izvora u samoj kući.
- Koncentracija žive u kućnoj prašini nije u korelaciji sa polomljenim fluorescentnim lampama, gasnim regulatorima i toplomerima iz kućne upotrebe.
- Udaljenost industrijske zone ne utiče na koncentraciju žive u kućnoj prašini.

## **2. PREGLED LITERATURE**

### **2.1. Osobine žive**

Živa je jedini metal u tečnom stanju, koji gradi mnogobrojna organska i neorganska jedinjenja, različite toksičnosti. Latinski naziv žive je *Hydragyrum*, из старогрчког ὕδρω: hydros - вода и ἀργυρος: árgiros - сребро, prevodi se kao tečno stanje metala ili tečno srebro. Živa je sjajno srebrno beli metal, atomskog broja 80, relativne atomske mase 200,59 g/mol i pripada grupi prelaznih elemenata (Pavlović i Siketić, 2011). Odabrane fizičke i hemijske osobine žive prikazane su u tabeli u nastavku (Tabeli 2.1.).

**Tabela 1.** Odabrane fizičke i hemijske osobine Hg (Parsons i Percival, 2005)

Simbol	Hg
Atomski broj	80
Atomska masa	200.59 amu
Atomski radijus	150 pm
Oksidacioni stanja	0, +1, +2, +3
Elektronska konfiguracija	[Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>
Tačka topljenja	-38.9 °C (234 K)
Tačka ključanja	356.58 °C (630 K)
Toplota isparavanja	59.229 kJ/mol
Toplota fuzije	2.295 kJ/mol
Napon pare	0.0002 Pa (234 K)
Stabilni izotopi	
<sup>196</sup> Hg	0.15
<sup>198</sup> Hg	9.97
<sup>199</sup> Hg	16.87
<sup>200</sup> Hg	23.1
<sup>201</sup> Hg	13.18
<sup>202</sup> Hg	29.8
<sup>204</sup> Hg	6.87

Živa slabije provodi električnu struju (Selin, 2009). Visoka specifična gustina i stabilnost žive na vazduhu pokazuje dobre osobine žive za punjenje barometara, termometara i manometara (Crawford i sar., 2006). Živa na veoma niskim temperaturama isparava, a sa porastom temperature isparljivost se povećava (Zhang i sar., 2018).

Specifične hemijske i fizičke osobine žive fascinirale su ljude više od 3500 godina, i dovele do široke primene žive u umetnosti, nauci, religiji, medicini, poljoprivredi i različitim industrijama (Kahhat i sar., 2019).

### **2.1.1. Izvori žive**

Izvori emisije žive u životnu sredinu mogu biti prirodni, antropogeni i ponovo emitujući izvori. Prirodni izvori žive su: erupcije vulkana, erozija zemljišta, oslobađanje iz stena koje sadrže živu kao i bakterijska razgradnja živinih organskih jedinjenja (Obrist i sar., 2018).

Antropogeni izvori žive su: obrada ruda bogatih živom, sagorevanje fosilnih goriva uglja, industrija koja koristi živu u svojim tehnološkim procesima, termoelektrane, itd.

Antropogeni izvori žive su i proizvodnja hlora, proizvodnja živinih fluorescentnih cevi, metalurški procesi dobijanja zlata i srebra, primena živinih amalgama, industrija pesticida, industrija boja i proizvodnja računara i računarske opreme, LCD ekrana, kao i instrumenata za merenje različitih fizičkih veličina (termometra, barometra, termostata) i proizvodnja baterija (O'Connor i sar., 2019; Kelepertzis i sar., 2019).

Postoje procene da emisije žive iz antropogenih izvora iznose 2.500 t/godišnje (Förstner, 2020). Približno dve trećine žive koja dospeva u životnu sredinu (Chen i Driscoll, 2018) dolazi iz antropogenih izvora uključujući rudarstvo, industrijske aktivnosti, sagorevanje uglja i spalionice, a ostatak iz prirodnih izvora (Lindberg i sar., 2007., Driscoll i sar., 2013., Obrist i sar., 2018).

### **2.1.2. Jedinjenja žive, toksičnost i negativan uticaj na ljudski organizam**

Živa gradi različita organska i neorganska jedinjenja, kao i amalgame sa drugim metalima. Od neorganskih jedinjenja u prirodi se nalazi u obliku živinog sulfida (HgS), koji sadrže živu od 0,1 do 4%, i kao tečna živa koja se nalazi u škriljcima ili Zemljinoj kori. Rude žive se vade u podzemnim kopovima, a metalna živa se izdvaja iz rude prženjem u rotacionoj peći ili rebrastim pećima (Trumbulović i Jovičić, 2015).

U tabeli u nastavku navedena su jedinjenja žive, način razlaganja i delovanja na ljudski organizam.

**Tabela 2.** Jedinjenja žive (Trumbulović i Jovičić, 2015)

Jedinjenja žive	Formula	Opasnosti	Reakcije
Živin nitrat 10045-94-0	$\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ Razlažu se zagrevanjem ili izlaganjem svetlosti	Otrovni dimovi	Koža, oči, respiratorni organi, bubrezi, gutanje, bol u stomaku, metalni ukus
Živin oksid 21908-53-2	$\text{HgO}$ 21908-53-2, Supstanca se razlaže izlaganjem svetlosti, zagrevanjem iznad $500^\circ$	Otrovni dimovi uz porast opasnosti od požara	Oči, koža, respiratorni organi, bubrezi, disanje
Živin sulfat 7783-35-9	$\text{HgSO}_4$ Supstanca se razlaže zagrevanjem ili izlaganjem svetlosti	Daje otrovne dimove	Oči, koža, disanje, zadihanost, bubrezi, bol u stomaku
Živin hlorid 10112-91-1	$\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ Supstanca se razlaže zagrevanjem	Daje otrovne dimove žive i sumpornih oksida	Oči, bubrezi, crvena boja lica, slabost
Fenil živa acetat 62-38-4 Metil živa hlorid	$\text{C}_6\text{H}_5\text{HgO}_2$ Supstanca se razlaže zagrevanjem $\text{CH}_3\text{Hg}_2\text{Cl}_2$	Daje otrovne pare žive	Koža, kašalj, otežano disanje, oči, bubrezi, respiratorni organi

Fenil živa nitrat 55 –68-5	$C_6H_5HgNO_3$ Supstanca se razlaže zagrevanjem	Stvaraju grejne pare žive i toksične dimove. Reaguje sa redukcionim agensima	Oči, koža, respiratorni organi, kašalj, efekti na humanu reprodukciju
-------------------------------	--	--	--

Najčešća jedinjenja žive su: živin nitrat, živin oksid, živin sulfat, živin hlorid, fenil živa acetat, metil živa hlorid i fenil živa nitrat.

Elementarna živa je inertna i nerastvorna u vodi i u prirodi se retko nalazi u ovom obliku, uglavnom je hemijski vezana sa sumporom (ruda: cinibar-HgS). Živa (I)-sulfat ( $Hg_2SO_4$ ), stvara bezbojne prizme slabo topljive u vodi i razređenoj sulfatnoj kiselini, a služi kao katalizator pri oksidaciji naftalina u naftalnu kiselinu. Živa (II)-sulfat ( $HgSO_4$ ) gradi bele listiće, rastvoran je u koncentrovanom rastvoru kuhinjske soli i vrućoj razređenoj sulfatnoj kiselini a služi kao katalizator pri sintezi acetaldehida iz acetilena i vode (Trumbulović i Jovičić, 2015).

Soli žive (I) i (II), su visoko rastvorljive u vodi. Najvažnije soli su i živa (II)-hlorid ( $HgCl_2$ ) (korozivni sublimat), živa (I)-hlorid ( $HgCl_2$ ) (kalomel), živafulminat [ $Hg(ONC)_2$ ] (detonator) i živa-sulfid ( $HgS$ ) (pigment boje) (Trumbulović i Jovičić, 2015).

Živa se jedini lako sa sumporom i halogenima na sobnoj temperature. Takođe, živa daje amalgame sa svim metalima, osim sa gvožđem (Fe), niklom (Ni), kadmijumom (Cd), aluminijumom (Al), kobaltom (Co) i platinom (Pt) (Hammond, 2000).

### 2.1.3. Toksičnost žive

Toksičnost žive je veoma velika i postoje brojne opasnosti u radu sa živom (Plavšić., 2009). Prve informacije datiraju još iz 17. veka kada se u Francuskoj „bolest“ pojavila kod radnika u proizvodnji filca (Gerstner i Huff, 1997).

Svi poznati oblici žive toksični su za čovekov organizam (Jovanović, 2015). Različita hemijska jedinjenja žive imaju različitu toksičnost. Najopasniji oblik je metil živa. Kada živa dođe u kontakt sa vodom, bakterije je transformišu u metil živu, koja se taloži u tkivu ribe, a preko lanca ishrane dospeva u telo drugih životinja i čoveka (Springer i Springer, 2008).

Značajne toksične efekte pokazuju i metalna živa, živine pare i živine hidrosolubilne soli. Od neorganskih jedinjenja, živa(II)-hlorid (sublimat) se lako rastvara u vodi i važi za veoma jak otrov za razliku od žive(I)-hlorida (kalomela) koji se veoma slabo rastvara. Ipak, u digestivnom traktu neka nerastvorljiva jedinjenja mogu preći u rastvorljiva pod uticajem hlorovodonične kiseline (Velev i sar., 2009; Jovanović, 2015).

Prilikom kontakta žive materije sa živinim solima, u dovoljnoj koncentraciji, dolazi do razaranja žive materije, a raspršivanjem živinih soli se povećava dodirna površina između vazduha i žive, pa se isparavanje intenzivira čime se pojačavaju posledice toksičnosti (Trumbulović i Jovičić, 2015).

Zagrevanjem živinog oksida iznad 500° C emituju se toksična isparenja koji mogu da dovedu do požara. Pored toga, prašina živinog oksida ima korozivni efekat na oči, kožu i respiratorni trakt. (Centineo i sar., 2004; Trumbulović i Jovičić, 2015).

Fenil živa nitrat se razlaže zagrevanjem ili izlaganjem svetlosti i daje toksične dimove (Centineo i sar., 2004; Trumbulović i Jovičić, 2015).

#### **2.1.4. Uzroci, opasnosti i posledice od žive**

Živa se u organizam može uneti iz vazduha, kućne prašine, vode za piće, korišćenjem predmeta opšte upotrebe, konzumiranjem cigareta i putem ishrane (riba, školjke i piletina) (Rajković i sar., 2009).

Glavni način izlaganja ljudi i divljih životinja metil živi je konzumiranje mesa ribe i školjki. Živa je sve više zastupljena u lancu ishrane i bioakumulaciji riba, i samim tim, zagađenje prouzrokovano živom predstavlja sve veći problem (Rice i sar., 2000; Karagas i sar., 2012; Okean i sar., 2012; Eagles-Smith i sar., 2018). Kod ljudi koji unose veće količine ribe i



školjki kontaminiranih metil živom očekuje se viši nivo koncentracije žive u organizmu (Mahaffey i Mergler 1998; Karimi i sar., 2012, 2014, 2016, Mahaffey i sar., 2004; Grandjean i sar., 2005; Costa i sar., 2012; Karagas i sar., 2012; Kirk i sar., 2012).

Hemijska industrija takođe predstavlja moguću opasnost trovanja živom, npr. fabrika kalijumove hemije za proizvodnju: hlora, hlorovodonične kiseline, natrijuma i kalijum hidroksida, natrijum hipohlorita, kalijum karbonata i vodonika. Unos organskih jedinjenja žive u organizam nastaje pri kontaktu radnika sa sirovinama tokom industrijskih procesa (Carson, 2002).

Na osnovu mnogih istraživanja konstantovano je da upotrebom određenih pesticida, dolazi do pojave žive u hrani, dok konzumacijom ribe (dugovečnije ribe koje su poznati akumulatori žive) (Beckers i Rinklebe, 2017) i morskih plodova zagađenih živom dolazi do hroničnog trovanja, i procesa koji se naziva merkurijalizam (Gerstner i Haff, 1977). U Iraku je (1971-1972. godine) umrlo oko 650 ljudi zbog korišćenja pšenice koja u sebi sadrži metil živu (Bakir i sar., 1973). Hemijski udes u zalivu Minamata, u Japanu (1956.godine) je doveo do trovanja („Minimata“ sindrom) koje je izazvano ispuštanjem žive u industrijske otpadne vode nakon korišćenja ribe u ishrani ljudi koja je u svom sastavu imala visoke koncentracije metil žive. „Minamata sindrom“ prouzrokovao je da je 2265 ljudi imalo trajne posledice, dok je 1435 ljudi umrlo. Istraživanjem posle havarije ustanovljeno je da ribe mogu apsorbovati živu u neorganskom ili organskom obliku i da se ona vezuje za belančevine i na taj način taloži u organizmu. U lancu ishrane se sadržaj žive povećava kod većih riba, ptica kao i sisara (čovjek) (Springer and Springer, 2008).

Udisanje živinih isparenja iz polomljenih fluorescentnih lampi, gasnih regulatora i toplomera iz kućne upotrebe može izazvati ozbiljne posledice (Landrum i sar., 2013).

Unošenje, apsorpcija i distribucija žive u organizmu zavisi od prisustva drugih materija koje se unose ishranom (antioksidansi, selen, cink, vitamin C). Prvi izveštaj o zaštitnom učinku selena na toksičnost žive se spominje 1967. god. (Koeman i sar., 1973).

#### **2.1.5. Trovanje živom**

Živa kao otrov ima kumulativni efekat, pa manifestacija simptoma trovanja zavisi od frekventnosti, tj. količine unosa žive (Teodorović i Dimitrijević, 2011).

Dimetil-živa je najjači nervni otrov. Apsorpcija 0,001 ml dimetil-žive predstavlja fatalnu dozu, jer zbog liposolubilnosti napada nervni sistem, posebno delove mozga odgovorne za koordinacije i senzorne funkcije (Sysalova i sar., 2017). Kako se trovanje metil-živom odražava na nervni sistem, naročito je toksična za razvijanje nervnog sistema dece i fetusa ukoliko su majke bile u dodiru sa metil-živom (Jovanović, 2015).

Posledice trovanja živom variraju i zavise od vrste jedinjenja, načina kontaminacije, koncentracije žive i vremena izloženosti. Klinički simptomi se mogu podeliti na: respiratorne (udisanje živinih para), bubrežne (peroralna ingestija neorganskih soli žive) i nervne (izloženost organskim jedinjenjima žive) (Velev i sar., 2009; Jovanović, 2015). Konzumiranje malih količina rastvora živinih soli za posledicu može imati relativno brz letalni ishod. Inhalacija većih količina živinih para, takođe, iritira respiratorni trakt, izaziva disbalans digestivnog trakta i oboljenja bubrega (Jovanović, 2015).

Analiza kose se koristi kao indikator hronične intoksikacije živom, a intoksikacija živom dovodi i do poremećaja srčanog ritma, kao i povišenog krvnog pritiska (Houston, 2011).

Do akutnog trovanja živom dolazi usled udisanja visokih koncentracija živinih para. Simptomi su nadražajni kašalj, nedostatak vazduha, ubrzano disanje, bolovi u grudima, ponekad i akutno hemijsko zapaljenje pluća, između ostalog i bolovi u stomaku, muka, gađenje i na kraju se razvija slabost, malaksalost i drhtavica. U plućima dolazi do patoloških poremećaja u alveolama koji prouzrokuje bolesti respiratornog sistema (Trumbulović i Jovičić, 2015). Oko 90% unete metil žive se resorbuje iz organizma za varenje, a oko 80% se vezuje za eritrocite, 7-8 % neorganskih jedinjenja se resorbuje iz hrane, a iz vode 15%. Preko kože se elementarna živa u obliku para i sitnih kapljica veoma lako apsorbuje (Trumbulović i Jovičić, 2015).

Na osnovu naučnog istraživanja (Filipović i Lipanović, 1995), lečenje kod akutnog trovanja živom pored ispiranja stomaka i primene lekova emetika, primenjuje se i dimerkaprol.

Takođe, primenjuje se i antišok terapija. Kod hroničnog trovanja živom koristi se D - penicilin (preporučena doza je 14 - 40 mg/kg telesne mase dnevno) (Filipović i Lipanović, 1995).

## **2.1.6. Koncentracija žive u životnoj sredini**

### *2.1.6.1. Koncentracija žive u vazduhu*

Živa je jedini teški metal koji na sobnoj temperaturi isparava usled čega, osim zemljišta, dodatno zagađuje vazduh (Hu i sar., 2013). Naučnim istraživanjem u radu Chen i sar., 2018, dokazano je da se živa najviše prenosi kroz atmosferu u elementarnom obliku, koji ima atmosferski životni vek od oko 6-12 meseci, što je čini globalnom zagađujućom materijom (Driscoll i sar., 2007, 2013., Giang i Selin 2016., Obrist i sar., 2018).

Kada su u pitanju prirodni izvori, prisustvo žive i njenih jedinjenja u vazduhu u različitim koncentracijama u najvećoj meri su posledica vulkanskih erupcija. Iz vazduha, živa lako dospeva u lanac ishrane putem padavina i prenosi se u vodene tokove i zemljište iz kojih dalje dospeva u vodeni svet (ribe, vodene biljke), a posledično i do čoveka (Jovanović, 2015, Pirrone i sar., 1996). S druge strane, najveći antropogni izvori žive u atmosferi su rudnici i topionice žive i drugih ruda metalnih sulfida. Oko 80% antropogenih izvora žive uključuje oslobađanje elementarne žive u vazduh sagorevanjem naftnih derivata, iz rudnika, topionica i inseneracijom čvrstog otpada. 15% antropogenih emisija posledica su direktne primene đubriva i fungicida i neadekvatnog odlaganja otpada. Preostalih 5% emisija žive potiče od industrijskog otpada (Stein R. i sar., 1996; Jovanović, 2015).

Svetska zdravstvena organizacija (WHO) 1990-1991. godine izvestila je da su najveći izvori žive u atmosferi degasifikacija minerala žive iz litosfere i hidrosfere, u procenjenom nivou od 2.700 - 6.000 metričkih tona/godišnje, što je približno 1.3 do 3 puta više u odnosu na oslobađanje iz antropogenih izvora.

Pojedini istraživači su procenili da su svetske emisije žive 4.500 tona/godišnje (antropogeni izvori) sa dodatnih 3.000 tona/godišnje poreklom iz prirodnih izvora. Drugi autori su procenili svetske emisije žive na oko 2.200 metričkih tona/godišnje i zaključili su da

prirodni, industrijski izvori i recikliranje žive antropogenog porekla, pojedinačno doprinose sa jednom trećinom globalnog opterećenja živom u atmosferi (Clarke, 1993; Querol i sar., 1995; Xu i sar., 2004.).

Neadekvatno upravljanje otpadom takođe predstavlja značajan izvor emisije žive. Utvrđeno je da se spaljivanjem medicinskog otpada oslobađa do 12,3 mg/m<sup>3</sup> žive (Glasser i sar., 1991). Nekontrolisanim spaljivanjem medicinskog otpada emituje se približno 110 mg žive/kg što u poređenju sa emisijom od 25,5 mg žive/kg usled spaljivanja komunalnog otpada ukazuje da medicinska oprema može biti značajan izvor atmosferske žive. Upotreba čistača na spalionicama otpada može ukloniti do 51% emisije žive (Valker i Cooper 1992).

Drugi potencijali izvori emisije žive u vazduh su šljaka iz proizvodnje metala, požari na divljim deponijama i difuzne emisije iz drugih antropogenih izvora, kao što su stomatologija i industrijska aktivnosti. (Toxicological Profile for Mercury, 1999.) Antropogeni izvori žive u većoj meri se javljaju na severnoj hemisferi u odnosu na južnu i najviši su u industrijskim područjima (Morisset i sar., 2013, Svoboda i sar., 2016, Germani i Zoller, 1988).

U Sjedinjenim Američkim Državama (SAD) je došlo do naglog pada emisije žive iz spalionica medicinskog i komunalnog otpada usled donošenja pravnih akata kojima se uređuju emisije žive iz spalionica otpada. Emisije žive u metričkim tonama po godini prema izvoru, u Sjedinjenim Američkim Državama u periodu od 1990 do 2002, prikazane su u tabeli u nastavku (Tabeli 2.3.).

**Tabela 3.** Emisije žive (metričke tone po godini) prema izvoru u SAD-u u periodu od 1990 do 2002 (Driscoll i sar., 2007)

Izvor	1990	1996	1999	2002
Kotlarnice, (ugalj)	54	46	44	45
Spalionice medicinskog otpada	46	36	3	0,3

Spalionice komunalnog otpada	52	29	5	4
Industrijski/ komercijalni/ kotlovi	13	11	11	10
Proizvodnja hlor	9	7	6	5
Električne peći	7	-	-	10
Spaljivanje opasnog otpada	6	4	6	5
Ukupno	222	168	109	103

Tokom marta, 2005. izvršeno je merenje aerozagađenja u Novim Kozarcima. Osim određivanja koncentracije aerosedimenata, merene su koncentracije i teških metala (olovo (Pb), kadmijum (Cd), cink (Zn) i živa (Hg)). Koncentracije ukupnih taložnih materija kao i koncentracija rastvorenih i nerastvorenih materija su u odnosu na „Pravilnik o graničnim vrednostima, metodama merenja imisije, kriterijumima za uspostavljanje mernih mesta i evidencije podataka“ („Službeni glasnik RS“, br.54/92, 30/99 i 19/06) bile u granicama normalnih vrednosti. Koncentracija teških metala olova, kadmijuma i cinka su takođe bile u granicama normalnih vrednosti, dok su koncentracija žive bile minimalne i iznosile 0,012 µg/m<sup>2</sup>/dan što je nešto iznad granica detekcije.

#### 2.1.6.2. *.Koncentracija žive u vodi*

Povećane koncentracije žive u površinskim vodama rezultat su atmosferskog nakupljanja elementarne žive iz prirodnih ili antropogenih izvora (Gavis i Ferguson, 1972; Bernhoft, 2012). Značajni mehanizmi migracije žive u površinske vodame su atmosferske padavine i spiranje sa zemljišta (Gabriel i sar., 2004). Takođe, u velikoj meri zagađenju površinskih voda živom doprinosi i otpad iz industrijskih procesa (iskopanje ruda, hemijska procesna industrija, industrija mastila, papira, farmaceutska, tekstilna industrija kao i

metalurgija) (Meili, 1991; Kapoor i Viraraghavan, 1995). Dokazano je da iako je živa zastupljena u podzemnim vodama, njena koncentracija u vodi za piće je značajno manja od dozvoljene koncentracije 1 µg/l (Jovanović, 2015).

U Srbiji se redovno sprovode kontrole kvaliteta i zdravstvene ispravnosti vode za piće i vode za tehnološke procese, dok se otpadne vode ispituju u manjem obimu (Mujagić, 1990). Razlog je to što samo mali broj naselja ima sisteme za obradu otpadnih voda. Procenjeno je da se prirodnim spiranjem minerala koji sadrže živu iz stena direktno oslobađa oko 800 metričkih tona žive godišnje u površinske vode (Gavis i Ferguson, 1972).

Rezultati istraživanja Evropske agencije za životnu sredinu (EEA) pokazali su alarmantnu koncentraciju žive u evropskim voda (Brunberg i Blomqvist, (2001).

Četvorogodišnjim monitoringom 170 reka u Srbiji, na oko 500 lokaliteta, dokazan je nezadovoljavajući kvalitet voda (zagađenje nutrijentima, teškim metalima, naftom ili organskim komponentama) zbog prekograničnog zagađenja vodenih tokova (Izvor: Republička direkcija za vode, raspoloživo na: <http://www.rdvode.gov.rs/lat/međunarodna-saradnja-unece.php>).

U Tabeli 2.4, prikazan je unos žive (mg) u čovekov organizam na osnovu konzumiranja vode za piće na dnevnom, mesečnom i godišnjem nivou (Rajković i sar., 2009).

**Tabela 4.** Unos žive (u mg) u čovekov organizam na bazi konzumiranja vode za piće na dnevnom, mesečnom i godišnjem nivou (Rajković i sar., 2009)

Element	lčaša vode	Dnevni unos	Mesečni unos	Godišnji unos
Živa	0,14	1,42	42,59	0,51g

Na osnovu istraživanja kamenca iz vode za piće iz vodovodne mreže grada Beograda (Rajković i sar., 2009) dokazano je prisustvo alkalnih i zemnoalkalnih metala (88,35%) i teških metala (10,71%) u vodi za piće (Rajković i sar., 2009).

Ispitivanjem teških metala u vodi reke Dunav (Milanov, 2014), koncentracija žive bila je ispod praga osetljivosti primenjenih metoda.

U cilju smanjenja zagađenja vode živom isproban je adsorbent na bazi biomase algi *Sphaeroplea* (adsorbens sa prirodnim algama (bez promene pH vrednosti) i alkalnim algama) za uklanjanje jona žive iz vodenog rastvora. Procenat uklanjanja žive opadao je sa povećanjem njegove koncentracije, zbog ograničenog broja dostupnih aktivnih mesta na površini adsorbensa za vezivanje veće koncentracije živinih jona. Istraživanje je ukazalo da procenat uklanjanja žive povećava sa smanjenjem pH. Pri pH 7 postiže se maksimalno uklanjanje 60% žive u prirodnim i 85% u alkalnim algama. Procenat uklanjanja žive raste sa povećanjem vremena kontakta i dostupnosti aktivnih mesta (Shyamala i sar., 2010).

Ispitivanjem tragova teških metala (kadmijum, hlor, bakar, cink, gvožđe, nikl, mangan, olovo i živa) u uzorcima sa područja grada Gracanice oko reke Spreče primenom atomske emisije spektroskopije, atomske spektrofotometrije i neplamene atomske fluorescencije (Mujagić, 1990), ukazano je na značajno zagađenje vodenog toka živom (0,065 ppm). Smatra se da zagađenje potiče od ulivanja otpadnih voda industrije hlora i natrijumhlorida u vodeni tok. Koncentracija žive nakon mesec dana u vodi je znatno opadala ( $4 \cdot 10^{-4}$  ppm). Predpostavlja se da su meteorološki uslovi uzrok pada koncentracije žive. Na osnovu ovih rezultata, zaključeno je da postoji povremeni problem zagađenja vodenog toka reke Spreče živom.

#### 2.1.6.3. *Koncentracija žive u zemljištu*

Izvori žive u zemljištu mogu biti prirodni, antropogeni i nastali usled ponovne emisije (Xu i sar., 2015). Živa se oslobađa u zemljište putem raznih prirodnih procesa, poput trošenja stena koje sadrže živu, geotermalne aktivnosti ili emitovanja žive tokom vulkanske erupcije (Rahman i Singh, 2019).

Procenjuje se da su emisije žive u atmosferu iz prirodnih izvora oko 80–600 t/godišnje (Mason i sar., 2012). Međutim, nakon određenog vremena živa se iz atmosphere vraća na zemljinu površinu kroz mokro i suvo taloženje. Na ovaj način, više od 90% emitovane žive završava u kopnenom ekosistemu. (Wiener i sar., 2002).

Aktuelni antropogeni izvori žive u zemljištu su brojni industrijski izvori, zanatski sektor, eksploatacija zlata, sagorevanje uglja, proizvodnja obojenog gvožđa i metala

(uključujući bakar, olovo, cink, aluminijum i veliko zlato proizvodnja), proizvodnja cementa i odlaganje otpada koji sadrži živu. Iz antropogenih izvora oslobodi se oko 1960 t Hg godišnje na globalnom nivou (Mason i sar., 2012; Xu i sar., 2015).

Treba uzeti u obzir i antropogene izvore žive, koji su posledica odlaganja čvrstog industrijskog otpada, kao i otpada iz domaćinstva (električne sijalice, termometri, baterije i fluorescentne lampe). Ovi izvori zajedno čine čak 40% emisije žive u Severnoj Americi (Atwood i Zaman, 2006; Xu i sar., 2015, Ando i Koide, 2011). Pepeo poreklom iz peći za spaljivanje otpada u gradovima, doprinosi pojavi žive u zemljištu. (Reis i sar., 2016).

U poljoprivrednim sistemima obradivo zemljište se može kontaminirati živom primenom različitih poljoprivrednih preparata (organska i neorganska đubriva, fungicidi i kreč,) pesticida i vode za navodnjavanje koji u svom sastavu sadrže živu ((Issaro i sar., 2009; Hseu et al., 2010).

U kontekstu globalnog ciklusa žive, ponovna emisija se definiše kao emisije žive koje proizilaze iz prošlih prirodnih i antropogenih depozicija. Pod povoljnim uslovima, prethodno deponovana živa iz Zemljine površine (zemljište, stene, sneg i led i površinske vode) može biti ponovo emitovana u atmosferu kroz alternativni transportni mehanizam (Esdaile i Chalker, 2018). Procene trenutnih godišnjih ponovnih emisija žive su u opsegu 4000–6300 t/godišnje (Mason i sar, 2012), a veliki deo ponovo emitovane žive se na kraju akumulira u zemljištu.

Živa iz zemljišta može biti direktno sprana u površinske vode putem atmosferskih padavina (Ruby i sar., 1999). Površinsko spiranje je važan mehanizam za transport žive iz zemljišta u površinske vode, posebno kod zemljišta sa visokim sadržajem humusa (Meili, 1991; Sekulić i sar., 2003).

Na osnovu „Izveštaja o stanju zemljišta u Republici Srbiji”, Agencije za zaštitu životne sredine (2009), sadržaj žive je samo u tri uzorka prelazio koncentraciju od 2 mg/kg, koja može izazvati štetne efekte po čoveka usled kontakta sa zemljištem. Prosečan sadržaj žive je bio 0,120 mg/kg.



Koncentracija žive u poljoprivrednom zemljištu Vojvodine (Ninkov i sar., 2017) kretala se u intervalu 0,008-0,974 mg/kg zemljišta sa prosečnom vrednosti od 0,068 mg/kg. Živa je nađena u većim koncentracijama u zemljištu aluvijalnih nanosa pored reka i u blizini većih gradova, što ukazuje na njeno antropogeno poreklo.

Određivanjem tragova nekih teških metala (Mujagić, 1990) metodama atomske emisije spektroskopije, atomske spektrofotometrije i neplamene atomske fluorescencije, od strane Prirodno-matematičkog fakulteta (PMF), Instituta za fiziku iz Novog Sada, utvrđeno je da koncentracija žive u zemljištu iznosila 0,5 ppm.

Širom sveta, naučnici su ispitivali akumulaciju žive u zemljištu. Koncentracije žive u šumskom zemljištu u Brazilu su se kretale od 0,02 do 0,15 mg/kg iz atmosferskog taloženja. Slične vrednosti žive su nađena i u šumskim zemljištima Francuske (0,33 mg/kg) i u Švajcarskoj (0,07 -0,55 mg/kg). Veće vrednosti koncentracije ukupne žive u druga dva šumska zemljišta su bile zbog povećanog sadržajem organske materije u zemljištu (Buch i sar., 2017).

Zapaženi su i mikroskopski eksperimenti (Frossard i sar., 2017) kojima su testirane različite koncentracije žive u šumskom zemljištu. Pronađene su velike koncentracije žive ( $32 \mu\text{g Hg g}^{-1}$  suvo zemljište) u šumskom zemljištu koje su dovele do promene u strukturama i sastavu bakterijskih i gljivičnih zajednica i ozbiljnom gubitku diverziteta na tom području.

Prisustvo teških metala u zemljištu istraživano je u naseljima oko Termoelektrane Tuzla (Đozić i Hodžić., 2016). Uzorci su uzeti sa dubine 0-25 cm (Tabela 2.16.). Rezultati sadržaja žive u uzorcima zemljišta su bili u dozvoljenim graničnim vrednostima propisanim za Bosnu i Hercegovinu (granična vrednost žive: peskovito zemljište 0,5 mg/kg, praškasto-ilovasto zemljište 1 mg/kg i glinovito zemljište 1,5 mg/kg).

**Tabela 5.** Rezultati sadržaja žive u uzorcima zemljišta (Đozić i Hodžić, 2016)

Oznaka uzorka	Koncentracije Hg [mg/kg]
Z-01	0,14
Z-02	0,21

Z-03	0,15
------	------

Prisustvo ukupne žive, elementarne živa, metil živa, fenil živa i gasovite elementarne žive ispitivano je 2017. godine u zemljištu na dva lokaliteta u Češkoj (Sysalova i sar., 2017). Prvo mesto uzorkovanja bilo je u blizini bivše fabrike za preradu fungicida na bazi fenil merkuri hlorida (PhHgCl) u blizini Pribrama. Iako je proizvodnja fungicida obustavljena krajem 1980. godine, visoke koncentracije žive u zemljištu su bile i dalje prisutne (koncentracija ukupne žive su dostizale vrednosti veće od 13 mg/kg). Drugo mesto uzorkovanja bilo je napušteno rudarsko područje pod imenom Jedova hora brdo u blizini Horovice (centralna Češka), gde se povremeno vadio cinobar (HgS) kao nusproizvod rude gvožđa hematita i siderita. Rudarske aktivnosti su zaustavljene 1857. godine. Međutim, na ovom lokalitetu su se još uvek nalazile veoma visoki sadržaji ukupne žive (do 144 mg/kg).

#### 2.1.6.4. *Koncentracija žive u sedimentu*

Sediment predstavlja stanište i značajan izvor nutrijenata za mnoge organizme, a dinamika sedimenta (erozija, sedimentacija i dr.) stvara povoljne uslove za raznolikost sredine (biodiverzitet). Obzirom da sedimenti imaju izraženu tendenciju vezivanja, predstavljaju rezervoar zagađujućih materija i samim tim imaju direktan negativan uticaj na faunu kao i na ljude kroz lanac ishrane, putem vode ili direktnog kontakta. (Izvor: Pokrajinski sekretarijat za urbanizam i zaštitu životne sredine, raspoloživo na: <http://www.ekourbapv.vojvodina.gov.rs/wp-content/uploads/2018/09/povrsinske-vode-i-sediment-u-zas.zonama-i-crnim-tackama-2008.pdf>).

Indirektan izvor žive u sedimentu je atmosfersko taloženje, koje može poticati iz prirodnih i antropogenih izvora (Prokop i sar., 2011). Postoji mogućnost da se živa prevede u metil oblik u sedimentu i dalje bioakumulira u lancima ishrane u vodi (Plavšić, 2009).

Teški metali koji su prisutni u vodi dovode do ugrožavanja prirodne ravnoteže. U različitim fizičko-hemijskim oblicima nisu biorazgradivi, pa se koncentrišu u sedimentima, a posebno u vodenim organizmima riba i školjki (Rezania i sar., 2015).

Monitoring hemijskog kvaliteta površinskih voda i sedimenta na teritoriji AP Vojvodine za 2008. godine realizovan je od strane Prirodno-matematičkog fakulteta u Novom Sadu. Sadržaj žive u sedimentu se kretao u širokom opsegu od oko 0,02 mg/kg pa do oko 1 mg/kg. Pimećeno je prekoračenje empirijske vrednosti uticaja (prema kanadskim preporukama) značajnije u dva kanala: Begej kod ustave Itebej i ušća Aleksandrovačkog kanala i u dubinskom sedimentu Dunav – Tisa – Dunav (DTD) kanala Vrbas-Bezdan u Vrbasu (Izvor: Pokrajinski sekretarijat za urbanizam i zaštitu životne sredine, raspoloživo na: <http://www.ekourbapv.vojvodina.gov.rs/wp-content/uploads/2018/09/povrsinske-vode-i-sediment-u-zas.zonama-i-crnim-tackama-2008.pdf>).

Hemijskom analizom sedimenta Bačkog kanala od strane Laboratorija za hemijska ispitivanja životne sredine Departmana za hemiju Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu 2015. godine, utvrđeno je prisustvo žive u sediment u koncentracijama od 0,1 mg/kg do oko 3,6 mg/kg. Sediment je u pogledu sadržaja žive klasifikovan kao nezagađen u 80% uzoraka, dok je samo u 1 uzorku sediment je označen kao zagađen. (Izvor: Javno vodoprivredno preduzeće Vode Vojvodine, raspoloživo na: [https://www.vodevojvodine.com/wp-content/uploads/Content/uploads/Reports/Izvod%20iz%20projekta\\_7228.pdf](https://www.vodevojvodine.com/wp-content/uploads/Content/uploads/Reports/Izvod%20iz%20projekta_7228.pdf))

Istraživanje o prisustvu teških metala u sedimentu sprovedena je u sedimentu reke Spreče neposredno pre ušća u jezero Modrac (S-1), ispod brane u naselju Modrac (S-2) i ispod industrijske zone u naselju Puračić (S-3) (Đozić i Hodzić, 2016). Rezultati analize uzoraka sedimenta na sadržaj žive prikazani su u tabeli 6 u nastavku.

**Tabela 6.** Rezultati analize uzoraka sedimenta na sadržaj žive (mg/kg) (Đozić i Hodzić, 2016)

Oznaka uzorka	Hg
S1	9,2
S2	n.d.
S3	9,8

Na osnovu rezultata može se zaključiti da sedimenti na mernom mestu S1 i S3 sadrže živu u koncentraciji toksičnoj po organizme u sedimentu. Visoke koncentracije žive su

posledica ispuštanja neprečišćenih komunalnih i industrijskih otpadnih voda u vodeni tok (Đozić i Hodzić, 2016).

Sadržaj metala i metaloida ispitivan je u površinskom sloju sedimenta (<63 µm) estuara reke Krke metodom masene spektrometrije visokog razdvajanja s induktivno spregnutom plazmom (HR ICP-MS). Rezultati su pokazali da sediment najvećeg dela estuara uglavnom nije zagađen teškim metalima, međutim porast koncentracija nekih teških metala (među kojima je i živa) uočljiv je u središnjem delu estuara na području grada Šibenika kao i u luci Šibenik. Koncentracije žive su se kretale od 0,1 do 1,5 mg/kg u sedimentu. Smatra se da su neprečišćene otpadne vode koje su ispuštene u reku kao i industrijske aktivnosti glavni uzročnici povećane koncentracije teških metala u ušću reke Krke (Mikac i sar., 2007).

#### *2.1.6.5. Koncentracija žive u otpadu*

Odlaganje industrijskog čvrstog otpada, kao i otpada iz domaćinstava (termometri, baterije električne sijalice) predstavljaju antropogeni izvor kontaminacije živom (Jovanović, 2015; Xu i sar., 2017).

Ambalaža se definiše kao deo svakog proizvoda koji pruža informacije o njemu, i kad se njena osnovna funkcija ne sprovodi, ona postaje otpad koji dovodi do ugrožavanja životne sredine (Pavlović i sar, 2007). Ambalaža mora biti napravljena od materijala koji ne utiče na bezbednost i zdravstvenu ispravnost upakovanog proizvoda. U Laboratoriji za fizičku hemiju Instituta za nuklearne nauke "Vinča" 2007. godine razvijene su metode za merenje i kontrolisanje teških metala (kadmijum, ukupan hrom, olovo i živa) u različitim ambalažnim materijalima. Pored toga, kontrola ambalaže (Pavlović i sar., 2007) sprovodi se na Institutu Vinča, koji je akreditovan za izdavanje sertifikata o kontrolisanju raznih vrsta ambalaže prema standardima evropske direktive za ambalažu. U većini evropskih zemalja različitim tehnološkim postupcima, pristupa se smanjenju upotrebe sirovina za proizvodnju ambalaže, jer odlaganje takvog otpada postaje svakog dana nekontrolisano (Mihaljev i sar., 2003). Posebno je važno otkrivanje sadržaja žive u svim vrstama ambalaže kao i ambalažnog materijala od stakla, aluminijumskih i drugih metalnih legura, papira, kartona, plastike drveta i plute. Obično

se za određivanje nižih koncentracija žive u ambalaznom materijalu koristi atomska apsorpciona tehnika hladnih para i granica detekcije je od 0,05 ng/ml (Thompson i sar., 1983 i Walsh, 1983).

Procenjeno je da otpad od žive u Evropskoj uniji (EU) 1995. godine iznosio 990 metričkih tona (Mukherjee et al., 2004), dok novije studije sugerisu da će oko 11 000 tona metalne žive trebati da se odloži u narednih 40 godina u Evropskoj uniji (Hagemann et al., 2014). Takođe, oko 6 000 tona tečne žive kao otpad je generisano 2017. godine povlačenjem iz proizvodnje živinih ćelija u hlor-alkalnim industrijama u EU (Izveštaj Evropske komisije, 2017.).

#### 2.1.6.6. *Koncentracija žive u hrani*

Za ljude najopasniji izvori unošenja žive putem hrane su riba i plodovi mora (Genchi i sar., 2017). Živa se vezuje za mišićno tkivo ribe i ne postoji način spremanja ribe kojim bi se odstranila ili smanjila njena koncentracija. Zbog toga je potrebno planirati količinu ribe koja se unosi u organizam na nedeljnom nivou (Driscoll i sar., 2007; Cusak i sar., 2017; Fashi i sar., 2017).

U Americi je sprovedena analiza namirnica od strane Uprave za hranu i lekove. Ispitane su 234 namirnice zastupljene u ishrani 8 različitih populacionih grupa. Živa je utvrđena u 129 uzoraka hrane odrasle populacije (77% u uzorcima plodova mora) (Driscoll i sar., 2007).

Ispitivanjem hemijskog sastava mesa ribe iz slobodnog izlova (Trbović i sar., 2011; Silvat i sar., 2017) kao i stepena kontaminacije živom, olovom i kadmijumom, živa je registrovana u bucovu (1,255 mg/kg), i nalazi se iznad MDK od 0,5 mg/kg na osnovu Pravilnika o količinama pesticida, metala i metaloida i drugih otrovnih supstancija hemioterapeutika, anabolika i drugih supstanci koje se mogu nalaziti u namirnicama (Službeni list SRJ, br.5,1992.). U svim ostalim vrstama ribe dokazane količine su se nalazile ispod MDK i to: 0,484mg/kg u štuki, 0,288mg/kg u deverici, 0,218mg/kg u mretni, 0,146 mg/kg u kečigi i 0,099 mg/kg u šaranu (Milanov, 2014).

Najveće prosečne vrednosti olova i žive utvrđene su kod soma, arsena kod tolstolobika, a kadmijuma kod šarana. Najveći prosečan sadržaj žive pronađen je u jetri soma (Milanov, 2014; Kalinska i sar., 2017).

Primenom hemijskih i mikrobioloških ispitivanja dve slatkovodne ribe (*pangasiusa* i šarana) i dve morske ribe (oslića i skuše) ustanovljeno je da je količina teških metala ispod maksimalno dozvoljenih količina (MDK). U uzorcima *pangasiusa* i oslića nije detektovan sadržaj žive. Uzorci skuše su imali najveći sadržaj žive koji je iznosio 0,162 mg/kg (Milijašević i sar., 2012; Novaković i sar., 2010).

Sprovođenje monitoring programa u naučnom radu Saičić i Janković, 2004, analizom zdravstvene ispravnosti namirnica životinjskog porekla urađenih u laboratoriji Naučnog instituta za veterinarstvo "Novi Sad", i na osnovu uvida u Pravilnik o količini pesticida, metala i metaloida i drugih otrovnih supstancija hemioterapeutika, anabolika i drugih supstanci koje se mogu nalaziti u namirnicama (Službeni list SRJ, br.5,1992.), pokazali su da je većini uzoraka izmerena količina žive bila manja od dozvoljene vrednosti 1mg/kg.

#### *2.1.6.7. Koncentracija žive u kućnoj prašini*

##### *2.1.6.7.1. Osobine kućne prašine*

Prašina je mešavina različitih materija, malih dimenzija, prečnika manjeg od 500 mikrona, u vidu sitnih čestica koje se lako podižu u vazduh i tako dopiru do inhalacionih organa ljudi (Butte i Heinzow, 2002).

Kućna prašina je heterogen asortiman čestica dobijenih iz mnoštva različitih izvora (Turner, 2011). U kućnoj prašini se mogu naći čestice respirabilnih dimenzija ( $<0,1\mu\text{m}$ ), koje obuhvataju i kosmičku prašinu i prašinu u atmosferi iz raznih izvora, kao što je zemna prašina, poreklom sa poljoprivrednih i drugih površina (sanitarnih i nesanitarnih deponija kao i industrijskih objekata), proizvodi sagorevanja (dim, čađ i dr.) i vulkanske aktivnosti (pepeo) (Ignjatović i sar., 2007).

U kućnoj prašini može se naći i do 80 različitih organskih jedinjenja kao i teški metali (kadmijum, olovo, živa itd.) čiji sadržaji variraju među različitim uzorcima (Valko i sar.,2016).

Na osnovu sadržaja kućne prašine može se uočiti kojim zagađujućim materijam su ljudi izloženi boravkom u zatvorenom prostoru. Zbog heterogenog i multikomponentnog hemijskog sastava kućna prašina je čest uzročnik alergijskih bolesti (Frew, 2011). Toksične i opasne materije prisutne u kućnoj prašini su jedan od najuticajnijih faktora koji utiču na kvalitet vazduha u zatvorenom prostoru. Živa i organska jedinjenja ugljenika su dve posebno opasne supstance koje prodiru u ljudsko telo udisanjem kućne prašine (Wiśniewska i sar., 2017).

#### *2.1.6.7.2. Živa u kućnoj prašini*

Ne samo da je živa metal za kojim ne postoji fiziološka potreba u ljudskom organizmu, već je toksična za ljude u svim oblicima. Jedinjenja žive imaju negativan uticaj na nervni i imunološki sistem (Sahakyan i sar., 2019), kao i potencijal da negativno utiču na respiratorni sistem, bubrege, kožu i oči (Bakhat i sar., 2017).

Majevski i sar. 2016 su otkrili da gasovita elementarna živa u zatvorenom okruženju ima tendenciju da se snažno adsorbuje na fine čestice što dovodi do obogaćivanja živom u unutrašnjem u odnosu na spoljašnje okruženje. Pošto je kućna prašina pogodno tle za neorganske i organske zagađujuće materije, ona služi kao koristan indikator izloženosti živom u zatvorenom prostoru (Levesque i Rasmussen, 2022).

Postoje brojni potencijalni izvori zagađenja kućne prašine živom u zatvorenom prostoru, uključujući, sistem grejanja koji se koristi u zgradama, saobraćajnice ili industrijski centri koji se nalaze u blizini objekta i duvanski dim (Moriyama i sar., 2020). Pored navedenih izvora zagađenja, na prisutnost žive u kućnoj prašini može uticati i upotreba hemijskih sredstava za čišćenje, učestalost kuvanja i vrsta hrane koja se priprema (Gyamfi i sar., 2020). Takođe, prašina koja se nalazi na podu ima drugačiji sastav u poređenju sa ostalom prašinom u zatvorenom prostoru (prašina na prozorima ili regalima) zbog učestalosti čišćenja (Wiśniewska i sar., 2017). Naučnih radova o faktorima koji utiču na prisustvo i visoke koncentracije žive u kućnoj prašini je veoma malo.

Rasmussen i sar., 2001. godine, ispitivali su sadržaj žive u prašini u domaćinstvu u odnosu na sadržaj žive u uličnoj prašini i baštenskom zemljištu u Otavi, Kanada. Uzorci su prikupljeni iz 50 kuća u 10 naselja. Rezultati su pokazali da uzorci kućne prašine sadrže znatno veće koncentracije žive (1,728 mg/kg) nego uzorci baštenskog zemljišta (0,055 mg/kg). U

uzorcima ulične prašine nađene su daleko manje koncentracije žive u odnosu na baštensko zemljište. U slučaju Otave, koja je grad sa niskom koncentracijom teške industrije, veoma je teško precizno predvideti koncentraciju zagađujućih materija u prašini u zatvorenom prostoru na osnovu podataka o spoljašnjem tlu. Zaključuje se da prašina nastala iz izvora unutar same kuće može značajno doprineti izloženosti ljudi živom.

## **2.2. Instrumentalne metode određivanja žive**

Instrumentalne metode koje se najčešće primenjuju za određivanje teških metala jesu spektrometrijske i elektroanalitičke. Spektrometrijske metode se dele na optičke (apsorpcione i emisione) i masene metode. Elektroanalitičke metode se zasnivaju na primeni fizičko-hemijskih zakona i mogu biti faradejevske i nefaradejevske metode (Babincev, 2012, Švarc-Gajić, 2006.).

Metode za određivanje žive mogu biti kombinovane tehnike poput induktivno - spregnuta plazma atomska emisiona spektrofotometrija (ICP-AES), induktivno spregnuta plazma - masena spektrometrija (ICP-MS), atomska apsorpciona spektrofotometrija uz prekoncentraciju živinih para (CV-AAS), atomska fluorescentna spektrofotometrija (AFS), gasna hromatografija spregnuta sa atomskom apsorpcionom spektrofotometrijom (GC-AAS), neutron aktivaciona analiza i elektrohemijaska stripping analiza (ESA) (Babincev, 2012, Švarc-Gajić, 2006.). U nastavku disertacije su detaljnije objašnjenje najčešće primenjivane metode za određivanje žive.

### **2.2.1. Atomska apsorpciona spektrometrija (AAS)**

Atomska apsorpciona spektrometrija predstavlja najčešće primenjivanu metodu za određivanje žive u uzorcima različite prirode. Ova metoda se bazira na apsorpciji zračenja određene talasne dužine specifične za svaku supstancu koja se određuje, odnosno merenju smanjenog intenziteta monohromatskog zračenja pri prolasku kroz atomsku paru uzorka. Atomi nekog elementa apsorbuju samo onu energiju koja im omogućava prelaz sa nižeg na više energetske stanje. Obzirom da su ovi prelazi kvantirani, apsorbovana energija je strogo selektivna i zavisi od vrste ispitivanih atoma. Na ovaj način se izbegava ometanje prisustva



drugih komponenata u uzorku i dugotrajna razdvajanja. Princip metode je sledeći: rastvor u kome se nazi određena supstanca usisavanjem se unosi u plamen. U plamenu rastvarač ispari a supstanca se atomizira, stvarajući atomsku plazmu. Plamen je istovremeno i stalni izvor energije. Jedan deo atomske plazme apsorbuje odgovarajuće iznose energije i prelazi u pobuđeno stanje. Udeo pobuđenih atoma je znatno manji od udela atoma u nepobuđenom stanju u atomskoj plazmi koji su ujedno i najznačajniji za ovu metodu. Nepobuđeni atomi apsorbuju monohromatsko zračenje određene talasne dužine, a intenzitet propuštenog zračenja je uvek manji od intenziteta upadnog zračenja. Ovo smanjenje je proporcionalno broju nepobuđenih atoma koji se nalaze u plazmi, a ovaj broj zavisi od koncentracije određene supstance u rastvoru koji se unosi u plamen. Koncentracija se određuje merenjem intenziteta propuštenog zračenja pri konstantnom intenzitetu upadnog zračenja iz izvora (Babincev, 2012.).

### **2.2.2. Atomska emisiona spektrometrija (AES)**

Atomska emisiona spektrometrija (AES) je metoda hemijske analize koji koristi intenzitet svetlosti emitovane plamenom, plazmom, električnim lukom ili varnicom na određenoj talasnoj dužini za utvrđivanje količine elementa u uzorku. Talasna dužina atomske spektralne linije daje identitet elementa dok je intenzitet emitovane svetlosti proporcionalan broju atoma elementa. Atomska emisiona spektrometrija, na osnovu tehnike detekcije, može biti sa optičkim sistemom detekcije (ICP - AES) i sa masenim sistemom detekcije (ICP - MS) (Pucarević, 2019).

