

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

V zbirki je izvorna različica izdajatelja.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

University
of Ljubljana
Faculty of
*Civil and Geodetic
Engineering*



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is a publisher's version PDF file.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Bitenc, K. 2016. Izpostavljenost prebivalcev Slovenije svincu v pitni vodi. Doktorska disertacija. = Population exposure to lead in drinking water in Slovenia. Doctoral dissertation. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 89 str. (mentor: prof. dr. Boris Kompare, somentor:izr. prof. dr. Ivan Eržen).

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/6136/>

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



UNIVERZITETNI PODDIPLOMSKI
ŠTUDIJSKI PROGRAM
VARSTVO OKOLJA
DOKTORSKI ŠTUDIJ

Kandidatka:

KATARINA BITENC, univ. dipl. soc.

**IZPOSTAVLJENOST PREBIVALCEV SLOVENIJE
SVINCU V PITNI VODI**

Doktorska disertacija štev.: 249

**POPULATION EXPOSURE TO LEAD IN DRINKING
WATER IN SLOVENIA**

Doctoral thesis No.: 249

Soglasje k temi doktorske disertacije je dala Komisija za doktorski študij na 11. redni seji 11. septembra 2008, po pooblastilu s 25. seje Senata Univerze v Ljubljani, 24. junija 2008.

Za mentorja je bil imenovan prof. dr. Boris Kompare, za somentorja pa doc. dr. Ivan Eržen, dr. med., Zavod za zdravstveno varstvo Celje.

Ljubljana, 19. avgust 2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



Komisijo za oceno ustreznosti teme doktorske disertacije v sestavi:

- izr. prof. dr. Boris Kompare,
- doc. dr. Ivan Eržen, dr. med., Zavod za zdravstveno varstvo Celje,
- prof. dr. Jože Pezdič, UL NTF,
- izr. prof. dr. Milena Horvat, IJS,
- prof. dr. Franc Steinman,

je imenoval Senat Fakultete za gradbeništvo in geodezijo na 19. redni seji 2. julija 2008.

Poročevalce za oceno doktorske disertacije v sestavi:

- izr. prof. dr. Milena Horvat, IJS,
- izr. prof. dr. Lijana Zaletel-Kragel, dr. med., spec. epidemiologije in spec. javnega zdravstva,
- prim. prof. dr. Marjan Bilban, dr. med., spec. MDPŠ,
- izr. prof. dr. Jože Panjan,

je imenoval Senat Fakultete za gradbeništvo in geodezijo na 4. redni seji 23. oktobra 2013.

Komisijo za zagovor doktorske disertacije v sestavi:

- prof. dr. Matjaž Mikoš, dekan UL FGG, predsednik,
- prim. izr. prof. dr. Ivan Eržen, dr. med., spec. epidemiologije in spec. javnega zdravja, somentor,
- izr. prof. dr. Milena Horvat, IJS,
- izr. prof. dr. Lijana Zaletel-Kragel, dr. med., spec. epidemiologije in spec. javnega zdravstva,
- prim. prof. dr. Marjan Bilban, dr. med., spec. MDPŠ,
- izr. prof. dr. Jože Panjan,

je imenoval Senat Fakultete za gradbeništvo in geodezijo na 30. seji redni 6. julija 2016.

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo

IZJAVE

Spodaj podpisana študentka Katarina Bitenc,

vpisna številka 97405503, avtorica pisnega zaključnega dela študija z naslovom:

Izpostavljenost prebivalcev Slovenije svincu v pitni vodi

IZJAVLJAM

1. Obkrožite eno od variant a) ali b)

- a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
- b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V Ljubljani, 19. avgusta 2016

Podpis študentke:

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 314.1:546.815:628.1(497.4)(043)
Avtor: Katarina Bitenc
Mentor: prof. dr. Boris Kompare
Somentor: izr. prof. dr. Ivan Eržen
Naslov: Izpostavljenost prebivalcev Slovenije svincu v pitni vodi
Obseg in oprema: 89 str.+ 23 str. pril., 16 pregl., 7 sl., 14 pril.
Ključne besede: svinec, pitna voda, otroci, migracije svinca, hišno vodovodno omrežje

Izvleček

IZHODIŠČE: Različne okoljske raziskave so opozorile, da problematika povišanih koncentracij svinca v pitni vodi obstaja predvsem v starejših objektih, kjer so vgrajeni svinčeni deli omrežja ali drugi materiali, ki vsebujejo svinec. Poleg tega na migracije svinca v pitno vodo vplivajo tudi določene lastnosti pitne vode in stanje vode v ceveh. Otroci so še posebej podvrženi večjemu tveganju za izpostavljenost svincu v okolju, škodljivi učinki svinca pa se pri njih pokažejo že pri manjših koncentracijah v krvi. Namen tega dela je prispevati izhodišča za oblikovanje na dokazih temelječih ukrepov za zmanjševanje vsebnosti svinca v pitni vodi in s tem njegovega vpliva na zdravje ljudi v Sloveniji.

METODE: Najprej sem izvedla presečni študiji, kjer sem z vprašalnikom ocenila stanje izbranih javnih vodovodnih omrežij in hišnih vodovodnih omrežij izbranih vrtcev in osnovnih šol. Z eksperimentalno metodo sem v laboratoriju določala koncentracije svinca v pitni vodi izbranih vrtcev in osnovnih šol. Odvzela sem vzorec 250 ml vode, voda je pred odvzemom v ceveh stala od 8 do 18 ur. Ugotavljala sem tudi migracije svinca iz novejših materialov za izgradnjo vodovodnega omrežja. Pri tem je bila uporabljena stara svinčena cev, ki je že bila vgrajena v objektu, in novi materiali (plastične, bakrene, pocinkane in jeklene cevi ter medeninasta pipa, kromirani kotni ventil in plastična gibljiva cev), ki še niso bili uporabljeni. Pri obeh preskušanih je bila za določitev koncentracij svinca v vodi uporabljena metoda ICP-MS. Sledila je ekološka študija, kjer sem ocenila izpostavljenost svincu pri šestletnih otrocih na podlagi ocen izpostavljenosti preko zraka, vode, hrane in tal. Pri izračunu so bili upoštevani tudi dejavnike absorpcije, predviden je bil najslabši možni scenarij, za izračun sem uporabila model IEUBK.

REZULTATI: Analiza vzorcev pitne vode izbranih vrtcev in osnovnih šol je pokazala, da so bile koncentracije svinca nad mejno vrednostjo 10 µg/l ugotovljene v 22 %, nekaj vzorcev je imelo koncentracije krepko čez mejno vrednostjo. Pozitivna odvisnost med starostjo ustanove in koncentracijo svinca v pitni vodi potrjuje domnevo, da je višja koncentracija svinca posledica starega hišnega vodovodnega omrežja. Migriranje svinca iz cevi se je pojavilo pri pocinkanih ceveh v vseh modelnih raztopinah. Izračun izpostavljenosti svincu za šestletnega otroka je pokazal, da obstaja tveganje za pojav škodljivih učinkov na zdravje.

ZAKLJUČEK: Vse koncentracije svinca so bile po točenju vode izmerjene pod vrednostjo 10 µg/l, kar je dokaz, da je nekaj minutno točenje vode iz vseh pip najučinkovitejši in najhitrejši ukrep za znižanje koncentracij svinca v pitni vodi. Za potrebe državnega monitoringa pitne vode je potrebno uveljaviti nov način odvzema vode za ugotavljanje koncentracij svinca v njej, in sicer vzorčenje vode, ki je v ceveh stala vsaj 8 do 18 ur.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 314.1:546.815:628.1(497.4)(043)
Author: Katarina Bitenc
Supervisor: Prof. Boris Kompare, Ph.D.
Co-supervisor: Assoc. Prof. Ivan Eržen, MD, Ph.D.
Title: Population exposure to lead in drinking water in Slovenia
Notes: 89 p. + 23 p. ann., 16 tab., 7 fig., 14 ann.
Key words: lead, drinking water, children, lead migration, domestic water supply network

Abstract

BACKGROUND: Various environmental studies have shown that the problem of elevated concentrations of lead in drinking water exists mainly in older buildings, where lead parts are built in the network or the network contains other materials containing lead. Migration of lead into drinking water is also affected by particular characteristics of the drinking water and by stagnation of the water in the pipes. Children are particularly susceptible to increased risk of lead exposure in the environment and adverse effects of lead will manifest at lower concentrations in the blood. The purpose of this work is to contribute starting points for the creation of evidence-based measures to reduce the levels of lead in drinking water, and thus its impact on human health in Slovenia.

METHODS: The author conducted a cross-sectional study in order to assess the status of selected public water supply systems and domestic water supply systems in selected kindergartens and elementary schools on the basis of a questionnaire. The concentration of lead in the drinking water of the selected kindergartens and elementary schools was determined by means of an experimental method in a laboratory. Cold drinking water samples of 250ml that stood in the pipes from 8 to 18 hours were used. A method for determining the migration from different materials was applied. An old lead pipe was used, which had already been installed in the facility, as well as new materials (plastic, copper, galvanized pipes and stainless steel pipes and also brass faucet, chrome angle valve and plastic hose) which had not been used yet. To determine the concentration of lead in the water the method ICP-MS was applied. Then the ecological study followed. Lead exposure for a 6-year-old child was calculated on the basis of assessing the uptake of lead from air, water, food and soil. In the calculation, absorption factors were considered and also worst-case scenario was provided. For the assessment, the model IEUBK was used.

RESULTS: Sampling showed that more than 22 % of samples had levels of lead higher than 10 µg/l, some of them highly exceeded that level. Positive correlation between the age of a building and the concentration of lead in drinking water confirms the assumption that the concentration of lead in drinking water is higher in old domestic distribution networks. Implementation of lead migration from various types of pipes demonstrated the migration from galvanized pipes in all simulants. The assessment of lead exposure for a 6-year-old child has shown a risk of adverse health effects.