### **2.2.3. Hidridna tehnika i tehnika hladnih para**

Primenom hidridne tehnike i tehnike hladnih para koncentrisanje žive se izvodi generisanjem hidrida ili redukcijom žive do elementarnog stanja. Pod strogo kontrolisanim uslovima zagrevanja uzorak se prvo suši, a zatim termički razara u kvarcnim kivetama. Kontinualno strujanje kiseonika iznosi produkte sagorevanja u komoru, gde se nastala jedinjenja halogena i azota, kao i sumpor-oksidi zadržavaju. Sva jedinjenja žive se redukuju do elementarne žive i dovode se do kertridža ispunjenog zlatom, gde se selektivno gradi amalgam. Nakon istiskivanja svih ostalih gasovitih jedinjenja i produkata raspada organskog materijala

strujom gasa, kertridž se zagreva, živa desorbuje i nakon uvođenja para žive u kivetu meri apsorbanacija na 253,6 nm.

Hidridnom tehnikom se selektivnost povećava tako što jon žive nagradi hidrid koji se raspada i oslobađa metal u osnovnom stanju u kiveti gde se meri apsorpcija. Hidridna tehnika i tehnika hladnih para omogućavaju izuzetno osetljiva određivanja žive, reda veličine nekoliko ng/dm<sup>3</sup>, međutim zahtevaju dodatnu opremu, reaktante i oprez od mogućih kontaminacija od strane reagenasa i posuđa (Švarc-Gajić, 2006.).

#### **2.2.4. Direktni analizator žive**

Za potrebe istraživanja u okviru ove doktorske disertacije za detekciju sadržaja žive u uzorcima kućne prašine i zemljišta okućnica upotrebljen je Direktni analizator žive - Direct Mercury Analyzer, Milestone INC, DMA80. Direktni analizator žive predstavlja revidiranu tehniku za analizu žive. Za razliku od drugih metoda, ova metoda ne zahteva pripremu uzorka i daje rezultate u kratkom vremenskom periodu (5 minuta). Rad direktnog analizatora žive se zasniva na principu termičke dekompozicije, amalgamacije i atomske apsorpcije. Ovim analizatorom mogu da se analiziraju i čvrsti i tečni uzorci sa jednakom preciznošću. Direktni analizator žive je u potpunosti usklađen sa US EPA 7473 metodom (Određivanje žive u čvrstim materijama i rastvorima primenom termičkog razlaganje, amalgamacije i atomske apsorpcione spektrofotometrije) i ASTM D-6722-01 metodom (Standardna metoda ispitivanja ukupne žive u uglju i ostataka sagorevanja uglja primenom analize direktnog sagorevanja) (Windmüller i sar., 2017).

### **2.3. Zakonodavstvo**

#### **2.3.1. Zakonodavstvo Evropske unije**

Zagađivanje životne sredine, dospevanjem žive i drugih opasnih materija u životnu sredinu, regulisano je direktivama i konvencijama Evropske unije, kao i drugim pravnim aktima u svetu i Republici Srbiji. Obzirom da živa predstavlja veliku opasnost po zdravlje ljudi,

u svetu se sve više vodi računa o sistemu kontrole i upravljanju toksičnim supstancama i opasnim otpadom.

Tokovi žive kontrolišu se Roterdamskom, Bazelskom i Minamata konvencijom kao i mnogobrojnim direktivama u Evropskoj uniji (Prilog 1.) u cilju sprečavanja antropogenih emisija i ispuštanje žive i živinih jedinjenja u životnu sredinu.

Roterdamska konvencija o određenim opasnim hemikalijama i pesticidima u međunarodnoj trgovini usvojena je na Diplomatskoj konferenciji u Roterdamu 10. septembra 1998. godine, a stupila je na snagu 24. februara 2004. godine. Roterdamska konvencija ima za cilj promovisanje zajedničke odgovornosti i saradnje između Ugovornih strana u međunarodnoj trgovini određenim opasnim hemikalijama i pesticidima u cilju očuvanja ljudskog zdravlja i životne sredine od potencijalnog zagađenja. Takođe, konvencijom se želi doprineti ekološki bezbednoj upotrebi hemikalija i pesticida kroz olakšanu razmenu podataka o njihovim svojstvima, utvrđivanjem nacionalnog procesa odlučivanja o njihovom uvozu i izvozu i prenošenjem tih odluka Ugovornim stranama (Zakon o potvrđivanju Roterdamske konvencije o postupku davanja saglasnosti na osnovu prethodnog obaveštenja za određene opasne hemikalije i pesticide u međunarodnoj trgovini sa izmenama i dopunama, ("Sl. glasnik RS - Međunarodni ugovori", br. 38/2009)).

Bazelska konvencija o kontroli prekograničnog kretanja i odlaganja opasnog otpada predstavlja međunarodni sporazum potpisan 1989. godine u Bazelu u cilju ograničenja kretanja opasnog otpada na međunarodnom nivou, posebno iz razvijenih u nerazvijene države. Konvencijom se teži da se zaštiti zdravlje ljudi i životne sredine od negativnih uticaja usled proizvodnje, prekograničnog prometa i zbrinjavanja opasnog otpada i drugih vrsta otpada. Konvencijom se zahteva od Potpisnica da osiguraju zbrinjavanje i odlaganje otpada na takav način da ne dođe do zagađenja životne sredine. Pored toga, potpisnice se obavezuju da svedu na najmanju moguću meru količine otpada koje se prevoze, da obrada otpada bude blizu mesta njihovog odlaganja i da se spreči i svede na najmanju meru proizvodnja otpada na mestu njihovog nastanka (Zakon o potvrđivanju Bazelske konvencije o kontroli prekograničnog kretanja opasnih otpada i njihovom odlaganju, ("Sl. list SRJ - Međunarodni ugovori", br. 2/99)).

Minamatska konvencija o živi je odobrena i potpisana u Ženevi 2013. godine i stupila je na snagu 2017. godine. Konvencijom se utvrđuje niz međunarodnih pravila za saradnju i mere za ograničavanje upotrebe žive i živinih jedinjenja. Takođe, konvencijom se ukazuje na potrebu za ulaganjem dodatnih napora kako bi se kontrolisale i smanjile antropogene emisije žive i živinih jedinjenja u životnu sredinu. Konvencija se odnosi na ceo životni vek žive i obuhvata: ograničenja međunarodne trgovine živom, mere kontrole emisije i ispuštanja žive, zabranu novih rudnika žive i zatvaranje postojećih, mere za smanjenje emisije žive iz tradicionalnog iskopavanja zlata i male eksploatacije i prerade zlata, mere za eliminisanje i smanjenje upotrebe žive u ključnim proizvodnim procesima, mere zabrane proizvodnje, uvoza ili izvoza niza proizvoda u kojima je dodata živa, mere za postepeno ukidanje upotrebe stomatološkog amalgama, mere za obezbeđivanje prihvatljivog skladištenja žive i živinih jedinjenja u pogledu očuvanja životne sredine, kao i upravljanja otpadom koji sadrži živu (Mart, 2015).

Republika Srbija je ratifikovala i sprovodi obaveze prema Bazelskoj i Roterdamskoj konvenciji. Takođe, Republika Srbija je potpisala Minamata konvenciju o živi 2014. godine i pripremila prvu sveobuhvatnu procenu stanja žive u Republici Srbiji, koja predstavlja osnov za ratifikaciju Konvencije (Mart, 2015, Program Ujedinjenih nacija za razvoj u Republici Srbiji, raspoloživo na: <https://www.rs.undp.org/>).

### **2.3.2. Zakonodavstvo Republike Srbije**

Zakonodavno-pravni okvir zaštite životne sredine ima svoje uporište u Ustavu Republike Srbije kojim se utvrđuje pravo građana na zdravu životnu sredinu, kao i dužnost građana da čuvaju i poboljšavaju životnu sredinu (Ustav Republike Srbije, Sl. glasnik RS, br. 98/2006, član 74). Zaštitu životne sredine, u okviru svojih prava i obaveza, obezbeđuju: državni organi, organi državne uprave, jedinice lokalne samouprave, pravna i fizička lica, nevladine organizacije, građani i udruženja građana.

Krovni važeći zakon kojim se regulišu hemikalije je Zakon o hemikalijama (Sl. glasnik RS, br. 36/2009, 88/2010, 92/2011, 93/2012 i 25/2015). Ovim zakonom se uređuje integrisano upravljanje hemikalijama, klasifikacija, pakovanje i obeležavanje hemikalija, ograničenja i zabrane proizvodnje, integralni registar hemikalija i registar hemikalija koje su stavljene u promet, stavljanja u promet i korišćenja hemikalija, dozvole za obavljanje delatnosti prometa i

dozvole za korišćenje naročito opasnih hemikalija, uvoz i izvoz određenih opasnih hemikalija, stavljanje u promet detergenta, sistematsko praćenje hemikalija, dostupnost podataka, nadzor i druga pitanja od značaja za upravljanje hemikalijama.

Prema Zakonu o hemikalijama, hemikalije (među kojima je i živa) koje se proizvode ili uvoze na tržište Republike Srbije upisuju se u javno dostupan registar. Integralni registar hemikalija i kao elektronsku bazu podataka vodi Ministarstvo zaštite životne sredine u cilju razmene podataka i integrisanog upravljanja hemikalijama.

Osim propisa koji se direktno odnose na upravljanje hemikalijama, zbog mogućeg uticaja žive na životnu sredinu i zdravlje ljudi značajnu ulogu imaju i propisi iz oblasti životne sredine koji se, između ostalog, odnose na sprečavanje zagađivanja prilikom distribucije, skladištenja, korišćenja i odlaganja žive. U nastavku je dat kratak opis ključnih odredbi relevantnih zakonskih propisa koje su u vezi sa adekvatnim upravljanjem živom:

Zakon o zaštiti životne sredine ("Sl. glasnik RS", br. 135/2004, 36/2009, 36/2009 - dr. zakon, 72/2009 - dr. zakon, 43/2011 - odluka US, 14/2016, 76/2018, 95/2018 - dr. zakon i 95/2018 - dr. zakon) je krovni zakon kojim se uređuje integralni sistem zaštite životne sredine kojim se obezbeđuje ostvarivanje prava čoveka na život i razvoj u zdravoj životnoj sredini i uravnotežen odnos privrednog razvoja i životne sredine u Republici Srbiji. Između ostalog, ovaj zakon propisuje i posebne mere zaštite životne sredine koje se sprovode radi sprečavanja, smanjivanja ili ublažavanja negativnih uticaja zagađujućih supstanci, među kojima je i živa, na životnu sredinu, monitoring kojim se obezbeđuje kontinualna kontrola i praćenje stanja životne sredine, kao i izveštavanje o stanju životne sredine. Takođe, radi efikasnog identifikovanja, klasifikovanja, obrade, praćenja i evidencije prirodnih vrednosti i upravljanja životnom sredinom u Republici Srbiji uspostavlja se i vodi informacioni sistem zaštite životne sredine. Informacioni sistem vodi Agencija za zaštitu životne sredine. Poseban deo Informacionog sistema predstavlja Nacionalni registar izvora zagađivanja koji predstavlja registar informacija i podataka o zagađivačima životne sredine, kao i o potencijalno opasnim hemijskim supstancama i/ili zagađujućim materijama koje se ispuštaju u vazduh, vodu, na zemljište ili se premeštaju sa mesta određenog za odlaganje i/ili tretman. Zagađivači su dužni da Agencija za zaštitu životne sredine dostavljaju podatke u cilju vođenja Nacionalni registar izvora zagađivanja.

Zakonom o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađivanja životne sredine ("Sl. glasnik RS", br. 135/2004, 25/2015 i 109/2021) se propisuju uslovi i postupak izdavanja integrisane dozvole za postrojenja i aktivnosti koja mogu imati negativne uticaje na zdravlje ljudi, životnu sredinu ili materijalna dobra, vrste aktivnosti i postrojenja, nadzor i druga pitanja od značaja za sprečavanje i kontrolu zagađivanja životne sredine. Vrste aktivnosti i postrojenja za koje se izdaje integrisana dozvola klasifikuju se prema nivou zagađivanja i riziku koji te aktivnosti mogu imati po zdravlje ljudi i životnu sredinu, među kojima su i druge tehnički srodne aktivnosti koje mogu proizvesti emisije i zagađenje životne sredine. Vlada Republike Srbije propisuje vrste aktivnosti i postrojenja za koje se izdaje dozvola a Ministarstvo zaštite životne sredine izdaje dozvole za postrojenja i aktivnosti.

Zakonom o proceni uticaja na životnu sredinu ("Sl. glasnik RS", br. 135/2004 i 36/2009) se uređuje postupak procene uticaja za projekte koji mogu imati značajne uticaje na životnu sredinu, sadržaj studije o proceni uticaja na životnu sredinu, učešće zainteresovanih organa i organizacija i javnosti, nadzor i druga pitanja od značaja za procenu uticaja na životnu sredinu. U pogledu procene uticaja na životnu sredinu utvrđene su dve liste projekata: lista za koje je obavezna procena uticaja i lista za koje se može zahtevati procena uticaja. Takođe, sprovodi se i prekogranična procedura, u cilju obaveštavanja druge države ukoliko realizacija projekta može značajnije uticati na životnu sredinu druge države.

Zakonom o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu ("Sl. glasnik RS", br. 135/2004 i 88/2010) se propisuju uslovi, način i postupak sprovođenja procene uticaja određenih planova i programa na životnu sredinu sa ciljem da se obezbedi zdrava životna sredina i unapredi održivi razvoj integrisanjem osnovnih načela zaštite životne sredine u postupak pripreme i usvajanja planova i programa. Strateška procena uticaja na životnu sredinu radi se na osnovu nivoa, vrste, ciljeva i sadržaja plana ili programa. Postupak strateške procene obuhvata pripremnu fazu (odlučivanje o izradi strateške procene, izbor nosioca izrade izveštaja o strateškoj proceni, učešće zainteresovanih organa i organizacija), izveštaj o strateškoj proceni i postupak odlučivanja (učesće zainteresovanih organa i organizacija, učesće javnosti, izveštaj o rezultatima učesća zainteresovanih organa i organizacija i javnosti, ocenu izveštaja o strateškoj proceni i saglasnost na izveštaj o strateškoj proceni).

Zakon o upravljanju otpadom ("Sl. glasnik RS", br. 36/2009, 88/2010, 14/2016 i 95/2018 - dr. zakon) daje pravnu osnovu za upravljanje otpadom u Republici Srbiji. Zakonom se uređuju sva značajna pitanja koja se odnose na oblast upravljanja otpadom, među kojima su: vrste i klasifikacija otpada, planiranje upravljanja otpadom, subjekti upravljanja otpadom, odgovornosti i obaveze u upravljanju otpadom, organizovanje upravljanja otpadom, upravljanje posebnim tokovima otpada, uslovi i postupak izdavanja dozvola, prekogranično kretanje otpada, izveštavanje o otpadu i baza podataka, finansiranje upravljanja otpadom. Prema Zakonu o upravljanju otpadom, opasan otpad se klasifikuje prema poreklu, karakteristikama i sastavu koje ga čine opasnim. Upravljanje otpadom koji sadrži živu ili njena jedinjenja predstavlja veoma važnu, završnu fazu u njenom životnom ciklusu. Vlasnik otpada, odnosno operater, dužan je da klasifikuje otpad na propisan način, u skladu sa ovim zakonom. Zakonom se, između ostalog, zabranjuje zajedničko odlaganje opasnog i neopasnog otpada, kao i odlaganje otpada na neuređenim odlagalištima otpada.

Održivost životne sredine podrazumeva da stepen zagađujućih materija, uključujući živu, koje se emituju ne prelazi kapacitete vazduha, vode i zemljišta da ih apsorbuje i preradi. U skladu sa tim, donešeni su zakonski okviri za praćenje i izveštavanje stanja vazduha, vode i zemljišta u Republici Srbiji u Zakonu o zaštiti vazduha ("Sl. glasnik RS", br. 36/2009, 10/2013 i 26/2021 - dr. zakon), Zakonu o vodama ("Sl. glasnik RS", br. 30/2010, 93/2012, 101/2016, 95/2018 i 95/2018 - dr. zakon) i Zakonu o zaštiti zemljišta ("Sl. glasnik RS", br. 112/2015) i pratećim podzakonskim aktima.

Ostali zakonski i podzakonski akti koji su u vezi sa živom i njenim prisustvom u medijumima životne sredine dati su u Prilogu 2.

Prema Uredbi o graničnim vrednostima zagađujućih, štetnih i opasnih materija u zemljištu za nepoljoprivredno zemljište ("Sl. glasnik RS" br. 30/2018 i 64/2019) maksimalna granična vrednost žive je 0,3 mg/kg. U Republici Srbiji pravnim aktima nije definisana maksimalna granična vrednosti žive u kućnoj prašini, stoga je za potrebe ove disertacije koncentracija žive u kućnoj prašini poređena sa vrednostima dobijenom pri ispitivanju žive u kućnoj prašini u glavnom gradu Kanade, Otavi (srednja vrednost žive 3,633 mg/kg, minimalna vrednost 0,012 mg/kg i maksimalna 37.099 mg/kg) (Rasmussen i sar., 2001.).

### 3. EKSPERIMENTALI DEO

Mesta eksperimentalnog istraživanja doktorske disertacije bila su: 16 lokaliteta u naseljenom mestu Šid i akreditovane laboratorije Fakulteta zaštite životne sredine, Univerziteta Educons u Novom Sadu i Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Univerziteta u Novom Sadu.

Eksperimentalni rad je obuhvatao sledeće celine:

Prikupljanje i priprema uzoraka prašine za dalje analize

Prikupljanje i priprema uzoraka zemljišta za dalje analize

Sprovođenje ankete o osnovnim podaci o načinu i uslovima stanovanja na ispitivanim lokalitetima u Šidu

Određivanja lako pristupačnog fosfora ( $P_2O_5$ )

Određivanje lako pristupačnog  $K_2O$

Određivanje pH zemljišta

Određivanje sadržaja Hg u uzorcima kućne prašine

Određivanje sadržaja Hg u uzorcima zemljišta okućnica

Hemometrijsku analizu i optimizaciju rezultata istraživanja

#### 3.1. Materijal i metode rada

##### 3.1.1. Materijal

###### 3.1.1.1. *Uzorci kućne prašine*

Uzorci kućne prašine su uzeti na 16 lokaliteta u naseljenom mestu Šid, 4 uzorka po  $m^2$  u 4 stambena objekta, četiri puta godišnje, ukupno 64 uzorka kućne prašine. Na isti način uzeti su i uzorci zemljišta, dakle 4 uzorka po  $m^2$  i u okućnici 4 stambena objekta, što je 16 uzoraka zemljišta, četiri puta godišnje. Uzeto je ukupno 64 uzorka zemljišta. Kućna prašina je uzeta iz zatvorenog stambenog prostora usisavanjem površinske prašine. Korišćen je kućni vakuum usisivač i nove, čiste, vreće za prikupljanje uzoraka prašine. Približno 100 grama kućne prašine je uzeto sa navedenih lokaliteta, određene su i koordinate mesta usisanih površina. Nakon uklanjanja većih nečistoća (ostataka lišća, grančica, ostataka drveta, dlaka, čepova za boce i opušaka cigareta) prašina je deponovana u čiste papirne vrećice koje su zatvorene, zapečaćene papirom i nakon toga ponovo zatvorene u plastičnu vrećicu, a zatim su stavljene u dvostruke polietilske vreće za čuvanje u laboratoriji.



Nakon odnošenja u laboratoriju uzorci su prosejani i sušeni na sobnoj temperaturi.

Od 64 uzoraka kućne prašine, jedan je bio neadekvatan za analizu, pa je zamenjen standardnim referentnim materijalom. Ukupno je analizirano 63 uzorka.

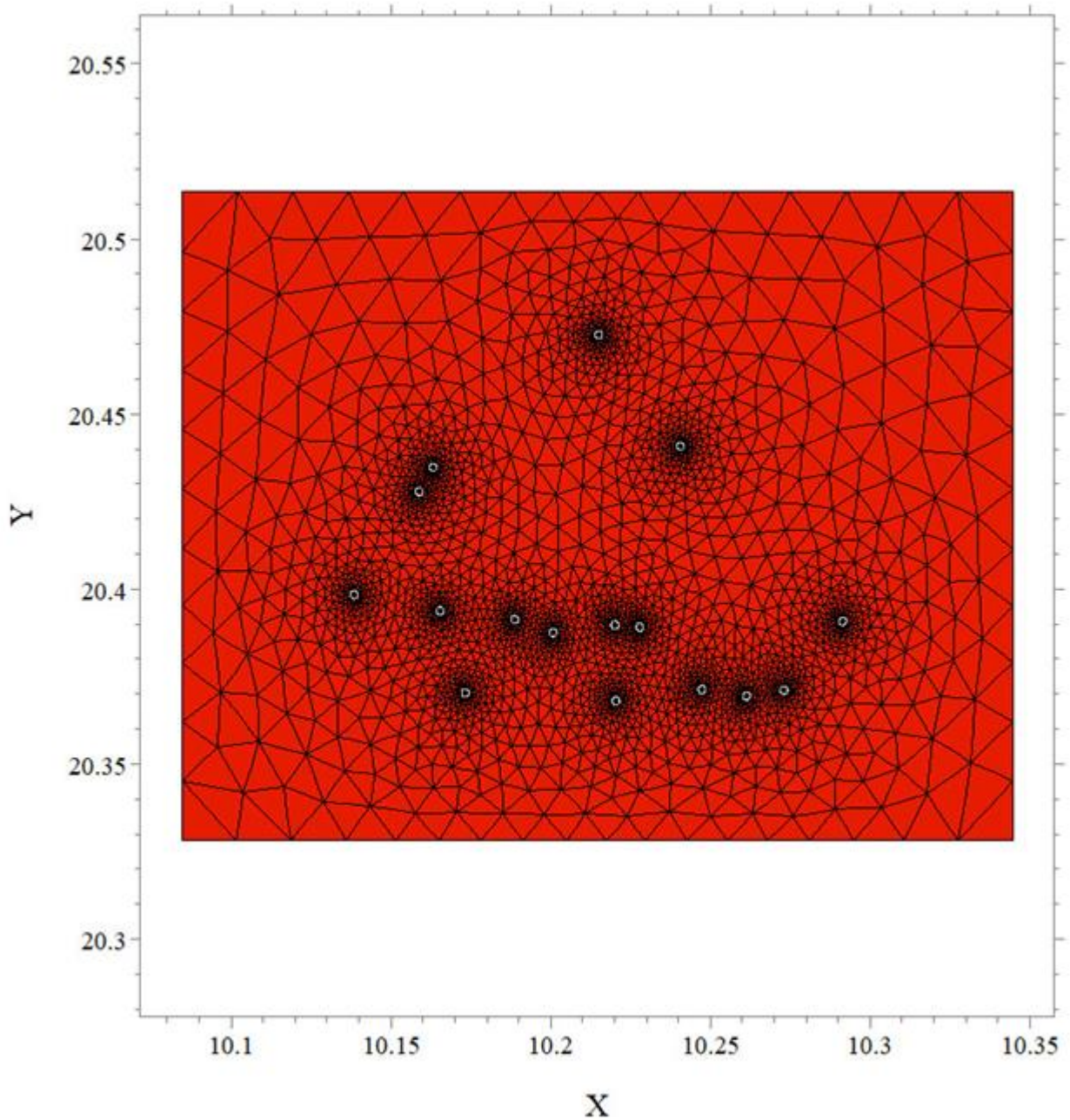
### 3.1.1.2. Uzorci zemljišta

Uzorci zemljišta su uzimani na odabranim lokacijama u dvorištima u neposrednoj blizini stambenog objekta, u jesenjem, zimskom, prolećnom i letnjem periodu. Uzorci zemljišta su uzeti ašovom (središnji deo ašova, približno 500 g.) na 15-20 cm dubine zemljišta. Uzorci su odlagani u papirnatu vrećicu, uredno obeleženi (naziv uzorka, datum uzorkovanja i coordinate). Nakon odnošenja u laboratoriju uzorci su usitnjeni u avanu, prosejani i sušeni na sobnoj temperaturi. Lokacije uzorkovanja su prikazane na slici u nastavku.



**Slika 1.** Mapa Opštine Šid sa obeleženim lokacijama uzorkovanja u Šidu

Na slici 2 prikazana je geometrijska mapa (engl. mesh) za određivanje koncentracije Hg u kućnoj prašini i zemljištu, na osnovu koje su nacrtane slike lokacijske raspodele koncentracija žive u kućnoj prašini i zemljištu okućnica primenom AutoCAD Software programa.



**Slika 2.** Geometrijska mapa (engl. mesh) za određivanje koncentracije Hg u kućnoj prašini i zemljištu

U Tabeli 7. prikazani su datumi uzimanja uzoraka zemljišta i kućne prašine kao i godišnja doba.

**Tabela 7.** Godišnja doba i datumi uzimanja uzoraka zemljišta i kućne prašine

Periodi	Datum	Datum	Datum	Datum	Datum
---------	-------	-------	-------	-------	-------

Jesen	21.09.2 16.	22.09.2016.	23.09.2016.	24.09.2016.	17.05.2017.
Zima	03.12.2016.	04.12.2016.	05.12.2016.	06.12.2016.	17.05.2017.
Proleće	04.03.2017.	05.03.2017.	07.03.2017.	08.03.2017.	17.05.2017.
Leto	13.05.2017.	14.05.2017.	15.05. 2017.	16.05.2017.	17.05.2017.

Vlasnici kuća i poslovnih objekata, koji su učestvali u uzorkovanju su popunili upitnik za sve podatke koji se odnose na anketu.

### 3.2. Anketa

Anketa je kreirana sa ciljem da se utvrde osnovni podaci o načinu i uslovima stanovanja. Istraživanje putem ankete je sprovedeno na mestima uzimanja uzoraka zemljišta iz okućnice i kućne prašine u Šidu. Vlasnici stambenih kuća i poslovnih objekata, koji učestvuju u uzorkovanju su popunili upitnik i odgovorili na sledeća pitanja: ime i prezime i adresa stanovanja vlasnika, način grejanja, ložišta u kući i van nje, broj stanara (odrasli i deca), godina izgradnje kuće, površina objekta (m<sup>2</sup>), materijal od kojeg je objekat izgrađen, GPS koordinate, blizina industrijske zone, električni uređaji (mikrotalasna pećnica, računar, štampač), osvetljenje i broj kućnih ljubimaca, i navike pušača. Izgled ankete je prikazan u tabeli u nastavku.

**Tabela 8.** Anketna pitanja

Ime i prezime, adresa stanovanja vlasnika	Broj stanara (odrasli i deca)
GPS koordinate	Blizina industrijske zone
Godina izgradnje kuće	Površina objekta (m <sup>2</sup> )
Materijal od kojeg je objekat izgrađen	Način grejanja
Broj ložišta	Ložišta u kući, van nje
Električni uređaji (mikrotalasna pećnica, računar, štampač)	Osvetljenje
Broj kućnih ljubimaca	Navike pušača

Izgled ankete sa datumima uzorkovanja, prikazan je u prilogima 3 i 4.

### 3.3. Laboratorijske metode

Korišćena oprema:

- Tehnička vaga: Proizvođač RADWAG, Model PS2100R2.
- Mućkalica: Proizvođač "TALBOYS", Model Incubating Rocker,
- Termostat: Proizvođač Thermo Scientific, Model StabiliTherm,
- Spektrofotometar: Proizvođač: „Nicolet evolution 100“,
- Centrifuga: Proizvođač:Hettich Ze<sup>o</sup> trifugen, Model: Rotofix 32A
- Atomski apsorpcioni spektrofotometar: Model: Spectr. AA-600 sa grafitnom tehnikom GTA 100, Proizvođač: VARIAN.
- Analizator žive, Proizvođač: Direct Mercury Analyzer, DMA 80, Model: Milestone
- Mlin za mlevenje uzoraka zemljišta: Proizvođač: RETSch®, Model: ZM 200
- Aparat Mikrotalasna digestija (za pripremu uzoraka za analizu teških metala), Proizvođač: BERGHOF; Model:Speed Wave<sup>TM</sup>MWS - 3<sup>+</sup>.

Za realizaciju eksperimentalnog dela disertacije korišćene su sledeće metode laboratorijske analize:

Za analizu ukupnog sadržaja žive korišćen je Direktni analizator žive (Direct mercury analyzer DMA 80 Milestone). Za određivanje sadržaja žive mereno je 20 mg zemljišta ili kućne prašine. Rezultat je verifikovan standardnim nereferentnim materijalom BCR 142R sa poznatim sadržajem žive.

Za analizu n „pseudo-ukupnog“ sadržaja elemenata As, B, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn nakon mokre digestije zemljišta i kućne prašine u koncentrovanim HNO<sub>3</sub> i H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> korišćen je ICP-OES (Vista Pro-Akial, Varian) u skladu sa USEPA metodom 200.7: 200.

#### 3.3.1. Postupak određivanja lako pristupačnog fosfora (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

Za određivanje sadržaja lako pristupačnog fosfora u zemljištu primenjena je metoda ekstrakcije sa amonijum-laktatnim (AL) rastvorom uz razvijanje boje i spektrofotometrijsko određivanje intenziteta plave boje (Manojlović i Čabilovski, 2019). Postupak: odmereno je 1,25g suvog zemljišta, koje je prosejano kroz sito od 2 mm i stavljeno u kivetu od 50ml. Uzorak je preliven sa 25 ml radnog AL- rastvora, boce su dobro zatvorene i stavljene u rotacionu mućkalicu. Mućkanje je trajalo 2 časa, na temperaturi 20±2°C, pri 35-40 σ. min<sup>-1</sup>. Nakon

prosejavanja uzoraka zemljišta, dodavanja AL-rastvora, mućkanja, izvedeno je filtriranje, filtrati su prikupljeni u čašam. Prve su porcije bačene i uhvaćen je samo bistar rastvor. Potom su u odmerene balone uz mućkanje, dodati sledeći reagensi: 2,25ml 8 NH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 2,5 ml 1,44% molibdena (Mo), plus 0,5 ml 2,5% rastvora askorbinske kiseline (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>). U sve balone dodata je destilovana voda do oko 5ml. Ovako pripremljeni baloni sa uzorcima stavljeni su u sušnicu i zagrejani na 95°C u trajanju od 1 časa. Baloni su posle toga ohlađeni i dodata je voda, a sadržaj je homogenizovan snažnim mućkanjem. Pri merenju na kolorimetru upotrebljen je crveni filter, a na spektrofotometru primenjena je talasna dužina od 830 nm. Intezitet plave boje rastvora je u pozitivnoj korelaciji sa sadržajem fosfora u ekstraktu. Za izračunavanje sadržaja fosfora u ispitivanim uzorcima zemljišta, na osnovu vrednosti ekstinkcija serije standarda, konstruisana je kalibraciona kriva.

### **3.3.2. Određivanje lako pristupačnog K<sub>2</sub>O**

Sadržaj lako pristupačnog K<sub>2</sub>O je određen primenom plamene fotometrije (Evans plameni fotometar). Postupak: za baždarenje aparata korišćena je slepa proba, pri čemu je kazaljka podešena na nulti podeok, a sa standardom od 40 mg K<sub>2</sub>O dovedena na podeok 100. Ova procedura je ponovljena više puta. Prvo je očitana serija standardnih rastvora, koji su pripremljeni na način opisan (kao pri određivanju fosfora). Potom je očitana serija ekstrakata ispitivanih zemljišta (Manojlović i Čabilovski, 2019).

### **3.3.3. Određivanje pH zemljišta pomoću pH-metra**

Određivanje aktivne i supstitucione kiselosti (pH) zemljišta izvedeno je pomoću pH - metra (PHS100). Postupak za merenje pH u H<sub>2</sub>O: odmereno je na tehničkoj vagi 10 g vazdušno suvog zemljišta, preneseno u čaše zapremine oko 100 ml i doliveno je 25 ml destilovane vode. Uzorak je homogenizovan pomoću staklenog štapića u trajanju 5 minuta i određena je vrednost pH pomoću pH-metra.

Postupak za merenje pH u nKCl: odmereno je, na tehničkoj vagi 10 g vazdušno suve zemlje, preneseno u čašu zapremine oko 100 ml i doliveno 25 ml 1 n rastvora KCl (pH rastvora:

5,5 - 6,0). Sadržaj u čaši je dobro promešan staklenim štapićem i ostavljen da odstoji 10-30 minuta i nakon toga je izmerena pH vrednosti pomoću pH-metra.

Rezultati su poređeni sa opsezima datim u Američkoj klasifikaciji zemljišta prema vrednostima pH u vodi (Tabela 9).

**Tabela 9.** Američka klasifikacija zemljišta prema hemijskoj reakciji (vrednostima pH)

Oznaka hemijske reakcije zemljišta	Vrednosti pH u suspenziji zemljišta sa H <sub>2</sub> O
1. ekstremno kisela	<4,5
2. veoma kisela	4,5 - 5,0
3. jako kisela	5,1 -5,5
4. srednje(umereno) kisela	5,6 -6,0
5. slabo kisela	6,1 -6,5
6. neutralna	6,6 -7,3
7. slabo alkalna	7,4 -7,8
8. srednje (umereno)alkalna	7,9 -8,4
9. jako alkalna	8,5 -9,0
10. veoma alkalna	>9,1

Rezultati analize aktivne kiselosti zemljišta u KCl su poređeni sa klasifikacijom zemljišta po Thun-u. (Tabela 10)

Rezultati sadržaja K<sub>2</sub>O mg/100g su poređeni sa literaturom, Manojlović i sar. (1995) (Tabela 10).

**Tabela 10.** Ocena nivoa sadržaja u zemljištu K<sub>2</sub>O mg/100g Manojlović i sar. (1995)

< 5	vrlo nizak	meliorativni
5 – 10	nizak	siromašno
10 – 15	srednji	srednje obezbeđeno
15 – 25	optimalan	dobro obezbeđeno
25 – 40	visok	preterano obezbeđeno
40 – 50	vrlo visok	ekstremno obezbeđeno

>50	štetan	
-----	--------	--

### 3.3.4. Postupak određivanja teških metala, žive u zemljištu i prašini

Odmereno je 0,4 g uzorka prašine i dodato je u svaki uzorak 7 ml azotne kiseline ( $\text{HNO}_3$ ) i 2 ml vodonik peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Ostavljeno je da odstoji 20 min kako bi reagovalo. Posle 20 min, zatvorene su kivete sa teflonskim čepom, nakon toga je stavljen sivi aluminijumski poklopac, pa veliki beli teflonski čep. Kivete su postavljene u aparat mikrotalasna digestija na predviđene pozicije. Posle sat vremena, sadržaj je sipan u centrifugalne kivete od 50 ml, dopunjen do 25 ml ultra pure vodom i centrifugirano je 5 min na 4000 obrtaja. Sadržaj je filtriran kroz filter papir u centralne kivete od 15 ml.

Odmereno je 1,0 g fino samlevenog vazdušnog suvog zemljišta u balon od 50 ml i dodato je 10 ml  $\text{HNO}_3$ . Ostavljeno je da odstoji zatvoreno 12-16 sati preko noći. Nakon toga, dodato je 1,5 ml  $\text{H}_2\text{O}_2$ , i stavljeno u vazdušni kondezator i smeša je zagrejana do ključanja. Nakon ključanja smeše, 30 min balon je skinut sa rešoa prohladen i dodato je još 1,5 ml  $\text{H}_2\text{O}_2$ , vraćeno je na rešo kako bi ključalo još 20 min. Balon je skinut sa rešoa i ostavljen da se prohladi. Kondezator je ispran sa vodom.

Sadržaj balona je prenet u kivetu od 50 ml i stavljeno je na centrifugiranje. Za drugo prebacivanje, korišćena je pipeta od 10 ml i prebačeno je u kivetu od 14 ml. Uzorci su dalje analizirani na Institut za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu. Za analizu ukupnog sadržaja žive korišćen je Direct Mercury Analyzer DMA 80 Milestone, koji kombinuje tehnike termičke dekompozicije, katalitičke konverzije, amalgamacije i atomske apsorpcione spektrofotometrije ( $\lambda=253,65 \text{ nm}$ ) u čvrstim uzorcima. Rezultat je verifikovan standardnim nereferentnim materijalom BCR 142R sa poznatim sadržajem žive. Tačnost metode je bila u intervalu 92,84–109,70%.

### 3.4. Hemometrijske metode

Naučna oblast hemometrija obuhvata višeparametarsku statističku analizu, matematičko modelovanje, informatičke metode i analitičku hemiju. U okviru hemometrije primenjuju se matematičke, informatičke i statističke metode, postiže se efektivno i jednostavno ispitivanje fizičko-hemijskih osobina, predviđanje ponašanja ili klasifikovanje jedinjenja, na osnovu njihove molekulske strukture (Lončar, 2015).

Za uspostavljanje validnih matematičkih relacija potrebno je informacije prevesti u numeričke i logičke vrednosti, pa na osnovu skupa ulaznih podataka, dobijenih eksperimentalnim putem, modelovati matematički obrazac (Šarić, 2016).

Najvažnije sfere primene hemometrije uključuju (Gad i sar., 2013):

1. Kalibraciju, validaciju i test značajnosti,
2. Optimizaciju hemijskih merenja i eksperimentalnih postupaka,
3. Pronalaženje maksimalne hemijske informacije na osnovu analitičkih podataka.

Pri analizi rezultata sadržaja Hg u kućnoj prašini i zemljištu okućnica primenjene su sledeće hemometrijske metode: deskriptivna statistika (Filipović i sar. 2022), korelaciona analiza -Colour correlation analysis (Aćimović i sar., 2021), analiza glavnih komponenta-Principal Component Analysis (PCA) (Cvetković i sar., 2021), klaster analiza -Cluster analysis (Šuput i sar., 2016), slobodno granajući dendrogram klaster- Unrooted cluster tree (Huson i Rupp, 2008), veštačke neuronske mreže- Artificial Neural Network (ANN) (Rajković i sar., 2021), analiza osetljivosti-Sensitivity analysis (Voća i sar., 2021) i metoda standardne ocene-Standard Score (SS) (Filipović i sar., 2022a)

### **3.4.1. Deskriptivna statistika**

Deskriptivna statistika je upotrebljena za kvantitativno opisivanje proučavanih uzoraka prašine i zemljišta, kako bi se opisali podaci i sagledali njihovi međusobni odnosi. Rezultati su prikazani u obliku: srednja vrednost i standardna devijacija, na osnovu četiri merenja za svaki uzorak.



Deskriptivna statistika služi za opisivanje, sažimanje i validaciju dobijenih podataka. Na osnovu deskriptivne statistike zaključuje se da li su podaci pogodni za primenu neke statističke metode.

Kruskal-Wallis H test predstavlja neparametarsku alternativu jednofaktorskoj analizi varijante različitih grupa. Služi za poređenje rezultata neke neprekidne promenljive za tri ili više grupa (Elliott i Hynan, 2011). Ova analiza primenjena je za utvrđivanje razlika između grupa podataka.

Rezultati ove disertacije su statistički obrađeni i značajne razlike u izmerenim parametrima utvrđene su Fisher LSD testom ( $p \leq 0,05$ ).

Za obradu podataka korišćen je program SPSS for Windows 20, koji radi pod Microsoft Windows okruženjem. Rezultati su prikazani tabelarno i grafički.

### 3.4.2. **Korelaciona analiza (Colour correlation analysis)**

Pored deskriptivne statistike, za utvrđivanje odnosa između promenljivih primenjena je korelacija. Korelacija opisuje jačinu i smer linearne veze između promenljivih. Koeficijent korelacije može imati vrednost od -1 do +1. Predznak pokazuje da li je korelacija pozitivna (obe promenljive zajedno i opadaju i rastu) ili negativna (jedna promenljiva opada kada druga raste i obrnuto). Apsolutna vrednost koeficijenta pokazuje jačinu veze; ako iznosi -1 ili +1 to znači da se vrednost jedne promenljive može tačno utvrditi, kada znamo vrednost druge, a ako iznosi 0 znači da između dve promenljive ne postoji nikakva veza (Arsenović, 2013).

Koeficijent proste linearne korelacije ili Pearson-ov koeficijent se izračunava kao količnik između kovarijanse i proizvoda standardnih devijacija proučavanih promenljivih preko jednačine (Arsenović, 2013):

$$r = \frac{\sum xy}{N \cdot S_x S_y} \quad [3.1]$$

$x$  i  $z$  -odstupanja rezultata od aritmetičkih sredina promenljivih,  $N$ -broj uzoraka,  $S_x$ -greška aritmetičke sredine za promenljivu  $x$ ,  $S_y$ -greška aritmetičke sredine za promenljivu  $y$

Pearson-ov koeficijent korelacije daje informacije o vezi između promenljivih (slaba, umerena, jaka ili veoma jaka). Na osnovu koeficijent determinacije,  $r^2$  saznaje se koliko je

zavisna promenljiva podstaknuta vrednostima nezavisno promenljive, a u kojoj meri ostalim faktorima (Delicado i Smrekar, 2009).

Jačina korelacije između pojedinih parametra procenjena je primenom Guilford, 1978. smernice za interpretaciju visine koeficijenta korelacije, Tabela 11.

**Tabela 11.** Smernice za interpretaciju visine koeficijenta korelacije

Interpretacija korelacije	Vrednost koeficijenta korelacije		
	(Guilford, 1978)	(Evans, 1996)	(Hinkle, Wiersma i Jurs, 2003)
veoma slaba	0,00–0,20	0,00–0,20	0,00–0,30
slaba	0,21–0,40	0,21–0,40	0,31–0,50
umerena	0,41–0,70	0,41–0,60	0,51–0,70
jaka	0,71–0,90	0,61–0,80	0,71–0,90
veoma jaka	0,91–1,00	0,81–1,00	0,91–1,00

Korelacioni dijagram boja za srednje vrednosti sadržaja Hg i u kućnoj prašini i zemljištu okućnica nacrtan je primenom R softvera v.4.0.3 (64-bitna verzija). Korišćena je instrukcija corplot, sa metodom „krug“, kao grafički alat za predstavljanje korelacije između posmatranih uzoraka.

### 3.4.3. Analiza glavnih komponenti – PCA (principal components analysis)

Analiza glavnih komponenti (PCA) je najprimenjenija višeparameterska matematička metoda za analizu podataka, u kojoj se formiraju linearni višeparameterski modeli na osnovu složene grupe podataka (da Silva i sar., 2019; Aćimović i sar., 2022). Linearni višeparameterski PCA modeli formiraju se primenom ortogonalnih baznih vektora, koji se označavaju kao glavne komponente (Gemperline, 2006).

PCA je zasnovana na redukciji podataka usled korelacija i određivanju faktorskih koordinata, i pruža informacije o komponentama sa sličnim načinom delovanja (Granato i sar., 2018).

PCA omogućava značajnu redukciju broja promenljivih, grupisanje podataka, kao i pronalaženje nekih strukturnih zavisnosti, koje postoje između eksperimentalnih merenih veličina i različitih uzoraka, što daje značajne informacije iz skupa podataka o sličnosti i razlikama između uzoraka (Cumming i Wooff, 2007).

Kod PCA proračuna neophodno je transformisati podatke svih merenja u standardne ocene, tj. bezdimenzionalne vrednosti, koje se računaju iz srednje eksperimentalne vrednosti, određene veličine za dati uzorak, podeljene sa standardnom devijacijom grupe uzoraka, prema jednačini (Bouwman i Zahzah, 2014):

$$\text{Standardna ocena} = (x - \mu)/\sigma \quad (2) \quad [3.2]$$

pri čemu je  $x$  mereni podatak,  $\mu$  srednja vrednost grupe podataka, i  $\sigma$  standardna devijacija.

Rezultati PCA analize se obično tumače na osnovu doprinosa promenljivih u komponentama, na taj način se ukazuje na međusobni odnos podataka i na njihovu varijansu (Daffertshofer i sar., 2004).

#### **3.4.4. Klaster analiza (Cluster analysis)**

Klaster analiza se primenjuje da bi se organizovali slični uzorci u isti klaster na osnovu promenljivih koje opisuju analizirane uzorke. Podaci su normalizovani primenom tehnike z-score. Za grupisanje primenjena je metoda maksimalnog rastojanja (engl. Complete linkage), a razlike između uzoraka predstavljene su kao vrednost Manhattan distance (Lužaić, 2021).

Analiza glavnih komponenti i klaster analiza su urađene primenom StatSoft Statistica 10 programa.

#### **3.4.5. Slobodno granajući dendogram klaster- Unrooted cluster tree**

Slobodno granajući dendogram klasteri se primenjuju kako bi se grafički opisali odnosi između posmatranih uzoraka (Corter, 1996). Unrooted cluster tree nacrtan je primenom R softvera v.4.0.3 (64-bitna verzija).

### 3.4.6. Veštačke neuronske mreže-ANN modeli (Artificial Neural network)

Kompleksne neuronske mreže su sistemi za računanje, koji se sastoje od mnogo jednostavnih elemenata (neurona) pomoću kojih se istovremeno obrađuju podaci. Veštačke mreže “uče” na osnovu grupe podataka, kreiranjem algoritma metodom proba-greška, uz podešavanje težinskih koeficijenata između neurona.

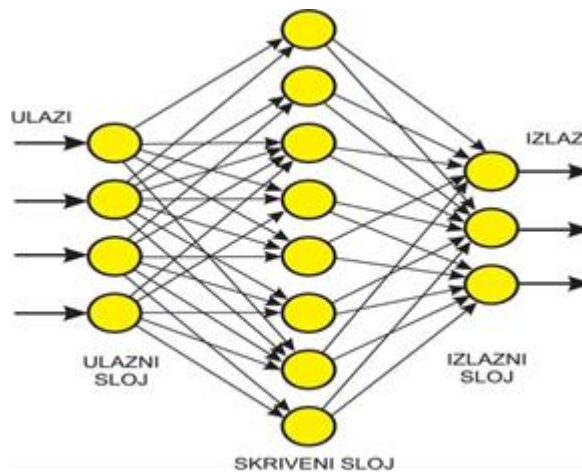
Zbog zahteva algoritma koji se koristi u proračunu ANN, ulazni i izlazni podaci se uobičajeno normalizuju pomoću jednačine [3.3] u kojoj je  $q_i$  i-ti član izmerena vrednost sadržaja Hg u kućnoj prašini i zemljištu okućnica:

$$q_{i\text{ norm.}} = \frac{q_i - \min(q_i)}{\max(q_i) - \min(q_i)}$$

[3.3]

Vrednosti normalizovanih promenljivih kreću se između 0 i 1, i nemaju fizičko značenje. Cilj ovih transformacija je promena raspodele ulaznih promenljivih, da bi se ubrzala faza učenja mreže (Lončar, 2015).

Neuroni u mreži su organizovani u dva ili više slojeva, razlikuju se: prvi sloj -ulazni, poslednji sloj- izlazni i unutrašnji-skriveni sloj (Slika 3.).



**Slika 3.** Šematski prikaz neuronske mreže sa tri sloja (Petrović, 2011)

U okviru ove doktorske disertacije primenjeni su višeslojni perceptron modeli (Multi-Layer Perceptron - MLP), koji se sastoje od ukupno tri sloja (ulaznog, skrivenog i izlaznog), a predstavljaju najuobičajeniju i najfleksibilniju mrežu. U ovim modelima, informacija se prenosi između slojeva pomoću prenosnih aktivacionih funkcija, koje su uglavnom linearne za ulazne i izlazne slojeve, dok su nelinearne u skrivenom sloju.

Najčešće nelinearne aktivacione funkcije, koje se koriste pri ANN modelovanju u StatSoft Statistica program su: logaritamske, sigmoidalne, hiperboličke i tangentne funkcije (takođe i eksponencijalne, sinusne, softmax, Gausove). Uglavnom, hiperboličke tangentne funkcije se ponašaju bolje od ostalih aktivacionih funkcija (Taylor, 2006). Za ANN model iz ove disertacije za predviđanje sadržaja Hg u kućnoj prašini i zemljištu okućnica, kao aktivacione funkcije skrivenog i izlaznog sloja dobijene su upravo hiperboličke tangentne funkcije.

Da bi se procenio broj potrebnih neurona primenjuje se jednačina [3.4] gde  $x$  i  $y$  predstavljaju broj ulaznih i izlaznih neurona,  $n$  je broj neurona u skrivenom sloju, a  $m$  broj težinskih koeficijenata tj. veza između slojeva u neuronskoj mreži (Thawornwong i Enke, 2004):

$$m = n \cdot (x + 1) + y \cdot (n + 1) \quad [3.4]$$

m je broje uzoraka korišćenih za učenje mreže podeljenim sa 10. Preporuke su da broj skrivenih neurona bude između broja ulaza i izlaza, ili 2/3 veličine ulaznog sloja plus veličina izlaznog sloja, ili manje od duplog broja ulaznih podataka (Alvisi i sar., 2006). Određivanje adekvatnog broja skrivenih slojeva i neurona je jedan od najznačajnijih zadataka pri kreiranju modela neuronskih mreža. Broj skrivenih neurona zavisi od kompleksnosti veza između ulaza i izlaza (Taylor, 2006).

Dobijeni ANN model se može implementirati korišćenjem algebarskog sistema jednačina radi predviđanja vrednosti sadržaja Hg u kućnoj prašini i zemljištu okućnica, zamenom odgovarajućih težinskih koeficijenata i koeficijenata u matricama u jednačini [3.5].

Težinski koeficijenti u vezi su sa skrivenim slojem, kao i računskim greškama, a grupisani su u matricama  $W_1$  i  $B_1$ . Dok su koeficijenti koji se odnose na izlazni sloj su grupisani u matricama  $W_2$  i  $B_2$ . Ako je  $Y$  matriks izlaznih promenljivih,  $f_1$  i  $f_2$  prenosne funkcije u skrivenom i izlaznom sloju respektivno, a  $X$  matriks ulaznih promenljivih, ANN se može predstaviti na sledeći način (Pezo i sar., 2014):

$$Y = f_1(W_2 \cdot f_2(W_1 \cdot X + B_1) + B_2)$$

[3.5]

Težinski koeficijenti prenosnih funkcija neurona u matricama  $W_1$  i  $W_2$  se računaju u fazi učenja mreže primenom optimizacije kako bi se smanjile greške između izlaza dobijenih mrežom i eksperimentalnih podataka, a greške se računaju pomoću SOS i BFGS-Broyden–Fletcher–Goldfarb–Shanno algoritma (Kollo i Von Rosen, 2005).

Usled nedostataka ANN modela da daje informacije na koji način su dobijeni izlazi u modelu, a ni kako ulazi utiču na izlaze, potrebno je primeniti analizu kojom bi se dokazala validnost modela (Lončar, 2015; Blagojev, 2019).

Dobijeni ANN model testiran je analizom osetljivosti da bi se utvrdilo da li će i pod kojim uslovima doći do grešaka u predviđanju izlaznih promenljivih, kao i da bi se utvrdio uticaj ulaznih promenljivih na posmatrane izlaze.

### 3.4.7. Analiza osetljivosti (Global sensitivity analysis)

Analizom osetljivosti se stiče uvid o uticaju datih ulaznih promenljivih, nedostataka dobijenog modela i generalne efikasnosti veštačke neuronske mreže (Taylor, 2006). Ova metoda daje informaciju koliko je dobijeni model „osetljiv“ na promene vrednosti parametara i strukture modela. Analiza osetljivosti je praktična i uspešna u analizi ponašanja sistema, iz tog razloga ima veliku primenu u nauci i inženjerstvu (Lončar, 2015).

Relativni uticaj ulaznih promenljivih na izlazne promenljive određen je primenjenom Yoon-ove metode, analizom osetljivosti, na osnovu težinskih koeficijenata iz predloženog ANN modela (Yoon i sar., 2009):

$$RI_{ij}(\%) = \frac{\sum_{k=0}^n (w_{ik} \cdot w_{kj})}{\sum_{i=0}^m \left| \sum_{k=0}^n (w_{ik} \cdot w_{kj}) \right|} \cdot 100\% \quad [3.6]$$

Gde su:  $w$  – težinski koeficijenti iz ANN modela,  $i$  – ulazne promenljive,  $j$  – izlazne promenljive,  $k$  – skriveni neuroni,  $n$  – broj skrivenih neurona,  $m$  – broj ulaznih promenljivih.

Veštačke neuronske mreže i analiza osetljivosti urađene primenom StatSoft Statistica 10 programa, a rezultati su prikazani tabelarno i grafički.

### 3.4.8. Metoda standardne ocene-određivanje normalizovanih standardnih ocena (SS)

Za optimizaciju uzoraka kućne prašine i zemljišta okućnica u kojima je određivan sadržaj žive, primenjena je metoda standardne ocene. Ova metoda se zasniva na min-max normalizaciji i je jedna od najčešće primenjivanih tehnika za poređenje različitih kompleksnih uzoraka, pri čemu se uzorci rangiraju na osnovu odnosa merenih i ekstremnih vrednosti određene merene veličine. Pošto su jedinice i rasponi merenih vrednosti za određene merene veličine često različite, podaci u svakoj grupi merenih veličina treba da se normalizuju primenom sledećih jednačina (Prior i sar. 2005; Brlek i sar. 2013):

$$\bar{x}_i = 1 - \frac{\max_i x_i - x_i}{\max_i x_i - \min_i x_i}, \quad \forall i, \quad \text{u slučaju kriterijuma "što veće to bolje"}, \quad [3.7]$$

$$\bar{x}_i = \frac{\max_i x_i - x_i}{\max_i x_i - \min_i x_i}, \quad \forall i, \quad \text{u slučaju kriterijuma "što manja to bolje"}, \quad [3.8]$$

pri čemu  $x_i$  predstavlja merenu vrednost za određenu metodu.

Normalizovana ocena (eng. score) većine fizičkih, hemijskih i senzorskih osobina se određuje korišćenjem gore napisanih jednačina, osim nekoliko parametara, koji se računaju na osnovu optimalnih vrednosti, primenom trapezoidne funkcije:

$$\bar{x}_i = \begin{cases} \min_i x_i \leq x_i < m, & \frac{x_i - \min_i x_i}{m - \min_i x_i} \\ m \leq x_i < n, & 1 \\ n \leq x_i < \max_i x_i, & 1 - \frac{x_i - n}{\max_i x_i - n} \end{cases}, \quad \forall i, \quad \text{za optimalne kriterijume}, \quad [3.9]$$

gde:  $m$  i  $n$  su minimum i maksimum optimalne vrednosti za koncentraciju žive u kućnoj prašini i zemljištu okućnica.



## 4. REZULTATI I DISKUSIJA

### 4.1. Sadržaj žive u kućnoj prašini i zemljištu okućnica

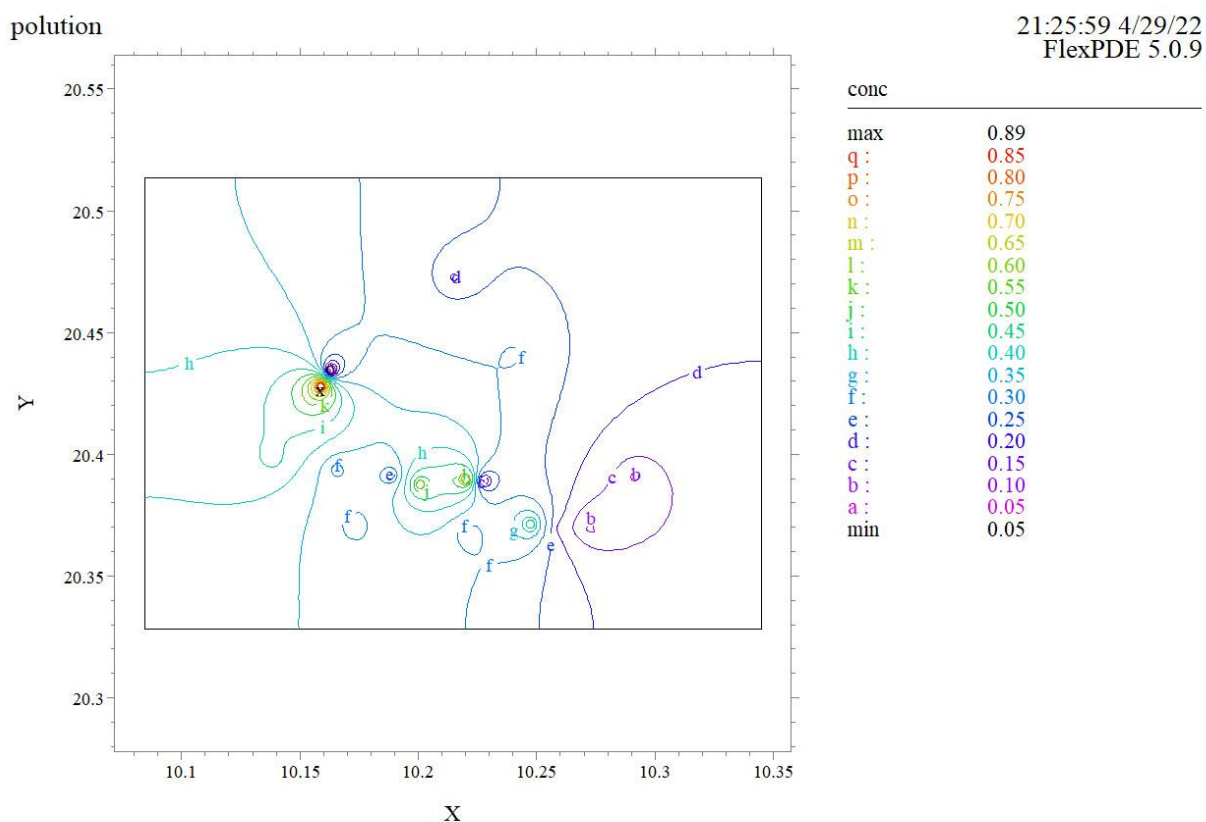
Živa kao sastavni deo kućne prašine predstavlja rizik po ljudsko zdravlje (Sun i sar., 2013). Živa je jedini metal koji lako menja agregatna stanja, što joj omogućava da široko migrira kroz životnu sredinu i gradi organska i neorganska jedinjenja, koja poseduju i različitu toksičnost (Wu i sar., 2016). Rezultati analize koncentracije žive u kućnoj prašini (mg/kg) uzetih četiri puta godišnje sa 16 lokaliteta, u naseljenom mestu Šid, prikazani su u tabeli u nastavku. Uzorci su označeni na osnovu priloga 3 i 4.

**Tabela 12.** Koncentracija žive u kućnoj prašini, mg/kg

r.b.	mg/kg	r.b.	mg/kg	r.b.	mg/kg	r.b.	mg/kg
<b>39/p1</b>	0.122	<b>39/p17</b>	0.222	<b>39/p33</b>	0.957	<b>39/p49</b>	0.066
<b>39/p2</b>	0.116	<b>39/p18</b>	0.132	<b>39/p34</b>	0.346	<b>39/p50</b>	0.071
<b>39/p3</b>	0.046	<b>39/p19</b>	0.020	<b>39/p35</b>	0.465	<b>39/p51</b>	0.176
<b>39/p4</b>	0.887	<b>39/p20</b>	0.042	<b>39/p36</b>	/	<b>39/p52</b>	0.212
<b>39/p5</b>	0.063	<b>39/p21</b>	0.797	<b>39/p37</b>	0.245	<b>39/p53</b>	0.032
<b>39/p6</b>	0.128	<b>39/p22</b>	0.034	<b>39/p38</b>	1.566	<b>39/p54</b>	0.040
<b>39/p7</b>	0.057	<b>39/p23</b>	0.016	<b>39/p39</b>	0.113	<b>39/p55</b>	0.072
<b>39/p8</b>	0.126	<b>39/p24</b>	0.014	<b>39/p40</b>	0.134	<b>39/p56</b>	0.027
<b>39/p9</b>	0.092	<b>39/p25</b>	1.451	<b>39/p41</b>	0.349	<b>39/p57</b>	0.095
<b>39/p10</b>	0.672	<b>39/p26</b>	0.045	<b>39/p42</b>	0.265	<b>39/p58</b>	0.053

<b>39/p11</b>	0.881	<b>39/p27</b>	0.070	<b>39/p43</b>	0.061	<b>39/p59</b>	0.046
<b>39/p12</b>	0.581	<b>39/p28</b>	0.638	<b>39/p44</b>	0.115	<b>39/p60</b>	0.182
<b>39/p13</b>	0.179	<b>39/p29</b>	0.124	<b>39/p45</b>	0.812	<b>39/p61</b>	0.064
<b>39/p14</b>	0.309	<b>39/p30</b>	0.136	<b>39/p46</b>	0.232	<b>39/p62</b>	0.138
<b>39/p15</b>	0.669	<b>39/p31</b>	0.054	<b>39/p47</b>	0.131	<b>39/p63</b>	0.562
<b>39/p16</b>	0.142	<b>39/p32</b>	0.863	<b>39/p48</b>	0.289	<b>39/p64</b>	0.068

Na osnovu geometrijske mape (engl. mesh) za određivanje koncentracije Hg u kućnoj prašini (slike 2) primenom AutoCAD Software programa nacrtane su mape lokacijske raspodele koncentracija žive u kućnoj prašini na osnovu godišnjeg doba uzorkovanja (slika 4, slika 5, slika 6 i slika 7).

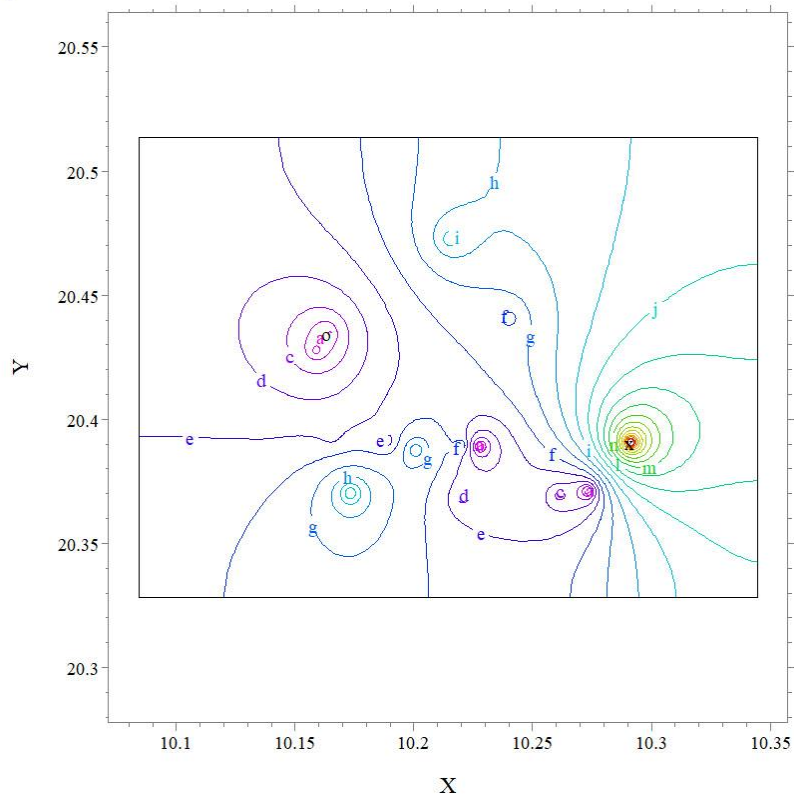


Mapa: Grid#1 p2 Nodes=11437 Cells=5690 RMS Err= 1.6e-4  
Integral= 0.014095

**Slika 4.** Mapa koncentracija Hg u kućnoj prašini prema lokaciji uzorkovanja za jesen 2016. godine

pollution

21:28:07 4/29/22  
FlexPDE 5.0.9



conc

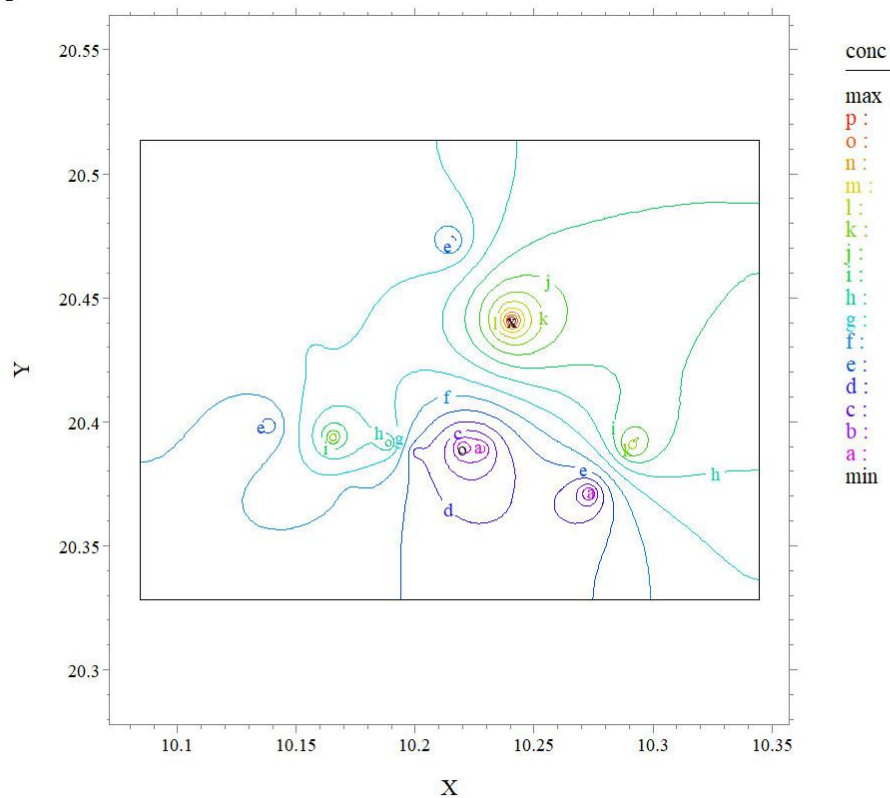
max	1.12
v :	1.10
u :	1.05
t :	1.00
s :	0.95
r :	0.90
q :	0.85
p :	0.80
o :	0.75
n :	0.70
m :	0.65
l :	0.60
k :	0.55
j :	0.50
i :	0.45
h :	0.40
g :	0.35
f :	0.30
e :	0.25
d :	0.20
c :	0.15
b :	0.10
a :	0.05
min	0.02

Mapa: Grid#1 p2 Nodes=11437 Cells=5690 RMS Err= 1.2e-4  
Integral= 0.016684

**Slika 5.** Mapa koncentracija Hg u kućnoj prašini prema lokaciji uzorkovanja za zimu 2016. godine

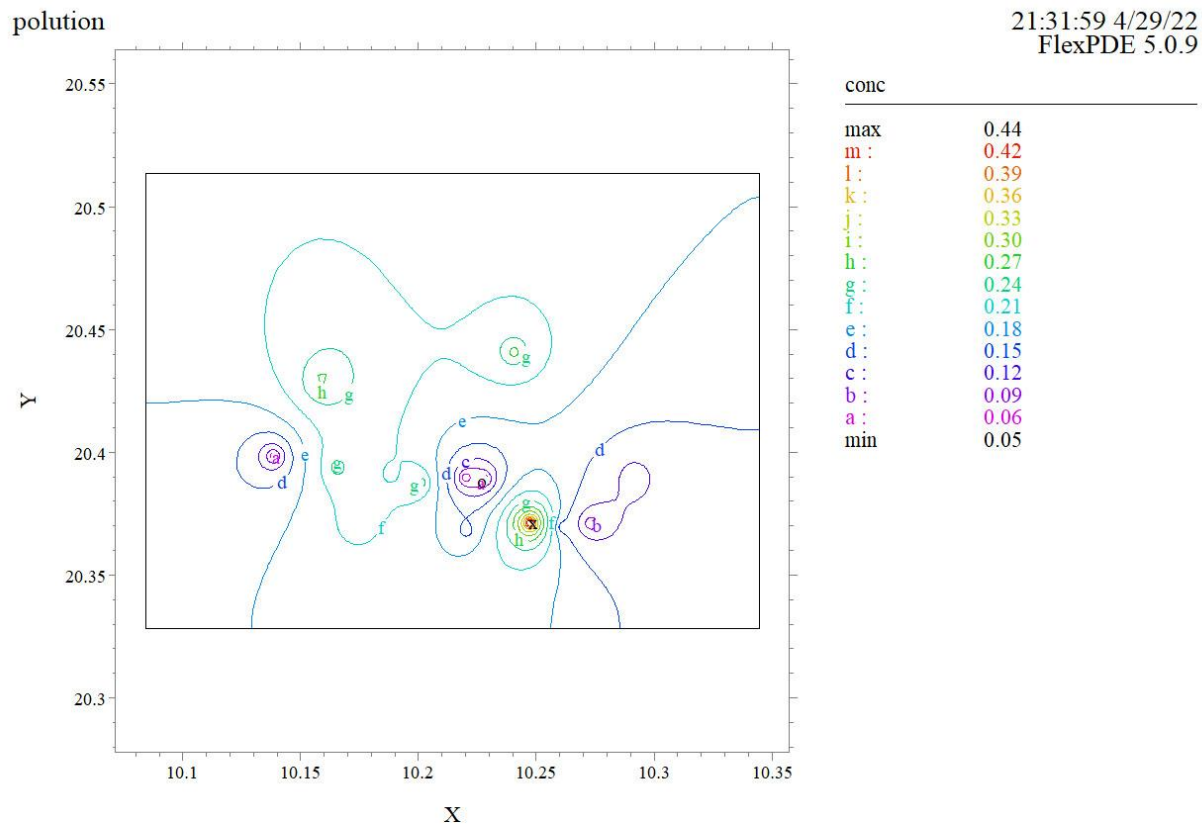
pollution

21:30:16 4/29/22  
FlexPDE 5.0.9



Mapa: Grid#1 p2 Nodes=11437 Cells=5690 RMS Err= 9.8e-5  
Integral= 0.019297

**Slika 6.** Mapa koncentracija Hg u kućnoj prašini prema lokaciji uzorkovanja za proleće 2017. godine



Mapa: Grid#1 p2 Nodes=11437 Cells=5690 RMS Err= 1.2e-4  
Integral= 8.923458e-3

**Slika 7.** Mapa koncentracija Hg u kućnoj prašini prema lokaciji uzorkovanja za leto 2017. godine

Prosečna koncentracija žive u kućnoj prašini izmerena u 64 objekta je  $0,28 \pm 0,34$  mg/kg, a vrednost medijane iznosi 0,13. Vrednost standardne devijacije ukazuje na visoku varijabilnost dobijenih rezultata, tj. to da su podaci raspršeni oko prosečne vrednosti. Minimalna koncentracija žive u kućnoj prašini određena je u uzorku 39/p24 i iznosi 0,014 mg/kg, a maksimalna u uzorku 39/p38 i iznosi 1,566 mg/kg.

Rezultati analiza ukazuju i da nije utvrđena statistički značajna korelacija između koncentracije žive i godišnjeg doba uzorkovanja na 16 lokacija. Najveća vrednost žive je nađena u martu 2017. godine i iznosi 1,566 mg/kg. Podaci pokazuju da se više koncentracije javljaju u uzorcima prašine starijih domova što je u saglasnosti sa literaturnim navodima (Rasmussen i sar., 2001), dok su niže koncentracije žive nađene u novijim kućama

Rezultati analize koncentracije žive u zemljištu (mg/kg) uzetih četiri puta godišnje sa 16 lokaliteta, u naseljenom mestu Šid, prikazani su u Tabeli 13. Uzorci su označeni uskladu sa prilogom 3 i 4.

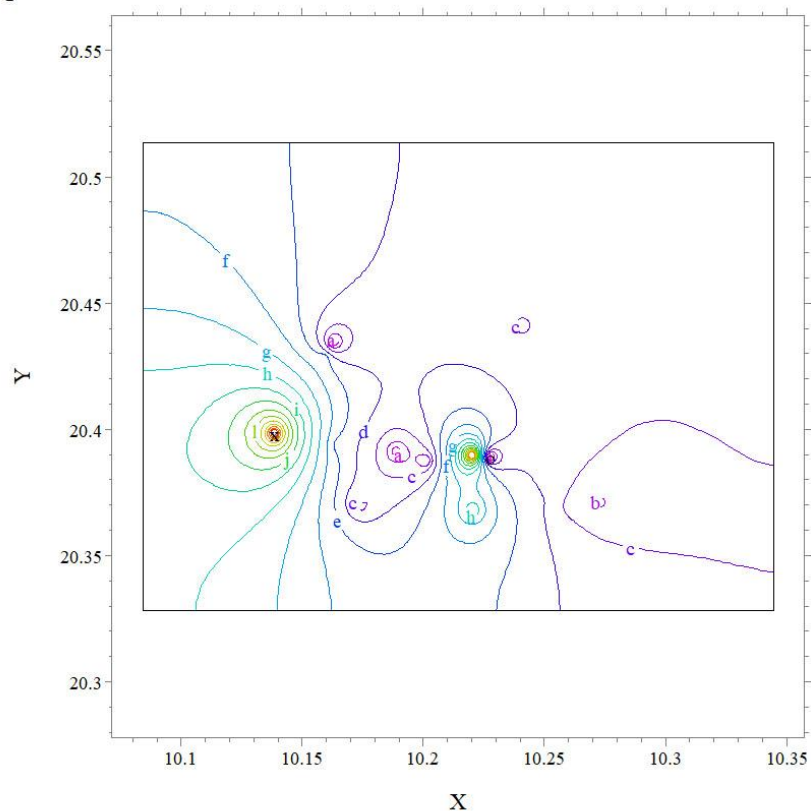
**Tabela 13.** Koncentracija žive u zemljištu, mg/kg

<b>r.b.</b>	<b>mg/kg</b>	<b>r.b.</b>	<b>mg/kg</b>	<b>r.b.</b>	<b>mg/kg</b>	<b>r.b.</b>	<b>mg/kg</b>
<b>39/1</b>	0.065	<b>39/z17</b>	0.094	<b>39/z33</b>	0.005	<b>39/z49</b>	0.017
<b>39/z2</b>	0.022	<b>39/z18</b>	0.049	<b>39/z34</b>	0.031	<b>39/z50</b>	0.026
<b>39/z3</b>	0.005	<b>39/z19</b>	0.020	<b>39/z35</b>	0.035	<b>39/z51</b>	0.053
<b>39/z4</b>	0.056	<b>39/z20</b>	0.060	<b>39/z36</b>	0.016	<b>39/z52</b>	0.023
<b>39/z5</b>	0.029	<b>39/z21</b>	0.026	<b>39/z37</b>	0.026	<b>39/z53</b>	0.048
<b>39/z6</b>	0.033	<b>39/z22</b>	0.014	<b>39/z38</b>	0.012	<b>39/z54</b>	0.039
<b>39/z7</b>	0.018	<b>39/z23</b>	0.053	<b>39/z39</b>	0.015	<b>39/z55</b>	0.036
<b>39/z8</b>	0.005	<b>39/z24</b>	0.069	<b>39/z40</b>	0.186	<b>39/z56</b>	0.000
<b>39/z9</b>	0.028	<b>39/z25</b>	0.021	<b>39/z41</b>	0.002	<b>39/z57</b>	0.058
<b>39/z10</b>	0.244	<b>39/z26</b>	0.019	<b>39/z42</b>	0.009	<b>39/z58</b>	0.028
<b>39/z11</b>	0.215	<b>39/z27</b>	0.018	<b>39/z43</b>	0.019	<b>39/z59</b>	0.017
<b>39/z12</b>	0.011	<b>39/z28</b>	0.018	<b>39/z44</b>	0.038	<b>39/z60</b>	0.006
<b>39/z13</b>	0.002	<b>39/z29</b>	0.000	<b>39/z45</b>	0.023	<b>39/z61</b>	0.010
<b>39/z14</b>	0.118	<b>39/z30</b>	0.011	<b>39/z46</b>	0.085	<b>39/z62</b>	0.027
<b>39/z15</b>	0.037	<b>39/z31</b>	0.064	<b>39/z47</b>	0.024	<b>39/z63</b>	0.060
<b>39/z16</b>	0.010	<b>39/z32</b>	0.013	<b>39/z48</b>	0.069	<b>39/z64</b>	0.027

Na osnovu geometrijske mape (engl. mesh) za određivanje koncentracije Hg u zemljištu okućnica slike 2 primenom AutoCAD Software programa nacrtane su mape lokacijske raspodele koncentracija žive u zemljištu okućnica na osnovu perioda uzorkovanja (slika 8, slika 9, slika 10 i slika 11).

pollution

21:14:02 4/29/22  
FlexPDE 5.0.9

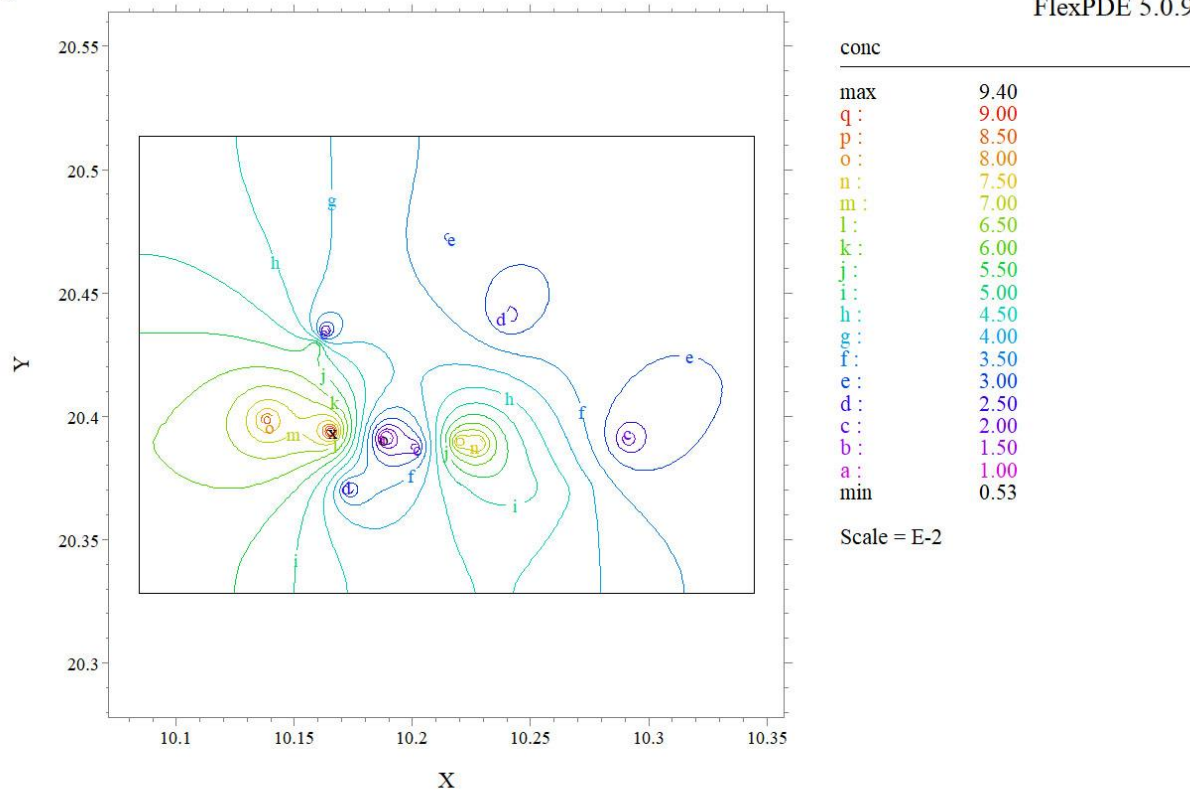


Mapa: Grid#1 p2 Nodes=11437 Cells=5690 RMS Err= 1.6e-4  
Integral= 2.269286e-3

**Slika 8.** Mapa koncentracija Hg u zemljištu okućnica prema lokaciji uzorkovanja za jesen 2016. godine

pollution

21:17:32 4/29/22  
FlexPDE 5.0.9



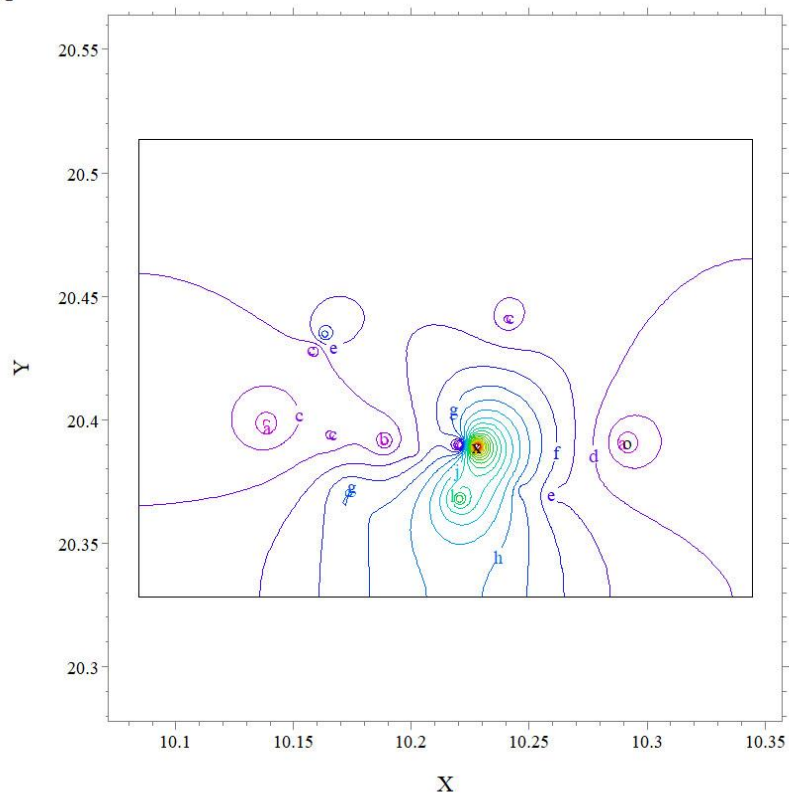
Mapa: Grid#1 p2 Nodes=11437 Cells=5690 RMS Err= 1.1e-4  
Integral= 2.000195e-3

**Slika 9.** Mapa koncentracija Hg u zemljištu okućnica prema lokaciji uzorkovanja za zimu 2016. godine



pollution

21:19:41 4/29/22  
FlexPDE 5.0.9

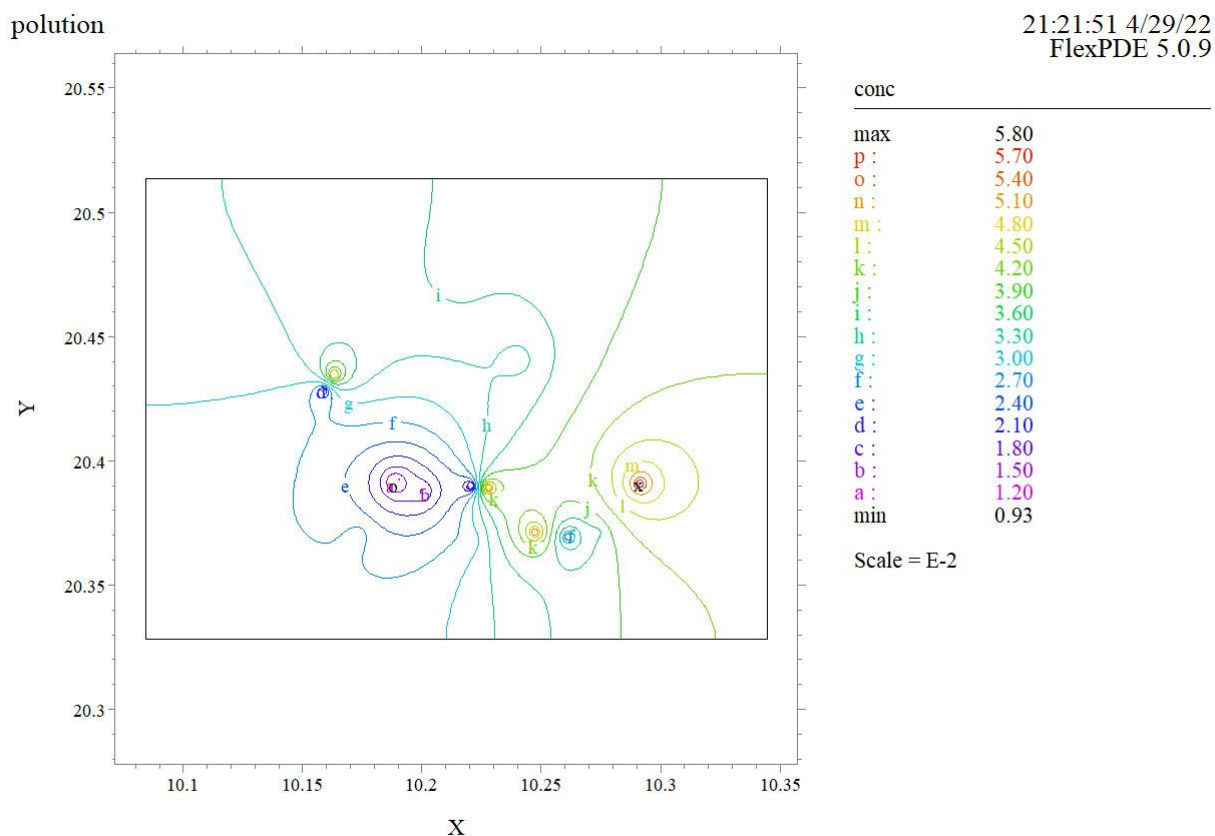


conc

max	0.13
x :	0.13
w :	0.12
v :	0.12
u :	0.11
t :	0.11
s :	0.10
r :	0.10
q :	0.09
p :	0.09
o :	0.08
n :	0.08
m :	0.07
l :	0.07
k :	0.06
j :	0.06
i :	0.05
h :	0.05
g :	0.04
f :	0.04
e :	0.03
d :	0.03
c :	0.02
b :	0.02
a :	0.01
min	0.01

Mapa: Grid#1 p2 Nodes=11437 Cells=5690 RMS Err= 1.4e-4  
Integral= 1.391464e-3

**Slika 10.** Mapa koncentracija Hg u zemljištu okućnica prema lokaciji uzorkovanja za proleće 2017. godine



Mapa: Grid#1 p2 Nodes=11437 Cells=5690 RMS Err= 1.2e-4  
Integral= 1.667796e-3

**Slika 11.** Mapa koncentracija Hg u zemljištu okućnica prema lokaciji uzorkovanja za leto 2017. godine

Prosečna koncentracija žive u zemljištu okućnice, izmerenoj na 64 lokacije u naseljenom mestu Šid, bila je  $0,04 \pm 0,05 \text{ mg/kg}$ , a vrednost medijane iznosi 0,03. Minimalna vrednost koncentracije Hg u zemljištu okućnica određena je u uzorku 39/z56 i iznosi 0,00 mg/kg, a maksimalna vrednost od 0,244 mg/kg u uzorku 39/z10.

Na osnovu rezultata predstavljenih u tabelama 12. i 13. može se zaključiti da postoji značajna razlika u koncentracijama žive u kućnoj prašini i u zemljištu. Sadržaj žive u kućnoj prašini je mnogo viši od okolnog zemljišta. Rezultati analiza žive u kućnoj prašini i zemljištu okućnice, nisu dovoljni da se izvuku zaključci o izvorima kontaminacije unutar kuće. Međutim, rezultati pokazuju da je kućna prašina, poseban višestruki element u odnosu na spoljašnje zemljište i prašinu, iz toga se zaključuje da je prašina nastala unutar same kuće važan izvor za mnoge elemente, pa i živu (Rasmussen i sar., 2001).

Minimalna, maksimalna i srednja vrednost za potencijalno toksičnih elemenata (PTE) u kućnoj prašini i zemljištu ( $\text{mgkg}^{-1}$ ) na posmatranim lokacijama, prikazana je u Tabeli 14.

**Tabela 14.** Minimalna, maksimalna i srednja vrednost za PTE u kućnoj prašini i zemljištu ( $\text{mgkg}^{-1}$ ), (Nedić i sar., 2019)

PTE	Kućna prašina $\text{mg kg}^{-1}$			Zemljište okućnica $\text{mg kg}^{-1}$		
	Minimalna vrednost	Maksimalna vrednost	Srednja vrednost	Minimalna vrednost	Maksimalna vrednost	Srednja vrednost
Hg	0,005	1,566	0,126	0,00005	0,244	0,0257
As	2,4	12,9	5,0	3,3	10,5	6,8
B	6,9	221,1	28,3	2,3	10,4	5,5
Co	2,1	10,5	3,4	4,7	10,2	7,8
Cr	4,5	83,2	24,7	20,1	41,6	27,6
Cu	5,6	883,0	55,0	16,8	66,6	30,4
Ni	5,0	80,4	20,8	17,2	40,5	24,1
Pb	11,3	112,6	24,7	9,6	36,6	17,2
Zn	62,7	893,5	365,3	57,3	262,0	110,2

Na osnovu tabele 14 primećuje se da uzorci kućne prašine sadrže veće koncentracije potencijalno toksičnih elemenata kao što su: Hg, B, Cu, Zn i nešto više As i Pb u odnosu na zemljište (Nedić i sr., 2019), takođe postoji i značajna korelacija u odnosu na živu u prašini sa živom u zemljištu. Na osnovu ispitivanja koncentracije žive u zemljištu u Šidu, za mnoge elemente, koncentracije domaćinstva premašuju prirodne koncentracije.

Maksimalna vrednost žive u kućnoj prašini je  $1,566 \text{ (mg/kg}^{-1}\text{)}$ , a srednja vrednost  $0,126 \text{ (mg/kg}^{-1}\text{)}$ , dok je u zemljištu maksimalna vrednost žive  $0,244 \text{ (mg/kg}^{-1}\text{)}$  a srednja  $0,0257 \text{ (mg/kg}^{-1}\text{)}$ , na osnovu čega se konstatuje da je sadržaj žive mnogo viši u kućnoj prašini od okolnog zemljišta kretao se u intervalu od  $0.005$  do  $1,566 \text{ mg kg}^{-1}$ . Sadržaj žive, bora, bakra i cinka je mnogo veći u kućnoj prašini u odnosu na okolno zemljište. Sadržaj olova je nešto veći

u prašini u odnosu na zemljište, dok je sadržaj nikla i kobalta relativno veći u zemljištu u odnosu na kućnu prašinu.

U Tabeli 15. data je korelacija između PTE u kućnoj prašini za sve lokacije.

**Tabeli 15.** Korelacija između PTE u kućnoj prašini za sve lokacije (Nedić i sar., 2019)

	As	B	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Hg	0,1803	0,3351*	0,1771	-0,1343	-0,1782	-0,0973	0,2606*	-0,2526*
As		-0,1416	0,2255	-0,2723*	-0,1337	-0,2373	0,1048	-0,3580*
B			-	0,0785	0,1200	0,1914	0,2165	0,2000
			0,0586					
Co				-0,2263	-0,0650	-0,2160	0,2705	-0,2354
Cr					0,2301	0,5746*	0,0496	0,3504*
Cu						0,1879	0,2113	0,6090*
Ni							0,0484	0,4218*
Pb								0,2021

\* pored rezultata ukazuje na statistički značajnu razliku između dobijenih vrednosti, pri nivou značajnosti od  $p \leq 0,05$

U kućnoj prašini su As, Cr, Zn i As u negativnoj statističkoj korelaciji, dok su u pozitivnoj u zemljištu. U pozitivnoj korelaciji u prašini i u zemljištu su sledeći elementi: Ni i Cr., Pb i Co., Zn sa Cr, Cu i Ni. Dobijeni rezultati pokazuju heterogenost potencijalnih izvora PTE u kućnoj prašini. b. U Tabeli 16. data je korelacija između PTEs u zemljištu za sve lokacije.

**Tabela 16.** Korelacija između PTEs u zemljištu za sve lokacije (Nedić i sar., 2019)

	As	B	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Hg	-0,0996	0,2078	-0,1526	-0,0697	0,1342	0,0081	-0,0041	0,1059
As		0,4310*	0,3672*	0,6464*	0,2787*	0,5795*	0,4464	0,4974*
B			0,2388	0,4175*	0,4175*	0,2374	0,3046*	0,2976*

Co	0,6176*	0,3073*	0,3955*	0,5158*	0,2978*
Cr		0,2993*	0,8711*	0,6619*	0,5928*
Cu			0,2711*	0,5019*	0,4539*
Ni				0,6229*	0,6566*
Pb					0,7166*

\* pored rezultata ukazuje na statistički značajnu razliku između dobijenih vrednosti, pri nivou značajnosti od  $p \leq 0,05$

U cilju utvrđivanja koncentracije potencijalno toksičnih elemenata u zemljištu na koncentraciju u kućnoj prašini posebno su statistički obrađene korelacije koncentracije žive i PTE za svaku od posmatranih lokacija pojedinačno.

#### 4.2. Sadržaj $P_2O_5$ i $K_2O$ u zemljištu okućnica

Sadržaji lako pristupačnog fosfora i kalijima, kao i pH vrednosti ispitivanih uzoraka zemljišta prikazane su u Tabeli 17.

**Tabela 17.** Osnovne hemijske osobine zemljišta

r.b.	$P_2O_5$ mg/100 g zemljišta	$K_2O$ mg/100 g zemljišta	Aktivna kiselost pH /H <sub>2</sub> O	Potencijalna kiselost pH /KCl
1.	67	75,5	8,13	7,42
2.	60	65,6	8,24	7,60
3.	75	62,5	8,16	7,44
4.	67	65,5	7,88	7,43

5.	62	69,1	8,05	7,54
6.	45	82,5	7,98	7,44
7.	64	59,1	8,14	7,46
8.	73	76,0	8,12	7,58
9.	49	86,2	8,17	7,57
10.	64	56,0	7,82	7,33
11.	81	82,0	7,40	7,25
12.	39	78,0	8,20	7,55
13.	21	56,5	8,49	7,57
14.	61	59,5	7,85	7,39
15.	71	49,0	8,03	7,59
16.	44	53,5	6,44	6,06
17.	81	65,3	8,15	7,41
18.	35	54,0	8,42	7,73
19.	63	60,0	7,20	6,88
20.	58	48,0	7,95	7,45
21.	65	73,6	7,96	7,47
22.	70	81,0	8,00	7,36
23.	74	67,0	7,56	7,42
24.	64	72,1	8,14	7,43
25.	76	87,0	7,70	7,38
26.	65	84,2	8,16	7,61
27.	71	69,5	7,65	7,32
28.	54	89,5	7,91	7,58
29.	7	54,2	8,19	7,62
30.	65	60,5	7,86	7,25
31.	45	59,0	7,93	7,58
32.	72	52,0	8,03	7,44
33.	67	58,5	7,83	6,99
34.	62	63,2	7,99	7,28
35.	58	62,5	8,04	7,39
36.	63	53,5	7,98	7,49

37.	72	72,5	7,57	7,31
38.	68	76,5	7,30	6,62
39.	60	69,0	7,79	7,39
40.	68	65,5	7,95	7,07
41.	72	86,5	8,18	7,30
42.	73	82,0	7,89	7,28
43.	54	77,5	7,83	7,22
44.	72	90,5	7,99	7,53
45.	15	56,5	9,23	7,91
46.	47	58,3	7,98	7,40
47.	61	52,0	7,96	7,28
48.	56	56,5	7,78	7,19
49.	65	72,0	8,19	7,16
50.	61	52,5	8,13	7,09
51.	74	68,5	8,15	7,04
52.	59	54,0	7,99	7,22
53.	63	58,0	8,05	7,21
54.	60	68,5	7,20	6,90
55.	52	53,0	7,55	7,24
56.	67	84,5	7,91	7,18
57.	69	89,0	7,74	7,16
58.	6	80,5	7,81	6,67
59.	76	86,0	7,72	7,23
60.	40	86,2	7,88	7,32
61.	18	55,0	8,66	7,94
62.	71	84,9	8,15	7,73
63.	28	51,5	8,26	7,68
64.	45	51,5	7,87	7,49
Prosek	58	67,66	8	7
Min vrednost	6	48	6,44	6,06
Max vrednost	81	90,5	9,23	7,94

#### 4.2.1. Sadržaj P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Ako se fosfor nalazi u organskom obliku u zemljištu, tada je mineralizacija preduslov za povećanje njegove rastvorljivosti. Međutim, za rastvorljivost i dinamiku fosfora, mnogo veći značaj imaju mineralna jedinjenja fosfora – fosfati (Tate, 1984). Sadržaj lako pristupačnog fosfora se u analiziranim uzorcima kreće u opsegu od 6 do 81 mg/100g zemljišta, sa prosečnom vrednošću od 58 mg/100g zemljišta. Kao što je uočljivo u čak 77 % analiziranih uzoraka udeo lako pristupačnog fosfora je iznad 50 mg/100g, što se smatra štetnim. U svega 5% uzorka sadržaj lako pristupačnog fosfora je optimalan, odnosno zemljišta su dobro obezbeđena fosforom. U 5% uzoraka sadržaj lako pristupačnog fosfora je visok, dok je u 9 % uzoraka vrlo visok (Tabele 3.6. i 4.6). Dobijeni rezultati idu u prilog manjoj mobilnosti nekih metala naročito olova, jer visok sadržaj fosfora pogoduje jačem vezivanju olova za čestice zemljišta (Sipos i sar., 2008).

#### 4.2.2. Sadržaj K<sub>2</sub>O

Određivanje lako pristupačnog K<sub>2</sub>O u analiziranim uzorcima izvršeno je plamenfotometrijski (Govindaraju i sar., 1976). Kalijum se u zemljištu nalazi u vidu primarnih (feldspati i liskuni) i sekundarnih (ilit, vermikulit) minerala, pri čijem raspadanju kalijum prelazi u lakše rastvorljive oblike soli, koje su pristupačne za biljke. Deo kalijumovih jona iz rastvora se apsorbuje na površini koloidnih čestica, i to je drugi oblik za biljke pristupačnog kalijuma. Treći vrlo značajan oblik kalijuma su joni čvrsto vezani u međulamelarnom prostoru rešetke glinenih minerala iz grupe ilita, i u tom obliku se nalazi više od 90% ukupnog kalijuma. Ova tri oblika kalijuma su u dinamičkoj ravnoteži. U čak 100% analiziranih uzoraka udeo lako pristupačnog kalijuma je iznad 50 mg/100 g, što se smatra štetnim. Sadržaj lako pristupačnog kalijuma je kod 3% uzoraka u klasi vrlo visokog sadržaja, dok optimalan sadržaj ne postoji kod uzoraka. Sadržaj K<sub>2</sub>O se kreće u opsegu od 48 mg/100g do 90,5 mg/100g sa prosečnom vrednosti od 68 mg/100g (Manojlović i sar., 1995), (Tabela 4.6). Na osnovu sadržaja K<sub>2</sub>O može se reći da zemljište pripada klasi > 50 štetan (Tabela 3.7).



### 4.3. pH vrednost zemljišta okućnica

Na osnovu tabele 4.6 zapaža se da vrednosti pH u suspenziji zemljišta sa vodom se kreću u opsegu 6,44 do 9,23 u uzorcima zemljišta. Rezultati analize potencijalne kiselosti zemljišta sa H<sub>2</sub>O, (pH vode treba da je (6,6 - 6,8)), pokazuju vrednosti koje prelaze dozvoljene granice, i ukazuju da je zemljište alkalne reakcije. Najzastupljenija su srednje umereno alkalna zemljišta (Američka klasifikacija zemljišta prema hemijskoj reakciji, vrednostima pH), (Tabela 9).

Rezultati analize aktivne kiselosti zemljišta sa KCl (Tabela 10.) ukazuju da je zemljište alkalne reakcije > 7,20 (Klasifikacija zemljišta prema hemijskoj reakciji po Thun-u) i kreće se u opsegu od 6,06 do 7,94, dok KCl (pH rastvora treba da je (5,5 - 6,0) vrednosti su većinom preko 7.

U Opštini Šid postoje industrijska postrojenja koja mogu da doprinesu zagađivanju životne sredine. U Tabeli 18. prikazani su podaci o preduzećima koja se nalaze u industrijskoj zoni.

**Tabela 18.** Podaci o preduzećima koja se nalaze u industrijskoj zoni u Šidu

Naziv preduzeća i adresa	Osnovna delatnost	Godina osnivanja	Pogoni	Zakonske obaveze u pogledu monitoringa životne sredine
Victoria Oil a.d. Šid, ul. Branka Erića 2	Proizvodnja sirovih i rafinisanih ulja, biodizela i proteinske sačme	1978	Ljuštiona, Ekstrakcija Puniona Kotlarnice Postrojenje za prečišćav.otpadn.vo da, Silosi i Pogon za proizv.biodizela	Redovna merenja zagađujućih materija iz kotlarnica. Po potrebi merenja zapašenosti i isparenja iz pogona. Uzorkovanje prečišćenih otpadnih voda. Uzorkovanje zemljišta. Merenje nivoa buke, koja nastaje od rada izvora buke. Dostavljanje Izveštaja o merenju Agenciji za zašt. živ. sred.

Fragmat S DOO Šid, ul. Branka Erića 7	Proizvodnja hidro i termoizolacioni h materijala	2005	Pogon za proizvodnju hidroizolacije Pogon za proizvodnju termoizolacije	Dva puta godišnje (u zimskom i letnjem periodu) merenja zagađujućih supstanci iz kotlarnica. Kontrola uređaja i mašina i merenje buke. Kontrola neopasnog, inertnog i opasnog otpada. Pravilno rukovanje sa otpadom. Kontrolne liste, od operatera. Dostavljanje Izveštaja o merenju Agenciji za zašt. živ. sred.
Valdom doo Šid ul. Branka Erića 5	Proizvodnja plastičnih cevi i fitinga	2010	Pogon za proizvodnju plastičnih cevi i fitinga	Pravilno rukovanje neopasnim, inertnim i opasnim otpadom, odlaganje i upotreba otpada. Propisane isprave zaštite od buke. Krajni rok: Dostavljanje dokumentacije o sprovedenim merama zašt. živ. sred. do 31.03., za predhodnu godinu Agenciji

Preduzeća prikazana u Tabeli 18. se nalaze u industrijskoj zoni i u blizini poslovno-stambene zone koja na osnovu tehnološkog procesa, energenta za proizvodnju i zagrevanje poslovnih prostorija, kao i privremenim odlaganjem elektronskog i opasnog otpada (neonke) mogu da utiču na prisustvo žive u životnoj sredini. Primena zakonskih obaveza, pravilno čuvanje i rukovanje i održavanje mašina i proizvodnih pogona, pravilna edukacija radnika u većoj meri može da doprinese sprečavanju zagađenja i širenja opasnosti u životnoj sredini.