CONCLUSION: All concentrations of lead after flushing the pipes were below the 10 µg/l, which shows that the most effective and the fastest action to lower the concentrations of lead is flushing the water pipes. For the purposes of the national monitoring of drinking water, it is necessary to apply a better method for determining lead levels in drinking water namely the sampling of water that stood in the pipes at least 8 to 18 hours.

ZAHVALA

Za strokovno pomoč, koristne nasvete ter čas, ki so si ga vzeli zame, se iskreno zahvaljujem pokojnemu mentorju prof. dr. Borisu Komparetu, somentorju prim.izr. prof. dr. Ivanu Erženu in ostalim članom komisije.

Za finančno podporo se zahvaljujem NIJZ, iskrena hvala pa tudi sodelavcem, ki so mi priskočili na pomoč s svojim znanjem in mi pomagali pri delu.

Izjemna zahvala za razumevanje in spodbudo pa gre mojim staršem in Roku.

Ta stran je namenoma prazna.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE	V
IZJAVE	VII
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	IX
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	XI
ZAHVALA.....	XIII
1 UVOD.....	1
1.1 SVINEC IN NJEGOVE LASTNOSTI.....	1
1.2 VPLIV SVINCA NA ZDRAVJE	2
1.2.1 Ranljivost nosečnic in otrok	5
1.3 IZPOSTAVLJENOST LJUDI SVINCU IZ OKOLJA	6
1.4 SVINEC V PITNI VODI	8
1.4.1 Migracije svinca v vodo.....	10
1.4.2 Določanje svinca v pitni vodi	13
1.5 SVINEC V PITNI VODI V SLOVENIJI	15
1.6 PREGLED LITERATURE	16
1.6.1 Izpostavljenost ljudi svincu iz okolja	16
1.6.2 Prisotnost svinca v pitni vodi.....	18
1.6.3 Migracije svinca iz materialov za izgradnjo hišnega vodovodnega omrežja	21
2 NAMEN, CILJI IN HIPOTEZE	23
3 MATERIALI IN METODE DELA	24
3.1 VRSTA RAZISKAVE	24
3.2 METODE PO FAZAH	24
3.2.1 Faza I: Ocena stanja javnih vodovodnih omrežij v Sloveniji.....	24
3.2.1.1 Vrsta raziskave	24
3.2.1.2 Enote opazovanja	24
3.2.1.3 Obdobje opazovanja.....	24
3.2.1.4 Opazovano območje.....	24
3.2.1.5 Pridobivanje podatkov	24
3.2.1.6 Priprava podatkov	25
3.2.1.7 Analiza podatkov in prikaz rezultatov	26
3.2.2 Faza II: Ocena stanja hišnih vodovodnih omrežij v izbranih vrtcih in osnovnih šolah.....	26
3.2.2.1 Vrsta raziskave	26
3.2.2.2 Enote opazovanja	26
3.2.2.3 Obdobje opazovanja.....	26
3.2.2.4 Opazovano območje.....	26

3.2.2.5 Pridobivanje podatkov	27
3.2.2.6 Priprava podatkov	28
3.2.2.7 Analiza podatkov in prikaz rezultatov	28
3.2.3 Faza III: Vzorčenje in določanje koncentracij svınca v pitni vodi izbranih vrtcev in osnovnih šol ..	29
3.2.3.1 Vrsta raziskave	29
3.2.3.2 Enote opazovanja	29
3.2.3.3 Obdobje opazovanja	29
3.2.3.4 Pridobivanje podatkov	29
3.2.3.5 Priprava na vzorčenje in izvedba vzorčenja pitne vode	30
3.2.3.6 Laboratorijska analiza vzorcev pitne vode	30
3.2.3.7 Analiza podatkov in prikaz rezultatov	31
3.2.3.8 Presežene koncentracije svınca v pitni vodi, tleh in v krvi prebivalcev v Sloveniji	33
3.2.4 Faza IV: Migracije svınca iz novejših materialov za izgradnjo vodovodnega omrežja	33
3.2.4.1 Vrsta raziskave	33
3.2.4.2 Enote opazovanja	33
3.2.4.3 Obdobje opazovanja	33
3.2.4.4 Pridobivanje podatkov	33
3.2.4.5 Priprava materiala in izvedba	35
3.2.4.6 Laboratorijska analiza modelnih raztopin	36
3.2.4.7 Analiza podatkov in prikaz rezultatov	37
3.2.5 Faza V: Posredna ocena izpostavljenosti svincu pri šestletnih otrocih	38
3.2.5.1 Vrsta raziskave	38
3.2.5.2 Opazovana populacijska skupina	38
3.2.5.3 Opazovano območje	38
3.2.5.4 Integrated Exposure Uptake Biokinetic (IEUBK) model	38
3.2.5.4.1 Vhodni podatki za opazovano skupino	38
3.2.5.4.2 Vhodni podatki za elemente okolja	38
3.2.5.5 Izračun izpostavljenosti	39
3.2.5.6 Analiza podatkov in prikaz rezultatov	40
3.2.5.7 Predpostavke pri modeliranju	40
4 REZULTATI	41
4.1 FAZA I: OCENA STANJA JAVNIH VODOVODNIH OMREŽIJ V SLOVENIJI	41
4.2 FAZA II: OCENA STANJA HIŠNIH VODOVODNIH OMREŽIJ V IZBRANIH VRTCIH IN OSNOVNIH ŠOLAH	44
4.3 FAZA III: VZORČENJE IN DOLOČANJE KONCENTRACIJ SVINCA V PITNI VODI IZBRANIH VRTCEV IN OSNOVNIH ŠOL ..	47
4.3.1 Opis vzorcev pitne vode	47
4.3.2 Rezultati analize koncentracij svınca v pitni vodi	49
4.3.3 Odločitvena drevesa	53
4.3.4 Pojav preseženih koncentracij svınca v pitni vodi, tleh in v krvi prebivalcev v Sloveniji	54
4.4 FAZA IV: MIGRACIJE SVINCA IZ NOVEJŠIH MATERIALOV ZA IZGRADNJO VODOVODNEGA OMREŽJA	56
4.4.1 Opis modelnih raztopin	56

4.4.1.1 Testni preskus	56
4.4.1.2 Drugi preskus.....	57
4.4.2 Rezultati analize migracij svincu iz materialov	57
4.5 FAZA V: POSREDNA OCENA IZPOSTAVLJENOSTI SVINCU PRI ŠESTLETNIH OTROCIH	58
4.5.1 Opis podatkov ozadja	58
4.5.2 Ocena izpostavljenosti svincu iz izbranih virov	58
4.5.3 Izračun izpostavljenosti svincu z modelom IEUBK.....	59
5 RAZPRAVA.....	60
5.1 GLAVNE UGOTOVITVE RAZISKAVE	60
5.2 PODROBNI REZULTATI RAZISKAVE PO FAZAH IN PRIMERJAVA S PODOBNIMI RAZISKAVAMI.....	61
5.2.1 Faza I: Ocena stanja javnih vodovodnih omrežij v Sloveniji.....	61
5.2.2 Faza II: Ocena stanja hišnih vodovodnih omrežij v izbranih vrtcih in osnovnih šolah.....	61
5.2.3 Faza III: Vzorčenje in določanje koncentracij svincu v pitni vodi izbranih vrtcev in osnovnih šol ..	63
5.2.4 Faza IV: Migracije svincu iz novejših materialov za izgradnjo vodovodnega omrežja	68
5.2.5 Faza V: Posredna ocena izpostavljenosti svincu pri šestletnih otrocih	69
5.3 SLABOSTI IN PREDNOSTI RAZISKAVE	71
5.3.1 Faza I: Ocena stanja javnih vodovodnih omrežij v Sloveniji.....	71
5.3.2 Faza II: Ocena stanja hišnih vodovodnih omrežij v izbranih vrtcih in osnovnih šolah.....	71
5.3.3 Faza III: Vzorčenje in določanje koncentracij svincu v pitni vodi izbranih vrtcev in osnovnih šol ..	72
5.3.4 Faza IV: Migracije svincu iz novejših materialov	72
5.3.5 Faza V: Posredna ocena izpostavljenosti svincu pri šestletnih otrocih	73
5.4 POMEN RAZISKAVE ZA STROKO JAVNEGA ZDRAVJA	73
5.5 IZHODIŠČA ZA NADALJNJE RAZISKOVALNO DELO	76
5.5.1 Faza I: Ocena stanja javnih vodovodnih omrežij v Sloveniji.....	76
5.5.2 Faza II: Ocena stanja hišnih vodovodnih omrežij v izbranih vrtcih in osnovnih šolah.....	77
5.5.3 Faza III: Vzorčenje in določanje koncentracij svincu v pitni vodi izbranih vrtcev in osnovnih šol ..	77
5.5.4 Faza IV: Migracije svincu iz novejših materialov za izgradnjo vodovodnega omrežja	78
5.5.5 Faza V: Posredna ocena izpostavljenosti svincu pri šestletnih otrocih	78
5.6 PRISPEVEK K RAZVOJU ZNANOSTI.....	79
6 ZAKLJUČEK	81
VIRI.....	82

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 3.1: Kode odgovorov na odprta vprašanja	25
Preglednica 3.2: Kode odgovorov na odprta vprašanja	28
Preglednica 4.1: Osnovne značilnosti javnih vodovodnih omrežij glede na regijo.	42
Preglednica 4.2: Osnovne značilnosti javnih vodovodnih omrežij glede na starost.....	43
Preglednica 4.3: Osnovne značilnosti ustanov glede na regijo.....	45
Preglednica 4.4: Osnovne značilnosti ustanov glede na starost ustanove.	46
Preglednica 4.5: Minimalne, maksimalne, povprečne vrednosti in mediana koncentracij svınca in terenskih meritev odvzetih vzorcev pitne vode v vrtcih in šolah po prvem in drugem vzorčenju vode	47
Preglednica 4.6: Povprečne vrednosti in mediana koncentracij svınca glede na material vgrajenih cevi	49
Preglednica 4.7: Matrika korelacij	50
Preglednica 4.8: Izračuni regresijskega modela	51
Preglednica 4.9: Izračuni regresijskega modela z in brez redoks potenciala in pH	52
Preglednica 4.10: Redoks potencial, električno prevodnost in pH uporabljenih modelnih raztopin	56
Preglednica 4.11: Povprečna vrednost svınca v različnih modelnih raztopinah glede na material	57
Preglednica 4.12: Vnos svınca v telo na teden – najslabši možen scenarij, brez pitne vode	58
Preglednica 4.13: Vnos svınca v telo na teden – najslabši možen scenarij	58
Preglednica 4.14: Preračunani vnosi svınca iz posameznih virov v telo in koncentracije svınca v krvi otrok (starih 5-6 let), kot ga izračuna IEUBK model – najslabši možen scenarij	59

KAZALO SLIK

Slika 3.1: Sodelujoče ustanove – geografska razporeditev	27
Slika 3.2: Material, ki se lahko uporabi za izgradnjo hišnega vodovodnega omrežja	35
Slika 3.3: Cevi v inkubatorju	36
Slika 4.1: Povišane koncentracije svınca (> 10 µg/l) v pitni vodi v slovenskih vrtcih in šolah pri prvem in drugem vzorčenju	48
Slika 4.2: Spreminjanje r^2 v odvisnosti od minimalnega števila primerov v razredu in n-kratnega prečnega preverjanja	53
Slika 4.3: Odločitveno drevo za napoved koncentracij svınca v pitni vodi in pripadajoči regresijski enačbi	54
Slika 4.4: Svinec v tleh in v pitni vodi ter svinec v krvi prebivalcev	55

LIST OF TABLES

Table 3.1: Codes of answers to open questions	25
Table 3.2: Codes of answers to open questions	28
Table 4.1: Basic characteristics of public water systems according on their region.	42
Table 4.2: Basic characteristics of public water systems according to their age.	43
Table 4.3: Basic characteristics of institutions according on their region.	45
Table 4.4: Basic characteristics of the institutions according to their age.	46
Table 4.5: Min, max, average and median values of lead concentrations and on spot measurements of samples of drinking water in schools and kindergartens after the first and second sampling	47
Table 4.6: Aggregation with various combinations	49
Table 4.7: Correlation matrix.....	50
Table 4.8: Regression model output	51
Table 4.9: Regression model output with or without redox potential and pH	52
Table 4.10: Redox potential, electrical conductivity and pH of different solutions	56
Table 4.11: The average amount of lead in various simulants depending on material.....	57
Table 4.12: Lead intake per week – worst-case scenario, without drinking water	58
Table 4.13: Lead intake per week – worst-case scenario.....	58
Table 4.14: Calculated intakes of lead from various sources and concentrations of lead in the blood of children (5-6 year old) as calculated by the IEUBK model – worst-case scenario	59

LIST OF FIGURES

Figure 3.1: Participating institutions – geographical distribution	27
Figure 3.2: The material that can be used to build a domestic water system.....	35
Figure 3.3: Pipes in an incubator	36
Figure 4.1: Elevated concentrations of lead (> 10 µg/l) in drinking water in Slovenian kindergartens and schools in the first and second sampling.....	48
Figure 4.2: Changing r^2 as a function of the minimum number of instances of the class and n-fold cross validation	53
Figure 4.3: Decision tree for prediction of lead concentrations in drinking water and corresponding regression equations	54
Figure 4.4: Lead in soil and drinking water and lead blood levels in people	55

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A:	DOPIS ZA UPRAVLJAVCE JAVNIH VODOVODNIH OMREŽIJ	A-1
PRILOGA B:	OBVESTILO UPRAVLJAVCEM GLEDE POVIŠANIH KONCENTRACIJ SVINCA	B-1
PRILOGA C:	DOPIS ZA RAVNATELJE IZBRANIH VRTCEV IN OSNOVNIH ŠOL.....	C-1
PRILOGA D:	OBVESTILO O IZBIRI	D-1
PRILOGA E:	NAVODILO O IZBIRI ODVZEMNEGA MESTA.....	E-1
PRILOGA F:	OBVESTILO O REZULTATIH PRVEGA VZORČENJA VODE	F-1
PRILOGA G:	OBVESTILO O ZAČETKU DRUGEGA VZORČENJA	G-1
PRILOGA H:	OBVESTILO O REZULTATIH DRUGEGA VZORČENJA VODE	H-1
PRILOGA I:	NAVODILO ZA VZORČENJE I.....	I-1
PRILOGA J:	NAVODILO ZA VZORČENJE II.....	J-1
PRILOGA K:	POGOVORNA OKNA MODELA IEUBK.....	K-1
PRILOGA L:	IZPIS PROGRAMA WEKA	L-1
PRILOGA M:	IZRAČUNI MODELA IEUBK	M-1
PRILOGA N:	ČLANKI IN PREDSTAVITVE NA KONFERENCAH, KI SO DELO RAZISKOVANJA V POVEZAVI Z DOKTORSKO DISERTACIJO.....	N-1

KRATICE

EFSA	Evropska agencija za varnost hrane (European Food Safety Authority)
ICP-MS	Induktivno sklopljena plazma/masna spektrometrija
IEUBK	Integrated Exposure Uptake BioKinetic Model for Lead in Children
IVZ (NIJZ)	Inštitut za varovanje zdravja, od leta 2014 dalje Nacionalni inštitut za javno zdravje
JECFA	Skupni strokovni odbor za živilske dodatke Organizacije Združenih narodov za prehrano in kmetijstvo in Svetovne zdravstvene organizacije (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives)
LOD	Limit of detection. Meja zaznavnosti oziroma meja detekcije.
LOQ	Limit of quantification. Meja določljivosti oziroma meja kvantifikacije.
PTWI	Začasen dopustni tedenski vnos (Provisional Tolerable Weekly Intake)
SZO (WHO)	Svetovna zdravstvena organizacija (World Health Organization)
US EPA	Ameriška agencija za varstvo okolja (US Environmental Protection Agency)
ZZUZIS	Zakon o zdravstveni ustreznosti živil in izdelkov ter snovi, ki prihajajo v stik z živili (Uradni list RS, 2000)

1 UVOD

Večina vrtcev in šol v Ljubljani je bilo zgrajenih do osemdesetih let prejšnjega stoletja (Jeram, 2011). Takrat so svinec uporabljali za izdelavo delov hišnega vodovodnega omrežja, za stike med cevmi, priključke vodovodnih pip, uporabljali so tudi druge materiale, iz katerih je lahko svinec migriral v vodo. Zaradi teh dejstev lahko domnevam, da voda, ki prihaja iz pip velikega števila vrtcev in šol po Sloveniji, vsebuje povečane koncentracije svınca, kar lahko predstavlja resno tveganje za pojav škodljivih učinkov na zdravje otrok.

Otroci so bolj podvrženi dejavnikom tveganja iz okolja, predvsem zaradi tveganega obnašanja (dajanje rok in predmetov v usta) in neposrednega stika z okoljem (Tong, von Schirnding in Prapamontol, 2000; Bellinger, 2004). Poleg tega otroci dihamo hitreje in jejo ter pijejo več kot odrasli, zato so na enoto telesne mase bolj izpostavljeni biološkim in kemičnim snovem iz okolja (Intergovernmental Forum on Chemical Safety, 2005). Otroci so občutljivejši kot odrasli tudi zato, ker šele prehajajo skozi pomembne razvojne faze, na katere pa lahko škodljivo vpliva izpostavljenost škodljivim snovem (Intergovernmental Forum on Chemical Safety, 2005). Otroci ne prepoznajo in se ne zavedajo nevarnosti, zato jih je potrebno pred škodljivimi učinki okolja ustrezno zaščititi in varovati, saj bodo v nasprotnem primeru breme bolezni nosili celo življenje (Intergovernmental Forum on Chemical Safety, 2005).

Škodljivi učinki svınca se pri otrocih pokažejo že ob manjših koncentracijah v krvi – hitro lahko opazimo nepovratne nevrološke in psihološke spremembe: nižji inteligenčni količnik, spremembe obnašanja, manjša učna sposobnost, težave s sluhom, agresivnost, hiperaktivnost, slabša koordinacija gibov (Tong, von Schirnding in Prapamontol, 2000; Ducatman, 2003; Bellinger, 2004).

1.1 Svinec in njegove lastnosti

Svinec ima svetel sijaj in je raztezna, zelo mehka, izjemno prilagodljiva kovina sive barve, s slabo električno prevodnostjo. Je zelo težka, a ne najtežja kovina, saj tehta 11.340 kg/m^3 , v primerjavi z bakrom, ki tehta 8.960 kg/m^3 , in železom, ki tehta 7.870 kg/m^3 . Teža svınca oziroma njegova gostota je zelo pomembna pri zaščiti pred prehodom rentgenskih in gama žarkov ter zvočnega valovanja (Thornton, Rautiu in Brush, 2001).

Naravni svinec je element, ki se v naravi pojavlja razpršeno v manjših količinah, in sicer v zemeljski skorji, v koncentraciji od 10 mg/kg do 30 mg/kg zemlje (SZO, 2007). Koncentracija svınca v zemlji se še nekaj časa ne bo znižala, predvsem zato, ker je svinec v zemlji slabo mobilan (Thornton, Rautiu in Brush, 2001). Sicer pa se svinec nahaja v svinčevih rudah, ki jih v Sloveniji najdemo v rudnikih v

koroški regiji (Mežica in Remšnik), v spodnjeposavski regiji (Bohor Ledina in Srednik), v osrednjeslovenski regiji (Litija, Knapovže, Pleše, Ponoviče), savinjski regiji (Marija Reka, Puharje), goriški regiji (Rabelj) in v jugovzhodni Sloveniji (Tržišče).