#### 4.4. Rezultati ankete

Anketa je sprovedena u cilju dobijanja informacija o potencijalnim faktorima koji mogu doprineti pojavi žive u kućnoj prašini (starost objekta, materijal od koga je izgrađen, broj stanara, način grejanja, broj ložišta, površina objekta, blizina industrijske zone, električni uređaji, osvetljenje, broj kućnih ljubimaca i broj pušača). Celokupni rezultati ankete dati su u prilogu 3 i 4.

Na osnovu sprovedene ankete, izmerena je udaljenost vazdušnom linijom svakog lokaliteta uzorkovanja kućne prašine od industrijske zone, a rezultati su prikazani u tabeli 19.

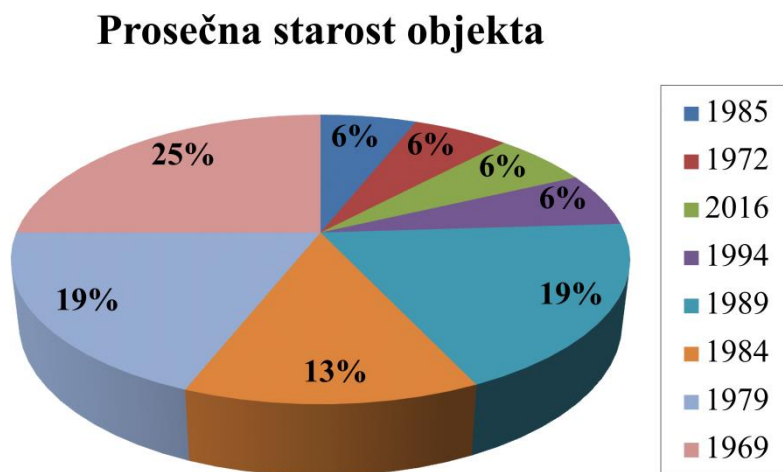
**Tabela 19.** Udaljenost lokaliteta uzorkovanja od industrijske zone (Google Earth).

Nazivi ulica sa kojih su uzeti uzorci kućne prašine	Izmerena udaljenost lokaliteta uzorkovanja od Victoria Oil a.d. Šid	Izmerena udaljenost od Fragmat S DOO Šid	Izmerena udaljenost od Valdom doo Šid
Đure Kiša	2752,09m	2834,15m	2574,22m
Sremski front	2954,05m	3025,73m	2788,59m
1. maj	2007,42m	2137,81m	1928,99m
12.aprila	2105,97m	2273,73m	2133,86m
6.decembra	1662,47m	1939,44m	1717,2m
Nikole Mikluša	1183,63m	1501,66m	1323,88m
Svetozara Markovića	1295,84m	1562,82m	1369,9m
Maksima Gorkog	1884,79m	1707,42m	1529,73m
Veljka Vlahovića	1959,04m	1726,38m	1612,87m

Zlatka Šnajdera	1678,09m	1807,56m	1626,62m
Ivo Lole Ribara	1734,42m	1825,22m	1517,15m
Tolstojeva	1535,98m	1343,93m	1106,03m
Masarikova	1149,37m	960,78m	720,25m
Filipa Višnjića	835,12m	811,67m	570,72m
Janka Veselinovića	865,21m	1116,47m	1012,42m

Određivanje udaljenosti industrijske zone vazdušnom linijom od svakog lokaliteta uzorkovanja, pokazalo je da se najveće koncentracije žive javljaju u kućama čija je udaljenost 2922,8 m (0,44 mg/kg), dok se niže koncentracije žive nalaze u objektima čija udaljenost od industrijske zone manja 1704,1 m (0,06 mg/kg) i 1707,3 m (0,08 mg/kg). Postoji negativna korelacija sadržaja Hg u kućnoj prašini u odnosu na udaljenost industrijske zone.

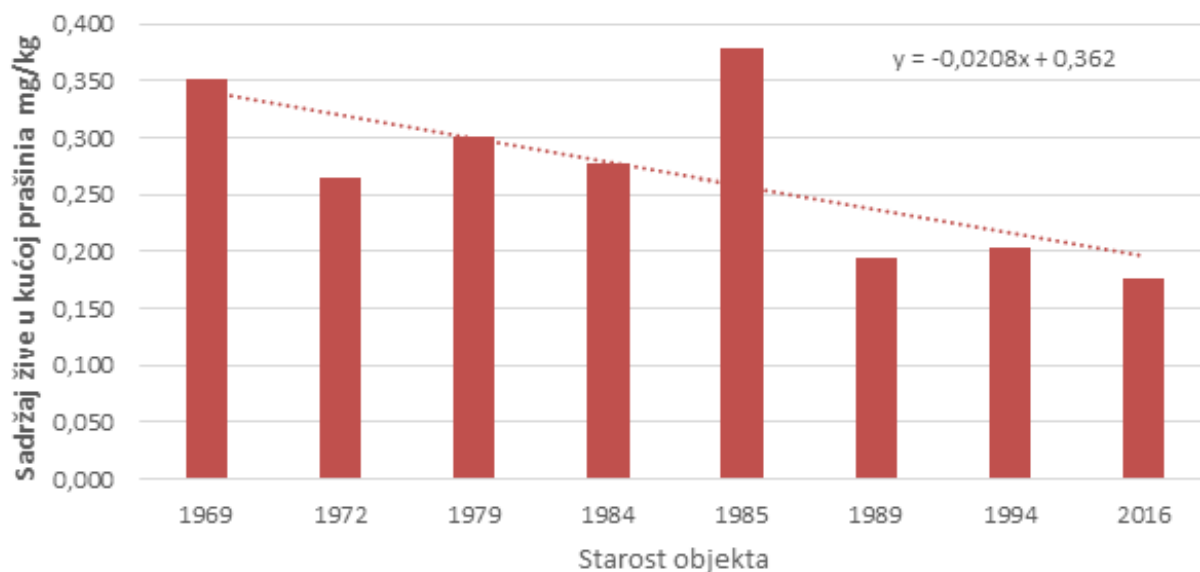
Na slici 12. prikazan je grafikon udela ispitivanih objekata po starosti.



**Slika 12.** Starost objekata koji su obuhvaćeni ispitivanjem

Na osnovu slike 12. primećuje se da je najveći udeo (25%) najstarijih objekata iz 1969 god, a zatim iz 1979 i 1989 godine (19%).

Na slici 13. grafički je prikazana koncentracija žive u uzorcima kućne prašine u zavisnosti od starosti objekta.

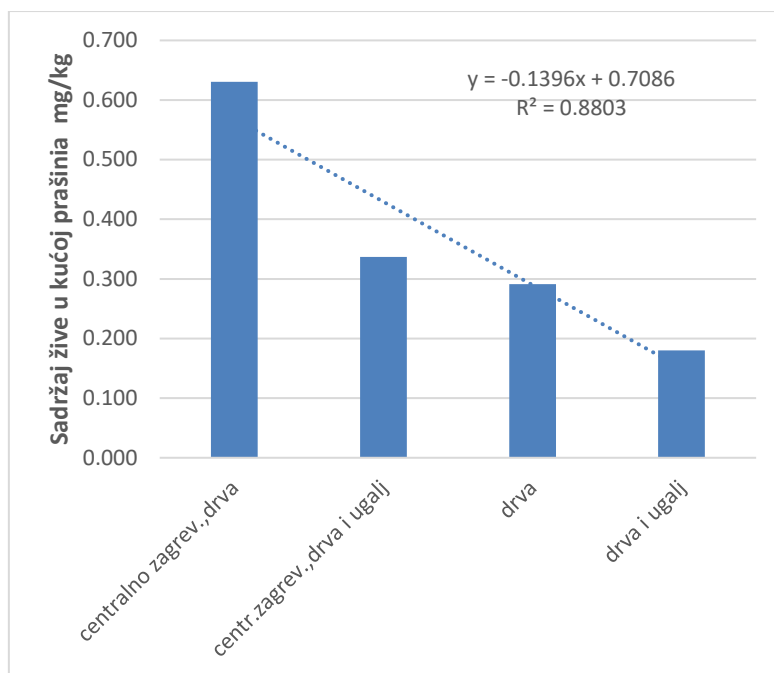


**Slika 13.** Koncentracija žive u zavisnosti od starosti objekta

Trend koncentracija žive u kućnoj prašini, pokazuje da su u starijim kućama koncentracije više. Najveće koncentracije žive zabeležene su u kućama koje su izgrađene 1985, 1969. godine, dok je 1979. godine i 1984. godine su približno jednake a najmanje koncentracije žive su nađene u kućama novije izgradnje (Slika 13.). Koncentracije žive su približno jednake za objekte starosti 4, 26 i 31 godinu i kreću se oko 0,20 mg/kg. Kuće starosti 36, 41 i 48 godina starosti imaju koncentraciju žive od 0,26 do 0,30 mg/kg. Objekti starosti 35 i 51 godinu imaju koncentraciju žive od 0,36 do 0,38 mg/kg.

Prilikom poređenja koncentracije žive u odnosu na starost objekta, treba imati u vidu nejednaku zastupljenost objekata u pogledu starosti. Koeficijent korelacije između koncentracije žive u kućnoj prašini i starosti objekta ukazuje da ne postoji statistički značajna povezanost ( $r=0,472$ ), tj. povezanost je umerena (Guilford, 1978).

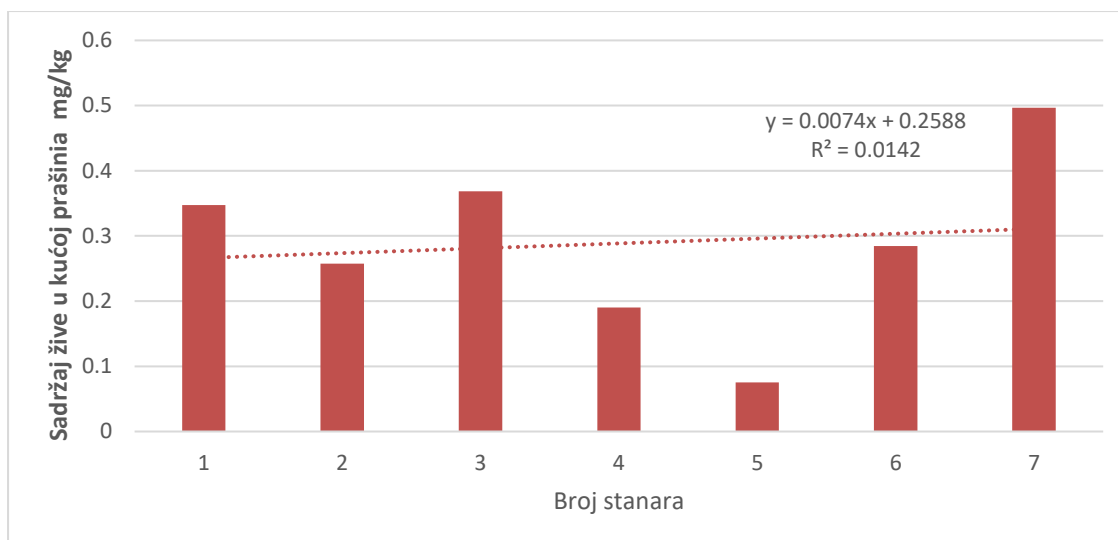
Na slici 14. grafički je prikazana koncentracija žive u uzorcima kućne prašine u zavisnosti od načina zagrevanja objekta



**Slika 14.** Koncentracija žive u zavisnosti od načina zagrevanja objekta

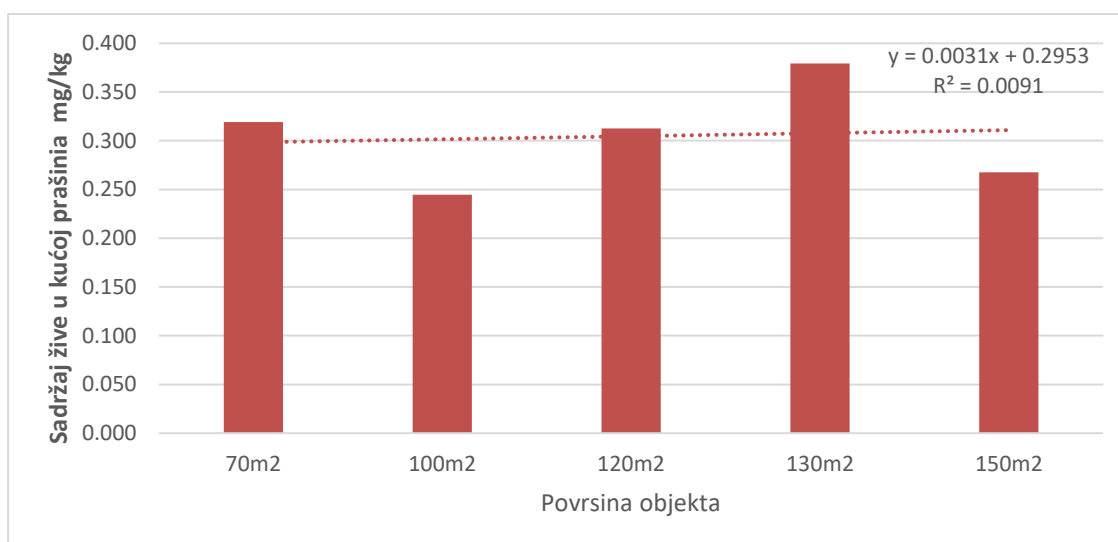
Na osnovu grafičkog prikaza koncentracije žive u kućnoj prašini, na osnovu izvora zagrevanja (Slika 14.), najviše koncentracije su nađene u kućama sa centralnim zagrevanjem (0,63 mg/kg). Nešto niže koncentracije se beleže u kućama koje se greju kombinovano na drva i uglj (0,18 mg/kg). Prilikom poređenja koncentracije žive u odnosu na način grejanja kuće, treba imati u vidu nejednaku zastupljenost objekata u pogledu načina grejanja. Naime, 70% kuća se greje na drva. Na osnovu koeficijenta korelacije  $R^2=0,8803$  postoji statistički značajna razlika u koncentraciji žive u objektima koji se greju na različita goriva.

Na slici 15. grafički je predstavljena koncentracija žive u uzorcima kućne prašine u zavisnosti od broja stanara.



**Slika 15.** Koncentracija žive u zavisnosti od broja stanara

Ispitivanje koncentracije žive u kućnoj prašini u zavisnosti od broja stanara pokazuje da je veći broj stanara pozitivno uticao na koncentraciju žive (Slika 15.). Koeficijent korelacije  $R^2=0,0142$ , veoma slab (Guilford, 1978).

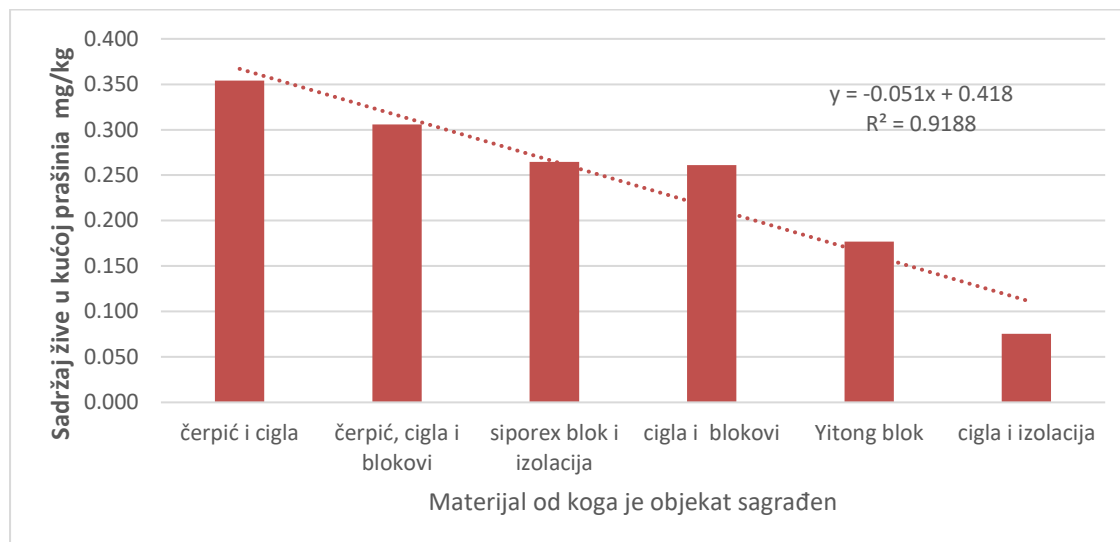


**Slika 16.** Koncentracija žive u zavisnosti od površine objekta (m<sup>2</sup>)

Na slici 16. grafički je predstavljena koncentracija žive u uzorcima kućne prašine u zavisnosti od površine objekta.

Koncentracija žive u stambenim objektima nije u zavisnosti od njegove površine. Na slici 16., primećuje se da je koeficijent korelacije  $R^2=0,0091$ , vrlo nizak.

Na slici 17. grafički je predstavljena koncentracija žive u uzorcima kućne prašine u zavisnosti od materijala od koga je objekat sagrađen.

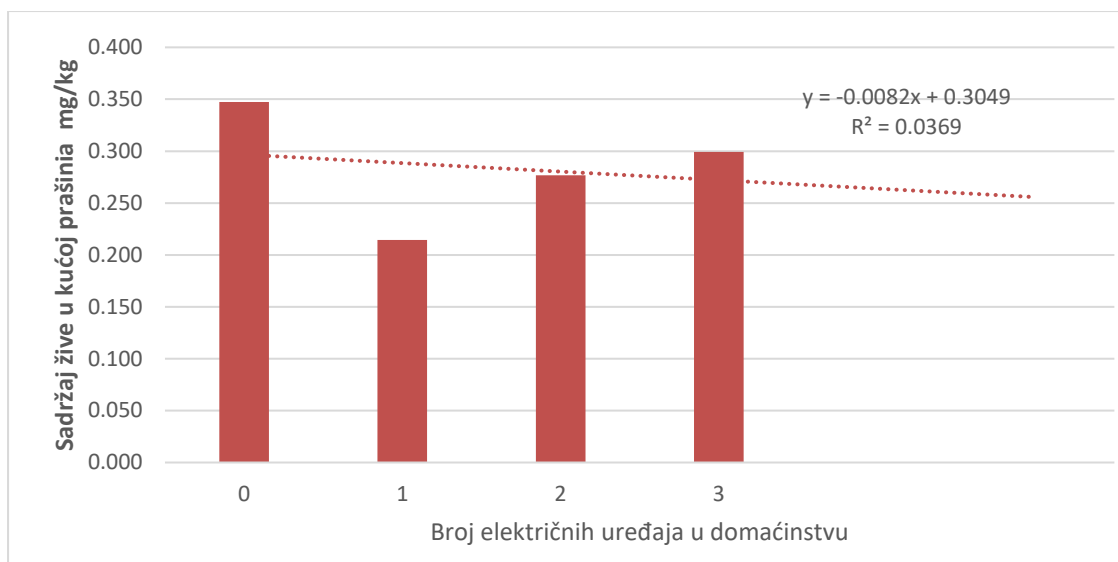


**Slika 17.** Koncentracija žive u zavisnosti od materijala od koga je objekat sagrađen

Najveće koncentracije žive nađene su u stambenim kućama od čerpića i cigle, a najmanje u stambenim kućama izgrađenim od cigle (Slika 17.). Koeficijent korelacije je izrazito visok  $R = 0,9188$ . Najveće koncentracije žive se javljaju u kućama koje su građene od čerpića i cigle, čerpića cigle i blokova, (vrednosti se kreću od 0,33 do 0,39 mg/kg). Podjednake su vrednosti žive u kućama građenim od cigle i bloka i onih od siporex blok izolacije (0,26 mg/kg). Najniže koncentracije žive su u objektima od cigle i izolacije (0,08 mg/kg). Prilikom poređenja koncentracije žive u odnosu na materijal gradnje, treba imati u vidu nejednaku zastupljenost objekata u pogledu materijala od kojih su sagrađeni. Naime, gotovo polovina kuća je sagrađena od cigle i bloka.

Na slici 18. grafički je predstavljena koncentracija žive u uzorcima kućne prašine u zavisnosti od električnih uređaja u domaćinstvu (mikrotalasna pećnica, računar i štampač).



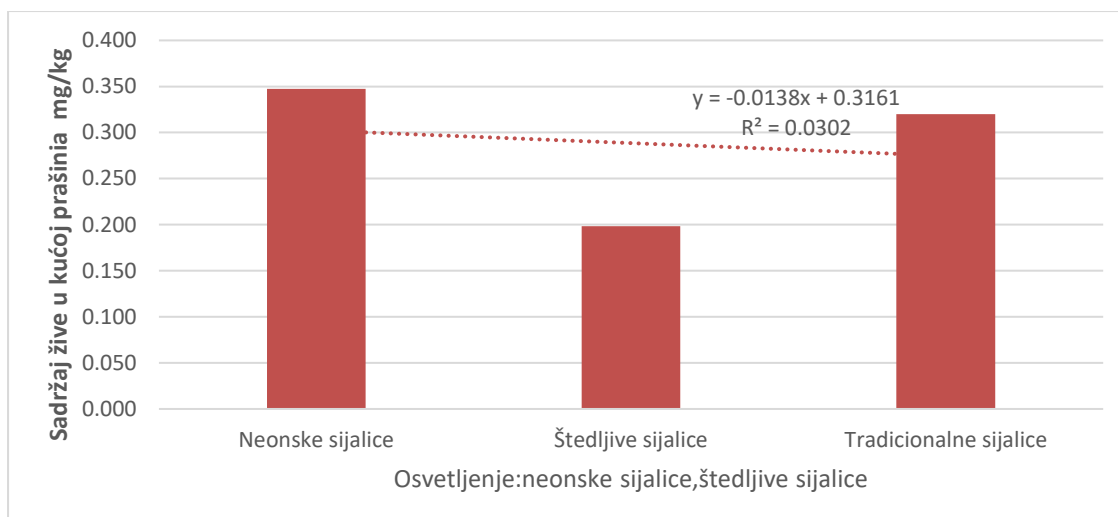


**Slika 18.** Koncentracija žive u zavisnosti od električnih uređaja

Određena koncentracija žive u uzorcima kućne prašine nema značajnije zavisnosti od broja električnih uređaja u domaćinstvu (računar, štampač, mikrotalasna pećnica). Uvidom u grafikon (slika 18.), može se uočiti da su koncentracije žive približno jednake (kreću se u intervalu od 0,30 do 0,37 mg/kg) u stambenim jedinicama koje poseduju a) kompjuter, b) kompjuter, štampač i mikrotalasnu pećnicu, v) kompjuter i mikrotalasnu pećnicu i g) onih u kojima nema uređaja.

Nešto niže koncentracije zabeležene su u kućama sa kompjuterom i štampačem (0,22 mg/kg), kao i u kućama koje imaju samo mikrotalasnu pećnicu (0,06 mg/kg). Prilikom poređenja koncentracije žive u odnosu na električne uređaje, treba imati u vidu nejednaku zastupljenost električnih uređaja u merenim objektima. Koeficijent korelacije  $R^2=0,0369$ , ne postoji statistički značajna razlika u koncentraciji žive u različitim električnim uređajima.

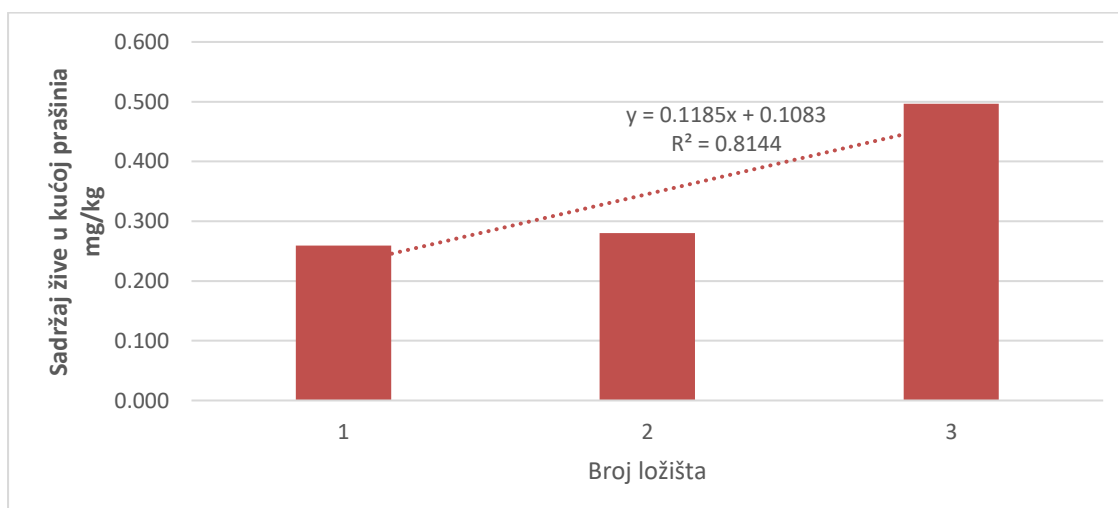
Na slici 19. grafički je predstavljena koncentracija žive u uzorcima kućne prašine u zavisnosti od osvetljenja prostorije (tradicionalne, nonske ili štedljive sijalice).



**Slika 19.** Koncentracija žive u zavisnosti od osvetljenja: neonske sijalice, štedljive sijalice

Rezultati ukazuju na najveće koncentracije žive u stambenim kućama kod kojih su zastupljene neonske sijalice, zatim tradicionalne sijalice, a najmanje kod štedljivih sijalica (Slika 19.). Koeficijent korelacije  $R^2=0,0302$ , veoma slaba korelacija (Guilford, 1978).

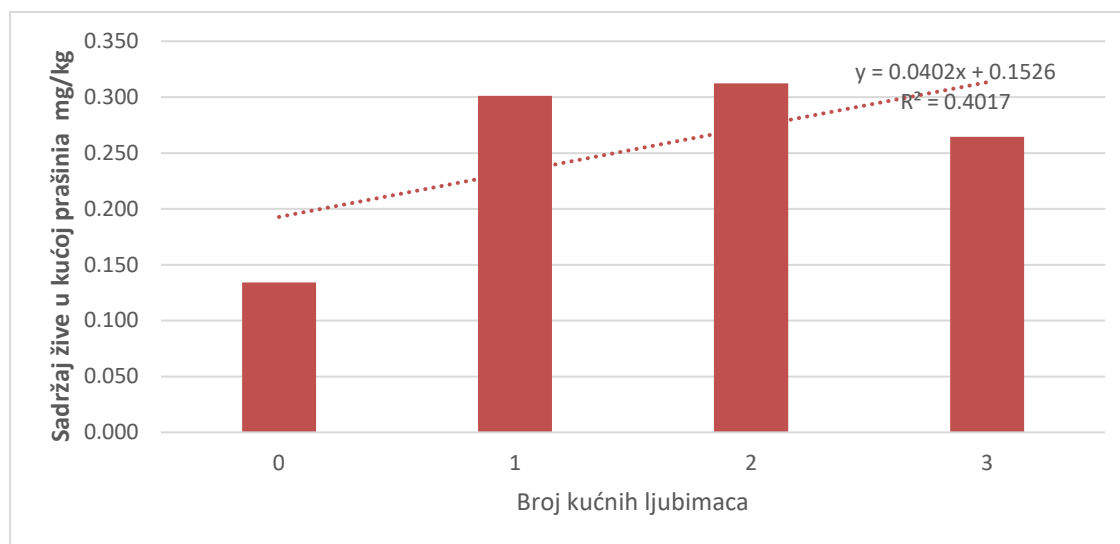
Na slici 20. grafički je predstavljena koncentracija žive u uzorcima kućne prašine u zavisnosti od broja ložišta u objektu.



**Slika 20.** Koncentracija žive u zavisnosti od broja ložišta

Ispitivanje koncentracije žive u kućnoj prašini u zavisnosti od broja ložišta pokazuje da je veći broj ložišta pozitivno uticao na koncentraciju žive (Slika 20.). Jaka korelacija (Guilford, 1978).

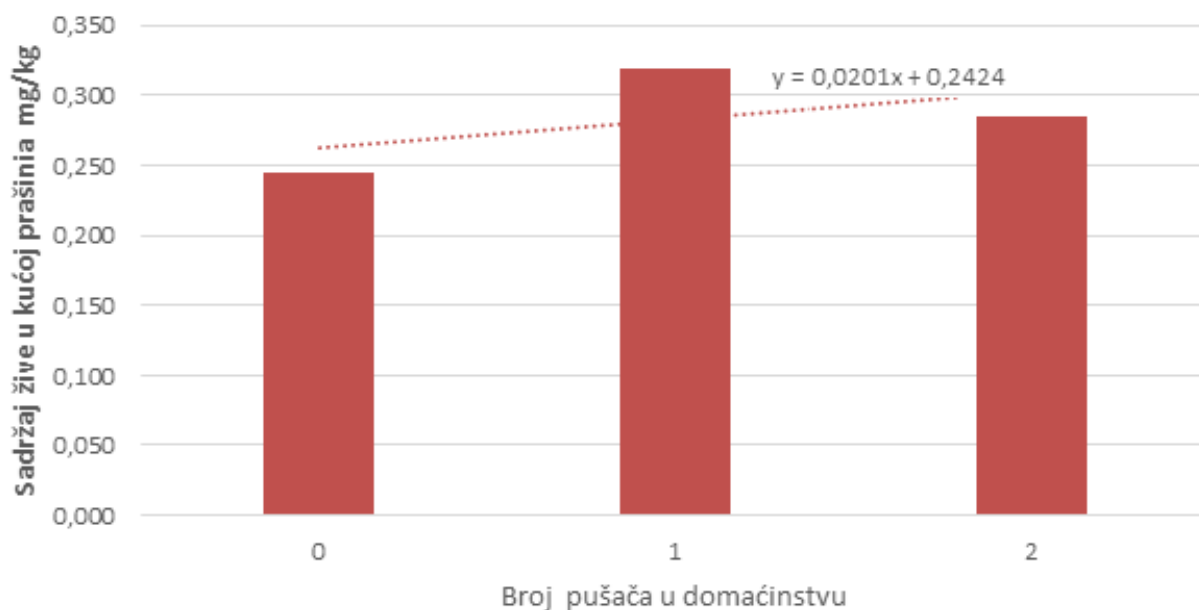
Na slici 21. grafički je predstavljena koncentracija žive u uzorcima kućne prašine u zavisnosti od broja kućnih ljubimaca u domaćinstvu.



**Slika 21.** Koncentracija žive u zavisnosti od broja kućnih ljubimaca

Ispitivanje koncentracije žive u kućnoj prašini u zavisnosti od broja kućnih ljubimaca u domaćinstvu pokazuje da prisustvo kućnih ljubimaca (1-2), pozitivno utiče na koncentraciju žive, dok je većem broju kućnih ljubimaca (3) manja koncentracija (Slika 21). Koeficijent korelacije je slab.

Na slici 22. grafički je predstavljena koncentracija žive u uzorcima kućne prašine u zavisnosti od broja pušača u domaćinstvu.



**Slika 22.** Koncentracija žive u zavisnosti od broja pušača u domaćinstvu

Ispitivanje koncentracije žive u kućnoj prašini u zavisnosti od broja pušača pokazuje da je broj pušača u domaćinstvu pozitivno uticao na koncentraciju žive (Slika 22.). Koeficijent korelacije slab.

U Tabeli 20. prikazana je povezanost koncentracije žive u kućnoj prašini sa posmatranim parametrima koji mogu uticati na koncentraciju žive u kućnoj prašini.

**Tabela 20.** Povezanost koncentracije žive u kućnoj prašini sa parametrima

Parametri	Sadržaj žive u kućnoj prašini (mg/kg)	Pirsonov koeficijent korelacije (Pearson Correlation)	Povezanost koncentracije žive u kućnoj prašini i navedenih zavisnosti
Starost objekta	$y = -0,0208x + 0,362$	$R = 0,472$	Umerena
Način zagrevanja	$y = -0,1396x + 0,7086$	$R = 0,8803$	Jaka
Broj stanara	$y = 0,0074x + 0,2588$	$R = 0,0142$	Veoma slaba
Površina objekta	$y = 0,0031x + 0,2953$	$R = 0,0091$	Veoma slaba
Građevinski mat.	$y = -0,0331x + 0,393$	$R = 0,4493$	Umerena

Blizina industrijske zone	$y=-0,0137x+0,3043$	R=1	Veoma jaka povezanost
Električni uređaji:	$y=-0,014x+0,3109$	R=0,0592	Veoma slaba
Osvetljenje	$y=-0,0138x+0,3161$	R=0,0302	Veoma slaba
Broj ložišta	$y=0,1185x+0,1083$	R=0,8144	Jaka
Broj ljubimaca	$y=0,0402x+0,1526$	R=0,4017	Slaba
Broj pušača	$y=0,0201x+0,2424$	R=0,2876	Slaba
N-broj ispitanika	64	64	64

Za statistički značajnu povezanost između koncentracije žive u kućnoj prašini sa parametrima, korišćen je Pirsonov koeficijent korelacije (Tabela 20.), (Smernice za interpretaciju visine koeficijenta korelacije), (Guilford, 1978).

Pirsonov koeficijent korelacije ukazuje na slabu korelaciju koncentracije žive u kućnoj prašini sa parametrima, tj. navedenim zavisnostima (Tabela 20.) broj stanara, površina objekta, električni uređaji i osvetljenje. Slaba korelacija je i između broja kućnih ljubimaca, broja pušača u domaćinstvu, dok je jaka od načina zagrevanja objekta i od broja ložišta.

Korišćene su peći za centralno zagrevanje kao primarni izvor toplote u osam kuća (drva i ugalj). U stambenim objektima nisu korišćene naftne peći kao ni gasne, a struja se koristila po potrebi u zavisnosti od korišćenja drugih prostorija i vremenskih uslova kad nije potrebno koristiti čvrsta goriva. Na osnovu sprovedene ankete, drvo se koristi u 46 kuća, a kombinacija drva i ugalj u 10 kuća.

U toku anketiranja broj stanara je 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, a uzrast najstariji domaćin 1934. godišta (87), a najmlađi 2014. godišta (7.god.).

Sva ložišta se nalaze u kući, a ne izvan kuće. Šesnaest objekata poseduje po dva ložišta, a po jedno ložište se nalazi u 44 kuće, dok po tri ložišta se nalaze u četiri kuće.

U Tabeli 21. dat je prikaz meteoroloških uslova prilikom uzorkovanja zemljišta i kućne prašine.

**Tabela 21.** Meteorološki uslovi prilikom uzorkovanja zemljišta i kućne prašine

Godina	Mesec	Dan	T°C	Prosečna vlaga vazduha, %	Atmosferski pritisak. Bar	Padavine, mm
2016	Septembar	22	9°C	100 max 43 min	1020,93 h Pa	2,00
2016	Decembar	5	-4°C	100 max 29 min	1031,27 h Pa	0,00
2017	Mart	7	6°C	100 max 59 min	1004,36 h Pa	0,1
2017	Maj	15	13°C	88 max 53 min	1023,32 h Pa	0,00

Vremenski uslovi uzorkovanja, (temperatura, prosečna vlažnost vazduha (max, min), atmosferski pritisak, padavine) date su po danima uzorkovanja, mesec i godina.

U devetom mesecu zabeležena je magla i kiša prilikom uzorkovanja, dok je u martu bilo kiše, a u maju magla. Rezultati analiza ukazuju, da nije utvrđena statistički značajna korelacija između 4 perioda uzorkovanja na 16 lokacija. Najveća vrednost žive je u martu u 2017. god.

Za potrebe upoređivanja sa MDK u kućnoj prašini korišćen je rad (Rasmussen i sar., 2001). Multielementarne analize kućne prašine se razlikuju značajno od multielementarnih analiza zemljišta okućnice. To znači da se koncentracija žive u prašini u zatvorenom prostoru značajno razlikuje. Podaci sa kojima raspolažemo u gradu Šidu kućna prašina sadrži značajno veće koncentracije žive, nego baštensko zemljište i zemljište okućnice. Na osnovu prikazanih rezultata, rezultata iz tabela 12 i 13, evidentne su značajne razlike između koncentracije žive u kućnoj prašini i koncentracije žive u zemljištu okućnice. Odnos unutrašnjih i spoljašnjih koncentracija varira u širokim granicama od jedne do druge kuće u istom okruženju. (Rasmussen i sar., 2001).

Rezultati analiza žive u kućnoj prašini i zemljištu okućnice, nisu dovoljni da bi se izvukli zaključci o unutrašnjim izvorima kontaminacije unutar kuće, ali, pokazuju da je kućna prašina, poseban višestruki element u odnosu na spoljašnja zemljišta i prašine. Zaključuje se da je prašina nastala unutar same kuće važan izvor izloženosti za mnoge elemente pa i živu (Rasmussen i sar., 2001).

Ovo zapažanje i zaključci rada (Rasmussen i sar., 2001), se razlikuje od drugih studija koje ukazuju na koncentracije od ovih elemenata u kući su istog reda i veličine kao i njihove koncentracije u zemljištu.

Poređenja kućne prašine baštenskog zemljišta i ulične prašine na nivou pojedinačnih prebivališta i na nivou zajednice mogu biti zasnovana na konzistentnoj frakciji veličine čestica od 100 do 250 mikrona (Rasmussen i sar., 2001).

Zanimljivo je da je vrtno zemljište sadržavalo veće koncentracije aluminijuma, barijuma i talijuma od prašine u kući ili na ulici. Srednje geometrijske koncentracije (mg/kg) ovih elemenata u kućnoj prašini/vrtnoj zemlji su bile: olovo 233/42; kadmijum 4,42/0,27; antimon 5,54 / 0,25; živa 1.728/ 0.055; aluminijum 24281/55677; barijum 454/763; i talijum 0,14/0,29. Ulična prašina sadrži niže srednje geometrijske koncentracije od baštenskog zemljišta za 23 od ukupno 32 elementa. Uopšteno, vrednosti koncentracije u zatvorenom i na otvorenom uveliko su varirali od jednog do drugog elementa i od jednog do drugog prebivališta u zajednici. U slučaju Ottave, grada s niskom koncentracijom teške industrije, bilo bi nemoguće tačno, predvidjeti koncentraciju prašine u zatvorenim prostorima na osnovu podataka o spoljašnjem zemljištu. Zaključeno je da prašina koja se stvara iz izvora unutar same kuće može značajno doprineti izloženosti određenim elementima, kao što su olovo, kadmijum, antimon i živa. Na osnovu dostupnih podataka, ukazuju na izražene razlike u koncentracijama žive između prašine u zatvorenom prostoru i zemljišta.

Nedostaju podaci i istraživanja koja ukazuju na poreklo ove kontaminacije.

.

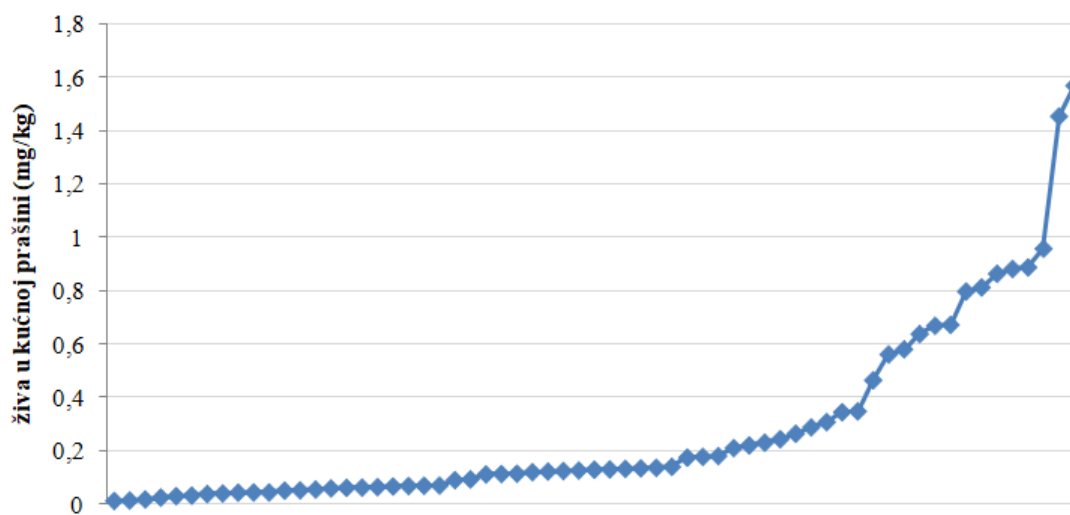
## 4.5. Hemometrijska analiza podataka

### 4.5.1. Deskriptivna statistika-Provera hipoteza primenom Kruskal Wallis test-a i korelacija

#### 4.5.1.1. Hipoteza 1: U kućnoj prašini mogu biti zastupljene različite koncentracije žive

Rezultati istraživanja ukazuju na prisustvo žive u uzorcima kućne prašine na posmatranim lokacijama u naseljenom mestu Šid. Prosečna koncentracija žive u kućnoj prašini izmerenoj na odabranim lokacijama bila je  $0,28 \pm 0,34$  mg/kg, dok medijana iznosi 0,13 mg/kg. Vrednost standardne devijacije ukazuje na visoku varijabilnost dobijenih rezultata, odnosno, na to da su podaci raspršeni oko prosečne vrednosti. Minimalna koncentracija žive u uzorcima kućne prašine iznosi 0,01 mg/kg, a maksimalna 1,57 mg/kg.

Na slici 23. predstavljen je grafikon distribucije koncentracije žive u kućnoj prašini.



AS= 0,28mg/kg  
SD= 0,34mg/kg

Slika 23. Grafikon distribucije koncentracije žive u kućnoj prašini (mg/kg)

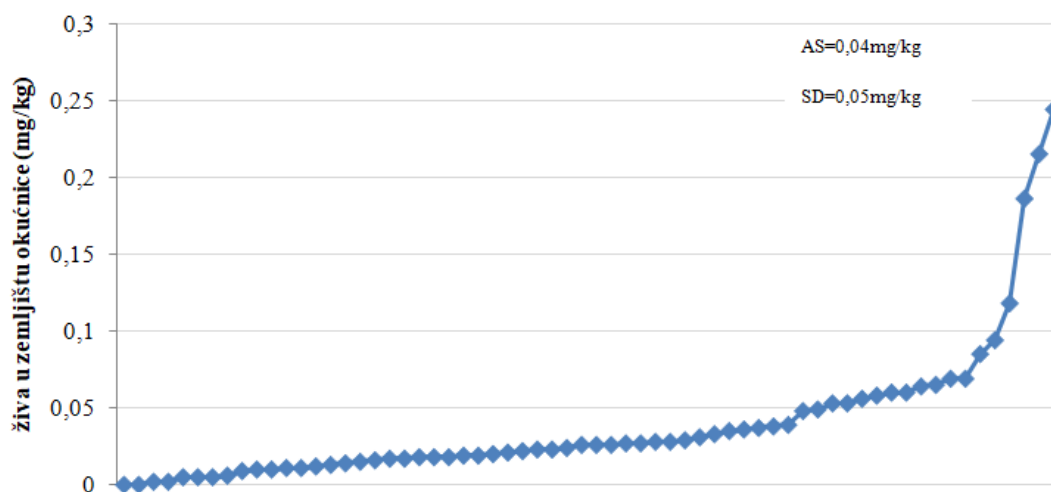
Na osnovu prikazanih rezultata istraživanja sadržaja žive u uzorcima kućne prašine, utvrđeno je prisustvo žive, hipoteza 1 je prihvaćena.



#### 4.5.1.2. Hipoteza 2: U zemljištu okućnice zastupljena je živa

Rezultati istraživanja ukazuju na prisustvo žive u uzorcima zemljišta okućnice uzetih sa odabranih lokacija u naseljenom mestu Šid. Prosečna koncentracija žive u zemljištu okućnice iznosi  $0,04 \pm 0,05$  mg/kg, dok je medijana 0,03 mg/kg. Vrednost standardne devijacije ukazuje na visoku varijabilnost dobijenih rezultata, odnosno, da su podaci raspršeni oko prosečne vrednosti. Minimalna vrednost iznosi 0,00 mg/kg, a maksimalna 0,24 mg/kg.

Na slici 24. predstavljen je grafikon distribucije koncentracije žive u zemljištu okućnice.



**Slika 24.** Grafikon distribucije koncentracije žive u zemljištu okućnice (mg/kg)

AS=0,04mg/kg  
SD=0,05mg/kg

Na osnovu prikazanih rezultata istraživanja sadržaja žive u uzorcima zemljišta okućnica, utvrđeno je prisustvo žive, hipoteza 2 je prihvaćena.

#### 4.5.1.3. Hipoteza 3: Koncentracija žive u kućnoj prašini je u pozitivnoj korelaciji sa koncentracijom u okućnici

Da bi se utvrdilo da li postoji statistički značajna korelacija između koncentracije žive u kućnoj prašini sa koncentracijom žive u zemljištu okućnice korišćen je Pirsonov koeficijent korelacije.

**Tabela 22.** Korelacija koncentracije žive u kućnoj prašini i zemljištu okućnice

		Živa u zemljištu okućnice
Živa u kućnoj prašini	Pearson Correlation	0,130
	Sig.	0,312
	N	63

Napomena: Pearson Correlation – statistik, Sig. – statistička značajnost, N – broj ispitanika

\*\* Korelacija je značajna na nivou 0.01.

\*Korelacija je značajna na nivou 0.05.

U tabeli 22. je prikazan koeficijent korelacije između koncentracije žive u uzorcima kućne prašine i zemljištu okućnice. Rezultati korelacione analize ukazuju na to da između koncentracije žive u kućnoj prašini i dvorištu okućnice ne postoji statistički značajna povezanost ( $r=0,130$ ,  $Sig=0,312 \geq 0,05$ ).

Na osnovu korelacione analize sadržaja žive u kućnoj prašini i zemljištu okućnica hipoteza 3 je odbačena.

#### 4.5.1.4. Hipoteza 4: Koncentracija žive u zemljištu okućnice je veća od MDK u zemljištu

Prosečna koncentracija žive u zemljištu okućnice izmerenoj na 63 objekta iznosi  $0,04 \pm 0,05$  mg/kg. Vrednost standardne devijacije ukazuje na visoku varijabilnost dobijenih rezultata, odnosno, da su podaci raspršeni oko prosečne vrednosti. Minimalna vrednost iznosi

0,00 mg/kg, a maksimalna 0,24 mg/kg. Maksimalno dozvoljena koncentracija žive za zemljište u Republici Srbiji iznosi od 0,3 do 1 mg/kg. Dakle, koncentracija žive u zemljištu okućnice nije veća od MDK u zemljištu.

Na osnovu rezultata istraživanja koncentracije žive u zemljištu na posmatranim lokacijama nije veća od MDK, hipoteza 4 je odbačena.

*4.5.1.5. Hipoteza 5: Koncentracija žive u kućnoj prašini veća od MDK u kućnoj prašini*

U Republici Srbiji maksimalna dozvoljena koncentracija za živu u kućnoj prašini nije definisana pravnim aktom, iz tog razloga je za potrebe upoređivanja sa MDK u kućnoj prašini korišćen je rad Rasmussen i sar., 2001.

Multielementarne analize kućne prašine se razlikuju značajno od multielementarnih analiza zemljišta okućnice. To znači da se koncentracija žive u prašini u zatvorenom prostoru značajno razlikuje. Na osnovu prikazanih rezultata istraživanja za grad Šid, kućna prašina sadrži značajno veće koncentracije žive, nego zemljište okućnice. U Tabeli 23. upoređene su koncentracije žive (mg/kg) u kućnoj prašini stambenih objekata i zemljišta okućnica u Šidu. Prosečna koncentracija žive u kućnoj prašini izmerenoj u odabranim objektima iznosi  $0,28 \pm 0,34$  mg/kg. Vrednost standardne devijacije ukazuje na visoku varijabilnost. Na osnovu rezultata prikazanih u radu Rasmussen i sar., 2001, zaključuje se da je koncentracija žive u kućnoj prašini viša od MDK.

**Tabela 23.** Ukupne koncentracije žive (mg/kg) u kućnoj prašini stambenih objekata i zemljištu okućnica u Šidu

	Hg (mg/kg)

Izvor	Min vrednost	Max vrednost	Medijana	Prosečna vrednost	Standardna devijacija
Kućna prašina	0,01	1,57	0,13	0,28	0,34
Zemljište okućnica	0,00	0,24	0,03	0,04	0,05

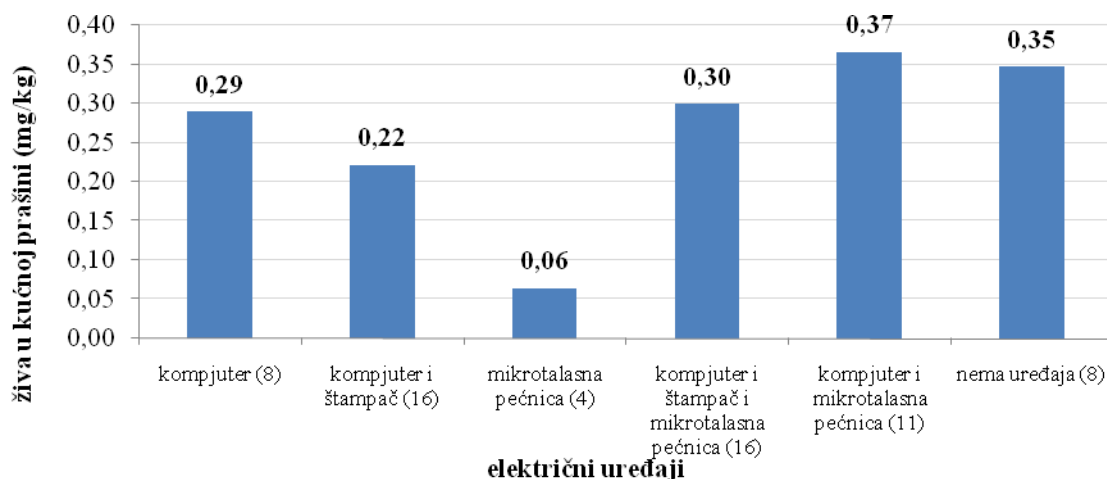
Na osnovu prikazanih rezultata iz Tabele 23., evidentne su značajne razlike između koncentracije žive u kućnoj prašini i koncentracije žive u zemljištu okućnice. Odnos unutrašnjih i spoljašnjih koncentracija varira u širokim granicama od jedne do druge kuće u istom okruženju (Rasmussen i sar., 2001).

Sadržaj žive u kućnoj prašini je mnogo viši od okolnog zemljišta i kretao se u intervalu od 0,01 do 1,57 sa medijana vrednošću 0,13 mg/kg. Dobijene vrednosti žive u kućnoj prašini imaju statistički značajan veći raspon u odnosu na zemljište. Sadržaj žive je mnogo veći u kućnoj prašini u odnosu na zemljište.

Rezultati analiza žive u kućnoj prašini i zemljištu okućnice, nisu dovoljni da se izvuku zaključci o unutrašnjim izvorima kontaminacije unutar kuće. Ali pokazuju da je kućna prašina, poseban višestruki element u odnosu na spoljašnja zemljišta i prašine. Iz toga se zaključuje da je prašina nastala unutar same kuće važan izvor izloženosti za mnoge elemente pa i živu. (Rasmussen i sar., 2001).