Izvore kovin v tleh delimo na naravne in antropogene. Magmatske in metamorfne kamnine, ki predstavljajo 95 % zemeljske skorje, so najbolj pogost naravni vir kovin v tleh. Večina kovin se v naravi nahaja v spojinah, kar pomeni, da so kemijsko vezane z drugimi elementi. Rude, iz katerih pridobivamo kovine, so navadno pomešane z drugimi rudami in manj uporabnimi kamninami.

Svinec pridobivamo iz svinčeve rude – svinčev sijajnik. Med svinčevo rudo sta običajno prisotna tudi zlato in srebro, ki ju izločijo in tako pocenijo proizvodnjo svinca (Ross, 1994; Furtado Rahde, Bates in Dargan, 2007). Pomembna svinčeva ruda je mineral galenit, pa tudi cerussit in krokoit. Svinec lahko pridobivamo z različnimi postopki, kot je na primer postopek s praženjem galenita na zraku, da dobimo svinčev oksid; nato sledi redukcija s koksom in ogljikovim dioksidom v jaškasti peči, da nastane surovi svinec. Odstranjevanje nečistoč iz surovega svinca je relativno preprosto – odstrani se srebro, baker, železo, kositer, antimon in arzen, bizmut pa v glavnem ostane v svincu (Furtado Rahde, Bates in Dargan, 2007; Thornton, Rautiu in Brush, 2001).

Svinec lahko prenese veliko deformacijo, preden se bo zlomil, počil oziroma se poškodoval, za razliko od drugih materialov, ki so lahko podvrženi le manjšim deformacijam in hitro postanejo trdi in krhki. Svinec se v tem primeru obnaša drugače od ostalih materialov, saj se tali pri precej nižji temperaturi. Ker je v primerjavi z drugimi kovinami (baker, železo) talilna temperatura svinca zelo nizka (327 °C), je to dobrodošla lastnost za vlivanje in povezovanje kovine, obenem pa omogoča lažje oblikovanje kovine in celo rezanje z nožem na zelene oblike, kar je velika prednost za uporabo svinca pred drugimi kovinami (Thornton, Rautiu in Brush, 2001).

1.2 Vpliv svinca na zdravje

Izpostavljenost svincu iz okolja je pomemben javnozdravstveni problem v mnogih razvitih državah. Svinec je strupena kovina, ki je v primeru uživanja ali vdihavanja, nevarna za zdravje ljudi. Svinec lahko prizadene človekovo živčevje, možgane, ledvice, rodila in sečila ter tudi človekovo vedenje (Likar, 1998; SZO, 2010).

Glavna vhodna pot svinca v organizem je inhalacija, kjer svinec vstopa direktno v kri in se tako izogne jetrom, ki so glavni razstrupljevalec strupenih snovi. Absorpcija preko respiratornega traka je značilna predvsem za poklicno izpostavljene (Vidaković, 1997). V primeru, da svinec vstopa v organizem prek prebavil (s hrano, vodo in umazanimi rokami), se pod vplivom klorovodikove kisline v

želodcu pretvori v svinčeve kloride, ki so za telo toksični. Ti potujejo prek krvi do jeter, kjer se razstrupljajo in nato izločijo prek žolča, črevesja in/oziroma ledvic. Absorpcija svınca preko prebavil je močno odvisna od vrste hrane. Dieta z zmanjšanim vnosom vitamina D, železa in fosforja poveča absorpcijo svınca (Bilban, 1999; Prpić-Majić in Zavalić, 2002; Vidaković, 1997).

Večji del zaužitega svınca se odlaga v kosteh (90 %), laseh ter zobeh in se lahko mobilizira iz okostja in prehaja v kri v kasnejših obdobjih (starostniki, nosečnice). Manjši del svınca ostaja v krvi (2 %), vezan na eritrocite v plazmi. Razpolovna doba svınca v krvi in mehkih tkivih je 28 do 36 dni; v kosteh, kjer njegova koncentracija s časom narašča, pa 20 do 30 let. Manjši del svınca se nahaja v plazmi (5–10 %) – ta se veže na beljakovine ali pa ostane nevezan v ionski obliki. Ta, prosti svinec, deluje na telo toksično, predvsem na možgane, kostni mozeg in ledvice (Bilban, 1999; Prpić-Majić in Zavalić, 2002).

Glavni znak zastrupitve s svincem je anemija, saj svinec toksično deluje na krvotvorne organe (SZO, 2010). Koncentracija svınca v krvi okoli 800 µg/l povzroči kopičenje nukleinskih kislin v eritrocitih. Anemija je posledica zmanjšane življenjske dobe eritrocitov in zaviranja sinteze (izgradnje) hema, molekule v eritrocitih, ki je potrebna za prenos kisika po krvi. Kljub temu da se klinična anemija pokaže šele pri zmerni izpostavljenosti svincu, lahko biokemične učinke svınca opazujemo že pri nižjih koncentracijah (Hodgson in Levi, 1987).

Pri akutni zastrupitvi s svincem (ki je sicer redka in se pojavi ob zaužitju substanc topnih v kislini, ki vsebujejo svinec, ali ob inhalaciji svinčevih par), nastopijo slabost, bolečine v trebuhu, sledi bruhanje, lahko nastopi driska. Če pride do hitre absorpcije večje količine svınca, lahko zaradi večje izgube tekočin nastopi šok. Pojavijo se tudi bolečine in mišična slabost, anemija, krvav urin, ledvične poškodbe ali celo smrt (Klaassen, 1996). Otroci, ki preživijo akutno zastrupitev s svincem, imajo trajne posledice, predvsem razvojno-nevrološke deficite (SZO, 2010).

Pri kronični zastrupitvi, ki je pogostejša in lahko nastane zaradi akutne zastrupitve ali dolgoročneje izpostavljenosti nižjim koncentracijam svınca, so lahko znaki in simptomi raznovrstni: gastrointestinalni (anoreksija, zaprtost, krči črevesja, diareja), nevromuskularni (mišična slabost in utrujenost), učinki na centralni živčni sistem (okornost, vrtoglavica, glavobol, motnje vida, nespečnost, nemir, razdražljivost, nato vznemirjenost in zmedenost, sledi delirij ter koma), hematološki učinki (kopičenje nukleinskih kislin v eritrocitih), renalni učinki (funkcionalne ali morfološke spremembe na ledvicah) in drugi (bled obraz, prezgodnje staranje, visok krvni pritisk, slaba presnova vitamina D, zmanjšano število semenčic, motnje sluha) (Klaassen, 1996).

V razvoju kronične zastrupitve ločimo tri obdobja, in sicer obdobje povečane absorpcije, kjer klinični znaki zastrupitve še niso jasno izraženi; obdobje presaturnizma, kjer se kažejo blagi in neznačilni simptomi, biološke mejne vrednosti svınca pa so že pomembno povišane; in obdobje saturnizma, kjer je klinična slika že izražena (Bilban, 1999).

Na delovnem mestu se svinec navadno absorbira v telo delavca prek dihalnih poti (pri vdihavanju), pa tudi preko prebavnega trakta (med uživanjem hrane in pijače ali kajenjem na delovnem mestu). Za poklicno izpostavljene je zgornja dopustna meja svınca 400 µg/l za moške in 300 µg/l za ženske. Mejna vrednost za poklicno izpostavljenost svincu in njegovim spojinam je zavezujoča na ravni EU, kar pa še ne pomeni, da njeno upoštevanje zagotavlja absolutno varnost. Obstajajo namreč posebne skupine delavcev, ki so še posebej občutljive za svinec, za katere se zahteva posebno varstvo (noseče in doječe delavke, mladi delavci, moški ali ženske v rodni dobi, delavci z ledvičnimi, nevrološki ali hematološkimi težavami, delavci, ki so že bili predhodno izpostavljeni svincu (Uradni list RS, 2011).

Posledice zastrupitve z organskimi svinčnimi spojinami (tetraetil svinec in tetrametil svinec) se kažejo predvsem na centralnem živčnem sistemu. Lažja oblika zastrupitve se kaže v izgubi apetita, slabosti, glavobolu, razdražljivosti, nespečnosti, nočnih morah; pri težkih zastrupitvah pa lahko pride do hudih psihičnih motenj, shizofrenega obnašanja, božjastnih napadov, encefalopatije z izgubo spomina. Pri najtežjih zastrupitvah lahko pacient pade v komo in umre. Do takih zastrupitev najpogosteje pride pri delu, kjer je možen vnos prek dihal, ob hranjenju prek prebavil ali prek kože (Bilban, 1999; Prpić-Majić in Zavalić, 2002).

Svincu smo lahko izpostavljeni tudi s kajenjem, saj lahko tobak in tobačni dim vsebujeta manjše količine svınca (SZO, 2010). Koncentracije svınca v tobaku najpogosteje kupljenih cigaret variirajo med 0,9 in 6,12 µg/g; na primer v Nemčiji je bila povprečna koncentracija 1,62 µg/g, najvišjo povprečno koncentracijo svınca pa ima tobak na Kitajskem, in sicer 4,48 µg/g. S kajenjem 20 cigaret se v organizem z vdihavanjem v povprečju vnese 1,2 do 4,8 µg svınca (Müller in Raju, 2000).

Nekatere študije so nakazale možnost, da svinec povzroča raka, zato Mednarodna agencija za raziskave raka uvršča anorganski svinec v skupino 2A, kar pomeni, da obstajajo zadostni dokazi o rakotvornem delovanju pri poskusih na živalih in da je snov verjetno rakotvorna za ljudi. Za organski svinec ni zadostnih dokazov o rakotvornem delovanju (International Agency for Research on Cancer, 2006). Nekatere epidemiološke študije kažejo, da bi svinec lahko vplival na razvoj raka na ledvicah in pljučih (Prpić-Majić in Zavalić, 2002).

1.2.1 Ranljivost nosečnic in otrok

Nosečnice so v primerjavi z drugimi odraslimi v večji nevarnosti, saj je svinec lahko vzrok za prezgodnji porod in nizko porodno težo otroka ter predporodno izpostavo ploda, v katerega svinec prehaja preko posteljice (Committee on Environmental Health, 2005; Likar, 1998; Hodgson in Levi, 1987; Ducatman, 2003). Svinec lahko upočasni fizični in psihični razvoj ploda. Raziskave, ki jih omenja Ameriška agencija za varstvo okolja (v nadaljevanju US EPA), so pokazale, da lahko celo izpostavljenost nizkim koncentracijam svinca v nosečnosti kasneje povzroči upočasnjjen psihični razvoj dojenčka (US EPA, 1994a). Izpostavljenost svincu lahko pri ženskah povzroči tudi nenaraven reprodukcijski cikel, menstrualne motnje in sterilnost (Committee on Environmental Health, 2005; Prpić-Majić in Zavalić, 2002).

Otroci so ranljivejši kot odrasli. Njihova razvijajoča se um in telo sta izpostavljena različnim nevarnostim, saj so: (1) bolj občutljivi na biološke in kemične snovi v okolju, ker hitreje dihajo in v istem času zaužijejo večjo količino škodljivih snovi kot odrasli (navadno so nekatere od teh snovi težje od zraka in se zadržujejo pri tleh, kjer je tudi dihalno območje otrok); (2) otroci so občutljivejši na snovi, ki prodirajo skozi kožo, saj je njihova koža tanjša in s tem bolj propustna; (3) otroci so občutljivejši na snovi, ki izzovejo bruhanje ali drisko, in ker imajo v telesu manj tekočine, hitreje dehidrirajo; (4) otroci imajo manjšo sposobnost prepoznavanja in razumevanja nevarnosti. V večji nevarnosti so predvsem otroci, ki še ne hodijo, in najstniki s svojim visoko rizičnim vedenjem (Intergovernmental Forum on Chemical Safety, 2005).

Znano je, da so otroci še posebej podvrženi večjemu tveganju za izpostavljenost svincu v okolju. Vzroki so naslednji (Intergovernmental Forum on Chemical Safety, 2005; Tong, von Schirnding in Prapamontol, 2000; Furtado Rahde, Bates in Dargan, 2007; Bellinger, 2004; US EPA, 1993; SZO, 2010; Thornton, Rautiu in Brush, 2001):

- Absorpcija svinca iz prebavil pri otrocih je večja: otroci absorbirajo 40 % do več kot 50 % svinca iz prebavnega traku; odrasle osebe ga absorbirajo le 10 % do 15 %.
- Otroci pojedjo na enoto telesne mase več hrane kot odrasli, zato je vnos svinca na enoto teže večji kot pri odraslih.
- Značilno vedenje otrok (roke v usta, predmet v usta) omogoča večji vnos svinca v telo kot pri odraslih.
- Učinki svinca na krvotvorni in živčni sistem se pri otrocih pojavijo že pri nižji koncentraciji svinca v krvi kot pri odraslih. Pri otrocih krvno-možganska pregrada še ni v celoti razvita, zato lahko svinec nemoteno prehaja v kri.
- Otroci pogosteje uživajo premalo železa, vitamina D in kalcija, primanjkljaj teh faktorjev pa poveča absorpcijo svinca.

- Otroci prehajajo skozi velike razvojne spremembe, poleg tega njihov sistem še ni popolnoma razvit, zato so občutljivejši na vplive svınca od odraslih.

Otroci so torej v vseh fazah razvoja – od zarodka, ploda, dojenčka in v obdobjih do končane adolescence – izpostavljeni najrazličnejšim nevarnostim. V primeru nesreče v otroštvu bodo otroci nosili breme bolezni celo življenje. Ker so otroci brez moči odločanja, se sami ne morejo zaščititi, zato moramo za njih poskrbeti odrasli in jih varovati pred škodljivimi učinki okolja.

Škodljivi učinki svınca, predvsem na živčni sistem, se lahko pri otrocih pokažejo že ob manjših koncentracijah svınca v krvi (Likar, 1998; Hodgson in Levi, 1987; Tong, von Schirnding in Prapamontol, 2000; SZO, 2010). Izpostavljenost svincu v zgodnjih fazah otrokovega razvoja je lahko vzrok za trajne nevrološke in psihološke spremembe, na primer: upočasnen psihični razvoj, nižji inteligenčni količnik, spremembe obnašanja, manjša učna sposobnost, oslabljen sluh, agresivnost, slabša motorična koordinacija (Tong, von Schirnding in Prapamontol, 2000; Ducatman, 2003). Izpostavljenost večjim koncentracijam lahko povzroči resne poškodbe možganov (US EPA, 1994a).

1.3 Izpostavljenost ljudi svincu iz okolja

Pot izpostavljenosti je sestavljena iz petih delov: vir onesnaženja (npr. cevi za pitno vodo), okoljski medij ali mehanizem prenosa (npr. preko pitne vode), točko izpostavljenosti (npr. pipa, iz katere otrok pije vodo), način izpostavljenosti (npr. preko ust) in izpostavljeno populacijo (npr. otroci v vrtcih in šolah). Ko so v procesu prisotne vse sestavine, ga lahko imenujemo popolna pot izpostavljenosti (SZO, 2010).

Svincu smo izpostavljeni preko zraka, hrane in vode, zemlje in praha (Karr, Sathyanarayana in Beaudet, 2004; US EPA, 2005b). Prekomerne koncentracije v okolju so povezane predvsem z emisijami svınca v zraku. V državah, kjer je že prepovedana uporaba ovinčenega bencina, je vnos preko zraka značilen le za poklicno izpostavljene. Za splošno populacijo je najpomembnejši oralni vnos. To še posebej velja za otroke, saj je njihov vnos zemlje in praha bistveno večji, kot sicer pri splošni populaciji. Hrana in voda se lahko kontaminirata preko okolja ali preko posode (Mehikić, 2001). V manjših količinah smo lahko svincu izpostavljeni tudi preko kože, saj lahko tudi kozmetika vsebuje visoke koncentracije svınca (SZO, 2007).

Oceniti je potrebno izpostavljenost in absorbirano količino svınca preko zraka, hrane, vode in tal, vendar moramo pri tem upoštevati tudi to, da se svinec, ki vstopi v telo, ne absorbira v celoti (Eržen, 2011). Absorpcija inhaliranega svınca se spreminja glede na koncentracijo in obliko, v povprečju pa znaša okoli 30 do 50 % (Bilban, 1999; Prpić-Majić in Zavalčić, 2002; SZO, 2010; Thornton, Rautiu in

Brush, 2001). Odrasli absorbirajo 5–15 % svınca, ki ga zaužijejo, in okoli 50 % svınca, ki ga vdihnejo. Pri otrocih so ti deleži precej višji; otroci absorbirajo 30–40 %, pa tudi do 50 % svınca, ki ga zaužijejo, kar je posledica fizioloških in metabolnih razlik (Thornton, Rautiu in Brush, 2001).

Skupni strokovni odbor za živilske dodatke Organizacije Združenih narodov za prehrano in kmetijstvo in Svetovne zdravstvene organizacije (v nadaljevanju JECFA) je neodvisna skupina strokovnjakov, ki določa sprejemljive dnevne vnose (ADI), največje dovoljene količine ostankov (MRL) in (začasno) dopustne tedenske vnose (v nadaljevanju (P)TWI) za pomembne škodljive snovi, ki so pogosto prisotne v našem bivalnem okolju. Leta 1993 so določili tudi PTWI za svinec iz vseh virov izpostavljenosti, ki je znašal $25 \mu\text{g kg}^{-1}$ telesne mase teden⁻¹, vendar so ga leta 2010 umaknili, saj so ugotovili, da se pri taki izpostavljenosti lahko pri otrocih za vsaj 3 točke zniža inteligenčni količnik, pri odraslih pa se zviša sistolični krvni tlak za 3 mm Hg (400 Pa). Te spremembe lahko pomembno vplivajo na zdravje ljudi, zato nove vrednosti PTWI niso določili, saj prag za ključne učinke svınca na zdravje ni natančno določljiv (JECFA, 2010; SZO, 2011b; SZO, 2006; SZO, 2011a; SZO, 1987; Council of Europe, 2013). Tako podajanje odmerka svınca na kilogram telesne mase nam poleg opredelitve sprejemljivega vnosa svınca v telo iz različnih virov omogoča tudi primerjavo strupenosti različnih kemikalij med seboj.

O neprimernosti PTWI se je izrekla tudi Evropska agencija za varnost hrane (v nadaljevanju EFSA), saj so učinki na nevrolški razvoj pri obstoječih ravneh izpostavljenosti skrb vzbujajoči pri dojenčkih, otrocih in nosečih ženskah, zato si je potrebno še naprej prizadevati za novo izpeljavo PTWI (EFSA, 2010; Council of Europe, 2013).