Na osnovu prikazanih rezultata istraživanja i proređenjem sa rezultatima iz literature hipoteza 5 je prihvaćena. Koncentracija žive u kućnoj prašini je veća od maksimalno dozvoljene koncentracije na osnovu konsultovane literature (Rasmussen i sar., 2001), jer u Republici Srbiji ne postoji pravni akt kojim je MDK za Hg u kućnoj prašini regulisana.

4.5.1.6. Hipoteza 6: Osnovni izvor koncentracije žive u kućnoj prašini uslovljen je prisustvom žive u različitim elektronskim uređajima



Na x osi je u zagradi naveden broj električnih uređaja.

**Slika 25.** Grafički prikaz prosečne koncentracije žive u kućnoj prašini u odnosu na broj električnih uređaja u kući

Uvidom u grafički prikaz koncentracije žive u kućnoj prašini u odnosu na broj električnih uređaja u kući (slika 25) može se uočiti da su koncentracije žive približno jednake (kreću se u intervalu od 0,30 do 0,37 mg/kg) u onim stambenim jedinicama koje poseduju samo računar, računar, štampač i mikrotalasnu pećnicu ili računar i mikrotalasnu pećnicu i onih u kojima nema uređaja.

Nešto niže koncentracije zabeležene su u kućama sa računarom i štampačem (0,22 mg/kg), kao i u kućama koje imaju samo mikrotalasnu pećnicu (0,06 mg/kg). Prilikom poređenja koncentracije žive u odnosu na električne uređaje, treba imati u vidu nejednaku zastupljenost električnih uređaja u merenim objektima.

**Tabela 24.** Poređenje koncentracije žive u objektima sa različitim električnim uređajima

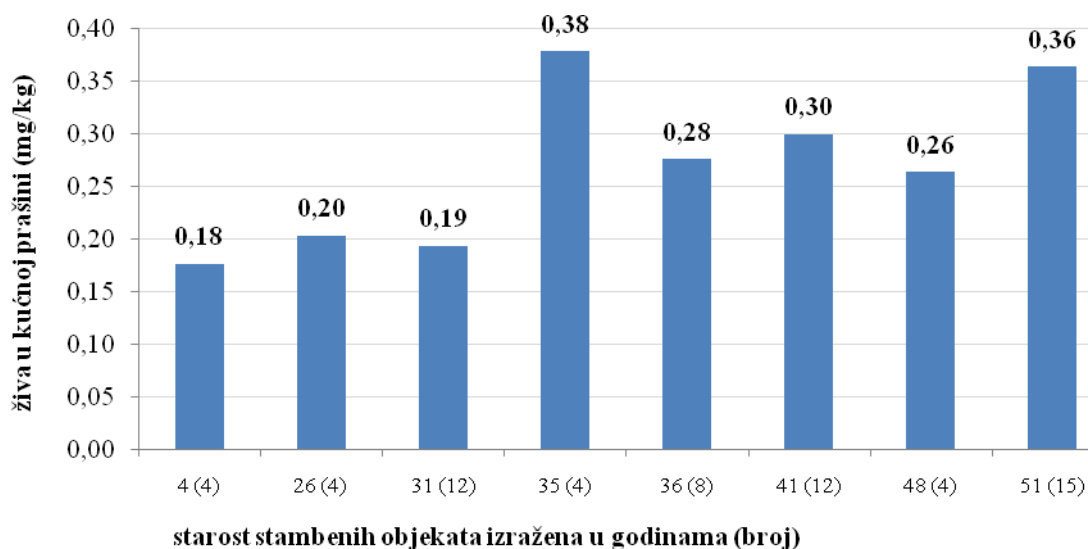
Električni uređaj	Hg (mg/kg)				
	Md	N	$\chi^2$	Df	P
računar	0,15	8			
računar i štampač	0,13	16			
mikrotalasna pećnica	0,06	4			
računar i štampač i mikrotalasna pećnica	0,09	16	6,380	5	0,271
računar i mikrotalasna pećnica	0,21	11			
nema uređaja	0,22	8			

Napomena: Md - medijana, N – broj ispitanika,  $\chi^2$  – statistik, df – stepeni slobode, p – statistička značajnost

Kruskal-Wallis H test je ukazuje da ne postoji statistički značajna razlika u koncentraciji žive u različitim električnim uređajima  $\chi^2(5, N=63)=6,380, p=0,271$ .

Na osnovu analize rezultata sadržaja žive u kućnoj prašini usled prisustva električnih uređaja (računar, štampač i mikrotalasna pećnica) Kruskal-Wallis H testom hipoteza 6 je odbačena.

#### 4.5.1.7. Hipoteza 7: Koncentracija žive u kućnoj prašini je u funkciji starosti objekta

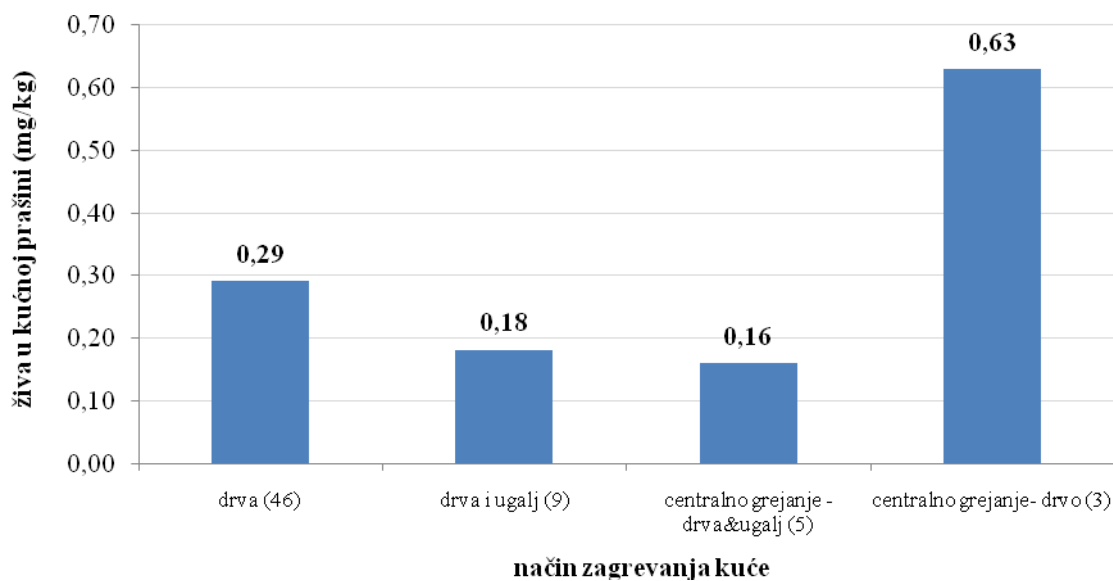


**Slika 26.** Grafički prikaz koncentracije žive u kućnoj prašini u odnosu na starost objekta

Na slici 26. grafički je predstavljena koncentracija žive u kućnoj prašini u odnosu na starost stambenog objekta. Koncentracije žive su približno jednake za objekte starosti 4, 26 i 31 godinu i kreću se oko 0,20 mg/kg. Kuće starosti 36, 41 i 48 godina starosti imaju koncentraciju žive od 0,26 do 0,30 mg/kg. Objekti starosti 35 i 51 godinu imaju koncentraciju žive od 0,36 do 0,38 mg/kg. Prilikom poređenja koncentracije žive u odnosu na starost objekta, treba imati u vidu nejednaku zastupljenost objekata u pogledu starosti. Na x osi je u zagradi naveden broj objekata za svaku starosnu godinu.

Na osnovu rezultata istraživanja koncentracije žive u kućnoj prašini i starosti objekta ne postoji pozitivna korelacija, hipoteza 7 je odbačena.

#### 4.5.1.8. Hipoteza 8: Način zagrevanja kuće utiče na koncentraciju žive



**Slika 27.** Grafički prikaz koncentracije žive u kućnoj prašini u odnosu na način zagrevanja kuće

Najveće koncentracije žive se javljaju u kućama koje imaju centralno grejanje (0,63 mg/kg). Nešto niže koncentracije se beleže u kućama koje se greju na drva (0,29 mg/kg), a približno jednake koncentracije u kućama koje se greju kombinovano na drva i ugalj (0,18 mg/kg) ili imaju centralno grejanje na drva i ugalj (0,16 mg/kg).

Prilikom poređenja koncentracije žive u odnosu na način grejanja kuće, treba imati u vidu nejednaku zastupljenost objekata u pogledu načina grejanja. Naime, 70% kuća se greje na drva. Na slici 4.16 na x osi je u zagradi naveden broj objekata za različit tip grejanja, primećuje se da je najzastupljeniji način zagrevanja objekta pećima na drva, zatim kombinovanim zagrevanjem drva i ugalj.

U tabeli Tabela 25. upoređene su koncentracije žive u objektima u odnosu na različit način zagrevanja objekta.

**Tabela 25.** Poređenje koncentracije žive u objektima u odnosu na različit način zagrevanja

Parametar	Md	N	$\chi^2$	Df	P
-----------	----	---	----------	----	---



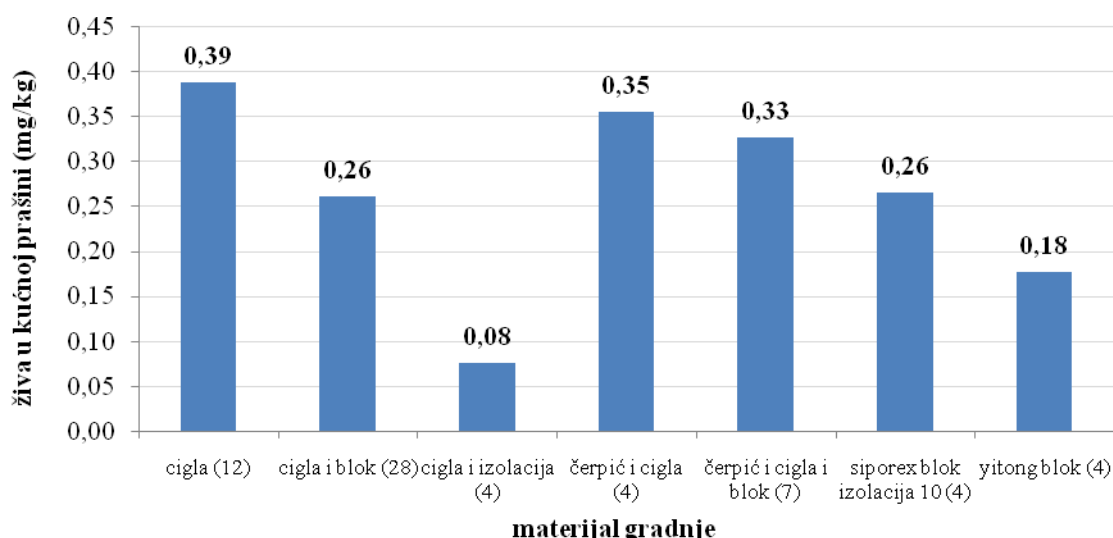
koncentracija žive						
Drva	0,13	46				
drva i ugalj	0,13	9				
centralno grejanje (drva i ugalj)	0,10	5	3,609	3	0,307	
centralno grejanje (drva)	0,35	3				

Napomena: Md - medijana, N – broj ispitanika,  $\chi^2$  – statistik, df – stepeni slobode, p – statistička značajnost

Kruskal-Wallis H test je otkrio da ne postoji statistički značajna razlika u koncentraciji žive u objektima koji se greju na različita goriva  $\chi^2 (3, N=63)=3,609, p=0,307$ .

Na osnovu analize rezultata sadržaja žive u kućnoj prašini u odnosu na način zagrevanja objekta Kruskal-Wallis H testom hipoteza 8 je odbačena.

4.5.1.9. *Hipoteza 9: Više koncentracije žive mogu se pronaći kod kuća od mekog materijala (čerpić ili naboj)*



**Slika 28.** Grafički prikaz koncentracije žive u kućnoj prašini u odnosu na materijal gradnje

Na osnovu grafičkog prikaza na slici 28, primećuje da se najveće koncentracije žive javljaju u kućama koje su sagrađene od: a) cigle, b) čerpića i cigle i v) čerpića, cigle i bloka (vrednosti se kreću od 0,33 do 0,39 mg/kg). Na x osi je u zagradi naveden broj objekata za različite materijale od kojih su objekti sagrađeni.

Podjednake su vrednosti žive u kućama građenim od cigle i bloka i onih od siporex blok izolacije 10 (0,26 mg/kg). Najniže koncentracije žive su u objektima od cigle i izolacije (0,08 mg/kg). Prilikom poređenja koncentracije žive u odnosu na materijal gradnje, treba imati u vidu nejednaku zastupljenost objekata u pogledu materijala od kojih su sagrađeni. Naime, gotovo polovina kuća je sagrađena od cigle i bloka.

U tabeli Tabela 26. upoređene su koncentracije žive u objektima u odnosu na različit materijal gradnje.

**Tabela 26.** Poređenje koncentracije žive u objektima u odnosu na različit materijal gradnje

Parametar	Md	N	$\chi^2$	Df	P
koncentracija žive					

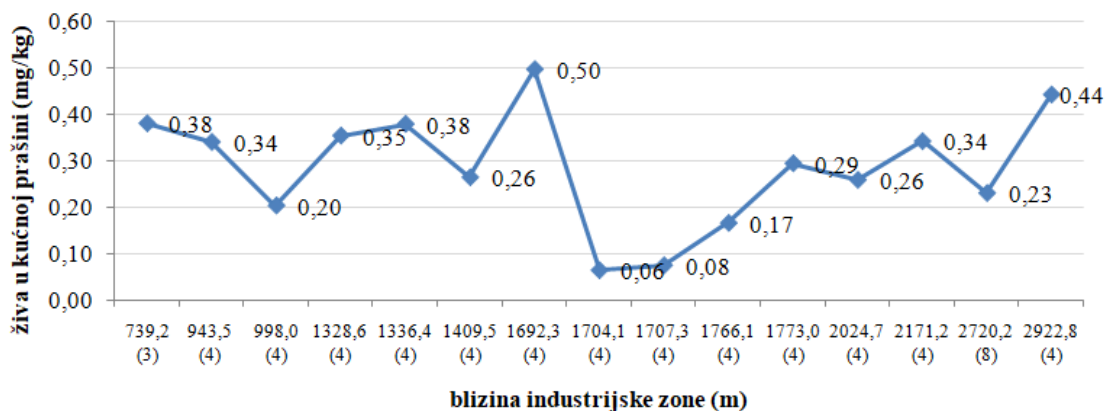
Cigla	0,16	12			
cigla i blok	0,13	28			
cigla i izolacija	0,08	4			
čerpić i cigla	0,35	4	4,698	6	0,583
čerpići i cigla i blok	0,21	7			
šiporex blok izolacija 10	0,07	4			

Napomena: Md - medijana, N – broj ispitanika,  $\chi^2$  – statistik, df – stepeni slobode, p – statistička značajnost

Kruskal-Wallis H test je otkrio da ne postoji statistički značajna razlika u koncentraciji žive u objektima u odnosu na materijal gradnje  $\chi^2(6, N=63)=4,698, p=0,583$ .

Na osnovu analize rezultata sadržaja žive u kućnoj prašini u odnosu na material gradnje objekta Kruskal-Wallis H testom hipoteza 9 je odbačena.

#### 4.5.1.10. Hipoteza 10: Udaljenost industrijske zone utiče na koncentraciju žive u kućnoj prašini



**Slika 29.** Grafički prikaz koncentracije žive u kućnoj prašini u odnosu na blizinu industrijske zone

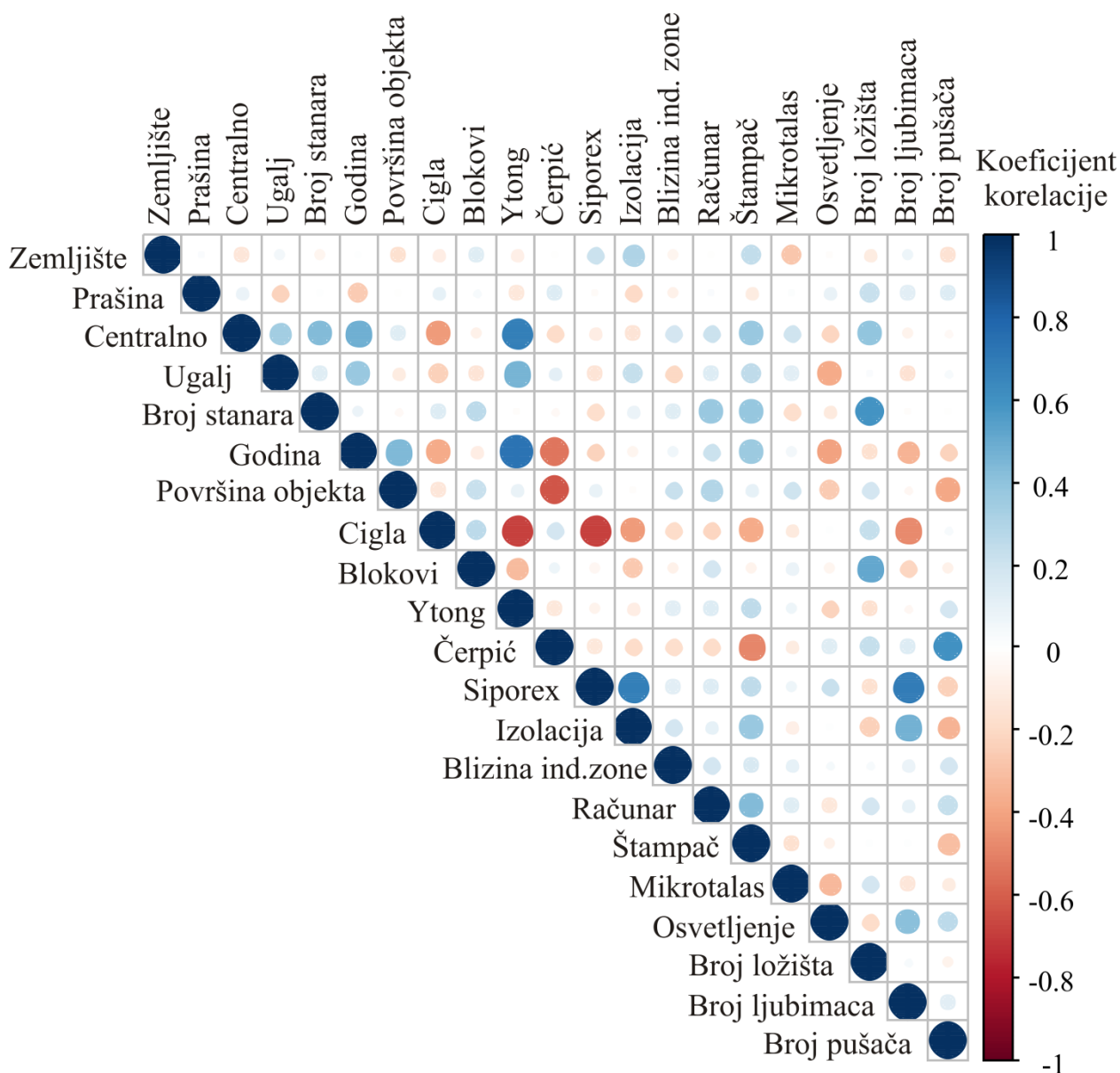
Na osnovu grafičkog prikaza na slici 29, najveće koncentracije žive javljaju se u kućama čija je udaljenost 1692,3m od industrijske zone (0,50 mg/kg), kao i u onim kućama čija je udaljenost 2922,8m (0,44 mg/kg). Najniža koncentracija žive je u objektima čija udaljenost od industrijske zone iznosi 1704,1m (0,06 mg/kg) i 1707,3m (0,08 mg/kg). Na x osi je u zagradi naveden broj objekata za različite udaljenosti od industrijske zone.

Na osnovu rezultata koncentracije žive u kućnoj prašini u odnosu na blizinu industrijske zone hipoteza 10 je odbačena.

#### 4.5.2. Korelaciona analiza (Colour Correlation analysis)

Na slici 30 prikazan je dijagram korelacija, izražen pomoću boja, između svih posmatranih odziva. Vrednosti koeficijenata korelacije između dva odziva su vizuelno

predstavljene bojom (plava boja za pozitivnu i crvena boja za negativnu korelaciju) i veličinom krugova (veća veličina kruga označava veću korelaciju).



**Slika 30.** Korelacioni dijagram između posmatranih odziva i sadržaja Hg u zemljištu i kućnoj prašini

Na osnovu rezultata korelacione analize ne postoji visok nivo pozitivne korelacije između sadržaja Hg u zemljištu i sadržaja Hg u kućnoj prašini, vrste građevinskog materijala (blokova, Siporex, izolacije), štampača i broja ljubimaca. Rezultati takođe pokazuju negativnu korelaciju između sadržaja Hg u zemljištu i centralnog grejanja, površine objekta, građevinskog materijala (cigle, Ytong blokova), blizine industrijske zone, mikrotalasne, osvetljenja, broja ložišta i broja pušača.

Sa slike 30. uočljivo je da ne postoji visok nivo pozitivne korelacije između sadržaja Hg u kućnoj prašini i sadržaja Hg u zemljištu, centralnog grejanja, broja stanara, površine objekta, cigle i blokova, čerpić-a, Siporex-a, upotrebe računara i mikrotalasne, osvetljenja, broja ložišta, broja kućnih ljubimaca i broja pušača. Primetna je negativna korelacija između sadržaja Hg u kućnoj prašini i uglja, godine, Ytong-a, izolacije i upotrebe štampača.

Ovi rezultati potvrđuju prethodno, individualno diskutovane odzive.

#### **4.5.3. Analiza glavnih komponentata (eng. Principal component analyses - PCA)**

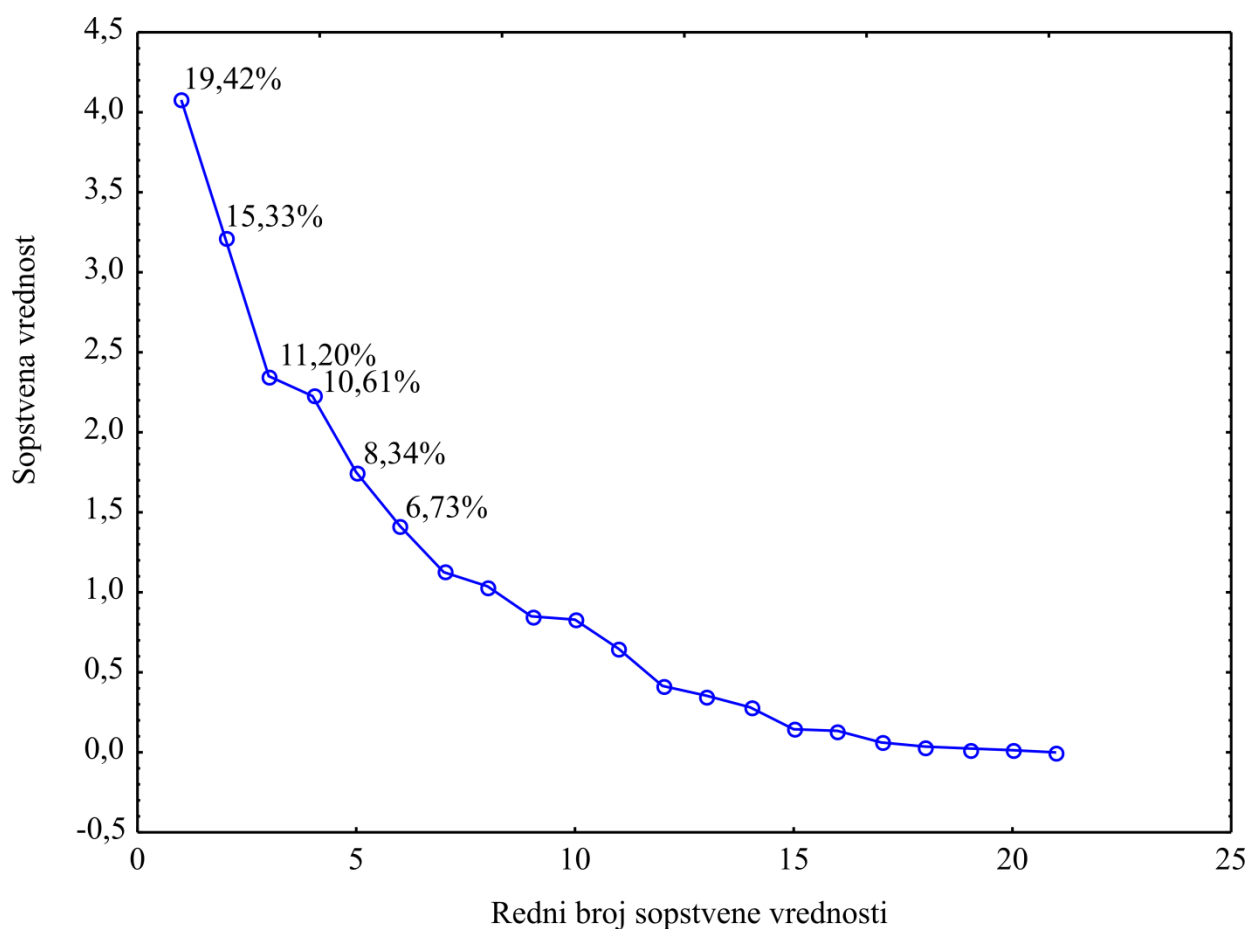
Analiza glavnih komponentata je ortogonalna transformacija, koja je upotrebljena za vizuelno predstavljanje i razvrstavanje eksperimentalnih rezultata (monitoringom potencijalnih korelacija među sekcijama podataka) u faktorskoj ravni na bazi ishoda eksperimentalnih merenja. PCA pruža mogućnost da se u velikoj meri redukuje broj promenljivih, prepozna i evaluira prikrivena matrica unutar posmatranih veličina i odzivnih promenljivih.

Blizina tačaka, koje simbolizuju posmatrane uzorke, u biplot PCA dijagramu sugerišu sličnost uzoraka na osnovu eksperimentalnih vrednosti. Kada glavne komponente opisuju značajniji deo ukupne varijanse, tada su i merene vrednosti na osnovu eksperimentalnih podataka slične za geometrijski geometrijski blize uzorke na PCA grafiku.

Analiza glavnih komponentata je primenjena za ispitivanje odnosa između posmatranih parametara i sadržaja Hg u uzorcima kućne prašine i zemljišta okućnica, kao i za grupisanje uzoraka prema sličnosti po posmatranim parametrima u faktorskoj ravni. Za PCA modelovanje su upotrebljeni eksperimentalni podaci.

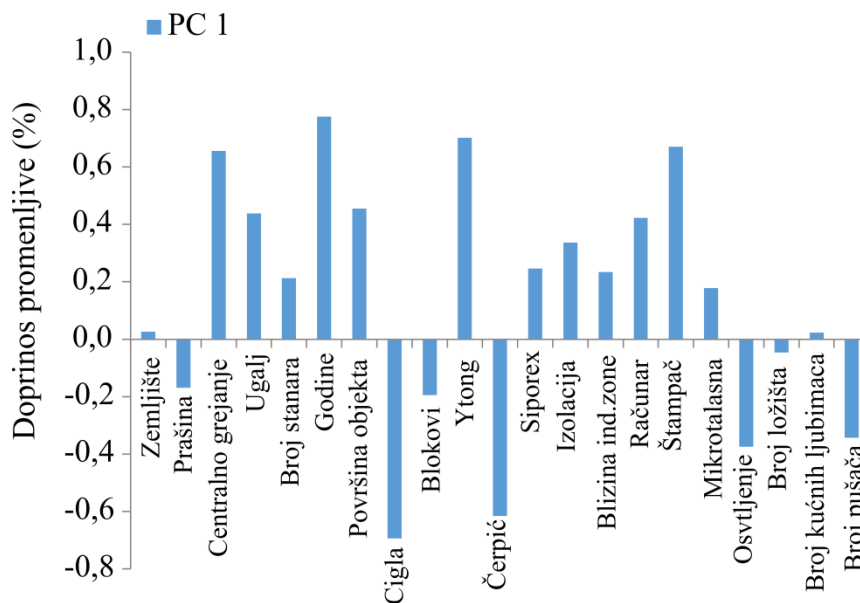
Na slici 31. prezentovan je "Scree" dijagram sa sopstvenim vrednostima matrice na ordinatnoj osi i rednim brojevima sopstvena koordinata na apscisi. Tačke na dijagramu opisuju procenat varijanse za svaku sopstvenu vrednost.

Sa slike 31. zapaža se da prvih šest faktorskih koordinata prikazuju 71,63% ukupne varijabilnosti, što se smatra adekvatnim za prikaz celokupne varijabilnosti posmatranih odziva, jer je zbir veći od 70%.



**Slika 31.** Varijabilnost faktorskih koordinata

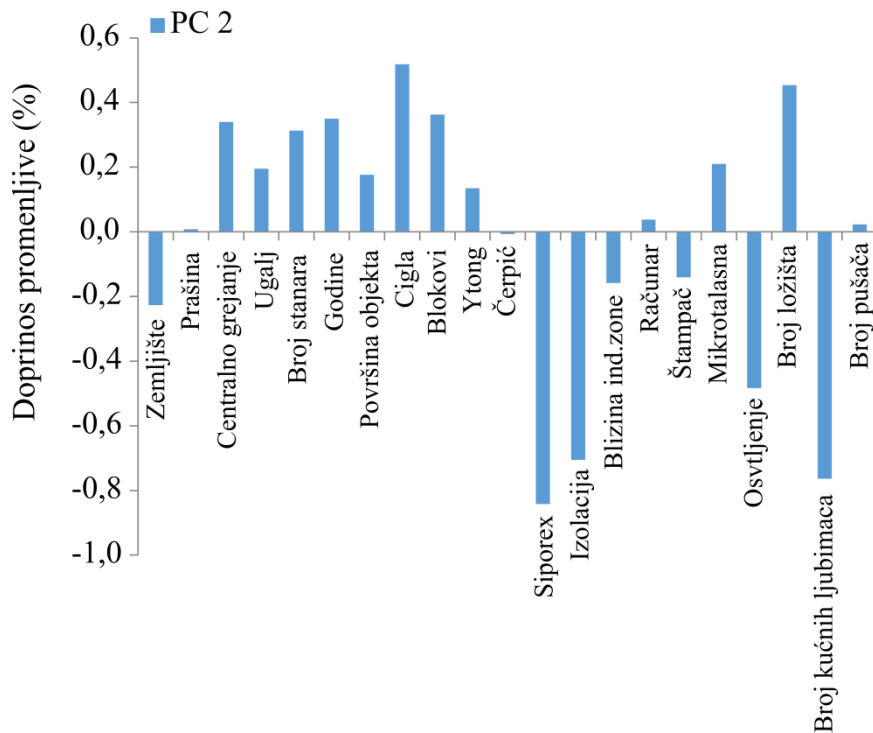
Na slici 32 prikazan je doprinos promenljivih na izračunavanje prve faktorske koordinate u PCA analizi. Doprinos svake promenljive može da bude negativan ili pozitivan, što se određuje u odnosu na položaj bara u odnosu na ordinatnu osu na grafiku. Na izračunavanje prve faktorske kordinate pozitivno su uticale promenljive: broj stanara (21,31%), godina tj starost objekta (77,55%), Ytong (70,13%), štampač (67,06%), centralno grejanje (65,61%), površina objekta (45,45%), računar (42,21%), izolacija (33,67%), Siporex (24,62%), blizina industrijske zone (23,39%), mikrotalasna (17,80%) i broj kućnih ljubimaca (2,3%). Najveći negativan doprinos za izračunavanje prve faktorske kordinate imale su sledeće promenljive: cigla (69,39%), čerpić (61,37%), osvetljenje (37,42%) i broj pušača u domaćinstvu (34,32%).



**Slika 32.** Doprinos promenljivih na izračunavanje prve faktorske koordinate

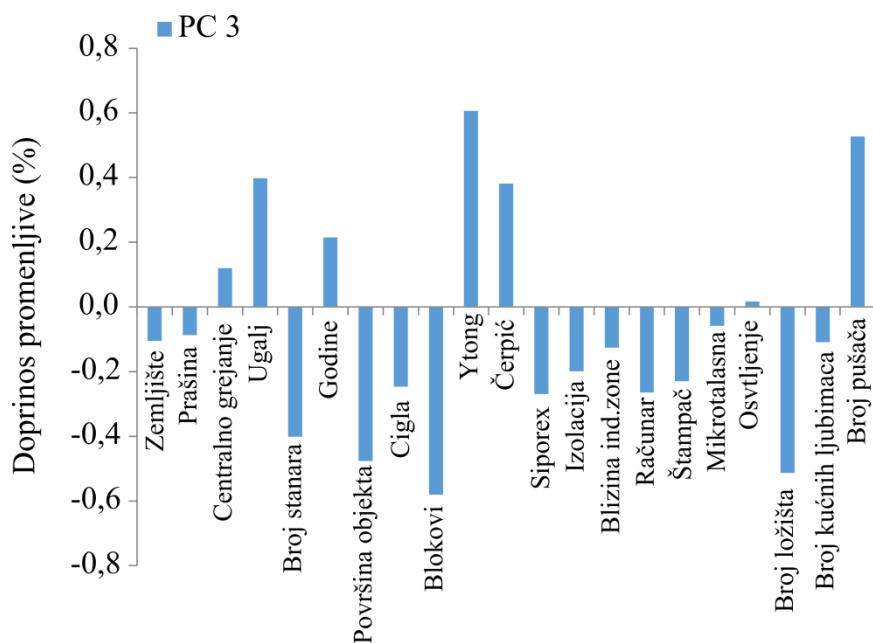
Na slici 33. prikazan je doprinos promenljivih na izračunavanje druge faktorske koordinate u PCA analizi. Može se uočiti da su na izračunavanje druge faktorske koordinate pozitivno su uticale promenljive: cigla (51,79%), broj ložišta (45,37%), blokovi (36,27%), godina (35,03%), centralno grejanje (34,04%), broj stanara (31,32%), mikrotalasna (21,02%), ugalj (19,55%), površina objekta (17,64%), Ytong (13,44%), računar (3,76%), i broj pušača (2,26%). Najveći negativan doprinos za izračunavanje druge faktorske koordinate imale su sledeće promenljive: Siporex (84,16%), broj kućnih ljubimaca u domaćinstvu (76,35%), izolacija objekta (70,56%), i osvetljenje prostorije (48,33%).





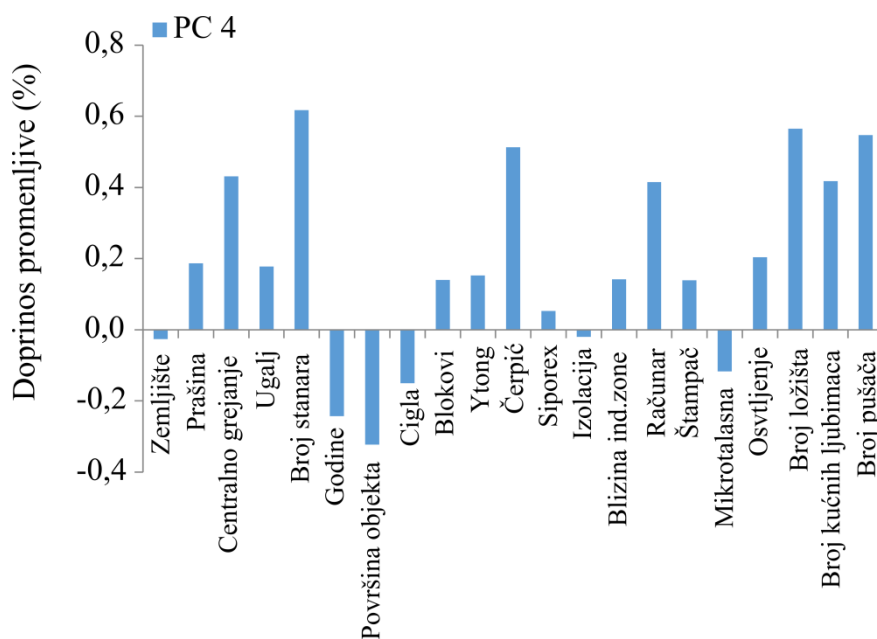
**Slika 33.** Doprinos promenljivih na izračunavanje druge faktorske koordinate

Na slici 34. prikazan je doprinos promenljivih na izračunavanje treće faktorske koordinate u analizi glavnih komponentata. Trećoj faktorskoj kordinati pozitivno su doprinele promenjive: cetralno grejanje (12,02%), ugalj (39,86%), godina (21,50%), Ytong (60,61%), čerpić (38,11%) i broj pušača (52,71%). Najveći negativan doprinos izračunavanju treće faktorske kordinate imale su sledeće promenjive: blokovi (84,16%), broj ložišta u domaćinstvu (76,35%), površina objekta (70,56%), i broj stanara (48,33%).



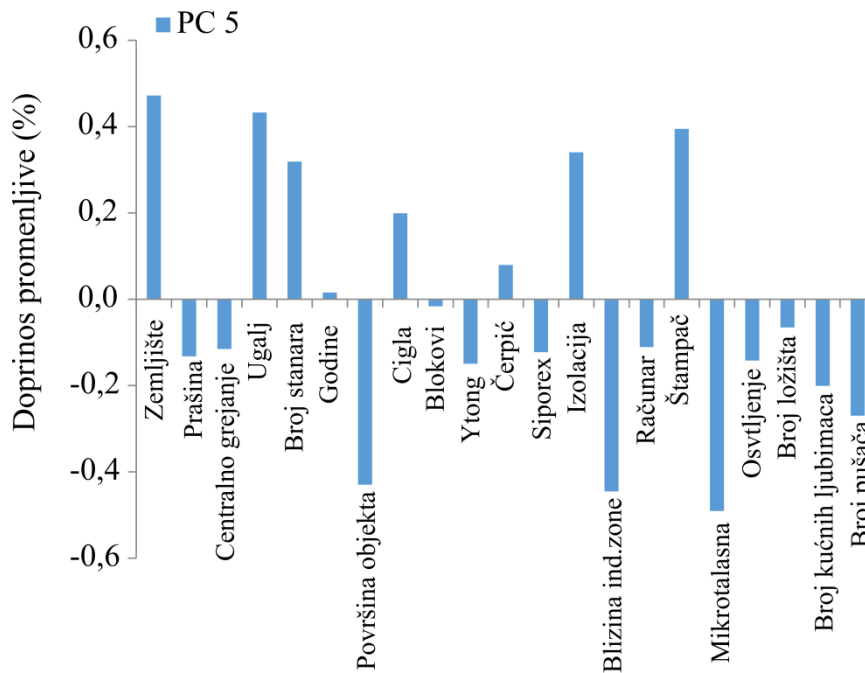
**Slika 34.** Doprinos promenljivih na izračunavanje treće faktorske koordinate

Na slici 35. prikazan je doprinos promenljivih na izračunavanje četvrte faktorske koordinate u PCA analizi. Izračunavanju četvrte faktorske koordinate pozitivno su doprinele promenjive: prašina (18,63%), centralno grejanje (43,08%), ugalj (17,74%), broj stanara (61,70%), blokovi (14,01%), Ytong (15,27%), čerpić (51,25%), Siporex (5,26%), blizina industrijske zone (14,20%), računar (41,53%), štampač (13,88%), osvetljenje (20,36%), broj ložišta (56,46%), broj kućnih ljubimaca (41,76%) i broj pušača (54,72%).

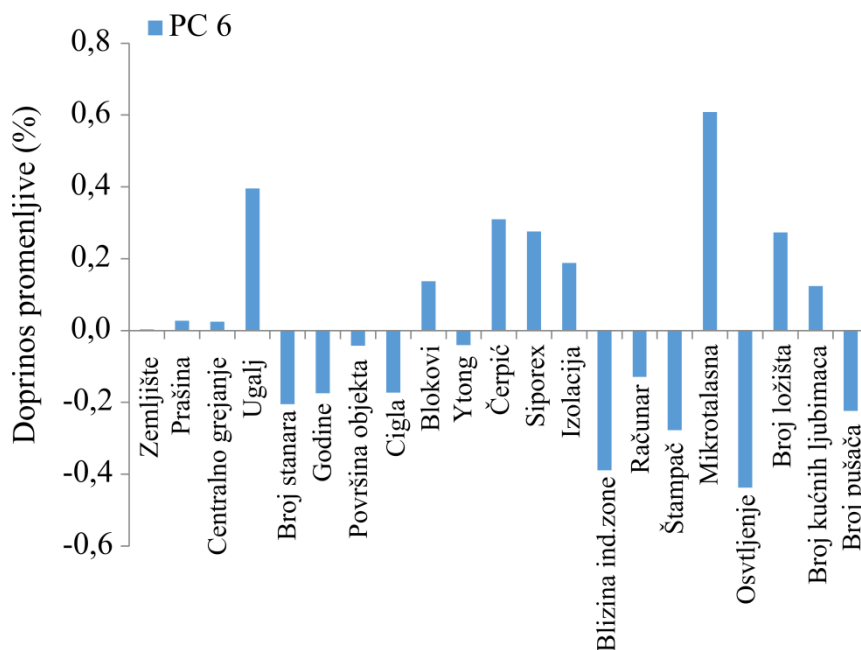


**Slika 35.** Doprinos promenljivih na izračunavanje četvrte faktorske koordinate

Na slici 36. prikazan je doprinos promenljivih na izračunavanje pete faktorske koordinate u analizi glavnih komponenta. Primetan je pozitivan doprinos izračunavanju pete faktorske koordinate sledećih promenljivih: zemljište (47,18%), ugalj (43,26%), broj stanara (31,90%), godina (1,54%), cigla (19,89%), čerpić (7,93%), izolacija (34,00%) i štampač (39,45%).

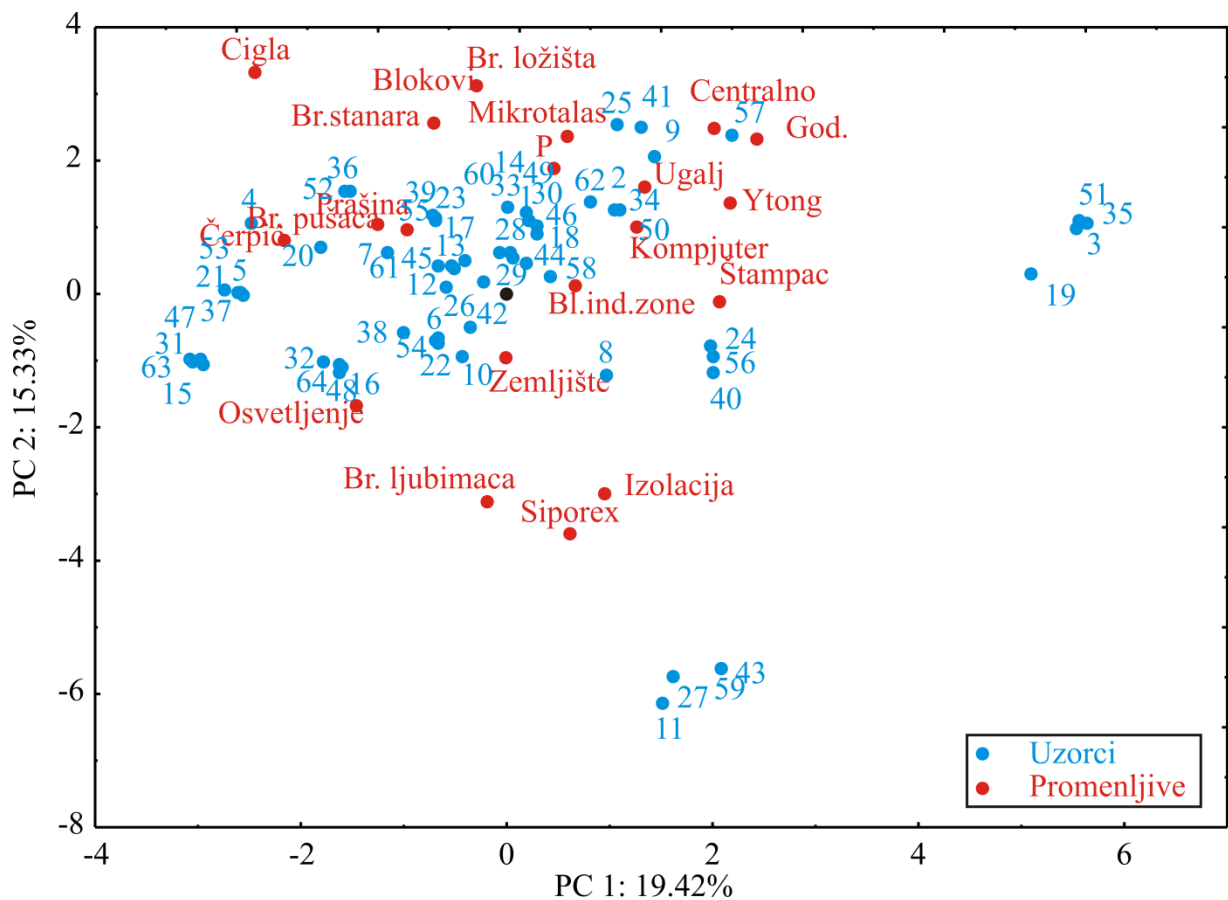


**Slika 36.** Doprinos promenljivih na izračunavanje pete faktorske koordinate



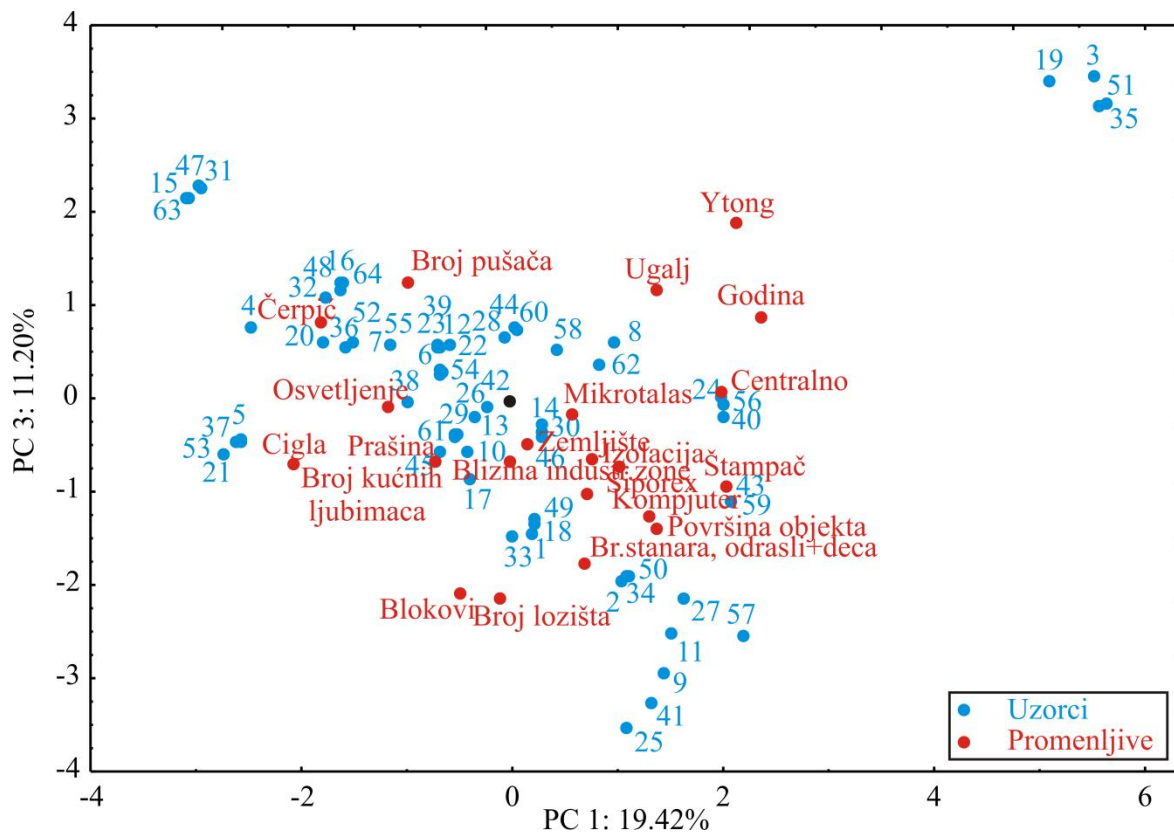
**Slika 37.** Doprinos promenljivih na izračunavanje šeste faktorske coordinate

Na slici 37. prikazan je doprinos promenljivih na izračunavanje šeste faktorske koordinate u PCA analizi. Izračunavanju šeste faktorske kordinate pozitivno su doprinele promenjive: prašina (18,63%), centralno grejanje (43,08%), ugalj (17,74%), blokovi (14,01%), čerpić (51,25%), Siporex (5,26%), izolacija (14,20%), mikrotalasna (41,53%), broj ložišta (56,46%), broj kućnih ljubimaca (41,76%) i broj kućnih ljubimaca (54,72%).



**Slika 38.** Biplot grafik za PCA analizu, prva faktorska ravan, PC1-PC2

Na slici 38 je prikazan raspored polova (promenljivih) i uzoraka u faktorskoj ravni, prve dve glavne komponente, PC1 i PC2. U smeru rasta polova, tj udaljavanjem od centra grafika, rastu i vrednosti datih promenljivih za posmatrane uzorke sadržaja Hg u kućnoj prašini i zemljištu okućnica. Na uzorke sa leve strane više su uticali način grejanja, starost objekta, električni uređaji, blizina industrijske zone, a na uzorke sa leve strane grafika, u većoj meri su uticali građevinski materijali objekta, broj pušaca, broj stanara i osvetljenje objekta.