Orodje, ki odlično meri izpostavljenost onesnaževalom (tudi svincu) v okolju in ocenjuje tveganje za zdravje ljudi, je biomonitoring, ki ugotavlja prisotnost nevarnih koncentracij kemikalij v urinu, krvi, slini, semenski tekočini, izdihanemu zraku, materinemu mleku, laseh, nohtih in drugih tkivih. Podatki, ki so pridobljeni z biomonitoringom, odražajo izpostavljenost kemikalijam, ki so seštevki vseh možnih poti izpostavitve (Uradni list RS, 2011). V namen ocenjevanja morebitnega pojava škodljivih učinkov kemičnih snovi pri že izpostavljenih ljudeh, se je na podlagi raziskav koncentracij svınca v krvi eno do petletnih otrok določila tudi mejna koncentracija svınca v krvi, ki znaša $50 \mu\text{g/l}$. Ta pomeni opozorilno raven nevarne kemične snovi v telesu ne glede na to, ali je bila vnesena z vdihavanjem, zaužitjem ali skozi kožo. Pri koncentracijah svınca v krvi, ki so večje ali enake od $50 \mu\text{g/l}$ krvi, so otroci prekomerno izpostavljeni svincu in je potrebno ukrepati; predvsem je nujna kontrola okolja, v katerem otrok živi ter hitre in ustrezne rešitve (Centers for Disease Control and Prevention, 2012). Z določanjem koncentracije svınca v krvi ugotavljamo nedavno in do neke mere tudi preteklo izpostavljenost svincu (EFSA, 2010).

Za potrebe izračunavanja izpostavljenosti otrok koncentracijam svınca iz okolja so US EPA razvili uporaben model Integrated Exposure Uptake BioKinetic Model for Lead in Children (v nadaljevanju model IEUBK), ki omogoča izračunavanje koncentracij svınca v krvi otrok do 7. leta na podlagi izmerjenih koncentracij v različnih okoljih, kjer otrok živi in se zadržuje. Izračuni z modelom naj bi nakazali, kateri so najpomembnejši dejavniki izpostavljenosti svincu v okolju, kar je bistvenega pomena pri načrtovanju ukrepov za izboljšanje kakovosti okolja v povezavi z izpostavljenostjo svincu (Ivartnik in Eržen, 2011; US EPA, 2007).

1.4 Svinec v pitni vodi

Voda lahko v izjemnih primerih vsebuje svinec, ki je geogenega izvora, ali pa svinec v vodo zaide po zraku, na primer zaradi bližine prometnice. V površinskih in podzemnih vodah lahko najdemo svinec kot posledico rudniške drenaže, ki ga v okolje vnašajo vode, bogate z raztopljenim svincem, vendar državni monitoring kakovosti podzemnih voda in površinskih vodotokov (rek) ni zaznal povišanih koncentracij svınca na teh področjih (Agencija za okolje RS, 2004–2010d; Agencija za okolje RS, 2004–2010c). V vodi se nekaj takih svinčevih spojin raztopi, večina pa jih ostane v obliki trdnih delcev, ki se kot oborina strdijo na kamenine (Thornton, Rautiu in Brush, 2001).

Svinec v pitni vodi je praviloma posledica sekundarne kontaminacije v hišnem vodovodnem omrežju s svinčeni deli, zlitinami, ki vsebujejo svinec, in drugimi materiali hišnega vodovodnega omrežja, ki lahko vsebujejo svinec (na primer plastika, medenina). Svinec torej v vodo migrira takrat, ko voda pride v stik z javnim ali hišnim vodovodnim omrežjem, ki vsebuje svinčene cevi, svinčene stike med cevmi ali druge materiale, ki vsebujejo svinec.

Na koncentracije svınca torej odločujoče vpliva količina oziroma dostopnost svınca v materialih za izgradnjo omrežja. Temu izvoru pripisujejo ponekod 40 % izpostavljanja svincu (Likar, 1998). V 70. letih so se namreč v objekte za izgradnjo vodovodnega omrežja pogosto vgrajevale svinčene cevi ali so se uporabljala svinčena sredstva za spajkanje spojev v ceveh vodovodov. Strokovnjaki ocenjujejo, da kar 25 % hišnih vodovodnih omrežij v Evropi še vedno vsebuje svinčene cevi, kar pomeni, da obstaja možnost, da 120 milijonov ljudi po Evropi pije vodo s povečanimi koncentracijami svınca (Hayes in Skubala, 2009).

Od konca 19. stoletja do nekje začetka 80. let 20. stoletja, so se za izgradnjo omrežja uporabljale litoželezne cevi s spojem, ki je vseboval obroč iz svınca. Stari vodovodni priključki imajo poleg tega, da so lahko vezani še na svinčeno ali pocinkano cev, običajno zaporne pipe iz surove medenine, kjer ni galvanske zaščite, in lahko svinec iz medenine prehaja v vodo. V manjši meri lahko svinec najdemo tudi v novejših materialih za izgradnjo omrežja, ki so se začeli uporabljati v začetku 80. let

20. stoletja, in sicer v medenini, keramiki, PVC-ju in pocinkanih ceveh (Nalatambi, 2009; Hayes in Skubala, 2009).

V cevi iz nemehčane polivinilklorida (PVC-U) se svinec še danes dodaja kot stabilizator, da cev med proizvodnjo zaradi visokih temperatur ne razpade (Al-Malack, 2001; Thornton, Rautiu in Brush, 2001; Hayes in Skubala, 2009). Trenutno še ne obstajajo trdni dokazi, da bi lahko svinec migriral iz PVC-U cevi v pitno vodo v taki količini, da bi lahko ogrozil zdravje in življenje ljudi. Plastične cevi so v današnjem času prva izbira, ko se odločamo za izgradnjo hišnega vodovodnega omrežja, saj so cenovno ugodne, enostavne za montažo in imajo življenjsko dobo do 50 let ter vsebujejo manj kot 0,25 % svinca. Poleg tega se na njih težje nabira vodni kamen, saj je notranjost cevi gladka, ne smejo pa biti izpostavljene ekstremnim temperaturam in neposredni sončni svetlobi.

V pocinkanih ceveh lahko svinec najdemo v manjši meri – nahaja se v cinku, kot nečistoča (Hoekstra et al., 2009). Kljub temu se lahko zaradi starejših pocinkanih cevi (navadno jih najdemo v zgradbah, ki so bile zgrajene pred letom 1980) koncentracije svinca v pitni vodi povišajo (Nalatambi, 2009). Od leta 1986 so na tržišču na voljo pocinkane cevi, ki imajo ANSI/NSF Standard 61, ki zagotavlja pocinkane cevi skoraj brez dodatnih primesi (migriranje svinca iz cevi je do 0,5 µg/l) (NSF International, 2007).

Medenina je zlitina bakra in cinka z različnimi dodatki. Svinec se lahko dodaja medenini zato, da se omogoči lažje rokovanje in obdelavo, vsebnost svinca v medenini pa lahko doseže tudi do 3 %. Medenino se zaradi dobre mehanske obdelovalnosti uporablja za izdelavo zahtevnejših elementov, kot so različni fittingi, ventili, pipe (Bajt Leban in Kosec, 2015). Prav zaradi tega dejstva so ti podvrženi dinamičnim migracijskim testom. Raziskave so pokazale, da je migracija svinca iz medenine visoka v prvih 2 do 3 mesecih uporabe, nato pa se zniža na tako stopnjo, da so koncentracije svinca v vodi pod mejnimi vrednostmi (Vilarinho et al., 2004; Fontenay in Anderson, 2008).

Ne smemo zanemariti obdobja med 1960 in 1970, ko so se v vodovodna omrežja vgrajevale azbestno cementne cevi. Nekatere raziskave poročajo, da lahko tudi cementne cevi vsebujejo svinec, ki pride v cementno cev med proizvodnjo cevi v peči. Za gorivo se v pečeh lahko uporabljajo nevarne surovine in odpadki, ki vsebujejo različne kovine, med drugimi tudi svinec. Ta se zato pojavi tudi kot sestavina cementne cevi, saj se iz nevarnih surovin v peči spojijo anorganske snovi in postanejo del strukture cementne cevi (Guo, 1997).

Svinec ni le sestavni del cevi v hišnem vodovodnem omrežju, pač pa svinec vsebujejo tudi nekateri manjši sestavni deli vodovodnega omrežja, ki so lahko narejeni iz keramike in stekla (deli pip,

ventilov, cevke). Tudi iz njih lahko svinec migrira v pitno vodo in lahko predstavlja nevarnost za zdravje ljudi (Golja, 2005).

Pitna voda je po navedbah strokovnjakov postala s prepovedjo uporabe osvinčenega bencina potencialno največji vir svınca v okolju. Ti ocenjujejo, da v razvitih državah predstavlja vnos svınca preko pitne vode iz javnih vodovodnih omrežij med 10 % in 20 % celotnega vnosa iz okolja. Pri otrocih so lahko ti deleži do dvakrat višji (Eržen, 2006).

1.4.1 Migracije svınca v vodo

Materiale, ki prihajajo v stik s pitno vodo, preskušamo po zahtevah Pravilnika o preskušanju izdelkov in snovi, ki prihajajo v stik z živili (Uradni list RS, 2003). Pravilnik definira migracije kot preskuse, pri katerih se materiale in izdelke pri določenih pogojih preskusa izpostavi živilu ali ustrezno izbranim modelnim raztopinam in se nato izmerijo koncentracije izločenih posameznih snovi.

V Evropi uporabljamo Smernice za kovine in zlitine, ki se jih uporablja za materiale v stiku s živili (Council of Europe, 2002; Council of Europe, 2013). V smernicah iz leta 2002 je uporaba svınca za materiale iz kovine odsvetovana oziroma se priporoča, naj se uporaba opušča. Smernice so se v letu 2013 prenovile, saj je EFSA opozorila, da so otroci in nosečnice izpostavljeni škodljivim učinkom svınca že pri zelo nizkih koncentracijah, poleg tega se je tudi dopustni tedenski vnos za svinec v letu 2011 znižal. V novih smernicah je določeno, da mora biti migriranje svınca iz materialov v stiku z živili, ki so narejeni iz kovin in zlitin, zmanjšano na najmanjšo možno mero, zato je mejna vrednost specifičnega migriranja določena pri 10 µg/kg, kar je v skladu z mejno vrednostjo za svinec v pitni vodi (SZO, 2011a; Council of Europe, 2002; Council of Europe, 2013).