**Slika 39.** Biplot grafik za PCA analizu, druga faktorska ravan, PC1-PC3

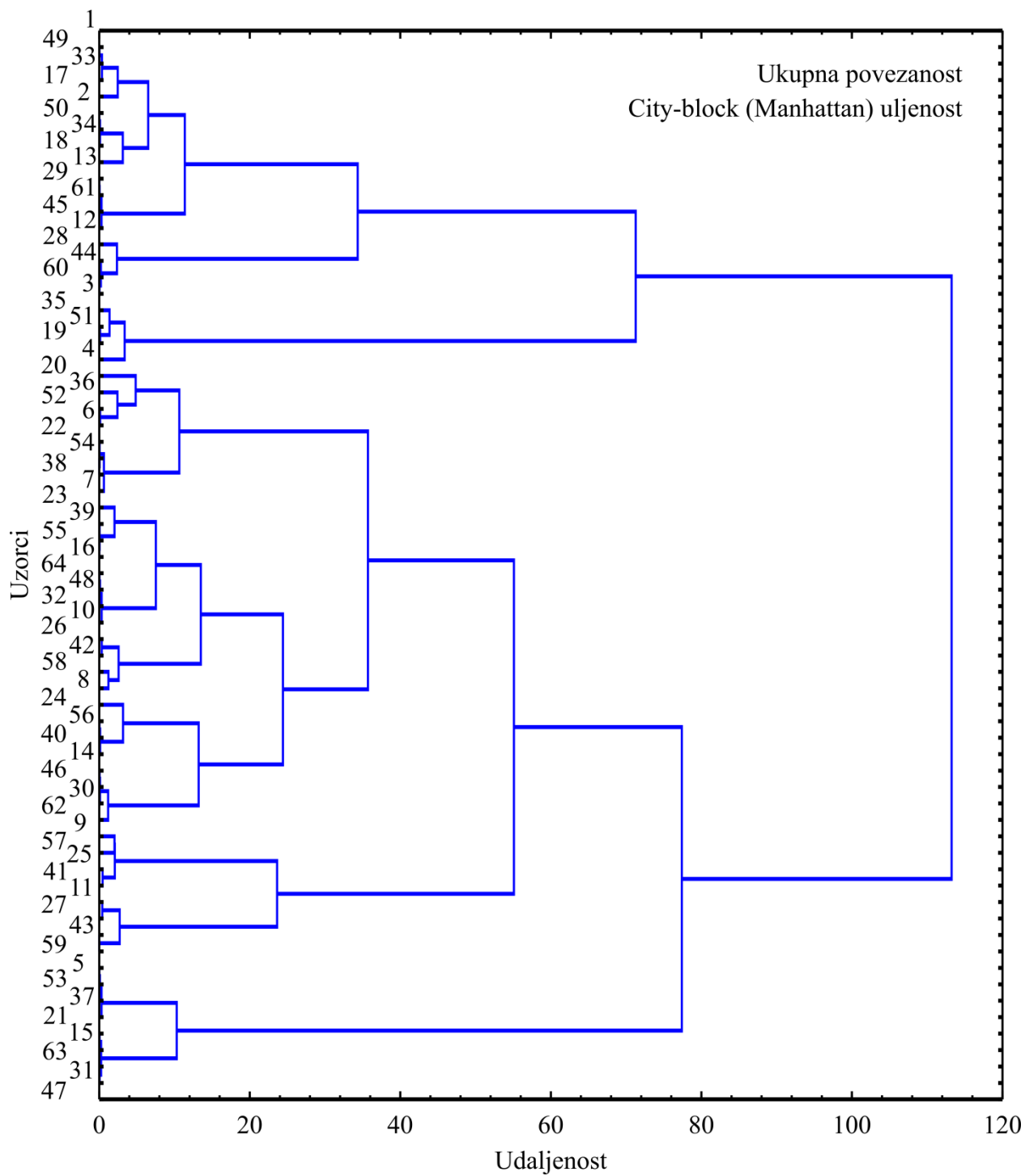
Grafičko prikazivanje trendova sadržaja Hg u uzorcima kućne prašine i sadržaja Hg u uzorcima zemljišta okućnica i uočavanje različitosti između uzoraka predstavljeno je u faktorskoj ravni (faktorske koordinate 1 i 3), na osnovu primenjene analize glavnih komponentata (Slika 39.).

#### 4.5.4. Klaster analiza (CA)

Kao i analiza glavnih komponenta i klaster analiza (engl. Cluster Analysis) je primenjena za ispitivanje odnosa između posmatranih odziva, kao i za grupisanje uzoraka prema sličnosti po posmatranim parametrima. Za CA modelovanje su upotrebljeni eksperimentalni podaci.

Dendogram na slici 40. prikazuje CA analizu za testirane uzorke kućne prašine i zemljišta okućnice. Računate su ukupne povezanosti tačaka, a rastojanja između tačaka u koordinatnom prostoru su merena primenom City-block (Manhattan) rastojanja. City-block distance, koje su predstavljene na ordinatnoj osi dendograma, određene su kao srednje razlike između dimenzija različitih uzoraka. Merenje udaljenosti City-block daje rezultate slične Euklidskom merenju, ali je to merenje pogodnije zato što je smanjen uticaj pojedinačnih velikih udaljenosti (autlajer, engl. outlier), pošto se ne uzimaju u obzir kvadrati vrednosti zasebnih koordinata.

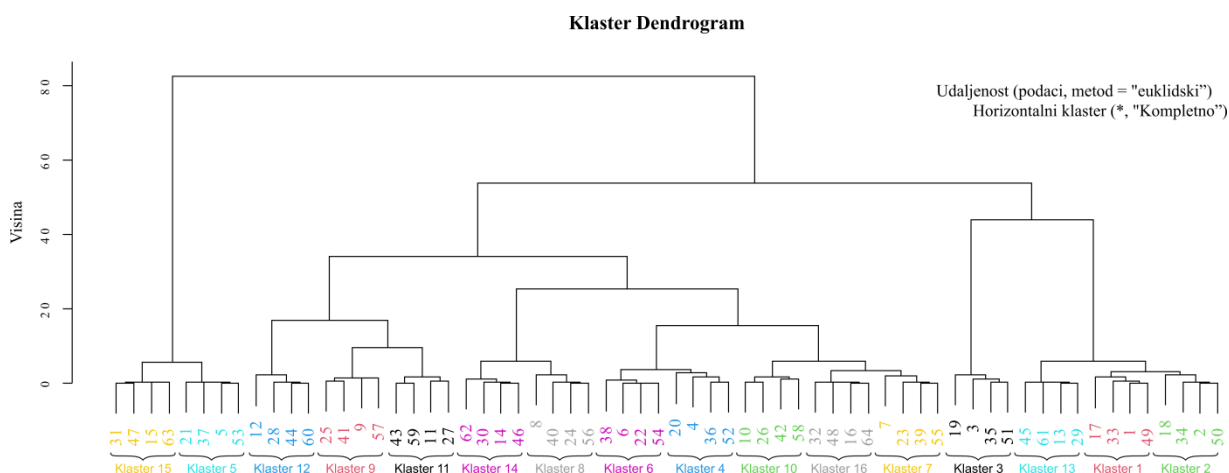
Na dendogramu se primećuju šesnaest odvojenih klastera za posmatrane uzorke sadržaja žive u kućnoj prašini i zemljištu okućnica. Kako su dobijeni klasteri u skladu sa klasterima dobijeni u slobodno granajućem dendogram klasteru, detaljnije su komentarisani u sledećem poglavlju.



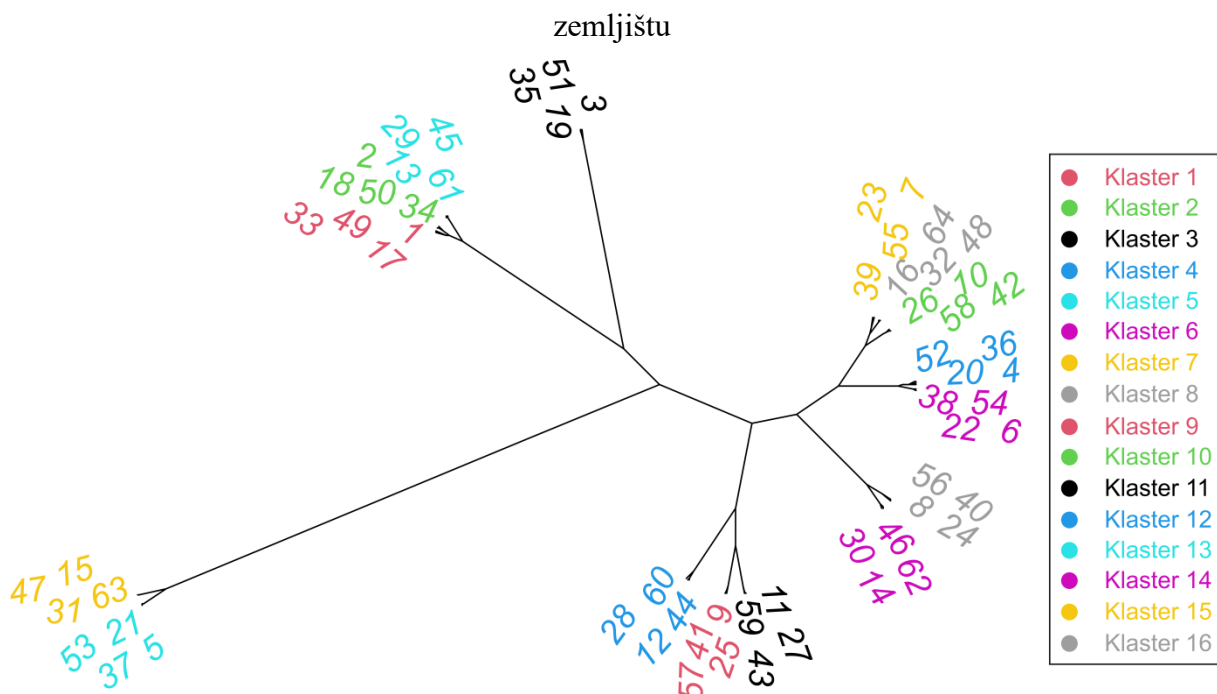
Slika 40. Dendrogram za testirane uzorke

#### 4.5.5. Slobodno granajući dendrogram klaster- Unrooted cluster tree

Na osnovu euklidskog klastera za ispitivane uzorke sadržaja žive u kućnoj prašini i zemljištu okućnica, slika 41, nacrtan je slobodno-granajući dendrogram klaster (engl. Unrooted cluster tree), slika 42 primenom R softvera v.4.0.3 (64-bitna verzija).



**Slika 41.** Horizontalni euklidski klaster za posmatrane uzorke sadzaja Hg u prašini i zemljištu



**Slika 42.** Slobodno-granajući dendrogram klaster



Na dendogramu na slici 42. primećuju se šesnaest odvojenih klastera za posmatrane uzorke sadržaja žive u kućnoj prašini i zemljištu okućnica na posmatranim lokacijama u naseljenom mestu Šid.

U uzorcima u prvom klasteru sadržaj žive u zemljištu okućnica kretao se od 0,019 do 0,094mg/kg, a sadržaj žive u kućnoj prašini od 0,222 do 0,612mg/kg, uzorci su uzeti iz objekata koji su sagrađeni od kombinacije cigle i blokova, 1989 godine, imaju površinu objekta od 150m<sup>2</sup>, imaju po dva stanara (nepušača) i jednog kućnog ljubimca, grejanje je na drva u dva ložista, na većoj su udaljenosti od industrijske zone, postoji jedan računar i mikrotalasna pećnica u objektu, a ovetljenje je neonskim sijalicama.

Sadržaj žive u uzorcima obuhvaćenim drugim klasterom u zemljištu okućnica kretao se od

0,025 do 0,049mg/kg, a sadržaj žive u kućnoj prašini od 0,132 do 0,245mg/kg, uzorci su uzeti iz objekata koji su sagrađeni od kombinacije cigle i blokova, 1989 godine, imaju površinu objekta od 150m<sup>2</sup>, imaju po četiri stanara (nepušača) i jednog kućnog ljubimca, objekat se greje na drva u dva ložista, na većoj su udaljenosti od industrijske zone, postoje jedan računar i štampač u objektu, a osvetljenje je štedljivim sijalicama.

U uzorcima u trećem klasteru sadržaj žive u zemljištu okućnica kretao se od 0,005 do 0,014 mg/kg, a sadržaj žive u kućnoj prašini od 0,202 do 0,502mg/kg, uzorci su uzeti iz objekata koji su sagrađeni od kombinacije cigle i blokova, 1984 godine, imaju površinu objekta od 150m<sup>2</sup>, imaju po tri stanara (nepušača) i jednog kućnog ljubimca, grejanje je na drva u jednom ložistu, na većoj su udaljenosti od industrijske zone, postoji jedan računar u objektu, a osvetljenje je tradicionalnim sijalicama.

Sadržaj žive u uzorcima obuhvaćenim četvrtim klasterom u zemljištu okućnica kretao se od 0,005 do 0,048mg/kg, a sadržaj žive u kućnoj prašini od 0,020 do 0,378mg/kg, uzorci su uzeti iz objekata koji su sagrađeni od Ytong blokova, 2016 godine, imaju površinu objekta od 120m<sup>2</sup>, imaju po tri stanara (pušača) i jednog kućnog ljubimca, objekat se greje na drva ili centralnim grejanjem, na većoj su udaljenosti od industrijske zone, postoje jedan računar, štampač i mikrotalasna pećnica u objektu, a osvetljenje objekta je štedljivim sijalicama.

U uzorcima u petom klasteru sadržaj žive u zemljištu okućnica kretao se od 0,022 do 0,045mg/kg, a sadržaj žive u kućnoj prašini od 0,231 do 0,549mg/kg, uzorci su uzeti iz objekata koji su sagrađeni od cigle, 1979 godine, imaju površinu objekta od 100m<sup>2</sup>, imaju po dva stanara (nepušača) i dva kućna ljubimca, grejanje je na drva u jednom ložistu, u blizini su industrijske zone, nema računara, štampača ni mikrotalasne pećnice u objektu, a osvetljenje je tradicionalnim sijalicama.

Sadržaj žive u uzorcima obuhvaćenim šestim klasterom u zemljištu okućnica kretao se od 0,009 do 0,176mg/kg, a sadržaj žive u kućnoj prašini od 0,053 do 0,484mg/kg, uzorci su uzeti iz objekata koji su sagrađeni od cigle i blokova, 1984 godine, imaju površinu objekta od 100m<sup>2</sup>, imaju po dva stanara (pušača) i jednog kućnog ljubimca, objekat se greje na drva, na većoj su udaljenosti od industrijske zone, postoje jedan računar, štampač i mikrotalasna pećnica u objektu, a osvetljenje je tradicionalnim sijalicama.

U uzorcima u sedmom klasteru sadržaj žive u zemljištu okućnica kretao se od 0,018 do 0,060mg/kg, a sadržaj žive u kućnoj prašini od 0,042 do 0,887mg/kg, uzorci su uzeti iz objekata koji su sagrađeni od cigle i blokova, 1996 godine, imaju površinu objekta od 100m<sup>2</sup>, imaju po dva stanara (pušača) i jednog kućnog ljubimca, grejanje je na ugalj u dva ložista, u blizini su industrijske zone, postoji računar i mikrotalasna pećnica u objektu, a osvetljenje je štedljivim sijalicama.

Sadržaj žive u uzorcima obuhvaćenim osmim klasterom u zemljištu okućnica kretao se od 0,019 do 0,030mg/kg, a sadržaj žive u kućnoj prašini od 0,279 do 0,892mg/kg, uzorci su uzeti iz objekata koji su sagrađeni od kombinacije cigle, 1969 godine, imaju površinu objekta od 100m<sup>2</sup>, imaju po tri stanara (pušača) i jednog kućnog ljubimca, objekat se greje na drva u jednom ložistu, na većoj su udaljenosti od industrijske zone, postoje jedan računar i štampač u objektu, a osvetljenje je tradicionalnim sijalicama.

U uzorcima u devetom klasteru sadržaj žive u zemljištu okućnica kretao se od 0,005 do 0,125mg/kg, a sadržaj žive u kućnoj prašini od 0,041 do 0,126mg/kg, uzorci su uzeti iz objekata koji su sagrađeni od cigle, 1989 godine, imaju površinu objekta od 100m<sup>2</sup>, imaju po pet stanara (nepušača) i jednog kućnog ljubimca, grejanje je na ugalj u jednom ložistu, na većoj je

udaljenosti od industrijske zone, postoji računar i štampač u objektu, a osvetljenje je štedljivim sijalicama.

Sadržaj žive u uzorcima obuhvaćenim desetim klasterom u zemljištu okućnica kretao se od 0,027 do 0,090mg/kg, a sadržaj žive u kućnoj prašini od 0,138 do 0,259mg/kg, uzorci su uzeti iz objekata koji su sagrađeni od kombinacije cigle i blokova, 1994 godine, imaju površinu objekta od 100m<sup>2</sup>, imaju po četiri stanara (nepušača), nemaju kućnog ljubimca, objekat se greje na drva u jednom ložistu, u blizini su industrijske zone, postoje jedan računar i štampač u objektu, a osvetljenje je neonskim sijalicama.

U uzorcima u jedanaestom klasteru sadržaj žive u zemljištu okućnica kretao se od 0,017 do 0,156mg/kg, a sadržaj žive u kućnoj prašini od 0,050 do 0,638mg/kg, uzorci su uzeti iz objekata koji su sagrađeni od blokova, 1972 godine, imaju površinu objekta od 120m<sup>2</sup>, imaju po dva stanara (nepušača) i tri kućna ljubimca, grejanje je na drva u jednom ložistu, na većoj je udaljenosti od industrijske zone, postoji računar, štampač i mikrotalasna pećnica u objektu, a osvetljenje je tradicionalnim sijalicama.

Sadržaj žive u uzorcima obuhvaćenim dvanaestim klasterom u zemljištu okućnica kretao se od 0,008 do 0,058mg/kg, a sadržaj žive u kućnoj prašini od 0,092 do 1,120mg/kg, uzorci su uzeti iz objekata koji su sagrađeni od kombinacije cigle i blokova, 1979 godine, imaju površinu objekta od 120m<sup>2</sup>, imaju po sedam stanara (nepušača) i jednog kućnog ljubimca, objekat se greje na drva u tri ložista, na većoj je udaljenosti od industrijske zone, postoje jedan računar, štampač i mikrotalasna pećnica u objektu, a osvetljenje je neonskim sijalicama.

U uzorcima u trinaestom klasteru sadržaj žive u zemljištu okućnica kretao se od 0,011 do 0,028mg/kg, a sadržaj žive u kućnoj prašini od 0,233 do 0,581mg/kg, uzorci su uzeti iz objekata koji su sagrađeni od cigle, 1985 godine, imaju površinu objekta od 130m<sup>2</sup>, imaju po dva stanara (pušača) i jednog kućnog ljubimca, grejanje je na drva u jednom ložistu, na većoj je udaljenosti od industrijske zone, postoji računar i mikrotalasna pećnica u objektu, a osvetljenje je štedljivim sijalicama.

Sadržaj žive u uzorcima obuhvaćenim četrnaestim klasterom u zemljištu okućnica kretao se od 0,018 do 0,042mg/kg, a sadržaj žive u kućnoj prašini od 0,0467 do 0,085mg/kg,

uzorci su uzeti iz objekata koji su sagrađeni od kombinacije cigle i blokova, 1979 godine, imaju površinu objekta od 100m<sup>2</sup>, imaju po sedam stanara (nepušača) i nema kućnih ljubimaca, objekat se greje na drva u jednom ložistu, na većoj je udaljenosti od industrijske zone, postoji mikrotalasna pećnica u objektu, a osvetljenje je štedljivim sijalicama.

U uzorcima u petnaestom klasteru sadržaj žive u zemljištu okućnica kretao se od 0,029 do 0,038mg/kg, a sadržaj žive u kućnoj prašini od 0,183 do 0,489mg/kg, uzorci su uzeti iz objekata koji su sagrađeni od cigle, blokova i čerpića, 1969 godine, imaju površinu objekta od 70m<sup>2</sup>, imaju po šest stanara (pušača dva) i dva kućnog ljubimca, grejanje je na drva u dva ložista, na većoj je udaljenosti od industrijske zone, postoji računar, a osvetljenje je tradicionalnim sijalicama.

Sadržaj žive u uzorcima obuhvaćenim šesnaestim klasterom u zemljištu okućnica kretao se od 0,037 do 0,053mg/kg, a sadržaj žive u kućnoj prašini od 0,234 do 0,480mg/kg, uzorci su uzeti iz objekata koji su sagrađeni od kombinacije cigle i čerpića, 1969 godine, imaju površinu objekta od 70m<sup>2</sup>, imaju po jednog stanara (nepušača) i jednog kućnog ljubimca, objekat se grejanje na drva u jednom ložistu, na većoj je udaljenosti od industrijske zone, ne postoji računar, štampač i mikrotalasna pećnica u objektu, a osvetljenje je tradicionalnim sijalicama.

#### **4.5.6. Veštačke neuronske mreže**

U izračunatoj ANN mreži broj skrivenih neurona bio je  $n = 7$ , što je predloženo programom (StatSoft Statistica). Bilo je  $x = 20$  ulaza,  $y = 2$  izlaza, i  $m = 156$  težinskih koeficijenata (u zavisnosti od broja  $n$ ). Za modelovanje ANN upotrebljen je BFGS algoritam, koji je ugrađen u primenjeni program. Rezultati za sadržaj žive u kućnoj prašini i zemljištu okućnica tokom testiranja sa sedam neurona u skrivenom sloju su prikazani u tabeli 4.17.

Tangens hiperbolikus funkcija je bila prenosna (aktivaciona) funkcija za vezu između ulaznog i skrivenog sloja, kao i za vezu između skrivenog sloja i izlaznog sloja. Tabela 4.16. prikazuje  $r^2$  vrednosti za svaku od proučavanih promenljivih tokom faze učenja.

Primenjeni MLP-multilayer perceptron su označeni u StatSoft Statistica programu na sledeći način: nakon oznake MLP sledi broj ulaza, broj neurona u skrivenom sloju, a zatim broj izlaza. Optimalni broj skrivenih neurona je izabran minimiziranjem razlika između vrednosti predviđenih mrežom i onih eksperimentalno dobijenih. Kao indikatori performanse mreža korišćene su sume  $r^2$  i sume SOS između merenih i izračunatih izlaza za svaku dobijenu ANN, tokom faze učenja.

Učinak (performanse) ANN utvrđen je na osnovu sume svih  $r^2$  (što veća vrednost) i sume svih SOS (što manja vrednost) za sve promenljive u jednoj mreži. Na osnovu toga pronađen je optimalni broj skrivenih neurona, za žive u kućnoj prašini I zemljištu kuće okućnica (tabela 27, oznaka MLP 20-7-2). SOS vrednosti su takođe upotrebljene kao kriterijum za završetak iteracije mreže, što je obuhvaćeno primenjenim programom. Čim SOS počne da raste, zaustavlja se faza „učenja“ mreže, a ako do toga ne dođe ova faza se završava nakon fiksiranog broja ciklusa (Taylor, 2006). Primećeno je da veći broj neurona povećava kompleksnost ANN strukture, ali značajno ne poboljšava ponašanje mreže (Kollo i Von Rosen, 2005).

**Tabela 27.** Rezultati veštačkih neuronskih mreža za sadržaj Hg u kućnoj prašini i zemljištu okućnica

Naziv mreže	Koeficijent	Greška	Algoritam	Funkcija greške	Akt. funkcija.	Akt. funkcija.
	determinacije				skriveni sloj	izlazni sloj
	Učenje	Učenje				
MLP 20-7-2	0,886	0,0064	BFGS 111	SOS	Tanh	Tanh

#### 4.5.6.1. Simulacija veštačkih neuronskih mreža

Za parametre žive u kućnoj prašini i zemljištu kuće okućnica, mogu se izračunati preko jednačine [2.12], na osnovu matrice  $W_1$  i  $B_1$ , kao i matrice  $W_2$  i  $B_2$ , koje predstavljaju težinske koeficijente i greške računanja vezane za skriveni sloj. Takođe, izlazi se mogu izračunati primenom prenosnih funkcija  $f_1$  i  $f_2$  (Tabela 27) u skrivenom i izlaznom sloju respektivno, na matricu ulaznih promenljivih  $X$ , korišćenjem iste jednačine. Algebarski sistem jednačina se može jednostavno koristiti u *Microsoft Excel* program za predviđanje izlaza.

U tabeli 28 prikazani su članovi matrice  $W_1$  i vektora  $B_1$  (predstavljani u "bias" redu), a u tabeli 29 članovi matrice  $W_2$  i vektora  $B_2$  ("bias" kolina) skrivenog sloja za ANN model.

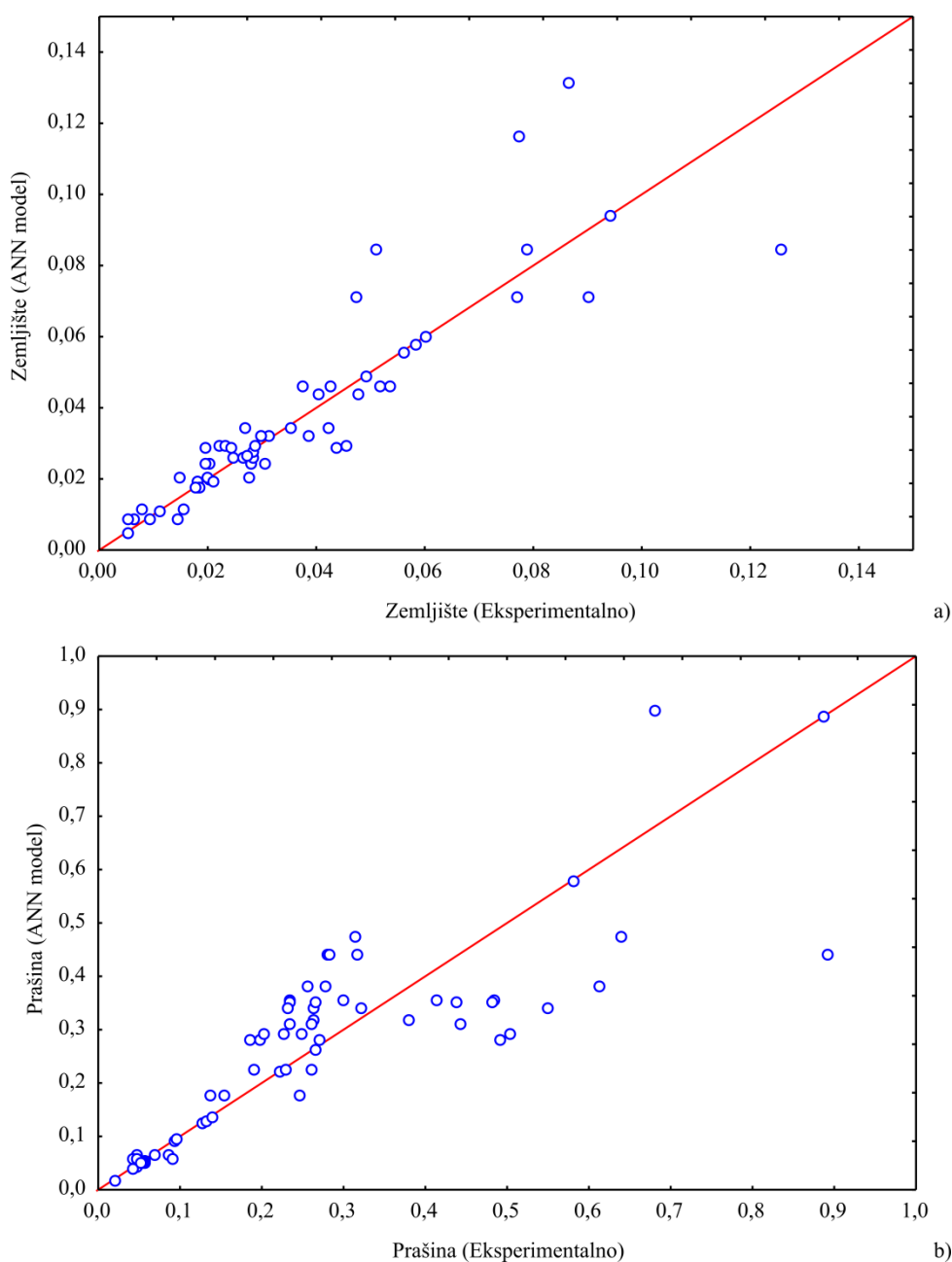
**Tabela 28.** Elementi of matrice  $W_1$  i vektor  $B_1$  (prikazan u "bias" redu)

Neuroni u skrivenom sloju	1	2	3	4	5	6	7
Centralno grejanje	0,500	0,636	-0,694	-0,031	0,288	0,676	-0,161
Ugalj	0,875	-0,303	-0,309	0,934	-0,970	0,128	-0,018
Broj stanara, odrasli+deca	1,640	0,951	0,049	-0,898	-0,925	0,365	-0,472
Godina	0,627	0,281	0,443	0,389	0,330	-0,119	0,228
Površina objekta	0,420	0,826	0,556	-1,160	0,098	0,702	0,064
Drva	0,224	0,549	0,369	-0,367	0,099	0,743	-0,064
Cigla	-0,449	-0,049	-0,135	-0,153	0,228	-0,214	-0,113
Blokovi	-0,988	-0,969	0,543	0,091	-0,254	-0,329	0,437
Ytong	0,409	0,235	-0,126	-0,018	0,563	0,068	-0,007
Čerpić	0,355	-0,195	-0,153	-0,274	0,059	-0,702	-0,776
Siporex	-0,065	-0,083	0,204	-0,026	-0,617	0,016	0,016
Izolacija	0,054	-0,872	-0,414	0,223	-0,967	-0,057	0,317
Blizina industr.zone	0,412	0,337	-0,194	0,693	0,222	0,030	0,322
Računar	0,541	0,490	-0,556	0,662	-0,286	-0,171	0,402
Štampač	-0,305	-0,816	0,458	-0,305	-0,274	0,318	0,311
Mikrotalasna	1,454	1,034	-0,267	0,327	1,731	-0,265	0,368
Osvetljenje	-0,008	0,835	0,140	-0,104	0,017	0,574	0,615
Broj ložišta	-0,498	0,372	-0,766	-0,111	-0,053	0,493	-0,008
Broj kućnih ljubimaca	-0,296	-0,092	0,043	-0,383	0,086	0,212	-0,066
Broj pušača	-0,405	-0,240	0,252	-0,505	1,046	0,063	-0,272
Bias	-0,034	0,013	-0,084	-0,230	0,238	-0,143	-0,058

**Tabela 29.** Elementi matrice  $W_2$  i vektor  $B_2$  (prikazan u "bias" kolini)

Neuroni skrivenom sloju	u	1	2	3	4	5	6	7	Bias
Zemljište		-0,923	-0,054	-0,565	0,235	-0,088	-0,254	0,774	0,318
Prasina		0,435	-1,280	-0,187	-0,642	0,801	0,485	-0,022	0,312

Na slici 43. prikazane su predikcione-simulirane krive na kojima se porede eksperimentalne i vrednosti izračunate sadržaja Hg u kućnoj prašini i sadržaja Hg u zemljištu okućnica na osnovu izračunate najbolje ANN mreže .



**Slika 43.** Eksperimentalno izmerene i ANN modelom predviđene vrednosti za: a) sadržaj Hg u zemljištu okućnica, b) sadržaj Hg u kućnoj prašini

**Tabela 30.** Vrednosti ulaznih parametara za ANN mrežu

Uzorak	Drva	Centralno	Ugalj	Br.stanara,	Godina	Pov. objekta	Cigla	Blokovi	Ytong	Čerpić	Siporex	Izolacija	Bli. ind.zone	Računar	Štampač	Mikrotalasna	Osvjetljenje	Broj ložišta
1	0	0	0	2	1989	150	1	1	0	0	0	0	2	1	0	1	1	2
2	0	0	0	4	1989	150	1	1	0	0	0	0	2	1	1	0	0	2
3	1	1	1	3	2016	120	0	0	1	0	0	0	2	1	1	0	0	1
4	1	0	1	2	1969	100	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2
5	0	0	0	6	1969	70	1	1	0	1	0	0	2	1	0	0	2	2
6	0	0	0	3	1969	100	1	0	0	0	0	0	2	1	1	0	2	1
7	0	0	0	2	1979	100	1	1	0	0	0	0	2	0	0	1	2	1
8	1	0	1	5	1989	100	1	0	0	0	0	1	2	0	1	0	2	1
9	0	1	0	7	1979	120	1	1	0	0	0	0	2	1	1	0	1	3
10	0	0	0	2	1984	100	1	1	0	0	0	0	2	1	1	0	2	1
11	0	0	0	2	1972	120	0	1	0	0	1	1	2	1	1	0	2	1
12	0	0	0	2	1985	130	1	0	0	0	0	0	2	1	0	1	2	1
13	0	0	0	3	1984	150	1	1	0	0	0	0	2	1	0	0	2	1
14	0	0	0	4	1994	100	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1
15	0	0	0	1	1969	70	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	2	1
16	0	0	0	2	1979	100	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1
17	0	0	0	2	1989	150	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	1	2
18	0	0	0	4	1989	150	1	1	0	0	0	0	2	0	1	0	2	2
19	1	1	1	3	2016	120	0	0	1	0	0	0	2	1	1	0	2	1
20	1	0	1	2	1969	100	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	2	2
21	0	0	0	6	1969	70	1	1	0	1	0	0	2	1	0	0	2	2
22	0	0	0	3	1969	100	1	0	0	0	0	0	2	1	1	0	2	1
23	0	0	0	2	1979	100	1	1	0	0	0	0	2	0	0	1	0	1
24	1	0	1	5	1989	100	1	0	0	0	0	1	2	1	1	0	0	1
25	0	1	0	7	1979	120	1	1	0	0	0	0	2	1	1	1	1	3
26	0	0	0	2	1984	100	1	1	0	0	0	0	2	1	1	0	2	1
27	0	0	0	2	1972	120	0	1	0	0	1	1	2	1	1	0	2	1
28	0	0	0	2	1985	130	1	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0	1
29	0	0	0	3	1984	150	1	1	0	0	0	0	2	1	0	0	2	1
30	0	0	0	4	1994	100	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1
31	0	0	0	1	1969	70	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	2	1
32	0	0	0	2	1979	100	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1



33	0	0	0	2	1989	150	1	1	0	0	0	0	2	1	0	1	1	2
34	0	0	0	4	1989	150	1	1	0	0	0	0	2	1	1	0	0	2
35	1	1	1	3	2016	120	0	0	1	0	0	0	2	1	1	1	0	1
36	1	0	1	2	1969	100	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	2
37	0	0	0	6	1969	70	1	1	0	1	0	0	2	1	0	0	2	2
38	0	0	0	3	1969	100	1	0	0	0	0	0	2	1	1	0	2	1
39	0	0	0	2	1979	100	1	1	0	0	0	0	2	0	0	1	0	1
40	1	0	1	5	1989	100	1	0	0	0	0	1	2	1	1	0	0	1
41	0	1	0	7	1979	120	1	1	0	0	0	0	2	1	1	1	1	3
42	0	0	0	2	1984	100	1	1	0	0	0	0	2	1	1	1	2	1
43	0	0	0	2	1972	120	0	0	0	0	1	1	2	1	1	1	2	1
44	0	0	0	2	1985	130	1	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0	1
45	0	0	0	3	1984	150	1	1	0	0	0	0	2	1	0	0	2	1
46	0	0	0	4	1994	100	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1
47	0	0	0	1	1969	70	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	2	1
48	0	0	0	2	1979	100	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1
49	0	0	0	2	1989	150	1	1	0	0	0	0	2	1	0	1	1	2
50	0	0	0	4	1989	150	1	1	0	0	0	0	2	1	1	0	0	2
51	1	1	1	3	2016	120	0	0	1	0	0	0	2	1	1	1	0	1
52	1	0	1	2	1969	100	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	2
53	0	0	0	6	1969	70	1	1	0	1	0	0	2	1	0	0	2	2
54	0	0	0	3	1969	100	1	0	0	0	0	0	2	1	1	0	2	1
55	0	0	0	2	1979	100	1	1	0	0	0	0	2	0	0	1	0	1
56	1	0	1	5	1989	100	1	0	0	0	0	1	2	1	1	0	0	1
57	1	1	1	7	1979	120	1	1	0	0	0	0	2	1	1	1	1	3
58	1	0	1	2	1984	100	1	1	0	0	0	0	2	1	1	1	2	1
59	0	0	0	2	1972	120	0	0	0	0	1	1	2	1	1	1	2	1
60	0	0	0	2	1985	130	1	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0	1
61	0	0	0	3	1984	150	1	1	0	0	0	0	2	1	0	0	2	1
62	1	0	1	4	1994	100	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1
63	0	0	0	1	1969	70	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	2	1
64	0	0	0	2	1979	100	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1

Ulazni kategorijski parametri u tabeli 30 su kodirani u prevedeni u kontinualne na sledeći način: za osvetljenje-štedljive sijalice (0), neonske sijalice (1) i tradicionalne (2), za blizinu industrijske zone-veća udaljenost (2) i blizina (1).

**Tabela 31.** Eksperimentalno izmerene i ANN modelom predviđene koncentracije žive u kućnoj prašini i zemljištu

Uzorak	Zemljiste eksperimentalno	Zemljište – ANN model -	Prasina eksperimentalno	Prašina – ANN model
1	0,065	0,029	0,122	0,382
2	0,022	0,026	0,116	0,178
3	0,005	0,005	0,046	0,046
4	0,056	0,056	0,887	0,887
5	0,029	0,032	0,063	0,284
6	0,033	0,024	0,128	0,442
7	0,018	0,018	0,057	0,057
8	0,005	0,005	0,126	0,126
9	0,028	0,028	0,092	0,092
10	0,244	0,131	0,672	0,359
11	0,215	0,117	0,881	0,476
12	0,011	0,011	0,581	0,581
13	0,002	0,009	0,179	0,295
14	0,118	0,071	0,309	0,226
15	0,037	0,046	0,669	0,354
16	0,010	0,030	0,142	0,341
17	0,094	0,094	0,222	0,222
18	0,049	0,049	0,132	0,132
19	0,020	0,020	0,020	0,020
20	0,060	0,060	0,042	0,042
21	0,026	0,032	0,797	0,284
22	0,014	0,024	0,034	0,442
23	0,053	0,035	0,016	0,067
24	0,069	0,085	0,014	0,058
25	0,021	0,012	1,451	0,900
26	0,019	0,131	0,045	0,359
27	0,018	0,117	0,070	0,476
28	0,018	0,021	0,638	0,312
29	0,000	0,009	0,124	0,295
30	0,011	0,071	0,136	0,226
31	0,064	0,046	0,054	0,354
32	0,013	0,030	0,863	0,341
33	0,005	0,029	0,957	0,382
34	0,031	0,026	0,346	0,178
35	0,035	0,044	0,465	0,321
36	0,016	0,020	0,500	0,356
37	0,026	0,032	0,245	0,284
38	0,012	0,024	1,566	0,442
39	0,015	0,035	0,113	0,067
40	0,186	0,085	0,134	0,058
41	0,002	0,012	0,349	0,900
42	0,009	0,009	0,265	0,265
43	0,019	0,018	0,061	0,054
44	0,038	0,021	0,115	0,312

45	0,023	0,009	0,812	0,295
46	0,085	0,071	0,232	0,226
47	0,024	0,046	0,131	0,354
48	0,069	0,030	0,289	0,341
49	0,017	0,029	0,066	0,382
50	0,026	0,026	0,071	0,178
51	0,053	0,044	0,176	0,321
52	0,023	0,020	0,212	0,356
53	0,048	0,032	0,032	0,284
54	0,039	0,024	0,040	0,442
55	0,036	0,035	0,072	0,067
56	0,000	0,085	0,027	0,058
57	0,058	0,058	0,095	0,095
58	0,028	0,028	0,053	0,053
59	0,017	0,018	0,046	0,054
60	0,006	0,021	0,182	0,312
61	0,010	0,009	0,064	0,295
62	0,027	0,027	0,138	0,138
63	0,060	0,046	0,562	0,354
64	0,027	0,030	0,068	0,341

Na osnovu slike 43., kao i tabela 30. i 31. uočava se da predloženi ANN model može da se primeni za predviđanje izlaza (sadržaja Hg u kućnoj prašini, kao i sadržaja Hg u zemljištu okućnica), za širok opseg vrednosti ulaza (vrsta grejanja, starost objekta, upotrebljen građevinski materijali, primena električnih uređaja u domaćinstvu, broj ložišta, broj stanara, kućnih ljubimaca i pušača) u većini slučajeva su predviđeni rezultati bliski eksperimentalnim.

#### 4.5.6.2. Optimizacija ulaznih i izlaznih parametara primenom ANN mreže

Pri optimizaciji posmatranih ulaznih i izlaznih parametara ANN mreže primenjena su ograničenja prikazana u tabeli 32 i minimalne i maksimalne vrednosti prikazane u tabeli 33.

**Tabela 32.** Ograničenja u ANN optimizaciji sadržaja Hg u kućnoj prašini i zemljištu okućnica

Parametar (x)	Ograničenja
Centralno	binarno
Drva	binarno
Ugalj	binarno
Br. stanara, odrasli+deca	$0 \leq x \leq 1$
Godina	$0 \leq x \leq 1$
Površina objekta	$0 \leq x \leq 1$
Cigla	binarno
Blokovi	binarno
Ytong	binarno
Čerpić	binarno
Siporex	binarno
Izolacija	binarno
Blizina ind. zone	$0 \leq x \leq 1$
Računar	binarno
Štampač	binarno
Mikrotalasna	binarno
Osvetljenje	$0 \leq x \leq 1$
Broj ložišta	$0 \leq x \leq 1$
Broj kućnih ljubimaca	$0 \leq x \leq 1$
Broj pušača	$0 \leq x \leq 1$
Centralno	$0 \leq x \leq 1$

**Tabela 33.** Min i max vrednosti parametara za računanje optimalnih ulaznih i izlaznih vrednosti pomoću ANN mreže

Parametri	Min	Max
Zemljište	0,005	0,1765
Prašina	0,02	1,1204

Centralno	0	1
Drva	0	1
Ugalj	0	1
Br. stanara, odrasli+deca	1	7
Godina	1969	2016
Površina objekta	70	150
Cigla	0	1
Blokovi	0	1
Ytong	0	1
Čerpić	0	1
Siporex	0	1
Izolacija	0	1
Blizina ind. zone	1	2
Računar	0	1
Štampač	0	1
Mikrotalasna	0	1
Osvetljenje	0	2
Broj ložiuta	1	3
Broj kućnih ljubimaca	0	3
Broj pušača	0	2

U tabeli 34. prikazane su optimizovane vrednosti ulaznih parametara ANN mreže.

**Tabela 34.** Optimizovane vrednosti ulaznih parametara ANN mreže

Parametri na ulazu ANN mreže	Normalizovane vrednosti	Stvarne vrednosti	Zaokružene vrednosti
Centralno	0	0	0
Drva	1	1	1
Ugalj	0	0	0

Br.stanara, odrasli+deca	0,584	4,507	5
Godina	1	2016	2016
Površina objekta	0	70	70
Cigla	1	1	1
Blokovi	0	0	0
Ytong	0	0	0
Cerpac	0	0	0
Siporex	0	0	0
Izolacija	1	1	1
Blizina ind.zone	0,010	1,01	Veća udaljenost
Računar	0	0	0
Štampač	0	0	0
Mikrotalasna	0	0	0
Osvetljenje	0,035881	0,071762	Tradicionalne
Broj ložišta	0,028103	1,0562062	1
Broj kućnih ljubimaca	0,011578	0,0347341	0
Broj pušača	0,012959	0,0259181	0

Na osnovu tabele 34. uviđa se da se optimalne vrednosti izlaznih parametara (sadržaja Hg u kućnoj prašini i zemljištu okućnica) dobijaju pri optimalnim vrednostima ulaznih parametara; grejanju objekta na drva, objektu sa 5 stanara, sagrađenom 2016 godine od cigala sa izolacijom, na većoj udaljenosti od industrijske zone, bez električnih uređaja (računar, štampač, mikrotalasna pećnica) osvetljenje je tradicionalnim sijalicama, sa jednim ložištem, bez kućnih ljubimaca i bez pušača.

U tabeli 35. prikazane su optimizovane vrednosti izlaznih parametara ANN mreže.

**Tabela 35.** Optimizovane vrednosti izlaznih parametara ANN mreže

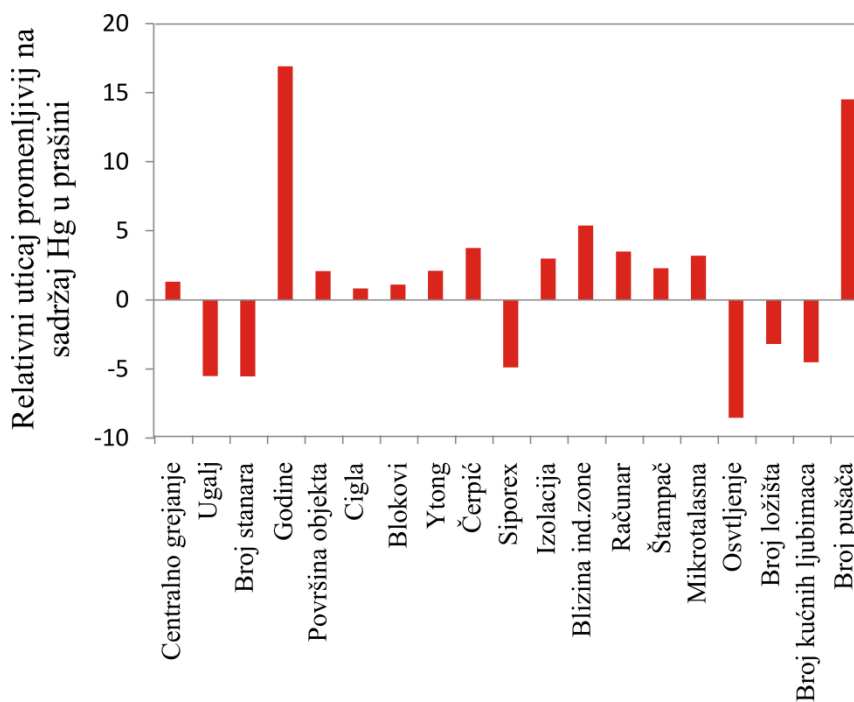
Parametri na izlazu mreže	na ANN	Normalizovane vrednosti	Stvarne vrednosti	Zaokružene vrednosti
---------------------------	--------	-------------------------	-------------------	----------------------

Hg u kućnoj prašini	-1,2E-07	0,02	0,00
Hg u zemljištu okućnica	1,19E-08	0,005	0,00

Optimizacijom ANN mrežom posmatranih uzoraka kućne prašine i zemljišta okućnica dobijene su optimalne vrednosti sadržaja Hg, 0,02mg/kg u kućnoj prašini i 0,005 mg/kg u zemljištu okućnica. Zaokružene optimalne vrednosti sadržaja Hg su 0,00 mg/kg.

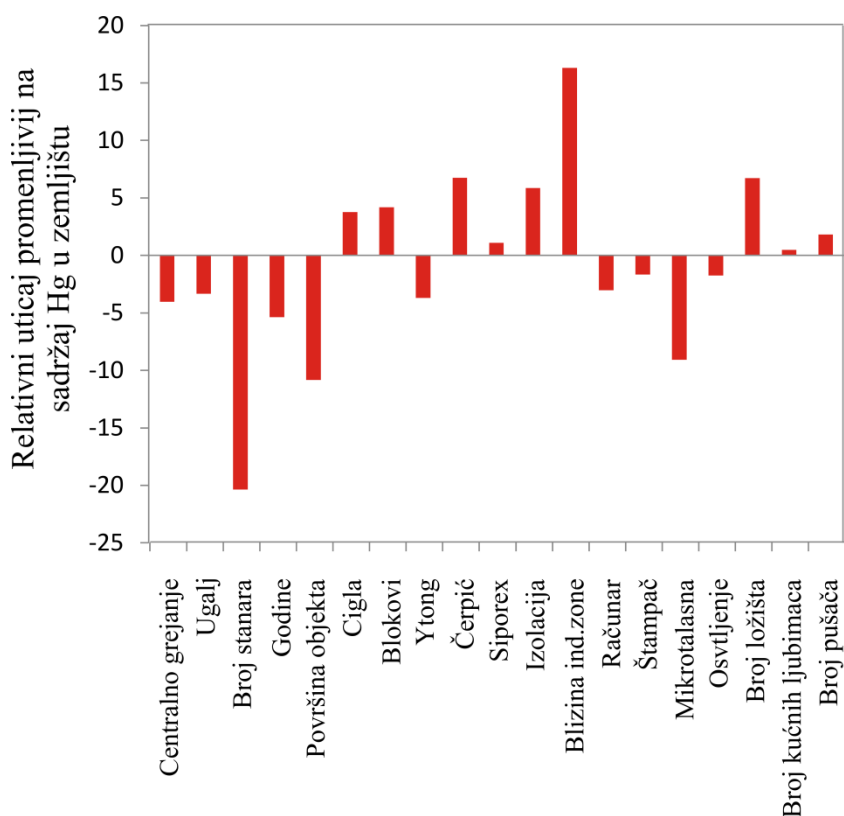
#### 4.5.7. Analiza osetljivosti (eng. Global sensitivity analysis)- Yoon metoda interpretacije

Uticaj pojedinačnih ulaznih promenljivih na sadržaj Hg u zemljištu i sadržaj Hg u kućnoj prašini ispitan je pomoću analize globalne osetljivosti na osnovu izračunatog ANN modela, a dobijeni rezultati prezentovani su grafički na slikama 44. i 45.



**Slika 44.** Relativni uticaj ulaznih promenljivih na sadržaj Hg u prašini utvrđen Yoon metodom interpretacije

Analizom globalne osetljivosti utvrđeno je da na sadržaj Hg u kućnoj prašini u najvećoj meri pozitivno utiče starost objekta (16,89%), kao i broj pušača u domaćinstvu (14,50%). Daleko je manji pozitivan uticaj građevinskog materijala, kao i blizina industrijske zone i zastupljenost električnih uređaja u domaćinstvu. Najveći negativan uticaj na sadržaj Hg u kućnoj prašini imalo je osvetljenje (-8,53%).



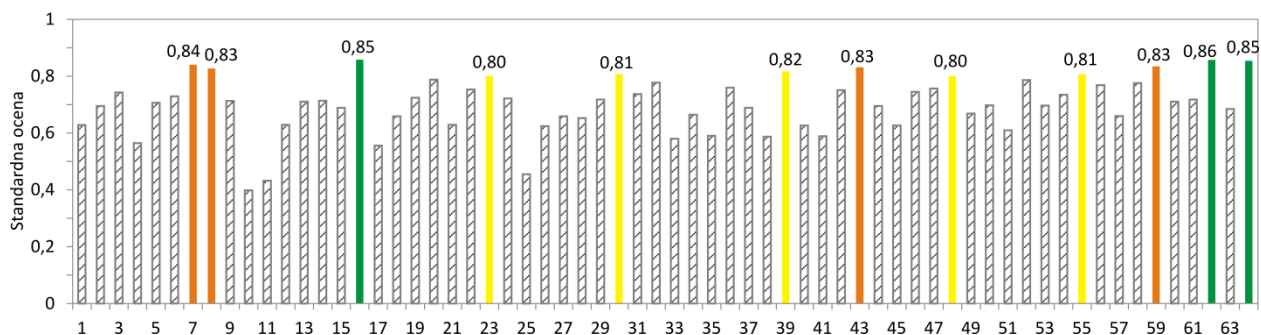
**Slika 45.** Relativni uticaj ulaznih promenljivih na sadržaj Hg u zemljištu okućnica utvrđen Yoon metodom interpretacije

Dobijeni rezultati ukazuju da je na sadržaj Hg u zemljištu okućnica najveći pozitivan uticaj imala blizina industrijske zone (16.30%). Takođe, na sadržaj Hg u zemljištu okućnica na posmatranim lokacijama, pozitivno je uticao građevinski materijal ( cigla 3,72%, blokovi 4,20%, čerpić 6,74%, izolacija 5,87%), kao i broj ložišta u domaćinstvu (6,71 %). Najveći negativan uticaj na sadržaj Hg u zemljištu okućnica imao je broj stanara (-20,37%) i površina objekta (-10,32).



#### 4.5.8. Metoda standardne ocene-određivanje normalizovanih standardnih ocena (SS)

Osrednjavanjem normalizovanih ocena različitih merenih vrednosti, za svaki posmatrani uzorak kućne prasine i zemljišta okućnica dobija se jedinstvena vrednost koja se naziva standardna ocena (engl. Standard Score, SS). SS predstavlja specifičnu kombinaciju podataka dobijenih različitim mernim metodama, bez ograničenja određene merne jedinice. Rezultati analize standardnih ocena prikazani su na slici 46.



**Slika 46.** Standardna ocena uzoraka kućne prašine i zemljišta okućnica na osnovu sadržaja žive

Vrednosti SS za izlazne promenljive (sadržaj žive u kućnoj prašini i sadržaj žive u zemljištu okućica) izračunate su u cilju pronalaženja vrednosti ulaznih promenljivih (temperatura i pritisak) koje daju optimalne vrednosti izlaznih promenljivih (centralno grejanje, drva, ugalj, broj stanara, godina izgradnje objekta, površina objekta, cigla, blokovi, Ytong, čerpić, Siporex, izolacija, blizina industrijske zone, računar, štampač, mikrotalasna pećnica, osvetljenje (tradicionalne sijalice, neonske i štedljive sijalice), broj

ložišta, broj kućnih ljubimaca i broj pušača. Vrednosti SS prikazane su na slici 46, a optimalni opsezi izlaznih parametara prikazani su u tabeli 36.

**Tabela 36.** Vrednosti SS optimizacije izlaznih parametara

	Zemljište okućnica	Kućna prašina
Min vrednost	0,005	0,02
Max vrednost	1,18	1,12
Polaritet	-	-
Težinski koeficijent	0,3	0,3

Vrednosti SS za uzorke kućne prasine i zemljišta okućnica dobijaju se sumiranjem normalnih ocena (engl. normal scores) za sve promenljive, pomnoženih sa njihovom težinskim koeficijentima:

$$SS(\text{ulazni parametri}) = w_1 \cdot \overline{Hg \text{ prašina}} + w_2 \cdot \overline{Hg \text{ zemljište}}$$

[3.10]

Maksimum funkcije SS (*ulazni parametri*) predstavlja optimalne vrednosti ispitivanih parametara koji mogu uticati na sadržaj Hg u kućnoj prašini i zemljištu okućnica, a takođe pokazuje i optimalne uslove za dobijanje optimalnih vrednosti izlaznih promenljivih. Vrednost funkcije SS blizu 1 pokazuje tendenciju ispitivanih parametara ka optimalnim vrednostima. Optimalni parametri dostignuti su: u uzorku 62, gde je zabeležena najveća vrednost SS (0,86) u poređenju sa ostalim uzorcima. Posle uzorka 62, po vrednosti SS slede uzorak 16 i uzorak 64, sa SS vrednosti od 0,85. Najviše vrednosti SS dobijene su u uzorcima sa najnižim vrednostima sadržaja žive.

## 5. ZAKLJUČCI

Na osnovu na osnovu sprovedene ankete i hemometrijske obrade rezultata istraživanja u okviru ove teze, može se zaključiti sledeće:

-U posmatranim uzorcima kućne prašine i zemljišta okućnica postoji živa. Živa je poreklom iz samih izvora kuća. Prosečan sadržaj Hg u kućnoj prašini izmeren u 64 objekta u Šidu četiri puta godišnje, je veći od prosečnog sadržaja Hg u zemljištu okućnica i iznosi 0,28 mg/kg, dok je prosečan sadržaj Hg u zemljištu bio 0,04 mg/kg.

-Minimalna koncentracija žive u kućnoj prašini je 0,01 mg/kg, maksimalna 1,57 mg/kg, minimalna vrednost koncentracije žive u zemljištu okućnica iznosi 0,00 mg/kg, a maksimalna vrednost od 0,244 mg/kg.

- Rezultati ispitivanja koncentracije kućne prašine i upoređivanje sa koncentracijama žive u zemljištu okućnice pokazuju da nije utvrđena statistički značajna korelacija između koncentracije žive u kućnoj prašini i dvorištu okućnice.

-Analizirani uzorci kućne prašine sadrže veće koncentracije potencijalno toksičnih elemenata: žive, bora, bakra, cinka i nešto više arsena i olova u odnosu na zemljište, dok je sadržaj nikla i kobalta relativno veći u zemljištu okućnica u odnosu na kućnu prašinu.

- U kućnoj prašini su As, Cr, Zn i As u negativnoj statističkoj korelaciji, dok su u pozitivnoj u zemljištu. U pozitivnoj korelaciji u prašini i u zemljištu su sledeći elementi: Ni i Cr., Pb i Co., Zn sa Cr, Cu i Ni. Dobijeni rezultati pokazuju heterogenost potencijalnih izvora PTE u kućnoj prašini.

- Sadržaj lako pristupačnog fosfora se u analiziranim uzorcima kreće u opsegu od 6 do 81 mg/100g zemljišta, sa prosečnom vrednošću od 58 mg/100g zemljišta, što se smatra štetnim na osnovu ocene nivoa sadržaja u zemljištu lako pristupačnog fosfora. U svega 5% uzorka sadržaj lako pristupačnog fosfora je optimalan, odnosno zemljišta su dobro obezbeđena fosforom. U 5% uzoraka sadržaj lako pristupačnog fosfora je visok, dok je u 9 % uzoraka vrlo visok.

- U svim analiziranim uzorcima udeo lako pristupačnog kalijuma je iznad 50 mg/100 g, što se smatra štetnim na osnovu ocene nivoa sadržaja u zemljištu lako pristupačnog kalijuma. Sadržaj

lako pristupačnog kalijuma je kod 3% uzoraka u klasi vrlo visokog sadržaja, dok optimalan sadržaj ne postoji kod uzoraka. Sadržaj  $K_2O$  se kreće u opsegu od 48 mg/100g do 90,5 mg/100g sa prosečnom vrednosti od 68 mg/100g .

- Rezultati analize potencijalne kiselosti zemljišta sa  $H_2O$  I aktivne kiselosti zemljišta sa KCl, pokazuju vrednosti koje prelaze dozvoljene granice, i ukazuju da je zemljište alkalne reakcije.

- Postoji negativna korelacija sadržaja Hg u kućnoj prašini u odnosu na udaljenost industrijske zone. Najveće koncentracije žive javljaju u kućama čija je udaljenost 2922,8 m (0,44 mg/kg), dok se niže koncentracije žive nalaze u objektima čija udaljenost od industrijske zone manja 1704,1 m (0,06 mg/kg) i 1707,3 m (0,08 mg/kg).

- Najveće koncentracije žive u kućnoj prašini zabeležene su u kućama koje su izgrađene 1985, 1969. godine, dok je 1979. godine i 1984. godine su približno jednake a najmanje koncentracije žive su nađene u kućama novije izgradnje. Koncentracije žive su približno jednake za objekte starosti 4, 26 i 31 godinu i kreću se oko 0,20 mg/kg. Kuće starosti 36, 41 i 48 godina starosti imaju koncentraciju žive od 0,26 do 0,30 mg/kg. Objekti starosti 35 i 51 godinu imaju koncentraciju žive od 0,36 do 0,38 mg/kg.

-Koncentracije žive u kućnoj prašini, na osnovu izvora zagrevanja (Slika 14.), najviše koncentracije su nađene u kućama sa centralnim zagrevanjem (0,63 mg/kg). Nešto niže koncentracije se beleže u kućama koje se greju kombinovano na drva i ugalj (0,18 mg/kg).

- Ispitivanje koncentracije žive u kućnoj prašini u zavisnosti od broja stanara pokazuje da je veći broj stanara pozitivno uticao na koncentraciju žive

- Koncentracija žive u stambenim objektima nije u zavisnosti od njegove površine.

- Najveće koncentracije žive nađene su u stambenim kućama od čerpića i cigle, a najmanje u stambenim kućama izgrađenim od cigle. Najveće koncentracije žive se javljaju u kućama koje su građene od čerpića i cigle, čerpića cigle i blokova, (vrednosti se kreću od 0,33 do 0,39 mg/kg). Podjednake su vrednosti žive u kućama građenim od cigle i bloka i onih od siporex blok izolacije (0,26 mg/kg). Najniže koncentracije žive su u objektima od cigle i izolacije (0,08 mg/kg).

-Rezultati ukazuju na najveće koncentracije žive u stambenim kućama kod kojih su zastupljene neonske sijalice, zatim tradicionalne sijalice, a najmanje kod štedljivih sijalica.

- Ispitivanje koncentracije žive u kućnoj prašini u zavisnosti od broja ložišta pokazuje da je veći broj ložišta pozitivno uticao na koncentraciju žive, uz jak koeficijen korelacije.

- Ispitivanje koncentracije žive u kućnoj prašini u zavisnosti od broja kućnih ljubimaca u domaćinstvu pokazuje da prisustvo kućnih ljubimaca (1-2), pozitivno utiče na koncentraciju žive, dok je većem broju kućnih ljubimaca (3) manja koncentracija. Koeficijent korelacije je slab.

- Ispitivanje koncentracije žive u kućnoj prašini u zavisnosti od broja pušača pokazuje da je broj pušača u domaćinstvu pozitivno uticao na koncentraciju žive uz slab koeficijent korelacije.

- Pirsonov koeficijent korelacije ukazuje na slabu korelaciju koncentracije žive u kućnoj prašini sa brojem stanara, površinom objekta, električnim uređajima i osvetljenjem. Slaba korelacija je i između broja kućnih ljubimaca, broja pušača u domaćinstvu, dok je jaka od načina zagrevanja objekta i od broja ložišta.

-Nije utvrđena statistički značajna korelacija između 4 perioda uzorkovanja na 16 lokacija. Najveća vrednost sadržaja žive određena je u martu u 2017. godine i iznosi 1,566 mg/kg.

- Hipoteza 1 je prihvaćena, utvrđeno je prisustvo žive u uzorcima kućne prašine.

-Hipoteza 2 je prihvaćena, utvrđen je sadržaj žive u uzorcima zemljišta okućnica.

-Hipoteza 3 je odbačena, ne postoji pozitivna korelacija između sadržaja žive u kućnoj prašini i sadržaja žive u zemljištu okućnica.

-Hipoteza 4 je odbačena, koncentracije žive u zemljištu na posmatranim lokacijama nije veća od maksimalno dozvoljene koncentracije.

-Hipoteza 5 je prihvaćena, koncentracija žive u kućnoj prašini je veća od maksimalno dozvoljene koncentracije, na osnovu konsultovane literature (Rasmussen i sar., 2001), jer u Republici Srbiji ne postoji pravni akt kojim je MDK za Hg u kućnoj prašini regulisana.

- Hipoteza 6 je odbačena, Kruskal-Wallis H testom nije utvrđena pozitivna korelacija sadržaja žive u kućnoj prašini u odnosu na prisustvo električnih uređaja (računar, štampač i mikrotalasna pećnica).

-Hipoteza 7 je odbačena, ne postoji pozitivna korelacija između koncentracije žive u kućnoj prašini i starosti objekta.

- Hipoteza 8 je odbačena, Kruskal-Wallis H testom nije utvrđena pozitivna korelacija sadržaja žive u kućnoj prašini u odnosu na način zagrevanja objekta.

-Hipoteza 9 je odbačena, Kruskal-Wallis H testom nije utvrđena pozitivna korelacija sadržaja žive u kućnoj prašini u odnosu na material gradnje objekta.

- Hipoteza 10 je odbačena, koncentracije žive u kućnoj prašini nije u pozitivnoj korelaciji sa blazinom industrijske zone.

-Rezultati analiza žive u kućnoj prašini i zemljištu okućnice, nisu dovoljni da se donesu zaključci o unutrašnjim izvorima žive.

- Na osnovu korelacionog dijagrama ne postoji visok nivo pozitivne korelacije između sadržaja Hg u zemljištu i sadržaja Hg u kućnoj prašini, vrste građevinskog materijala (blokova, Siporexa, izolacije), štampača i broja ljubimaca. Takođe, ne postoji visok nivo pozitivne korelacije između sadržaja Hg u kućnoj prašini, centralnog grejanja, broja stanara, površine objekta, građevinskog materijala (cigle i blokova, čerpića, Siporex-a), upotrebe računara i mikrotalasne pećnice, osvetljenja, broja ložišta, broja kućnih ljubimaca i broja pušača.

-Na osnovu rezultata analize glavnih komponenti, prvih šest faktorskih koordinata prikazuju 71,63% ukupne varijabilnosti, što se smatra adekvatnim za prikaz celokupne varijabilnosti posmatranih odziva. Grafičko prikazivanje trendova sadržaja Hg u uzorcima kućne prašine i sadržaja Hg u uzorcima zemljišta okućnica omogućilo je uočavanje različitosti između uzoraka u faktorskim ravnima.

-Klaster analizom i slobodno-granajućim dendogram kalsterom primećuju se šesnaest odvojenih klastera za posmatrane uzorke sadržaja žive u kućnoj prašini i zemljištu okućnica na posmatranim lokacijama u naseljenom mestu Šid.

-Predloženi ANN model može da se primeni za predviđanje izlaza (sadržaja Hg u kućnoj prašini, kao i sadržaja Hg u zemljištu okućnica), za širok opseg vrednosti ulaza (vrsta grejanja, starost objekta, upotrebljen građevinski materijali, primena električnih uređaja u domaćinstvu, broj ložišta, broj stanara, kućnih ljubimaca i pušača) u većini slučajeva su predviđeni rezultati bliski eksperimentalnim.

- Optimizacijom ANN modelom posmatranih uzoraka kućne prašine i zemljišta okućnica dobijene su optimalne vrednosti sadržaja Hg, 0,02mg/kg u kućnoj prašini i 0,005 mg/kg u zemljištu okućnica. Zaokružene optimalne vrednosti sadržaja Hg su 0,00 mg/kg.

- Optimalne vrednosti izlaznih parametara (sadržaja Hg u kućnoj prašini i zemljištu okućnica) dobijaju pri optimalnim vrednostima ulaznih parametara; grejanju objekta na drva, objektu sa 5

stanara, sagrađenom 2016 godine od cigala sa izolacijom, na većoj udaljenosti od industrijske zone, bez električnih uređaja (računar, štampač, mikrotalasna pećnica) osvetljenje je tradicionalnim sijalicama, sa jednim ložištem, bez kućnih ljubimaca i bez pušača.

- Analiza globalne osetljivosti pokazala je da na sadržaj žive u kućnoj prašini najveći pozitivan uticaj imaju starost objekta (16,89%), kao i broj pušača u domaćinstvu (14,50%), daleko je manji pozitivan uticaj građevinskog materijala, kao i blizina industrijske zone i zastupljenost električnih uređaja u domaćinstvu, dok je na sadržaj žive u zemljištu okućnica najveći pozitivan uticaj imala blizina industrijske zone (16.30%). Nije utvrđena statistički značajna korelacija između koncentracije žive u kućnoj prašini i dvorištu okućnice.

-Metodom standardne ocene optimalni parametri dostignuti su: u uzorku 62, gde je zabeležena najveća vrednost SS (0,86) i u uzorcima 16 i 64, sa SS vrednosti od 0,85. Najviše vrednosti SS dobijene su u uzorcima sa najnižim vrednostima sadržaja žive.

Na osnovu analiziranih rezultata i dostupne literature zaključuje se da je potrebna veća kontrola zagađivanja životne sredine prouzrokovana živom, kontrola zagađenja usled prisustva toksina i teških metala, sa ciljem značajnije redukcije emisije žive i drugih zagađujućih materija u životnu sredinu. U Republici Srbiji potrebno je doneti zakonski akt kojim bi se definisala MDK u kućnoj prašini.

Na osnovu rezultata ove teze otvaraju se potencijali pravci daljih istraživanja:

- Ispitivanje značaja zasebnih merenja Hg za prašinu u zatvorenom prostoru i procenu izloženosti prašine spolja radi poboljšanja uslova stanovanja,
- Razvijanje posebnog seta smernica za elementarne koncentracije u unutrašnjoj prašini,
- Proučavanje ukupne dnevne izloženosti kućnoj prašini i gutanju kućne prašine, kod male dece,
- Primena metoda na uzorcima kućne prašine iz stambenih objekata sa potencijalno kontaminiranih lokacija, prvenstveno sa lokacija čije zagađenje prouzrokuju aktivne ili neaktivne instalacije ili operateri u čijem su okruženju deponovane opasne materije,
- Analiza da li će se značajno smanjenje izloženosti živi postići kroz redovno snižavanje spoljašnjeg čišćenja zemljišta i površina oko stambenog objekta.

## 6. LITERATURA

1. Abbasi, G., Saini, A., Goosey, E., Diamond, M. L. (2016). Product screening for sources of halogenated flame retardants in Canadian house and office dust. *Sci. Total Environ.*, vol. 545, str. 299-307.
2. Aćimović M., Pezo L., Zeremski T., Lončar B., Marjanović Jeromela A., Stanković Jeremić J., Cvetković M., Sikora V., Ignjatov M. (2021). Weather conditions influence on hyssop essential oil quality, *Processes*, vol. 9, br. 7, str. 1152.
3. Aćimović, M., Lončar, B., Pezo, M., Stanković Jeremić, J., Cvetković, M., Rat, M., Pezo, L. (2022). Volatile Compounds of *Nepeta nuda* L. from Rtanj Mountain (Serbia). *Horticulturae*, vol.8, br. 2, str. 85.
4. Alvisi, S., Mascellani, G., Franchini, M., Bardossy, A. (2006). Water level forecasting through fuzzy logic and artificial neural network approaches. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, vol.10, br.1, str. 1-17.



5. Ando, S., Koide, K. (2011). Development and applications of fluorogenic probes for mercury (II) based on vinyl ether oxymercuration. *J. Am. Chem. Soc.*, vol.133, br. 8, str. 2556-2566.
6. Atwood, D. A., Zaman, M. K. (2006). Mercury removal from water. In *Recent Developments in Mercury Science*, str. 163-182.
7. Babincev, Lj. (2012). Razvoj i primena potencimetrijske striping analize za određivanje sadržaja teških metala u ekosistemu, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Prištini, Kosovska Mitrovica.
8. Bakhat, H. F., Zia, Z., Fahad, S., Abbas, S., Hammad, H. M., Shahzad, A. N., Shahid, M. (2017). Arsenic uptake, accumulation and toxicity in rice plants: possible remedies for its detoxification: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, vol.24, br.10, 9142-9158.
9. Bakir F, Damluji S. F., Amin-Zaki L, Murtadha M, Khalidi A, al-Rawi N. Y., Tikriti S, Dahahir H. I., Clarkson T. W., Smith J. C., Doherty R. A., (1973). Methylmercury poisoning in Iraq, *Science*, vol. 181, str. 230 – 241.
10. Beauchemin S., Rasmussen PE., McKinnon T., Chénier M., Boros K. (2014). Zinc in House Dust: Speciation, Bioaccessibility and Impact of Humidity, *Environ. Sci. Technol.*, vol. 48, br. 16, str. 9022 - 9029.
11. Beckers, F., Rinklebe, J. (2017). Cycling of mercury in the environment: Sources, fate, and human health implications: A review. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.*, vol. 47, br.9, str. 693-794.
12. Bernhoft, R. A. (2012). Mercury toxicity and treatment: a review of the literature. *J. Environ. Public Health*, vol. 12.
13. Bertanjoli M. (2016). Zagađenost Kaštelanskog zaljeva, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju, Zavod za analitičku, organsku i primenjenu kemiju, str. 4-13.
14. Blagojev N. (2019). Modelovanje i optimizacija kontinualne biosorpcije jona teških metala iz vode, doktorska disertacija, Tehnološki fakultet Novi Sad, Univerzitet u Novom sadu.
15. Blukacz – Richards E. A., Visha A., Graham M., Mc Goldrick., Shane R. De Solla., Moore D. J., Arhonditsis G. B. (2017). Mercury levels in herring gulls and fish: 42 years of spatiotemporal trends in the Great Lakes, *Chemosphere*, br. 172, str. 476-487.

16. Bose-O'Reilly, S., McCarty, K. M., Steckling, N., Lettmeier, B. (2010). Mercury exposure and children's health. *Curr. Probl. Pediatr. Adolesc. Health Care*, vol.40, br. 8, str. 186-215.
17. Brlek T., Pezo L., Voća N., Krička T., Vukmirović Đ., Čolović R., Bodroža-Solarov M. (2013). Chemometric approach for assessing the quality of olive cake pellets. *Fuel Process. Technol.*, vol. 116, str. 250-256.
18. Buch C. A., Brown G. G., Corcin F. E. M., Louvencato F. L., Filho – Silva (2017). Ecotoxicology of mercury in tropical forest soils: Impact on earthworms, *Science of The Total Environment*, vol. 589, str. 222 - 231.
19. Butte, W., Heinzow, B. (2002). Pollutants in house dust as indicators of indoor contamination. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.*, vol.175, str. 1-46.
20. Carson, P. A. (2002). *Hazardous chemicals handbook*. Elsevier.
21. Casley L. S., Godec T., Logan J. G., Pearce J. C., Smith H. M. P., Stewart S. A. (2018). How clean is your house? A study of house dust mites, allergens and other contents of dust samples collected from households, *Int. J. Environ. Health Res.*, vol. 28, br.4, str. 341 - 357.
22. Centineo, G., González, E. B., Sanz-Medel, A. (2004). Multielemental speciation analysis of organometallic compounds of mercury, lead and tin in natural water samples by headspace-solid phase microextraction followed by gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, vol. 1034, br.1-2, str. 191-197.
23. Commission regulation (EC) No 466 / 2001 of 8 march setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal EC*, L 77.
24. Červený, V., Rychlovský, P., Netolická, J., Šíma, J. (2007). Electrochemical generation of mercury cold vapor and its in-situ trapping in gold-covered graphite tube atomizers. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, vol.62, br.3, str. 317-323.
25. Chen C.Y., Driscoll C.T (2018). Integrating mercury research and policy in a changing world, *Kungl. Vetenskaps Akademien, The Royal Swedish Academy of Sciences, Ambio 2018*, vol. 47, str. 111 - 115.
26. Chen C. (2012). Methylmercury effects and exposure: Who is at risk? *Environmental Health Perspectives* vol. 120, str. a 224 - a 225.

27. Chen C. Y., Driscoll C. T., Lambert K. F., Mason R. P., Rardin L. R., Serrell N. S, Sunderland E. M. (2012a). Marine mercury fate: From sources to seafood consumers, *Environ. Res.*, vol. 119, str. 1 - 2.
28. Chen C. Y., Driscoll C. T., Lambert K. F., Mason R. P., Rardin L. R., Schmitt C. V., Serrell N. S, Sunderland E. M. (2012b). Sources to Seafood: Mercury Pollution in the Marine Environment, Hanover, NH: Toxic Metals Superfund Research Program, Dartmouth College, str. 1 - 21.
29. Chen C. Y., Serrell N., Evers D. C., Fleishman B. J., Lambert K. F., Weiss J. Mason R. P., Bank M. S. (2008). Methylmercury in marine ecosystems: From sources to seafoodconsumers - a workshop report, *Environmental Health Perspectives*, vol. 116, br. 12, str. 1706 - 1712.
30. Chen C., Wilcox B. (2008). Ecotoxicology of Methylmercury: A Transdisciplinary Challenge, *EcoHealth*, vol. 5, br. 4, str. 393 - 395.
31. Clarke, L. B. (1993). The fate of trace elements during coal combustion and gasification: an overview. *Fuel*, vol. 72, br.6, 731-736.
32. Corter, J. E. (1996). Tree models of similarity and association (Vol. 7). Sage.
33. Costa M. F., Landing W. M., Kehrig H. A., Barletta M., Holmes C. D., Barrocas P. R. G., Evers D. C., Buck D. G. Ana Claudia Vasconcellos, Sandra S Hacon, Josino C Moreira, Olaf Malm (2012) Mercury in tropical and subtropical coastal environments, *Environ. Res.*, vol. 119, str. 88 - 100.
34. Crawford, D. C., Hicks, B., Thompson, M. J. (2006). Which thermometer? Factors influencing best choice for intermittent clinical temperature assessment. *J Med Eng Technol.*, vol.30, br.4, str.199-211.
35. Cukrowska E. (2018). Risk assessment and bioavailability of mercury from dust in gold mining areas in Johannesburg, South Africa. World Congress on Environmental Toxicology and Health Sydney, Australia. University of the Witwatersrand, South Africa, *J Environ Anal Toxicol*, vol. 8, str. 2161 - 0525.
36. Cumming, J. A., Wooff, D. A. (2007). Dimension reduction via principal variables. *Computational statistics & data analysis*, vol.52, br.1, str. 550-565.
37. Cusack, L. K., Smit, E., Kile, M. L., Harding, A. K. (2017). Regional and temporal trends in blood mercury concentrations and fish consumption in women of child bearing Age in The United States using NHANES data from 1999–2010. *J. Environ. Health*, vol.16, br.1, str.1-11.

38. Cvetković B., Pezo L., Šuput D., Lončar B., Šimurina O., Filipčev B., Jevtić-Mučibabić R. (2021). Shelf-life study of osmodehydrated white cabbage packaged in modified atmosphere: Mathematical approach, *J. Appl. Bot. Food Qual.*, vol. 94, str. 47–52.
39. da Silva Sauthier, M. C., da Silva, E. G. P., da Silva Santos, B. R., Silva, E. F. R., da Cruz Caldas, J., Minho, L. A. C., Dos Santos, W. N. L. (2019). Screening of *Mangifera indica* L. functional content using PCA and neural networks (ANN). *Food chem.*, vol. 273, str. 115-123.
40. Daffertshofer, A., Lamoth, C. J., Meijer, O. G., Beek, P. J. (2004). PCA in studying coordination and variability: a tutorial. *Clinical biomechanics*, vol. 19, br.4, str. 415-428.
41. Delicado, P., Smrekar, M. (2009). Measuring non-linear dependence for two random variables distributed along a curve. *Stat Comput*, vol.19, br.3, str.255-269.
42. Devi Shyamala B., Mary John S., Manimaran N., Rengan P., Sayasundari., Mannivannan M. (2010). Removal of mercury by biosorption on to *Sphaeroplea* algae, *Zaštita materijala*, br. 51 (4), str. 227 - 231.
43. Đozić A., Hodžić I. (2016). Prisustvo teških metala u površinskim i industrijskim otpadnim vodama na području općine Lukavac, Centar za ekologiju i energiju Tuzla, B i H, str. 11 – 16.
44. Driscoll C. T., Han Y. J., Chen C. Y., Evers D. C., Lambert K. F., Holsen T. M., Kamman N. C, Munson R. K. (2007). Mercury contamination in forest and freshwater ecosystems in the Northeastern United States. *BioScience* vol. 57, str. 17 - 28.
45. Driscoll C. T., Mason R. P., Chan H. M., Jacob D., Pirrone N. (2013). Mercury as a Global Pollutant: Sources, Pathways and Effects, *Environ. Sci. Technol.*, vol. 47, br.10, str. 4967 - 4983.
46. Eagles – Smith C. A., Silbergeld E. K., Basy N., Bustamante P., Diaz - Barriga F., Hopkins W. A., Kidd K. A. and Nyland J. F. (2018). Modulators of mercury risk to wildlife and humans in the context of rapid global change. *Ambio*, vol. 47, br. 2, str. 170-197.
47. Elliott, A. C., Hynan, L. S. (2011). A SAS® macro implementation of a multiple comparison post hoc test for a Kruskal–Wallis analysis. *Comput Methods Programs Biomed.*, vol.102, br.1, str. 75-80.

48. Fashi A., Yaftian R. M., Zamani A. (2017). Electromembrane extraction preconcentration followed by microvolume UV - Vis Spectrophometric determinant of mercury in water and fish samples, *Food Chem.*, vol. 221, str. 714 - 720.
49. Filipović I., Lipanović S.(1995). *Opća i anorganska kemija, I dio Opća kemija IX Izdanje, Školska knjiga, Zagreb*, str. 53 - 62.
50. Filipović, V., Filipović, I., Markov, S., Tomović, V., Šojić, B., Filipović, J., Pezo, L. (2022). Storage time effect on inoculated, osmodehydrated chicken meat-microbiological and chemical characteristics. *Chem. Ind. Chem. Eng.*, vol.28, br.1, str.9-17.
51. Filipović V., Lončar B., Filipović J., Nićetin M., Knežević V., Šregelj V., Košutić M., Bodroža Solarov M. (2022a). Addition of combinedly dehydrated peach to the cookies – technological quality testing and optimization, *Foods*, vol.11, br. 9, str. 1258,
52. Förstner, U. (2020). *Inorganic sediment chemistry and elemental speciation. Sediments: CRC Press*, str. 61-105.
53. Frentiu, T., Mihaltan, A. I., Senila, M., Darvasi, E., Ponta, M., Frentiu, M., Pintican, B. P. (2013). New method for mercury determination in microwave digested soil samples based on cold vapor capacitively coupled plasma microtorch optical emission spectrometry: comparison with atomic fluorescence spectrometry. *Microch. J.*, vol. 110, str. 545-552.
54. Frew, A. J. (2011). Hundred years of allergen immunotherapy. *Clin. Exp. Allergy*, vol.41, br. 9, str.1221-1225.
55. Frisbie, S. H., Mitchell, E. J., Sarkar, B. (2015). Urgent need to reevaluate the latest World Health Organization guidelines for toxic inorganic substances in drinking water. *J. Environ. Health*, vol.14, br.1, str. 1-15.
56. Frossard A., Hartmann M., Frey B. (2017), Tolerance of the forest soilmicrobiome to icreasing mercury concentrations, *Soil Biol. Biochem.*, vol. 105, str. 162-176.
57. Gabriel, M. C., Williamson, D. G. (2004). Principal biogeochemical factors affecting the speciation and transport of mercury through the terrestrial environment. *Environ. Geochem. Health*, vol. 26, br.3, str. 421-434.
58. Gad, H. A., Ahmady, S. H., Abou - Shoer, M. I., Azizi, M. M. (2013). Application of chemometrics in authentication of herbal medicines: a review. *Phytochem. Anal.*, vol.24, br.1, str. 1-24.

59. Gahring L. C., Myers E. J., Dunn D. M., Weiss R. B., Rogers S.W. (2018). Lung eosinophilia induced by house dust mites or ovalbumin is modulated by nicotinic receptor (alpha) 7 and inhibited by cigarette smoke, National Library of Medicine, National Center for Biotechnology information, vol. 315, br. 4, str. L 553 - L 562.
60. Gajić S. (2019). ICP-OES određivanje sadržaja teških metala u prašini u blizini prometnih saobraćajnica, Master rad, Univerzitet u Nišu, Prirodno - matematički fakultet, str.10.
61. Gavis J., Ferguson J. F. (1972). A review of the arsenic cycle in natural waters, Science Direct Journals & Books, Vol. 6, br. 11, str. 1259 - 1274.
62. Gemperline, P. (2006). Practical guide to chemometrics. CRC press.
63. Genchi, G., Sinicropi, M. S., Carocci, A., Lauria, G., Catalano, A. (2017). Mercury exposure and heart diseases. International journal of environmental research and public health, vol.14, br.1, str. 74.
64. Germani M. S. Zoller W. H. (1988). Vapor - phase concentrations of arsenic, selenium, bromine, iodine, and mercury in the stack of a coal-fired power plant. Environ. Sci. Technol., vol. 22, br. 9, str. 1079 - 1085.
65. Gerstner H. B., Huff J. A. (1977). Clinical toxicology of mercury, J. Toxicol. Environ. Health, part A, vol. 2, br.3, str. 491 - 526.
66. Giacomino A., Redda R. A., Sguadrone S., Rizzi., Abete C. M., Givia L. C., Toniolo R., Abollino O., Malandrino M. (2017). Anodic voltammetry with gold electrodes as an alternative method for the routine determination of mercury in fish, Comparison with Spectroscopic approaches, Food Chem., vol. 221, str. 737-745.
67. Giang A., Selin N. E. (2016). Benefits of mercury controls for the United States, Environ. Health Perspect., vol. 113, br. 2, str. 286 - 291.
68. Glasser H, Chang DPY, Hickman DC. (1991). An analysis of biomedical waste incineration. J. Air Waste. Manag. Assoc. vol 41, str. 1180-1188.
69. Govindaraju, K., Meville, G., Chouard, C. (1976). Automated optical emission spectrochemical bulk analysis of silicate rocks with microwave plasma excitation. Anal. Chem., vol. 48, br.9, str.1325-1331.
70. Granato, D., Santos, J. S., Escher, G. B., Ferreira, B. L., Maggio, R. M. (2018). Use of principal component analysis (PCA) and hierarchical cluster analysis (HCA) for multivariate association between bioactive compounds and functional properties in foods: A critical perspective. Trends Food Sci. Technol., vol 72, str. 83-90.

71. Grandjean P., Cordier S., Kjellström T., Weihe P, and Budtz - Jorgensen E. (2005). Health effects and risk assessments. In *Dynamics of Mercury Pollution on Regional and Global Scales: Atmospheric Processes and Human Exposures around the World*, ed. Pirrone N., and Mahaffey KR., str. 511 - 538, Norwell MA: Springer.
72. Gyamfi, O., Sorenson, P. B., Darko, G., Ansah, E., Bak, J. L. (2020). Human health risk assessment of exposure to indoor mercury vapour in a Ghanaian artisanal small-scale gold mining community. *Chemosphere*, br. 241, str.125014.
73. Hagemann, S. (2009). Technologies for the stabilization of elemental mercury and mercury-containing waste. GRS Final Report.
74. Hammond, C. R. (2000). The elements. *Handbook of chemistry and physics*, 81.
75. Houston, M. C. (2011). Role of mercury toxicity in hypertension, cardiovascular disease, and stroke. *J. Clin. Hypertens.*, vol.13, br.8, str. 621-627.
76. Hu, Y., Liu, X., Bai, J., Shih, K., Zeng, E. Y., Cheng, H. (2013). Assessing heavy metal pollution in the surface soils of a region that had undergone three decades of intense industrialization and urbanization. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol.20, br.9, str. 6150-6159.
77. Huson, D. H., Rupp, R. (2008). Summarizing multiple gene trees using cluster networks. In *International Workshop on Algorithms in Bioinformatics*, str.296-305.
78. Ignjatović D., Knežević D., Kolonja B., Lilić N., Stanković R. (2007). Upravljanje kvalitetom uglja, Beograd: Rudarsko - geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, str. 103 - 113.
79. In: *Environmental Research*. 161: 284 - 290., Academic Press Inc Elsevier Science (2018). Isolation and characterization of a respirable particle fraction from residential house dust) *Environ. Toxicol. Pharmacol.*, vol. 49, str. 21 - 26.
80. Issaro, N., Abi-Ghanem, C., Bermond, A. (2009). Fractionation studies of mercury in soils and sediments: a review of the chemical reagents used for mercury extraction. *Anal. Chim. Acta*, vol. 631, br.1, str. 1-12.
81. Izveštaj o stanju zemljišta u Republici Srbiji (2009). Republika Srbija, Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja, Agencija za zaštitu životne sredine Beograd, str. 10 - 21.
82. Jovanović D. (2015). Ispitivanje sadržaja teških metala i metaloida u tkivima riba iz otvorenih voda u zavisnosti od načina ishrane, Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, str 36.

83. Kahhat, R., Parodi, E., Larrea-Gallegos, G., Mesta, C., Vázquez-Rowe, I. (2019). Environmental impacts of the life cycle of alluvial gold mining in the Peruvian Amazon rainforest. *Sci. Total Environ.*, vol. 662, str. 940-951.
84. Kalisinska E., Arendarczyk L. N., Bojacka K. D., Budis H., Pilavczyk B., Marciniak T. A., Podlasinska J., Cieslik L. (2017). Musclemercury and Selenium in fishes and semi-aquatic mammals from selenium - deficient area. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, vol. 136, str. 24 - 30.
85. Kapoor, A., Viraraghavan, T. (1995). Fungal biosorption—an alternative treatment option for heavy metal bearing wastewaters: a review. *Bioresour. Technol.*, vol.53, br.3, str. 195-206.
86. Karagas M. R., Choi A., Okean E., Horvat M., Schoeny R., Kamai E., Cowell W., Grandjean P., Korrick S. (2012). Evidence on the human health effects of low level methylmercury exposure, *Environ. Health Perspect.* vol 120, br. 6, str. 799 -806.
87. Karimi R., Fitzgerald T. P., Fisher N. S. (2012). A quantitative synthesis of mercury in commercial seafood and implications for exposure in the United States, *Environ. Health Perspect.* vol. 120, br. 11, str. 1512 - 1519.
88. Karimi R., Silbernagel S., Fisher N. S., Meliker J. R. (2014). Elevated blood Hg at recommended seafood consumption rates in adult seafood consumers, *Int. J. Hyg. Environ. Health.*, vol. 217, br. 7, str. 758 - 764.
89. Karimi R., Vacchi - Suzzi C., Meliker J.R. (2016). Mercury exposure and a shift toward oxidative stress in avid seafood consumers, *Environmental Research*, vol.146, str. 100 - 107.
90. Kastury F., Smith E., Juhasz A. L. (2017). A critical review of approaches and limitations of inhalation bioavailability and bioaccessibility of metal (loid)s from ambient particulate matter or dust. *Sci. Total. Environ.*, vol. 574, str. 1054 - 1074. NCBI.
91. Kelepertzis E., Argyraki A., Botsou F., Aidona E., Szabó Á., Szabó C. (2019). Tracking the occurrence of anthropogenic magnetic particles and potentially toxic elements (PTEs) in house dust using magnetic and geochemical analyses, *Environ. Pollut.*, vol. 245, str. 909-920,
92. Kirk J. L., Lehnher I., Andersson M., Braune B. M., Chan J., Dastoor A. P., Durnford D., Gleason A. L., Laseto L. L., Steffen A., Louis st L VI. (2012). Mercury



- in Arctic marine ecosystems: Sources, Pathways, and Exposure, Environ. Res., vol. 119, str. 64 - 87.
93. Koeman J. H., Peeters W H M., Koudstaal - Hol C. H. M., Tjioe P. S., De Goeij J. J. (1973), Mercury - Selenium Correlations in Marine Mammals. Nature, vol . 245, str. 385 - 386.
94. Kollo, T., Von Rosen, D. (2005). Advanced Multivariate Statistics with Matrices, In: Mathematics and its applications, Springer, Netherlands.
95. Landrum, P. F., Chapman, P. M., Neff, J., Page, D. S. (2013). Influence of exposure and toxicokinetics on measures of aquatic toxicity for organic contaminants: a case study review. Integr. Environ. Assess. Manag., vol. 9, br.2, str. 196–210.
96. Levesque, C., Rasmussen, P. E. (2022). Determination of Total Mercury and Carbon in a National Baseline Study of Urban House Dust. Geosciences, vol.12, br.2, 52.
97. Lindberg S., Bullock R., Ebinghaus R., Engstrom D., Feng X., Fitzgerald W., Pirrone N., Prestbo E., Seigneur C. (2007). A synthesis of progress and uncertainties in attributing the source of mercury in deposition. Ambio, vol.36, br. 1, str. 19 - 32.
98. Lončar B. (2015). Hemometrijski pristup osmotskoj dehidraciji srebrnog karaša (*Carassius gibelio*), doktorska disertacija, Tehnološki fakultet Novi Sad, Univerzitet u Novom Sadu, str.14.
99. Londonio, A., Fujiwara, F., Rebagliati, R. J., Gómez, D., Smichowski, P. (2012). Determination of mercury in size fractionated road dust samples by flow injection-cold vapor-atomic absorption spectrometry. Microchem. J, vol.105, str.77-82.
100. Luterotti S., Bicanic D. (2013), Odabrane teme iz Bioanalitike 4. izdanje, Sveučilište u Zagrebu, Farmaceutsko – biokemijski fakultet, Zagreb, str. 1 - 50.
101. Lužaić T. (2021). Mogućnosti i ograničenja proizvodnje hladno presovanog ulja i pogače od semena odabranih hibrida suncokreta najnovijeg sortimenta, doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, str.75.
102. MacLean L. C. W., Beauchemin S., Rasmussen P. E. (2011). Lead speciation in house dust from Canadian urban homes using EXAFS, Micro - XRF and Micro - XRD. Environ. Sci. Technol., vol. 45, br. 13, str. 5491 - 5497.
103. MacLean L. C., Beauchemin S., Rasmussen P.E. (2013). Chemical transformations of lead compounds under humid conditions: implications for bioaccessibility. Environmental Geochemistry and Health, vol. 35, br.1, str. 153 - 159.

104. Mahaffey K. R., Clickner R. P., Bodurow C. C. (2004), Blood organic mercury and dietary mercury intake: National health and nutrition examination survey, 1999 and 2000. *Environ. Health Perspect.* vol.112, br. 5, str. 562 - 570.
105. Mahaffey K. R., Mergler D. (1998). Blood levels of total and organic mercury in residents of the upper St. Lawrence River Basin, Quebec: association with age, gender, and fish consumption. *Environ. Res.* vol. 77, br.2, str. 104 - 114.
106. Majewski, G.; Kociszewska, K.; Rogula-Kozłowska, W.; Pyta, H.; Rogula-Kopiec, P.; Mucha, W.; Pastuszka, J.S. (2016). Submicron Particle-Bound Mercury in University Teaching Rooms: A Summer Study from Two Polish Cities. *Atmosphere.* br. 7, str. 117.
107. Manojlović M., Čabilovski R. (2019). Praktikum iz agrohemije, Univerzitet u Novom Sadu. Poljoprivredni fakultet, Publikacija, Matice Srpske, str. 15 - 75.
108. Mart V. (2015), Međunarodna Konvencija o živi: Razlozi za međunarodno regulisanje žive i sadržaj međunarodne konvencije (Minamata konvencija), Alternativa za bezbednije hemikalije, Beograd.
109. Mason, R. P., Choi, A. L., Fitzgerald, W. F., Hammerschmidt, C. R., Lamborg, C. H., Soerensen, A. L., Sunderland, E. M. (2012). Mercury biogeochemical cycling in the ocean and policy implications. *Environ. res.*, vol. 119, str.101-117.
110. Matusiewicz, H., Ślachciński, M. (2010). Method development for simultaneous multi-element determination of hydride forming elements (As, Bi, Ge, Sb, Se, Sn) and Hg by microwave induced plasma-optical emission spectrometry using integrated continuous-microflow ultrasonic nebulizer-hydride generator sample introduction system. *Microchem. J.*, vol. 95, br.2, str. 213-221.
111. Meili M. (1991). The coupling of mercury and organic matter in the biogeochemical cycle towards a mechanistic model for the boreal forest zone, *Water Air Soil Pollut.* vol. 56, br.1, str. 333 - 347.
112. Mihaljev Ž., Baloš-Živkov M., Ratajac R. (2003). Rasprostranjenost žive u različitim uzorcima iz životne sredine, Naučni institut za veterinarstvo "Novi Sad", Novi Sad, Originalni naučni rad, EKO-KONFERENCIJA, Ekološki pokret grada Novog Sada, str. 483 - 487.
113. Mikac N., Roje V., Dautović J., Kniewald G., Cukrov N.. (2007). Raspodjela metala i metaloida u sedimentu i vodi ušća rijeke Krke // Zbornik radova sa Simpozija

- Rijeka Krka i Nacionalni park "Krka" Prirodna i kulturna baština, zaštita i održivi razvitak / Marguš, Drago (ur.) Šibenik: Javna ustanova Nacionalni park, str. 823 - 838 .
114. Milanov R. (2014). Univerzitet u Beogradu, Fakultet veterinarske medicine, Ispitivanja u okviru Minamata convention on mercury, United Nations Environment Programme, str. 1 – 71.
115. Milijašević M., Babić J., Baltić M., Đorđević V., Spirić D., Janković S., Spirić A. (2012). Parametri higijenske ispravnosti četiri vrste riba koje su najzastupljenije na tržištu Srbije. *Tehnologija mesa*, vol. 53, br.2, str. 127 - 133.
116. Morisset T., Ramirez - Martinez A., Wesolek N., Roudot A. C., Alain - Clasude (2013). "Probabilistic mercury multimedia exposure assessment in small children and risk assesment", *Environ. Int.* vol.59, str. 431 - 441. Utvrđivanja 20.12.2018 13:00.
117. Moriyama, M., Hugentobler, W. J., Iwasaki, A. (2020). Seasonality of respiratory viral infections. *Annu. Rev. Virol.*, br. 7, str.83-101.
118. Mujagić M. (1990). Određivanje tragova nekih teških metala metodama, emisione spektroskopije i neplamene atomske fluorescencije, Specijalistički rad, Univerzitet u Novom Sadu, PMF, Institut za fiziku, str. 7 - 17.
119. Mukherjee, A., Zevenhoven, R., Brodersen, J., Hylander, L. & Bhattacharya, P. (2004). Mercury in waste in the European Union: sources, disposal methods and risks. *Resources, Conservation and Recycling*, vol 42, br.2, str. 155–182.
120. Nedić A., Pucarević M., Ninkov J., Stojić N., Milić D. (2019). Sadržaj i distribucija žive (Hg) u kućnoj prašini i zemljištu grada Šida. *Zbornik Matice Srpske za prirodne nauke*, Novi Sad, br. 137 /str. 33 - 41.
121. Ninkov J., Marković S., Banjac D., Vasin J., Milić S., Banjac B., Mihailović A. (2017). Mercury content in agricultural soils (Vojvodina Province, Serbia), *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 24, str. 10966 -10975.
122. Novaković Z., Gerić T., Bošković T., Jovanović J., Janković S., Stefanović S. (2010). "Značaj kontinuiranog ispitivanja prisustva nekih hemijskih kontaminenata u jetri goveda, svinja i brojlera", *Veterinarski glasnik*, Vol. 64, br. 5- 6, str. 367 - 374..
123. Obrist D., Kiri J. L., Zhang L., Sunderland E. M., Jiskra M., Selin N. E. (2018). A review of global environmental mercury processes in response to human and natural perturbations: Changes of emissions, climate, and land use. *Ambio*, vol. 47, br.2, str. 116 -140. <https://doi.org/10.1007/s13280-017-1004-9>.

124. Okean E., Choi A. L., Karagas M. R., Mariën K., Rheinberger C. M., Schoeny R., Sunderland E., Korrick S. (2012). Which fish should I eat? Perspectives influencing fish consumption choices. *Environ. Health Perspect.* vol.120, br. 6, str. 790 - 798.
125. O'Connor, D., Hou, D., Ok, Y. S., Mulder, J., Duan, L., Wu, Q., Rinklebe, J. (2019). Mercury speciation, transformation, and transportation in soils, atmospheric flux, and implications for risk management: A critical review. *Environ. Int.*, vol.126, str. 747-761.
126. Pavlović G., Siketić S. (2011). *Kemijski aspekti ekotoksikologije žive i njezinih, spojeva*, Sigurnost, Zagreb, vol. 53, br. 1, str. 17 - 28.
127. Pavlović M., Kokunešoski M., Popović P, Kićević D. (2007). Određivanje četiri teška metala u različitim ambalažnim materijalima, *Asocijacija za kvalitet i standardizaciju u Srbiji, Festival kvaliteta 2007*. 34. Nacionalna konferencija o kvalitetu, Kragujevac, Zbornici radova, str. 1 - 5.
128. Parsons, M. B., Percival, J. B. (2005). Chapter 1: A brief history of mercury and its environmental impact. *Mercury: sources, measurements, cycles, and effects*, vol.34, str.1-20.
129. Petrović, M. (2011). Osnovi veštačkih neuronskih mreža i značaj njihove primene, *Zbornik radova*, vol. 20, str. 47-55.
130. Pezo, L., Arsenović, M., Radojević, Z. (2014). ANN model of brick properties using LPNORM calculation of minerals content. *Ceram. Int.*, vol.40, str.7, str.9637-9645.
131. Plavšić F. (2009). *Knjiga o toksikologiji: Bojite li se otrova?* [http://www.otrovno.com/book/\\_HZT\\_Source/Knjiga/magazin.html](http://www.otrovno.com/book/_HZT_Source/Knjiga/magazin.html)., Hrvatski institut za toksikologiju, Zagreb, str. 23 – 24.
132. Pravilnik o količinama pesticida, metala i metaloida i drugih otrovnih supstancija hemioterapeutika, anabolika i drugih supstanci koje se mogu nalaziti u namirnicama (1992). *Službeni list SRJ*, br. 5, 11/92, 33/02, 5/92, 11/02, str. 67 - 85.
133. Pravilnik o dopuni pravilnika o maksimalno dozvoljenoj količini ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje za koju se utvrđuju maksimalno dozvoljene količine ostalih sredstava za zaštitu bilja. „*Sl. glasnik RS*“, br. 110-00-00001/2001- 09, str. 8-10.
134. Pravilnik o graničnim vrednostima, metodama merenja imisije, kriterijumima za uspostavljanje mernih mesta i evidencije podataka. *Službeni glasnik RS*“, br. 54/92, 30/99 i 19/06, str. 22 - 23.

135. Prokop G., Jobstmann H., Schönbauer (2011), Report on best practices for limiting soil sealing and mitigating its effects. Technical Report (PDF Available), with 80 Reads Umweltbundesamt, Austria, str. 24 - 42.
136. Prior R.L., Wu X., Schaich K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *J. Agric. Food Chem.*, vol. 53, str. 4290-4302.
137. Pirrone N., Keeler G. J., Nriagu J. O., 1996. Historical trends of airborne trace metals in Detroit from 1971-1992. *Water Air Soil Pollut.*, vol. 88, str.146-165.
138. Pucarević M. (2019), Instrumentalne metode analize u upravljanju životnom sredinom u poljoprivredi I izdanje, Univerzitet Edukons, Sremska Kamenica, str. 10 - 67.
139. Rajković M. B., Stojanović, M. D., Lačnjevac Č. M., Tošković D. V., Stanojević D. D. (2009). Detekcija i određivanje nekih teških metala u vodi gradske vodovodne mreže naselja Vidikovac-Beograd preko izdvojenog kamenca iz vode. *Zaštita materijala*, vol. 50, broj 1, str. 35 - 44.
140. Rajković, D., Marjanović Jeromela, A., Pezo, L., Lončar, B., Zanetti, F., Monti, A., Kondić Špika, A. (2021). Yield and Quality Prediction of Winter Rapeseed—Artificial Neural Network and Random Forest Models. *Agronomy*, vol.12, br.1, str. 58.
141. Rasmussen P. E., Subramanian K. S., Jessiman B. J. (2001). A multi–element profile of house dust in relation to exterior dust and soils in the city of Ottawa, Canada. *Sci. Total Environ.*, vol. 267, br. 1 – 3, str. 125 - 140.
142. Rasmussen P. E., Beauchemin S., Nugent M., Dugandzić R., Lanouette M., Chénier M. (2008). Influence of matrix composition on bioaccessible copper, zinc and nickel in urban residential dust and soil. *Hum. Ecol. Risk Assess.*, vol. 14, br. 2, str. 351 - 371.
143. Rasmussen P. E., Beauchemin S., Chénier M., Levesque C., MacLean L. C. W., Marro L., Jones - Otazo H., Petrovic S., McDonald L. T., Gardner H. D. (2011). Canadian House Dust Study: Lead Bioaccessibility and Speciation. *Environ. Sci. Technol*, vol. 45, br. 11, str. 4959 - 4965.
144. Rasmussen P. E., Levesque C., Chénier M., Gardner H. D., Jones - Otazo H., Petrovic S. (2013). Canadian House Dust Study: Population – based concentrations, loads and loading rates of arsenic, cadmium, chromium, copper, nickel, lead, and zinc inside urban homes. *Sci Total Environ*, vol. 443, str. 520 - 529.