V Evropi trenutno še ne obstajajo poenotene smernice oziroma priporočila za preskušanje in kakovost materialov namenjenih za stik s pitno vodo. Nekatere evropske države ali pa skupine držav so same razvile priporočila za pogoje preskušanja materialov namenjenih za stik s pitno vodo, kjer so natančno določili pogoje preskušanja, podajanje migracijskih vrednosti in mejne vrednosti za nekatere migrante (Belgian Federation for the Water Sector, 2012; 4 MS Joint Management Committee, 2016). Podoben dokument oziroma Priporočila za ocenjevanje primernosti materialov in proizvodov, ki prihajajo v stik s pitno vodo, nastajajo tudi v Sloveniji, po pooblastilu Ministrstva za zdravje, ki predvideva, da bodo izšla še v letu 2016 (Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano, Zavod za gradbeništvo Slovenije in NIJZ, 2016).

Na migracije svınca v vodo vpliva starost omrežja – s starostjo se zaradi korozije povečuje površina nagrizenih cevi in drugih delov omrežja, s tem pa iz cevi migrira več svınca. Korozija svınca poteka

počasi, saj njegove spojine tvorijo zaščitni plašč na površini kovine. Svinec je dobro vzdržljiv, ko je izpostavljen zraku in različnim vodnim raztopinam, kljub temu pa je že manjša korozija na svinčeni cevi nevarna zaradi migriranja svinca v vodno okolje, kar predstavlja nevarnost za zdravje ljudi (Thornton, Rautiu in Brush, 2001).

Na korozijo vpliva pH vode, električna prevodnost, temperatura, trdota in koncentracija prostega klora v vodi; bolj kot je voda mehka, topla in kislja ter višja kot je koncentracija klora v vodi, večja je korozija in večja je možnost migriranja svinca v vodo (Thornton, Rautiu in Brush, 2001; SZO, 2006; Karr, Sathyanarayana in Beudet, 2004; US EPA, 2005c; Prpić-Majić in Zavalčić, 2002; Moore, 2001; Cantor, Park in Vaiyavatjamai, 2003; Cantor, 2009; McFarland, Provin in Boellstorff, 2010; Fontenay in Anderson, 2008; Health Canada, 2013). Na korozijo vpliva tudi redoks potencial vode v kombinaciji s pH vode (Mikić Kosec in Milošev, 2004; Reddy in Patrick, 1977; Pourbaix, 1974).

Trdota vode je naravna lastnost pitne vode. Trdota je najpogosteje izražena v nemških stopinjah – 1 °dH ustreza 10 mg kalcijevega oksida na liter vode. Povzročajo jo raztopljene mineralne snovi, ki vodi dajejo okus, predvsem kalcijevi in magnezijevi hidrogenkarbonati iz apnenca in dolomita ter kalcijev sulfat, katere voda raztaplja na poti do vodnih zajetij. Trda voda je manj bogata s svincem, saj vsebuje karbonate in sulfate in iz njih tvori težko topeljive bazične svinčeve karbonate in svinčeve sulfate, ki varujejo svinčene cevi pred korozijo (Prpić-Majić in Zavalčić, 2002). V Sloveniji je voda iz vodovoda srednje trda (11–14 °dH) (Jamnik, 2012).

Električna prevodnost vode je lastnost vode, da prevaja električni tok. Na električno prevodnost vode vpliva prisotnost ionov v vodi (njihova koncentracija, gibljivost in naboj), pa tudi temperatura vode. Čista voda ima nizko električno prevodnost, voda z visoko koncentracijo ionov pa dobro prevaja elektriko – ima visoko električno prevodnost. Višja kot je električna prevodnost vode, višja je korozija, saj korozija nastaja v primeru, ko je kovina v stiku z električno prevodno okolico (McFarland, Provin in Boellstorff, 2010).

Temperatura vode je odvisna od okolja, kjer se voda nahaja. Temperatura vpliva na hitrost kemijskih reakcij, na vsebnost anorganskih in organskih snovi v vodi in tako na vonj, okus, barvo ter korozivnost vode. V topli vodi je topnost svinca hitrejša; raziskave dokazujejo, da se stopnja migriranja svinca iz svinčenih delov omrežja podvoji za vsakih dodatnih 10 °C (Gray, 2008). Vzorci pitne vode, ki jih odvezamo poleti, ko ima voda višjo temperaturo, imajo dvakrat več možnosti, da presežejo mejne vrednosti svinca v pitni vodi, kot vzorci, ki smo jih odvzeli pozimi (Hayes, 2010a).

Tudi klor vpliva na migracije svınca v vodo, in sicer: višja kot je količina klora v vodi, večja je korozija in večja je možnost migracij svınca v njo (Moore, 2001; Maas et al., 2007). Uporaba kloraminov za dezinfekcijo vode, namesto klora, lahko poveča migracije svınca iz medenine (Maas et al., 2007).

S pH vrednostjo vode izražamo stopnjo kislosti oziroma bazičnosti vode. Voda s pH 7 je nevtralna; pod to vrednostjo je voda kislá, nad to vrednostjo bazična. Migriranje svınca v vodi se izrazito poveča, ko se pH vode zniža pod 8, kar je posledica spremembe kislinsko-baznega ravnotežja, ki je večinoma odvisno od prisotnosti ogljikovega dioksida v vodi (SZO, 2006). Višje koncentracije ogljikovega dioksida v vodi pomenijo nižji pH, torej večjo kislost vode in s tem večjo možnost migriranja svınca v vodo (Mehikić, 2001).

Vpliv različnih pH vode na korozijo svınca v eksperimentalnih pogojih je velik in nelinearen. Ko ima voda pH 7, je koncentracija svınca 50 µg/l, pri dolžini cevi 400 m in po zadrževanju vode v cevi 1 uro; pri pH 8 je koncentracija svınca v isti cevi in pri istem stanju vode le 10 µg/l. Ko je nivo pH 6, je voda kislá, to pa pomeni večjo korozijo, saj kislá voda raztaplja svinec na površini; koncentracija svınca v vodi je nad 500 µg/l (Islam, 2010).

Poleg naštetega ima na migracijo svınca v vodi bistven vpliv tudi redoks potencial v kombinaciji s pH. Redoks potencial (redukcijsko-oxidacijski potencial) je električni potencial oziroma merilo za oksido-redukcijski sistem. Uporablja se za določanje stopnje elektrokemične redukcije v vodnem okolju. Spreminja se glede na vsebnost kisika in nekaterih drugih elementov. Odnos med vrednostjo redoks potenciala in vrednostjo pH vode ter njun vpliv na kovino podaja Pourbaixov diagram. To je termodinamski diagram, ki upošteva tako elektrokemijske kot kemijske enačbe in definira stabilnost svınca v različnih okoljih vodnih raztopin pri temperaturi 25 °C (Mikić Kosec in Milošev, 2004). Na diagramu ločimo tri območja: imunost, kar pomeni, da je kovina v tem območju stabilna in ne korodira; korozijo, pri kateri pride do korozije kovine, saj se na površini ne tvori zaščitni sloj; pasivnost pa pomeni, da se kovina prevleče s pasivno plastjo neporoznega in netopnega oksida, ki površino ščiti pred korozijo. Iz Pourbaixovega diagrama sledi, da se topni kationi svınca pri višjem redoks potencialu ($E > -0,13$ V) in višjem pH (5–12) pretvorijo v svinčeve karbonate. Na površini svınca se tako tvori zaščitni plašč, ki cev ščiti pred korozijo, posledično pa se koncentracija svınca v vodi zniža (Mikić Kosec in Milošev, 2004; Reddy in Patrick, 1977; Pourbaix, 1974).

Na proces korozije, in s tem na povečanje koncentracij svınca v vodi, pa vpliva tudi čas zadrževanja vode v ceveh. Računalniška simulacija migriranja svınca iz cevi, v kateri voda stoji določen čas, nam omogoča boljše razumeti in s tem boljše obvladovati problematiko migriranja svınca iz cevi v vodo v hišnem vodovodnem omrežju. Tako imenovani eksponencialni model predvideva, da je raztapljanje svınca s površine cevi v pitno vodo funkcija začetne hitrosti prenosa snovi in ravnotežne

koncentracije svınca v vodi. Ko voda v cevi stagnira, se koncentracija svınca s časom zvišuje, dokler se ne vzpostavi ravnotežna koncentracija. Za pol colsko svinčeno cev, katere notranji premer meri 12 mm, se ravnotežna koncentracija vzpostavi po približno 6–8 urah stagnacije vode v cevi. Koncentracije svınca v vodi z eksponencialnim modelom ne moremo določiti, saj je odvisna od različnih vplivnih faktorjev, kot je pH in temperatura vode, kemijska sestava vode, starost omrežja in drugo, zato bi bilo napovedovanje koncentracij svınca na splošno zelo težko (Hayes, 2010a; Hayes, 2010b; Van Der Leer et al., 2002).

1.4.2 Določanje svınca v pitni vodi

Svinca v pitni vodi ne moremo videti, okusiti ali zavohati, zato je v vodi potrebno ugotavljati njegovo vrednost s pomočjo laboratorijske analize odvzetega vzorca, ki ga opravi akreditiran laboratorij. Laboratorij za vzorčenje pripravi steklenico in določi vzorčevalca, ki je posebej usposobljen za odvzem vzorca. V primeru, da laboratorij vzorčevalca ne zagotovi, se je pri odvzemu potrebno držati natančnih navodil vzorčenja.