145. Rasmussen P. E., Beauchemin S., Maclean L. C. W., Chénier M., Levesque C., Gardner H. D. (2014). Impact of humidity on speciation and bioaccessibility of Pb, Zn, Co and Se in house dust. *J. Anal. At. Spectrom.*, vol. 29, br.7, str. 1141 - 1308.
146. Rasmussen P. E., Levesque C., Chénier M., Gardner H. D. (2018). Contribution of metals in resuspended dust to indoor and personal inhalation exposures: Relationships between PM10 and settled dust. *Build Environ.*, vol. 143, str. 513 - 522.
147. Reis T. A., Davidson M. C., Vale, C. Pereira, E. (2016). Overview and challenges of mercury fractionation and speciation in soils. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, vol. 82, str. 109 - 117.
148. Rezania, S., Ponraj, M., Talaiekhosani, A., Mohamad, S. E., Din, M. F. M., Taib, S. M., Sairan, F. M. (2015). Perspectives of phytoremediation using water hyacinth for removal of heavy metals, organic and inorganic pollutants in wastewater. *J. Environ. Manage.*, vol. 163, str. 125-133.
149. Rice G., Swartout J., Mahaffey K., Schoeny R. (2000). Derivation of US EPA's oral reference dose (RfD) for methylmercury. *Drug Chem. Toxicol.*, vol. 23, br.1, str. 41 - 54.
150. Ruby, M. V., Schoof, R., Brattin, W., Goldade, M., Post, G., Harnois, M., Chappell, W. (1999). Advances in evaluating the oral bioavailability of inorganics in soil for use in human health risk assessment. *Environ. Sci. Technol.*, vol.33, br.21, str.3697-3705.
151. Health Risk Assessment, Environmental Science and Technology, vol. 33, br. 21, str. 3697 - 3705.
152. Saičić S. Janković S. (2004). „Sadržaj toksičnih elemenata u ciljnim organima svinja i goveda u periodu 1982 - 2001. god.“, *Tehnologija mesa*, vol.45, br. 1 - 2, str. 33 - 37.
153. Saniewska D., Beldowska M. (2017). Mercury Fraction In Soil And Sediment Samples Using Thermo - Desorption Method, *Biotechnology Information* vol. 168, str. 152 - 161.
154. Sarajlić M. (2013). Mikroelektronski senzor elementarne žive (Hg) u gasnoj fazi, doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, str.15.
155. Sahakyan, L., Tepanosyan, G., Maghakyan, N., Kafyan, M., Melkonyan, G., Saghatelyan, A. (2019). Contamination levels and human health risk assessment of

- mercury in dust and soils of the urban environment, Vanadzor, Armenia. *Atmos. Pollut. Res.*, vol.10, br.3, str. 808-816.
156. Science for Environment Policy (2017) Tackling mercury pollution in the EU and worldwide. In-depth Report 15 produced for the European Commission, DG Environment by the Science Communication Unit, UWE, Bristol.
157. Selin, N. E. (2009). Global biogeochemical cycling of mercury: a review *Annu. Rev. Environ. Resour.*, vol. 34, str. 43-63.
158. Sekulić P., Kastori R., Hadzić V. (2003). *Zaštita zemljišta od degradacije*, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, str. 230.
159. Spiric J., Reuter A., Rabin R L. (2017). Mass spectrometry to complement standardization of house dust mite and other complex allergenic extracts. *Clin. Exp. Allergy*, vol.47, br. 5, str. 604 - 617.
160. Springer O. P., Springer D. (2008). *Otrovani modrozeleni planet*, priručnik iz Ekologije, Meridijani, Zagreb, str. 294.
161. Steiner A., Martonakova H., Guziova Z. (2003). *Vodič za dobro upravljanje u oblasti životne sredine koji je izrađen kao doprinos procesu Ekologija za Evropu - Ministarska konferencija o zaštiti životne sredine u Kijevu*, Regionalna kancelarija za Evropu i Zajednicu nezavisnih država UNDP - a, kancelarija za Srbiju i Crnu Goru, Beograd, vol. 3, str. 100 - 166.
162. Stein R., Nam S.I., Grobe H., Wolfgang H. H. (1996). Sedimentology and stable isotope ratios of cores from the East Greenland continental margin, vol. 111, str. 135 -151.
163. Stein E. D., Cohen Y., Winer A. M., (1996). Environmental distribution and transformation of mercury compounds. *Crit. Rev. Environ. Sci. Tehnol.*, vol. 26, 1, str.1-43.
164. Stanisz, E., Werner, J., Matusiewicz, H. (2013). Mercury species determination by task specific ionic liquid-based ultrasound-assisted dispersive liquid-liquid microextraction combined with cold vapour generation atomic absorption spectrometry. *Microchem. J.*, vol. 110, str. 28-35.
165. Stefanović V. (2016). *Određivanje sadržaja makroelemenata i mikroelemenata u uzorcima pečurke macrolepiota procera i zemljišnim supstratima iz rasinskog okruga*, doktorska disertacija, Hemijski fakultet, Univerzitet u Beograd, str. 30-33.

166. Sun, G., Li, Z., Bi, X., Chen, Y., Lu, S., Yuan, X. (2013). Distribution, sources and health risk assessment of mercury in kindergarten dust. *Atmos. Environ.*, vol.73, str. 169-176.
167. Sysalova J., Kučera, J., Drtinova B., Červenka R., Zverina O., Komarek J., Kamenik J. (2017). Mercury species in formerly constrained soils and released soil gases, *Science of the Total Environment*, Vol. 584 - 585, str. 1032 - 1039.
168. Svoboda, K., Hartman, M., Šyc, M., Pohořelý, M., Kameníková, P., Jeremiáš, M., Durda, T. (2016). Possibilities of mercury removal in the dry flue gas cleaning lines of solid waste incineration units. *J. environ. manage.*, vol. 166, str.499-511.
169. Šarić, B. (2016). Iskorišćenje tropa borovnice i maline u formulaciji bezglutenskog keksa sa dodatkom vrednošću, doktorska disertacija, Institut za Pehrambene tehnologije, Univerzitet u Novom Sadu.
170. Šćiban M., (2013). Bisorpcija teških metala iz vode, Doktorska disertacija Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet Novi Sad, str.8-11.
171. Šišić, M., Kulić, S. (2014). Hemijske metode u analizi hrane. *PHARM-HEALTH*, vol.2, br.3, str.144.
172. Šuput, D. Z., Lazić, V. L., Pezo, L. L., Popović, S. Z., Hromiš, N. M., Bulut, S. N. (2016). The effects of glycerol and guar-xanthan mixture on mechanical and barrier properties of starch based edible films-Chemometric analysis. *Hem. ind.*, vol.70, br.6, str. 739-744.
173. Švarc-Gajić, J. (2006). Hronopotenciometrijska striping analiza žive na staklastom ugljeniku, Doktorska disertacija, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.
174. Tate, K. R. (1984). The biological transformation of P in soil. In *Biological processes and soil fertility* (pp. 245-256). Springer, Dordrecht.
175. Taylor, B.J. (2006). *Methods and Procedures for the Verification and Validation of Artificial Neural Networks*, Springer Science, Business Media, Inc., USA
176. Thompson M., Walsh, J., N. (1989). *Handbook of Inductively Coupled Plasma Spectrometry*, SpringerLink, str. 161 - 162.
177. Trbović D., Janković S., Ćirković M., Nikolić D., Matekalo S. V., Đorđević V., i Spirić A (2011). Bezbednost i kvalitet mesa nekih slatkovodnih riba u Srbiji, *Tehnologija mesa*, vol. 52, br. 2, str. 276 - 282.
178. Turner, A. (2011). Oral bioaccessibility of trace metals in household dust: a review. *Environ. Geochem. Health*, vol.33, br. 4, str. 331-341.



179. Trumbulović Lj., Jovičić N. (2015). Rizik i mere bezbednosti u radu sa živom, XL Međunarodni naučno stručni skup, Održavanje mašina i opreme, Zbornik radova, 40 Visoka poslovna tehnička škola, Užice, str. 211 - 217.
180. Tošković D., Rajković M. (2000). The application of atomic absorption spectrophotometry (AAS) for determination of the content of heavy metals in food products the in lacquered tins are filled with. J. Agricultural Sciences (Belgrade), vol. 45, broj 1, str. 61-72.
181. Toxicological Profile for Mercury, U.S. Department of Health and Human Services Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, Georgia, USA, March 1999.
182. UNEP, (2013). Global Mercury Assessment: Sources, Emissions, Releases and Environ Transport. UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland.
183. Valko, M., Jomova, K., Rhodes, C. J., Kuča, K., Musílek, K. (2016). Redox-and non-redox-metal-induced formation of free radicals and their role in human disease. Arch. Toxicol., vol. 90, br.1, str. 1-37.
184. Voća N., Pezo L., Peter A., Šuput D., Lončar B., Krička T. (2021). Modelling of corn kernel pre-treatment, drying and processing for ethanol production using artificial neural networks, Ind.crop.prod. vol.162, str. 113293.
185. Velez R., Krleska-Velez N., Čupić V., (2009). Trovanja domaćih životinja teškim metalima. Vet. Glasnik, vol.63, br.5-6, str. 393 – 405.
186. Walker BL, Cooper CD. (1992). Air pollution emission factors for medical waste incinerators. J Air Waste Manag Assoc, vol. 42, br.6, str.784-791.
187. Wang, J., Xia, J., Feng, X., (2017). Screening of chelating ligands to enhance mercury accumulation from historically mercury contaminated soils for phytoextraction, J. Environ. Manage., vol. 186, str. 233 - 239.
188. Wang X., Zhang D., Pan X., Lee D. J., Al - Misned, F.A., Mortuza M.G, Gadd G.M (2017). Aerobic and anaerobic biosynthesis of nano-selenium for remediation of mercury contaminated soil, Chemosphere, vol. 170, str. 266- 273.
189. Wiener, J. G., Krabbenhoft, D. P., Heinz, G. H., Scheuhammer, A. M. (2002). Ecotoxicology of mercury. In Handbook of ecotoxicology str. 433-488.
190. WHO (1990-1991), The work of WHO, 1990-1991: biennial report of the Director - General to the World Health Assembly and to the United Nation, str. 184.

191. World Congress on Environmental Toxicology and Health July 11 - 12., 2nd World Conference on Soil Microbiology, Ecology, str. 46.
192. Wiśniewska, K., Lewandowska, A.U., Witkowska, A. (2017). Factors determining dry deposition of total mercury and organic carbon in house dust of residents of the Tri-city and the surrounding area (Baltic Sea coast). *Air Qual. Atmos Health*, vol. 10, str.821–832.
193. Windmüller, C. C., Silva, N. C., Andrade, P. H. M., Mendes, L. A., do Valle, C. M. (2017). Use of a direct mercury analyzer® for mercury speciation in different matrices without sample preparation. *Analytical Methods*, vol.9, br.14, str. 2159-2167.
194. Wu, X., Cobbina, S. J., Mao, G., Xu, H., Zhang, Z., Yang, L. (2016). A review of toxicity and mechanisms of individual and mixtures of heavy metals in the environment. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol.23, br. 9, str. 8244-8259.
195. Xu X, Wang W. X., Xiaoyu Xu, Wen-Xiong Wang (2017). Mercury exposure and source tracking in distinct marine caged fish farm in southern China, *Environ. Pollut.* vol. 220, str. 1138 - 1146.
196. Xu, J., Bravo, A. G., Lagerkvist, A., Bertilsson, S., Sjöblom, R., Kumpiene, J. (2015). Sources and remediation techniques for mercury contaminated soil. *Environ. Int.*, vol. 74, str. 42-53.
197. Xu, M., Yan, R., Zheng, C., Qiao, Y., Han, J., Sheng, C. (2004). Status of trace element emission in a coal combustion process: a review. *Fuel Process. Technol.*, vol.85, br.2-3, str. 215-237.
198. Yoon, J., Deisboeck, T. S. (2009). Investigating differential dynamics of the MAPK signaling cascade using a multi-parametric global sensitivity analysis. *PloS one*, vol.4, br.2, str. e4560.
199. Zakon o potvrđivanju Roterdamske konvencije o postupku davanja saglasnosti na osnovu prethodnog obaveštenja za određene opasne hemikalije i pesticide u međunarodnoj trgovini sa izmenama i dopunama, ("Sl. glasnik RS - Međunarodni ugovori", br. 38/2009).
200. Zakon o potvrđivanju Bazelske konvencije o kontroli prekograničnog kretanja opasnih otpada i njihovom odlaganju, ("Sl. list SRJ - Međunarodni ugovori", br. 2/99).
201. Zhang, N., Zhou, C., Xia, W., Nguyen, A. V. (2018). Volatilization of mercury in coal during conventional and microwave drying and its potential guidance for environmental protection. *J. Clean. Prod.*, br. 176, str. 1-6.

202. Zavrtnik N., (2015). Uklanjanje teških metala iz voda pomoću zeolita: stručni studij "Održivi razvoj", Međimursko Veleučilište u Čakovcu, str. 13 - 14.
203. Zhona J., Wanguz., Zhang X., Sun T. (2017). Investigation of factors of affecting mercury emission from subtropical forest soil: A field-controlled study in southwestern China, *J. Geochem. Explor.*, vol. 176, str. 128 - 135.
204. Živkov-Baloš, Mihaljev M., Čupić Ž. (2011). Sadržaj minerala, toksičnih elemenata i radionuklida u uzorcima Lucerke (*Medicago Soutiva*), *Biotechnol. Anim. Husb.*, vol.27, br.3, str.591-598.

## 6.1. Internet izvori

### web literatura:

1. <http://www.atomskaspektrometrija.com/index.php/izvodi-iz-knjige/a...> 8.2.2017 12:46.
2. [http://www.carina.rs/Zakoni i propisi drugi akti](http://www.carina.rs/Zakoni_i_propisi_drugi_akti).
3. <http://ec.europa.eu/environmental>, UNEP, 2013, IPEN, Heavy metals gro URI: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/7984ups>.
4. <http://ec.europa.eu/environment/water/water-danger> 30.12.2018 13:05.
5. <http://www.ekapija.com/website/sr/page/1020389/NABAVKA-U...>
6. <https://environment.conferenceseries.com/20.12.2018> 15:00
7. <https://fedorabg.bg.ac.rs/fedora/get/o:11406/bdef:Content/get> 28.11.2018 u 13:20.
8. <https://www.google.com/url?Feur-lex.europa.eu%2Flegal-com>30.12.2018. 13:30
9. <https://www.epa.gov/.../minamata-convention-mercury> , 06.05.2019.,8:55

10. <http://www.musicar.rs/direktiva-o-vodama-evropske-unije/>
11. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27672736>,20.12.2018, 13:45,
12. <http://www.nmw.co.rs/nmw/index.php?page=106> 21.12.2016 13:52
13. [http://projuris.org/multilateralne\\_konvencije13.html](http://projuris.org/multilateralne_konvencije13.html) 1.11.2018 11:06.
14. [rhmzrs.com/.../Registar/Izveštaj%20o%20Registru%20postrojenja%20u%20zagađ](http://rhmzrs.com/.../Registar/Izveštaj%20o%20Registru%20postrojenja%20u%20zagađ).
15. <http://www.rdvode.gov.rs/lat/međjunarodna-saradnja-unece.php> Republička direkcija za vode 20.02.2017 14:07.
16. <http://www.upravacarina.rs/Raspisi> TARIS Grupa za TARIS i sajtu Uprave carina
17. [http://www.zerowaste.rs/index.php?option=com\\_content&view=arti...](http://www.zerowaste.rs/index.php?option=com_content&view=arti...) 22.11.2016 11:22
18. [http://www.zaštita\\_životne\\_sredine.com](http://www.zaštita_životne_sredine.com)\_teški metali
19. <http://www.ekourbapv.vojvodina.gov.rs/wpcontent/uploads/2018/09/povrsinske-vode-i-sediment-u-zas.zonama-i-crnim-tackama-2008.pdf>
20. [https://www.vodevojvodine.com/wpcontent/uploads/Content/uploads/Reports/Izvod%20iz%20projekta\\_7228.pdf](https://www.vodevojvodine.com/wpcontent/uploads/Content/uploads/Reports/Izvod%20iz%20projekta_7228.pdf)

## 7. PRILOZI I SKRAĆENICE

### 7.1. Spisak skraćenica

**PCA** - analiza glavnih komponenti

**ANN** - veštačke neuronske mreže

**MDK** - maksimalne dozvoljene koncentracije

**WHO** - Svetska zdravstvena organizacija

**SAD** - Sjedinjene Američke Države

**EEA** - Evropska agencija za životnu sredinu

**PMF** - Prirodno-matematički fakultet

**DTD** – Dunav-Tisa-Dunav

**HR ICP-MS** - masena spektrometrija visokog razdvajanja s induktivno spregnutom plazmom

**EU** - Evropska unija

**ICP-MS** - induktivno spregnuta plazma - masena spektrometrija

**ICP-AES** - induktivno - spregnuta plazma atomska emisijska spektrofotometrija

**GC-AAS**-gasna hromatografija spregnuta sa atomskom apsorpcionom spektrofotometrijom

**CV-AAS** - atomska apsorpciona spektrofotometrija uz prekoncentraciju živinih para

**AFS** - atomska fluorescentna spektrofotometrija

**ESA** - neutron aktivaciona analiza i elektrohemijska stripping analiza

**CVAA** - atomska apsorpcija hladnih para

## **7.2.Prilozi**

### **Prilog 1.**

- Direktiva 75/440/EEC o kvalitetu površinskih voda
- Direktiva 98/83/EC o kvalitetu vode za piće
- Direktiva 80/68/EEC o zaštiti podzemnih voda
- Direktiva 96/61/EEC o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađenja
- Direktiva 2008/50/EC o kvalitetu vazduha
- Direktiva 2004/107 EC o arsenu, kadmijumu, živi, niklu i policikličnim aromatičnim ugljovodonicima u ambijentalnom vazduhu
- Direktiva 96/62/EC o proceni i upravljanju kvalitetom ambijentalnog vazduha
- Direktiva 2000/60/EC o vodama
- Direktiva 76/464/EEC o zagađivanju uzrokovanom određenim opasnim supstancama koje se ispuštaju u akvatičnu sredinu
- Direktive 82/176/EEC o graničnim vrednostima i ciljevima kvaliteta za ispuštanje žive iz industrije hlor-alkalne hidrolize
- Direktive 2002/96/EZ o otpadnoj električnoj i elektroničkoj opremi
- Direktiva 2002/95/EC o ograničenjima za upotrebu opasnih materija
- MCP Direktiva 2009/125/EC o ograničenju određenih zagađujućih materija u vazduh iz postrojenja za sagorevanje srednjeg kapaciteta
- Direktiva 1999/31/EC o odlaganju otpada
- Direktiva Saveta 75/442/EEC o otpadu
- Direktiva 94/62/EC o ambalaži i ambalažnom otpadu

- Direktiva 84/631/EEC . o nadzoru i kontroli prekograničnog kretanja opasnog otpada u EU
- Direktiva 2001/42/EC u oblasti zaštite životne sredine

## **Prilog 2.**

- Zakon o poljoprivrednom zemljištu (Sl. glasnik RS“, br. 62/2006, 65/2008, 41/2009)
- Zakon o zaštiti i održivom korišćenju ribljeg fonda („Sl.glasnik RS“,br.36/09 i 182/2014)
- Zakon o ambalaži i ambalažnom otpadu („Sl. glasnik RS“, br. 36/09)
- Zakon o zaštiti od požara („Sl. glasnik RS“, br. 111/2009)
- Zakon o vanrednim situacijama („Sl. glasnik RS“, br. 111/2009, 92/2011, 93/2012)
  
- Uredba o vrstama aktivnosti i postrojenja za koje se izdaje integrisana dozvola („Sl. glasnik RS“, br. 84/2005)
- Uredba o kriterijumima za određivanje najboljih dostupnih tehnika, za primenu standarda kvaliteta kao i za određivanje graničnih vrednosti emisija u integrisanoj dozvoli („Sl. glasnik RS“, br. 84/2005)
- Uredba o utvrđivanju programa dinamike podnošenja zahteva za izdavanje integrisane dozvole („Sl. glasnik RS“, br. 108/2008)
- Uredba o sadržini programa mera prilagođavanja rada postojećeg postrojenja ili aktivnosti propisanim uslovima („Sl. glasnik RS“, br. 84/2005)
- Uredba o utvrđivanju liste projekata za koje je obavezna procena uticaja i liste projekata za koje se može zahtevati procena uticaja na životnu sredinu („Sl. glasnik RS“, br. 114/2008)
- Uredba o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha (“Službeni glasnik RS”, br.11/2010, 75/2010 i 63/2013”)
- Uredba o merenjima emisije zagađujućih materija u vazduh iz stacionarnih izvora zagađivanja (“Sl. glasnik RS, br. 5/2016”)
- Uredba o utvrđivanju programa kontrole vazduha u državnoj mreži („Sl. glasnik RS”, 6p. 58/11 i 12/2013)
- Uredba o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduh („Sl. glasnik RS”, br.71/10 i 6/11)

- Uredba o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduh i za postrojenja za sagorevanje („Sl. glasnik RS“, br. 6/2016)
- Uredba o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduh iz stacionarnih izvora, osim postrojenja za sagorevanje („Sl. glasnik RS“, br. 71/2010, 6/2011-ispr. i 111/2015)
- Uredba o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vode i rokovima za njihovo dostizanje („Sl. glasnik RS“, br. 67/2011 i 48/2012)
- Uredba o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje („Sl. glasnik RS“, br. 50/2012)
- Uredba o graničnim vrednostima prioriternih i prioriternih hazardnih supstanci koje zagađuju površinske vode i rokovi za njihovo dostizanje („Sl. glasnik RS“, br. 67/2011 i 48/2012)
- Uredba o utvrđivanju Plana smanjenja ambalažnog otpada za period od 2010.godine do 2014.godine („Sl. glasnik RS“, br. 88/2009)
- Uredba o proizvodima koji posle upotrebe postaju posebni tokovi otpada, obrascu dnevne evidencije o količinama i vrsti proizvedenih i uvezenih proizvoda i godišnjeg izveštaja, načinu i rokovima dostavljanja godišnjeg izveštaja, obveznicima plaćanja naknade, kriterijumima za obračun visinu i način obračunavanja i plaćanja naknade („Sl. glasnik RS“, br. 54/2010, 86/2011, 15/2012)
- Uredba o listama otpada za prekogranično kretanje, sadržini i izgledu dokumenata koji prate prekogranično kretanje otpada sa upustvima za njihovo popunjavanje („Sl. glasnik RS“, br. 60/2009)
- Uredba o vrstama otpada za koji se vrši termički tretman, uslovima i kriterijumima za određivanje lokacije, tehničkim i tehnološkim uslovima za projektovanje, izgradnju, opremanje i rad postrojenja za termički tretman otpada, postupanju sa ostatkom nakon spaljivanja („Sl. glasnik RS“, br. 102/2010 i 50/2012)
- Uredba o sadržini i načinu vođenja informacionog sistema zaštite životne sredine, metodologiji, strukturi, zajedničkim osnovama, kategorijama i nivoima sakupljanja podataka, kao i o sadržini informacija o kojima se redovno i obavezno obaveštava javnost („Sl. glasnik RS“, br. 112/2009)
- Uredba o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologije za izradu remedijacionih programa („Sl. glasnik RS“, br. 88/2010)

- Uredba o utvrđivanju kriterijuma za određivanje statusa ugrožene životne sredine i prioriteta za sanaciju i remedijaciju („Sl.glasnik RS“,br.22/2010)
- Pravilnik o sadržini i načinu vođenja registra izdatih integrisanih dozvola („Sl. glasnik RS“, br. 69/2005)
- Pravilnik o sadržini i izgledu integrisane dozvole („Sl. glasnik RS“, br. 30/2006)
- Pravilnik o sadržini, izgledu i načinu popunjavanja zahteva za izdavanje integrisane dozvole („Sl. glasnik RS“, br. 30/2006)
- Pravilnik o sadržini obaveštavanja o novom seveso postrojenju („Sl. glasnik RS“, br. 41/2010)
- Pravilnik o Listi opasnih materija i njihovim količinama i kriterijumima za određivanje vrste dokumenta koji izrađuje operater seveso postrojenja, odnosno kompleksa („Sl. glasnik RS“, br. 41/2010)
- Pravilnik o sadržini zahteva o potrebi procene uticaja i sadržini zahteva za određivanje obima i sadržaja studije o proceni uticaja na životnu sredinu („Sl. glasnik RS“, br. 69/2005)
- Pravilnik o sadržini studije o proceni uticaja na životnu sredinu („Sl.glasnik RS“, br.69/2005)
- Pravilnik o sadržini, izgledu i načinu vođenja javne knjige o sprovedenim postupcima i donetim odlukama o proceni uticaja na životnu sredinu („Sl. glasnik RS“, br. 69/2005)
- Pravilnik o izradi i sadržaju plana zaštite od udesa („Sl. glasnik RS“, br. 82/2012)
- Pravilnik o sadržaju bezbedonosnog lista („Sl. glasnik RS“, br. 81/2010 i 100/2011)
- Pravilnik o obrascima izveštaja o upravljanju ambalažom i ambalažnim otpadom („Sl. glasnik RS“, br. 21/2010)
- Pravilnik o godišnjoj količini ambalažnog otpada po vrstama za koje se obavezno obezbeđuje prostor za preuzimanje, sakupljanje, razvrstavanje i privremeno skladištenje („Sl. glasnik RS“, br. 72/2009)
- Pravilnik o kategorijama, ispitivanju i klasifikaciji otpada („Sl. glasnik RS“, br. 56/2010)
- Pravilnik o načinu i postupku upravljanja istrošenim baterijama i akumulatorima („Sl. glasnik RS“, br. 86/2010)



- Pravilnik o uslovima i načinu sakupljanja, transporta skladištenja i tretmana otpada koji se koristi kao sekundarna sirovina ili za dobijanje energije („Sl. glasnik RS“, br. 98/2010)
- Pravilnik o obrascu Dokumenta o kretanju otpada i upustva za njegovo popunjavanje („Sl. glasnik RS“, br. 72/2009)
- Pravilnik o obrascu Dokumenta o kretanju opasnog otpada i upustva za njegovo popunjavanje („Sl. glasnik RS“, br. 72/2009)
- Pravilnik o obrascu dnevne evidencije i godišnjeg izveštaja o otpadu sa uputstvom za njegovo popunjavanje („Sl. glasnik RS“, br. 95/2010)
- Pravilnik o načinu skladištenja, pakovanja i obeležavanja opasnog otpada („Sl. glasnik RS“, br. 92/2010)
- Pravilnik o registru hemikalija („Sl. glasnik RS“, br. 16/2016)
- Pravilnik o klasifikaciji, pakovanju, obeležavanju i reklamiranju hemikalije i određenog proizvoda u skladu sa Globalno harmonizovanim sistemom za klasifikaciju i obeležavanje UN („Sl. glasnik RS“, br. 64/2010, 26/2011)
- Pravilnik o klasifikaciji, pakovanju i obeležavanju hemikalija i određenih proizvoda („Sl. glasnik RS“, br. 9/2016)
- Pravilnik o metodologiji za izradu nacionalnog i lokalnog registra izvora zagađivanja, kao i metodologija za vrste, načine i rokove prikupljanja podataka („Sl. glasnik RS“, br. 91/2010 i 10/2013)
- Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće („Sl. list SRJ“, br. 42/98 i 44/99)
- Pravilnik o opasnim materijama u vodama („Sl. glasnik RS“, br. 31/82)
- Pravilnik o načinu i minimalnom broju ispitivanja kvaliteta otpadnih voda („Sl. glasnik RS“, br. 47/83, 13/84)
- Pravilnik o opasnim materijama koje se ne smeju unositi u vode („Sl. glasnik RS“, br. 3/66 i 7/66)
- Pravilnik o načinu i uslovima za merenje količine i ispitivanje kvaliteta otpadnih voda i sadržini izveštaja o izvršenim merenjima („Sl. glasnik RS“, br. 33/2016)
- Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja („Sl. glasnik RS“, br. 23/1994)
- Pravilnik o graničnoj vrednosti ukupnog nivoa koncentracije olova, kadmijuma, žive i šestovalentnog hroma u ambalaži ili njenim komponentama, izuzecima od primene i rokovima za primenu graničnih vrednosti („Sl. glasnik RS“, br. 70/09)

- Pravilnik o uvozi i izvozu određenih opasnih hemikalija ("Sl. glasnik RS", br. 89/2010 i 15/2013)

### Prilog 3.

m <sup>2</sup> /kg		kućna prašina mg/kg		Datum uzorkovanja	Vlasnik objekta	Način grejanja	Br.stanara, odrasli- deca	Starost objekta, godina	Površina objekta, m <sup>2</sup>	Materijal od koga objekat sagrađen
/z1	0.065	39/p1	0.122	21.09.2016.	Mraović Svetlana, ul.12.aprila br.25 Šid	drva	2-0	1989.god.	150 m <sup>2</sup>	cigla, blokovi
/z2	0.022	39/p2	0.116	21.09.2016.	Manojlović Sava,ul.Veljka Vlahović br.24Šid	drva	2-0	1989.god.	150m <sup>2</sup>	cigla, blokovi
/z3	0.005	39/p3	0.046	21.09.2016.	Ralić Dejan, ul.Đure Kiša br.47 Šid	centralno zagrev.(drva i ugalj)	2-2	2016.god.	120m <sup>2</sup>	Yitong blok
/z4	0.056	39/p4	0.887	21.09.2016.	Nedić Milka, ul.Filipa Višnjica br.23 Šid	drva i ugalj	2-0	1969.god.	100 m <sup>2</sup>	čerpić, cigla, blokovi
/z5	0.029	39/p5	0.063	22.09.2016.	Buljčik Miroslav, ul.Đure Kiša br.34 Šid	drva	4-2	1969.god.	70m <sup>2</sup>	čerpić, cigla, blokovi
/z6	0.033	39/p6	0.128	22.09.2016.	Rogulja Dušan, ul.Sremskog Fronta br.16 Šid	drva	2-1	1969.god.	100m <sup>2</sup>	Cigla
/z7	0.018	39/p7	0.057	22.09.2016.	Čapelja Samuel,ul.Zlatka Šnajdera br.15 Šid	drva	2-0	1979.god.	100m <sup>2</sup>	cigla, blok
/z8	0.005	39/p8	0.126	22.09.2016.	Kohut Vera, ul.Maksima Gorkog br.12 Šid	drva i ugalj	2-3	1989.god.	100m <sup>2</sup>	cigla, izolacija
/z9	0.028	39/p9	0.092	22.09.2016.	Stojaković Sava, ul.Ivo Lole Ribara br.19 Šid	centralno zagrev.(drva)	5-2	1979.god.	120m <sup>2</sup>	cigla, blokovi
/z10	0.244	39/p10	0.672	23.09.2016.	Đilas Milovan, ul.1.maja br.42 Šid	drva	2-0	1984.god.	100m <sup>2</sup>	cigla, blok
/z11	0.215	39/p11	0.881	23.09.2016.	Janjić Dušan, ul.Svetozara Markovića br.35 Šid	drva	2-0	1972.god.	120m <sup>2</sup>	siporex blok, izolacija 10
/z12	0.011	39/p12	0.581	23.09.2016.	Nastić Nadežda, ul.Nikole Mikluša br.24 Šid	drva	2-0	1985.god.	130 m <sup>2</sup>	Cigla
/z13	0.002	39/p13	0.179	23.09.2016.	Brajić Božana, ul.6.decembra bb Šid	drva	2-1	1984.god.	150 m <sup>2</sup>	cigla, blokovi
/z14	0.118	39/p14	0.309	23.09.2016.	Ostojić Slobodan, ul.Janka Veselinović br.3 Šid	drva	2-2	1994.god.	100m <sup>2</sup>	cigla, blokovi

/z15	0.037	39/p15	0.669	23.09.2016.	Mujkić Dragica, ul.Tolstojeva br.4 Šid	drva	1-0	1969.god.	70m2	čerpić, cigla
/z16	0.010	39/p16	0.142	23.09.2016.	Janković Dragica, ul.Masarikova br.50 Šid	drva	1-0	1979.god.	100m2	Cigla
/z17	0.094	39/p17	0.222	03.12.2016.	Mraović Svetlana, ul.12.aprila br.25 Šid	drva	2-0	1989.god.	150m2	cigla, blokovi
/z18	0.049	39/p18	0.132	04.12.2016.	Manojlović Sava,ul.Veljka Vlahović br.24Šid	drva	2-0	1989.god.	150 m2	cigla, blokovi
/z19	0.020	39/p19	0.020	03.12.2016.	Ralić Dejan, ul.Đure Kiša br.47 Šid	centr.zagrev.,drva i ugalj	2-2	2016.god.	120m2	Yitong blok
/z20	0.060	39/p20	0.042	05.12.2016.	Nedić Milka, ul.Filipa Višnjica br.23 Šid	drva i ugalj	2-0	1969.god.	100m2	čerpić, cigla, blokovi
/z21	0.026	39/p21	0.797	05.12.2016.	Buljčik Miroslav, ul.Đure Kiša br.34 Šid	drva	4-2	1969.god.	70m2	čerpić, cigla, blokovi
/z22	0.014	39/p22	0.034	03.12.20,16.	Rogulja Dušan, ul.Sremskog Fronta br.16 Šid	drva	2-1	1969.god.	100m2	Cigla
/z23	0.053	39/p23	0.016	04.12.2016.	Čapelja Samuel,ul.Zlatka Šnajdera br.15 Šid	drva	2-0	1979.god.	100m2	cigla, blok
/z24	0.069	39/p24	0.014	05.12.2016.	Kohut Vera, ul.Maksima Gorkog br.12 Šid	drva i ugalj	2-3	1989.god.	100m2	cigla, izolacija
/z25	0.021	39/p25	1.451	06.12.2016.	Stojaković Sava, ul.Ivo Lole Ribara br.19 Šid	centralno zagrev.,drva	5-2	1979.god.	120m2	cigla, blokovi
/z26	0.019	39/p26	0.045	05.12.2016.	Đilas Milovan, ul.1.maja br.42 Šid	drva	2-0	1984.god.	100m2	cigla, blok
/z27	0.018	39/p27	0.070	06.12.2016.	Janjić Dušan, ul.Svetozara Markovića br.35 Šid	drva	2-0	1972.god.	120m2	siporex blok, izolacija 10
/z28	0.018	39/p28	0.638	03.12.2016.	Nastić Nadežda, ul.Nikole Mikluša br.24 Šid	drva	2-0	1985.god.	130m2	Cigla
/z29	0.000	39/p29	0.124	03.12.2016.	Brajić Božana, ul.6.decembra bb Šid	drva	2-1	1984.god.	150m2	cigla, blokovi
/z30	0.011	39/p30	0.136	04.12.2016.	Ostojić Slobodan, ul.Janka Veselinović br.3 Šid	drva	2-2	1994.god.	100m2	cigla, blokovi
/z31	0.064	39/p31	0.054	04.12.2016.	Mujkić Dragica, ul.Tolstojeva br.4 Šid	drva	1-0	1969.god.	70m2	čerpić, cigla
/z32	0.013	39/p32	0.863	06.12.2016.	Janković Dragica, ul.Masarikova br.50 Šid	drva	1-0	1979.god.	100m2	Cigla
/z33	0.005	39/p33	0.957	05.03.2017.	Mraović Svetlana, ul.12.aprila br.25 Šid	drva	2-0	1989.god.	150 m2	cigla, blokovi

/z34	0.031	39/p34	0.346	04.03.2017.	Manojlović Sava, ul. Veljka Vlahović br.24 Šid	drva	2-0	1989.god.	150m2	cigla, blokovi
/z35	0.035	39/p35	0.465	07.03.2017.	Ralić Dejan, ul. Đure Kiša br.47 Šid	centr.zagrev., drva i ugalj	2-2	2016.god.	120m2	Yitong blok
/z36	0.016	39/p36	#VAL UE!	04.03.2017.	Nedić Milka, ul. Filipa Višnjića br.23 Šid	drva i ugalj	2-0	1969.god.	100m2	čerpić, cigla, blokovi
/z37	0.026	39/p37	0.245	07.03.2017.	Buljčik Miroslav, ul. Đure Kiša br.34 Šid	drva	4-2	1969.god.	70 m2	čerpić, cigla, blokovi
/z38	0.012	39/p38	1.566	07.03.2017.	Rogulja Dušan, ul. Sremskog Fronta br.16 Šid	drva	2-1	1969.god.	100m2	cigla
/z39	0.015	39/p39	0.113	04.03.2017.	Čapelja Samuel, ul. Zlatka Šnajdera br.15 Šid	drva	2-0	1979.god.	100 m2	cigla, blok
/z40	0.186	39/p40	0.134	04.03.2017.	Kohut Vera, ul. Maksima Gorkog br.12 Šid	drva i ugalj	2-3	1989.god.	100m2	cigla, izolacija
/z41	0.002	39/p41	0.349	04.03.2017.	Stojaković Sava, ul. Ivo Lole Ribara br.19 Šid	centralno zagrev., drva	5-2	1979.god.	120m2	cigla, blokovi
/z42	0.009	39/p42	0.265	07.03.2017.	Đilas Milovan, ul. I. maja br.42 Šid	drva	2-0	1984.god.	100m2	cigla, blok
/z43	0.019	39/p43	0.061	08.03.2017.	Janjić Dušan, ul. Svetozara Markovića br.35 Šid	drva	2-0	1972.god.	120m2	siporex blok, izolaci 10
/z44	0.038	39/p44	0.115	05.03.2017.	Nastić Nadežda, ul. Nikole Mikluša br.24 Šid	drva	2-0	1985.god.	130m2	cigla
/z45	0.023	39/p45	0.812	05.03.2017.	Brajić Božana, ul. 6. decembra bb Šid	drva	2-1	1984.god.	150m2	cigla, blokovi
/z46	0.085	39/p46	0.232	05.03.2017.	Ostojić Slobodan, ul. Janka Veselinović br.3 Šid	drva	2-2	1994.god.	100m2	cigla, blokovi
/z47	0.024	39/p47	0.131	04.03.2017.	Mujkić Dragica, ul. Tolstojeva br.4 Šid	drva	1-0	1969.god.	70m2	čerpić, cigla
/z48	0.069	39/p48	0.289	08.03.2017.	Janković Dragica, ul. Masarikova br.50 Šid	drva	1-0	1979.god.	100m2	cigla
/z49	0.017	39/p49	0.066	14.05.2017.	Mraović Svetlana, ul. 12. aprila br.25 Šid	drva	2-0	1989.god.	150 m2	cigla, blokovi
/z50	0.026	39/p50	0.071	13.05.2017.	Manojlović Sava, ul. Veljka Vlahović br.24 Šid	drva	2-0	1989.god.	150m2	cigla, blokovi
/z51	0.053	39/p51	0.176	15.05.2017.	Ralić Dejan, ul. Đure Kiša br.47 Šid	centr.zagrev., drva i ugalj	2-2	2016.god.	120 m2	Yitong blok
/z52	0.023	39/p52	0.212	14.05.2017.	Nedić Milka, ul. Filipa Višnjića br.23 Šid	drva i ugalj	2-0	1969.god.	100m2	čerpić, cigla, blokovi
/z53	0.048	39/p53	0.032	15.05.2017.	Buljčik Miroslav, ul. Đure Kiša br.34 Šid	drva	4-2	1969.god.	70m2	čerpić, cigla, blokovi

/z54	0.039	39/p54	0.040	13.05.2017.	Rogulja Dušan, ul.Sremskog Fronta br.16 Šid	drva	2-1	1969.god.	100m2	cigla
/z55	0.036	39/p55	0.072	13.05.2017.	Čapelja Samuel,ul.Zlatka Šnajdera br.15 Šid	drva	2-0	1979.god.	100 m2	cigla, blok
/z56	0.000	39/p56	0.027	13.05.2017.	Kohut Vera, ul.Maksima Gorkog br.12 Šid	drva i ugalj	2-3	1989.god.	100m2	cigla, izolacija
/z57	0.058	39/p57	0.095	13.05.2017.	Stojaković Sava, ul.Ivo Lole Ribara br.19 Šid	centr.zagrev.,drva i ugalj	5-2	1979.god.	120m2	cigla, blokovi
/z58	0.028	39/p58	0.053	15.05.2017.	Đilas Milovan, ul.I.maja br.42 Šid	drva i ugalj	2-0	1984.god.	100m2	cigla, blok
/z59	0.017	39/p59	0.046	17.05.2017.	Janjić Dušan, ul.Svetozara Markovića br.35 Šid	drva	2-0	1972.god.	120m2	siporex blok, izolac 10
/z60	0.006	39/p60	0.182	14.05.2017.	Nastić Nadežda, ul.Nikole Mikluša br.24 Šid	drva	2-0	1985.god.	130m2	cigla
/z61	0.010	39/p61	0.064	14.05.2017.	Brajić Božana, ul.6.decembra bb Šid	drva	2-1	1984.god.	150m2	cigla, blokovi
/z62	0.027	39/p62	0.138	16.05.2017.	Ostojić Slobodan, ul.Janka Veselinović br.3 Šid	drva i ugalj	2-2	1994.god.	100m2	cigla, blokovi
/z63	0.060	39/p63	0.562	13.05.2017.	Mujkić Dragica, ul.Tolstojeva br.4 Šid	drva	1-0	1969.god.	70m2	čerpić, cigla
/z64	0.027	39/p64	0.068	16.05.2017.	Janković Dragica, ul.Masarikova br.50 Šid	drva	1-0	1979.god,	100m2	cigla

#### Prilog 4.

kućna prašina mg/kg	GPS koordinata	Blizina industr.zone	Električni uređaji,mikrot.pećnica,kompjuter, printer	Osvjetljenje: neonske sijalice, štedljive sijalice	Broj ložišta	Ložište u kući, izvan kuće	B
<b>39/p1</b>	0.122	N45743.34,E191238.17	veća udaljenost	Kompjuter,mikrotalasna pećnica	Neonske sijalice	2	U kući
<b>39/p2</b>	0.116	N45714.3832,E191426.4912	veća udaljenost	Kompjuter,štampanje	Štedljive sijalice	2	U kući
<b>39/p3</b>	0.046	N45818.564,E191337.3116	veća udaljenost	Kompjuter,štampanje,mikrot.pećnica	Štedljive sijalice	1	U kući
<b>39/p4</b>	0.887	N4579.894,E191335.5476	blizina	Kompjuter,mikrot.pećnica	Štedljive sijalice	2	U kući
<b>39/p5</b>	0.063	N4588.5308,191358.008	veća udaljenost	Kompjuter	Tradicionalne sijalice	2	U kući
<b>39/p6</b>	0.128	N4583.5304,E191318.2316	veća udaljenost	Kompjuter,štampanje	Tradicionalne sijalice	1	U kući
<b>39/p7</b>	0.057	N45719.1784,E191431.164	veća udaljenost	Mikrotalasna pećnica	Štedljive	1	U kući
<b>39/p8</b>	0.126	N45730.054,E191413.1208	veća udaljenost	Kompjuter,štampanje	Štedljive	1	U kući
<b>39/p9</b>	0.092	N45734.5576,E19143.8472	veća udaljenost	Kompjuter,štampanje,mikrot.pećnica	Neonske sijalice	3	U kući
<b>39/p10</b>	0.672	N45756.04,E191327.43	veća udaljenost	Kompjuter,štampanje,mikrot.pećnica	Tradicionalne sijalice	1	U kući
<b>39/p11</b>	0.881	N45731.7964,E191310.0448	veća udaljenost	Kompjuter,štampanje,mikrot.pećnica	Tradicionalne sijalice	1	U kući
<b>39/p12</b>	0.581	N45725.7664,E191252.3476	veća udaljenost	Kompjuter,mikrotalasna pećnica	Štedljive	1	U kući
<b>39/p13</b>	0.179	N45736.2712,E191247.484	veća udaljenost	Kompjuter	Tradicionalne sijalice	1	U kući

39/p14	0.309	N45710.6392,E1913101892	blizina	Kompjuter,štampač	Neonske sijalice	1	U kući
39/p15	0.669	N45719.8984,E19142.0904	veća udaljenost	0	Tradicionalne sijalice	1	U kući
39/p16	0.142	N45717.68,E191341.376	blizina	0	Tradicionalne sijalice	1	U kući
39/p17	0.222	N45743.34,E191238.17	veća udaljenost	Kompjuter,mikrot.pećnica	Neonske sijalice	2	U kući
39/p18	0.132	N45714.3832,E191426.4912	veća udaljenost	Kompjuter,štampač	Štedljive	2	U kući
39/p19	0.020	N45818.564,E191337.3116	veća udaljenost	Kompjuter,štampač,mikrot.pećnica	Štedljive	1	U kući
39/p20	0.042	N4579.894,E191335.5476	blizina	Kompjuter, mikrotalasna pećnica	Štedljive	2	U kući
39/p21	0.797	N4588.5308,191358.008	veća udaljenost	Kompjuter	Tradicionalne sijalice	2	U kući
39/p22	0.034	N4583.5304,E191318.2316	veća udaljenost	Kompjuter, štampač	Tradicionalne sijalice	1	U kući
39/p23	0.016	N45719.1784,E191431.164	veća udaljenost	Mikrotalasna pećnica	Štedljive sijalice	1	U kući
39/p24	0.014	N45730.054,E191413.1208	veća udaljenost	Kompjuter,štampač	Štedljive sijalice	1	U kući
39/p25	1.451	N45734.5576,E19143.8472	veća udaljenost	Kompjuter,štampač, mikrot.pećnica	Neonske sijalice	3	U kući
39/p26	0.045	N45756.04,E191327.43	veća udaljenost	Kompjuter,štampač,mikrot.pećnica	Tradicionalne sijalice	1	U kući
39/p27	0.070	N45731.7964,E191310.0448	veća udaljenost	Kompjuter,štampač,mikrot.pećnica	Tradicionalne sijalice	1	U kući
39/p28	0.638	N45725.7664,E191252.3476	veća udaljenost	Kompjuter,mikrotalasna pećnica	Štedljive sijalice	1	U kući
39/p29	0.124	N45736.2712,E191247.484	veća udaljenost	Kompjuter	Tradicionalne sijalice	1	U kući
39/p30	0.136	N45710.6392,E1913101892	blizina	Kompjuter,štampač	Neonske sijalice	1	U kući
39/p31	0.054	N45719.8984,E19142.0904	veća udaljenost	0	Tradicionalne sijalice	1	U kući
39/p32	0.863	N45717.68,E191341.376	blizina	0	Tradicionalne sijalice	1	U kući
39/p33	0.957	N45743.34,E191238.17	veća udaljenost	Kompjuter,mikrotalasna pećnica	Neonske sijalice	2	U kući
39/p34	0.346	N45714.3832,E191426.4912	veća udaljenost	Kompjuter,štampač	Štedljive sijalice	2	U kući
39/p35	0.465	N45818.564,E191337.3116	veća udaljenost	Kompjuter,štampač,mikrotalasna pećnica	Štedljive sijalice	1	U kući
39/p36	#VAL UE!	N4579.894,E191335.5476	blizina	Kompjuter,mikrotalasna pećnica	Štedljive sijalice	2	U kući
39/p37	0.245	N4588.5308,191358.008	veća udaljenost	Kompjuter	Tradicionalne sijalice	2	U kući
39/p38	1.566	N4583.5304,E191318.2316	veća udaljenost	Kompjuter,štampač	Tradicionalne sijalice	1	U kući
39/p39	0.113	N45719.1784,E191431.164	veća udaljenost	Mikrotalasna pećnica	Štedljive sijalice	1	U kući
39/p40	0.134	N45730.054,E191413.1208	veća udaljenost	Kompjuter,štampač	Štedljive sijalice	1	U kući
39/p41	0.349	N45734.5576,E19143.8472	veća udaljenost	Kompjuter,štampač,mikrotalasna pećnica	Neonske sijalice	3	U kući
39/p42	0.265	N45756.04,E191327.43	veća udaljenost	Kompjuter,štampač,mikrotalasna pećnica	Tradicionalne sijalice	1	U kući
39/p43	0.061	N45731.7964,E191310.0448	veća udaljenost	Kompjuter,štampač,mikrotalasna pećnica	Tradicionalne sijalice	1	U kući
39/p44	0.115	N45725.7664,E191252.3476	veća udaljenost	Kompjuter,mikrotalasna pećnica	Štedljive sijalice	1	U kući
39/p45	0.812	N45736.2712,E191247.484	veća udaljenost	Kompjuter	Tradicionalne sijalice	1	U kući

<b>39/p46</b>	0.232	N45710.6392,E1913101892	blizina	Kompjuter,štampač	Neonske sijalice	1	U kući
<b>39/p47</b>	0.131	N45719.8984,E19142.0904	veća udaljenost	0	Tradicionalne sijalice	1	U kući
<b>39/p48</b>	0.289	N45717.68,E191341.376	blizina	0	Tradicionalne sijalice	1	U kući
<b>39/p49</b>	0.066	N45743.34,E191238.17	veća udaljenost	Kompjuter,mikrotalasna pećnica	Neonske sijalice	2	U kući
<b>39/p50</b>	0.071	N45714.3832,E191426.4912	veća udaljenost	Kompjuter,štampač	Štedljive sijalice	2	U kući
<b>39/p51</b>	0.176	N45818.564,E191337.3116	veća udaljenost	Kompjuter,štampač,mikrotalasna pećnica	Štedljive sijalice	1	U kući
<b>39/p52</b>	0.212	N4579.894,E191335.5476	blizina	Kompjuter,mikrotalasna pećnica	Štedljive sijalice	2	U kući
<b>39/p53</b>	0.032	N4588.5308,191358.008	veća udaljenost	Kompjuter	Tradicionalne sijalice	2	U kući
<b>39/p54</b>	0.040	N4583.5304,E191318.2316	veća udaljenost	Kompjuter,štampač	Tradicionalne sijalice	1	U kući
<b>39/p55</b>	0.072	N45719.1784,E191431.164	veća udaljenost	Mikrotalasna pećnica	Štedljive sijalice	1	U kući
<b>39/p56</b>	0.027	N45730.054,E191413.1208	veća udaljenost	Kompjuter štampač	Štedljive sijalice	1	U kući
<b>39/p57</b>	0.095	N45734.5576,E19143.8472	veća udaljenost	Kompjuter, štampač,mikrotalasna pećnica	Neonske sijalice	3	U kući
<b>39/p58</b>	0.053	N45756.04,E191327.43	veća udaljenost	Kompjuter,štampač,mikrotalasna pećnica	Tradicionalne sijalice	1	U kući
<b>39/p59</b>	0.046	N45731.7964,E191310.0448	veća udaljenost	Kompjuter,štampač, mikrotalasna pećnica	Tradicionalne sijalice	1	U kući
<b>39/p60</b>	0.182	N45725.7664,E191252.3476	veća udaljenost	Kompjuter, mikrotalasna pećnica	Štedljive sijalice	1	U kući
<b>39/p61</b>	0.064	N45736.2712,E191247.484	veća udaljenost	Kompjuter	Tradicionalne sijalice	1	U kući
<b>39/p62</b>	0.138	N45710.6392,E1913101892	blizina	Kompjuter,štampač	Neonske sijalice	1	U kući
<b>39/p63</b>	0.562	N45719.8984,E19142.0904	veća udaljenost	0	Tradicionalne sijalice	1	U kući
<b>39/p64</b>	0.068	N45717.68,E191341.376	blizina	0	Tradicionalne sijalice	1	U kući