Za določanje svınca v pitni vodi so na voljo različne metode, predvsem pa se vzorčenje loči glede na namen; vzorčimo lahko za potrebe monitoringa pitne vode, kjer se ugotavlja kakovost pitne vode na vseh javnih vodovodnih omrežjih, ali pa lahko koncentracije svınca določamo le v izbranem hišnem vodovodnem omrežju. V Direktivi Sveta 98/83/ES o kakovosti vode, namenjene za oskrbo ljudi (v nadaljevanju direktiva), ustrezna metoda vzorčenja za svinec za potrebe monitoringa in/ali za potrebe ugotavljanja kakovosti pitne vode v hišnih vodovodnih omrežjih še ni natančno določena, predvideva pa se odvzem svınca tako, da vzorec predstavlja tedensko povprečno koncentracijo, ki jo zaužijejo uporabniki. Pri vzorčenju mora biti upoštevan pojav najvišjih ravni obremenitve, ki lahko škodljivo vpliva na zdravje ljudi (Uradni list EU, 1998).

V zadnjih letih se je v EU uveljavilo Priporočilo za vzorčenje in monitoring svınca v pitni vodi, ki ga je potrdila Evropska komisija (Hoekstra et al., 2009). Namenjeno je predvsem ugotavljanju kakovosti pitne vode znotraj javnega vodovodnega omrežja in ne posameznega hišnega omrežja. V njem je skrbno opisan postopek izbire mest vzorčenja in način vzorčenja pitne vode za ugotavljanje svınca v njej. Predlagajo vzorčenje mrzle pitne vode iz pipe, ki se v zgradbi uporablja za pripravo pijače in hrane. Vzorčevalec odvzame 1 liter pitne vode, ki je pred vzorčenjem ni pretočil (Hoekstra et al., 2009). Ta metoda je najprimernejša in tudi tehnično najlažje izvedljiva metoda vzorčenja vode brez predhodnega točenja na pipi uporabnika, vendar je potrebno odvzeti dovolj veliko število vzorcev, da se zagotovi ponovljivost in omogoči sklepanje za večje področje, torej za celo javno vodovodno omrežje in ne le za določeno mesto vzorčenja (Van den Hoven et al., 1999; Hayes in Skubala, 2009).

Za ugotavljanje koncentracij svınca v vodi se uporablja tudi metoda deljenega vzorca. S to metodo dobimo povprečen tedenski vzorec vode, saj se vzorči vodo ob vsaki uporabi pipe, vendar je ta metoda logistično zelo zahtevna in zato nesprejemljiva za vzorčenje vode za potrebe monitoringa. Poleg tega z njo ni mogoče sklepati na večjo populacijo, na primer za določeno stanovanjsko naselje. Raziskave so pokazale, da metoda deljenega vzorca in metoda vzorčenja vode brez predhodnega točenja podata podobne rezultate (Van den Hoven et al., 1999; Hayes in Skubala, 2009).

US EPA predlaga dva načina vzorčenja pitne vode za določanje svınca v njej. Prvi način določa »Lead and Copper Rule«, ki zagovarja odvzem 1 litra vzorca pitne vode iz pipe v kuhinji, brez predhodnega točenja vode, ki je stala v ceveh najmanj 6 ur ali več (zgornje meje ni določene). Ta način odvzema vzorca predstavlja najslabši možni scenarij (US EPA, 2000; US EPA, 2004).

Drug način odvzema vzorca se razlikuje od prvega v tem, da se odvzame le 250 ml vzorca, brez predhodnega točenja vode, ki je stala v ceveh od 8 do 18 ur. Odvzem vode, ki je stala v ceveh več kot 18 ur, ni priporočljiv, saj s tem ne dobimo realnih koncentracij svınca v vodi (US EPA, 1994b; Karr, Sathyanarayana in Beaudet, 2004). Drugi način vzorčenja se priporoča za vzorčenje pitne vode v izobraževalnih ustanovah in predvideva, da je 250 ml vode količina ene skodelice tekočine, ki jo otrok zaužije pri enem pitju. Raziskave ugotavljajo, da je kar $\frac{1}{4}$ vse popite vode v vrtcu ali šoli, voda brez predhodnega točenja, torej takšna, ki hipotetično vsebuje več svınca (Karr, Sathyanarayana in Beaudet, 2004; US EPA, 2004).

Obstajajo tudi druge različice vzorčenja, ki vsebujejo mešanico omenjenih dveh načinov ali uvajajo popolnoma nove pristope (Zietz et al., 2001; Mehikić, 2001). Priporočljivo odvzemno mesto je v vseh primerih pipa v kuhinji, kjer se voda uporablja za pripravo hrane in napitkov (US EPA, 2004). Po odvzemu vzorca brez predhodnega točenja vode sledi odvzem drugega vzorca, s predhodnim točenjem mrzle vode vsaj 30 sekund do 5 minut – tudi tu si strokovnjaki niso enotni (Skipton et al., 2006; Schardt, 2005; Arizona Department of Environmental Quality, 2004).

Svetovna zdravstvena organizacija (v nadaljevanju SZO) je glede tveganja za zdravje določila sprejemljivo mejno vrednost svınca za pitno vodo, to je $10 \mu\text{g/l}$, ki temelji na začasnem dopustnem tedenskem vnosu (PTWI) svınca $25 \mu\text{g kg}^{-1}$ telesne mase teden⁻¹, ki ga je določila JECFA leta 1993. Toksikološki podatki za izračun dopustnih vnosov so pridobljeni na dolgoročnih študijah na živalih, na človeka pa so preračunani s pomočjo varnostnih faktorjev, torej ob predpostavki, da je pri otroku, težkemu 5 kg, ki se hrani po steklenički in na dan popije 0,75 l vode, delež vnosa svınca s pitno vodo 50 %. Glede na to, da so otroci najbolj občutljiva skupina v populaciji, bi vrednost $10 \mu\text{g/l}$ ščitila tudi druge starostne skupine. JECFA je sicer leta 2010 PTWI umaknila, ker ne more več veljati, da varuje zdravje, SZO pa kljub temu mejne vrednosti za svinec v pitni vodi ni spremenila, dobila je le značaj

začasnosti, saj bi v praksi težko dosegali še nižje vrednosti od 10 µg/l, poleg tega pa so laboratoriji omejeni z analitskimi zmožnostmi (JECFA, 2010; SZO, 2011a; Council of Europe, 2013). Mejna vrednost svınca v pitni vodi 10 µg/l je opredeljena tudi v direktivi (Uradni list EU, 1998).

1.5 Svinec v pitni vodi v Sloveniji

Pitna voda v Sloveniji mora izpolnjevati pogoje, določene z Zakonom o zdravstveni ustreznosti živil in izdelkov ter snovi, ki prihajajo v stik z žvili (Uradni list RS, 2000) (v nadaljevanju ZZUZIS). ZZUZIS je bil podlaga za sprejetje Pravilnika o pitni vodi (Uradni list RS, 2004a). Ta določa zahteve, ki jih mora izpolnjevati pitna voda, z namenom varovanja zdravja ljudi pred škodljivimi učinki zaradi kakršnegakoli onesnaženja pitne vode. Pravilnik je skoraj v celoti usklajen z direktivo, svinec pa uvršča v Prilogo I, del B, mejna vrednost je 10 µg/l. Gre za maksimalno dovoljeno vrednost na pipi končnega uporabnika.

Nadzor nad kakovostjo pitne vode v Sloveniji je notranji ali zunanji. Notranji nadzor izvaja upravljavec javnega vodovodnega omrežja, zunanji nadzor pa izvaja država na dva načina – z uradnim zdravstvenim nadzorom, ki ga izvaja Zdravstveni inšpektorat RS (Uradni list RS, 2000), ali s spremljanjem (monitoringom) pitne vode. Monitoring pitne vode je oblika nadzora oziroma preverjanja ali pitna voda izpolnjuje zahteve Pravilnika o pitni vodi (Uradni list RS, 2004a), zlasti zahteve za mejne vrednosti parametrov (skladnost vzorcev pitne vode). Monitoring pitne vode je do leta 2008 izvajal Inštitut za varovanje zdravja (v nadaljevanju IVZ), od takrat dalje pa ga izvaja Zavod za zdravstveno varstvo Maribor oziroma od leta 2014 dalje Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano.

V Sloveniji za določanje svınca v vodi hišnega vodovodnega omrežja nimamo predpisanih posebnih metod. Upravljalci javnih vodovodnih omrežij navajajo uporabo enakih metod vzorčenja kot pri odvzemu vode za monitoring pitne vode, to je, da se voda pred odvzemanjem vzorca obvezno toči najmanj 2 minuti oziroma do stabilizacije temperature, kar podceni koncentracijo svınca v vodi (Ministrstvo za zdravje, 2013).

Po podatkih iz državnega monitoringa pitne vode od leta 2004 do 2010 je bila mejna vrednost svınca v pitni vodi 10 µg/l presežena večkrat: po trikrat v podravski in osrednjeslovenski statistični regiji, dvakrat v savinjski regiji in po enkrat v notranjsko-kraški, zasavski ter koroški regiji (IVZ, 2004–2007; Zavod za zdravstveno varstvo Maribor, 2008–2010). Najverjetneje je redko pojavljanje svınca v monitoringu pitne vode v Sloveniji povezano z metodo odvzema vzorcev. Taka metoda je neprimerna

za odvzem vzorca za določanje svınca v pitni vodi, zato lahko le redko potrdimo povišane koncentracije svınca v njej.

V Ljubljani se je v javno vodovodno omrežje pred drugo svetovno vojno vgrajevalo svinčene cevi. Po podatkih JP Vodovod – Kanalizacija d. o. o. iz leta 2011 je v javnem vodovodnem omrežju Mestne občine Ljubljana od skupne dolžine javnega vodovodnega omrežja, ki znaša več kot 950.000 metrov, še vedno v posameznih delih omrežja vgrajenih 85,8 metrov svinčenih cevi in 2.900 metrov cevi neznanega materiala, med katerim je lahko tudi svinec (Jamnik, 2012). Te svinčene cevi v Ljubljani ne predstavljajo problema za kakovost pitne vode, saj je ljubljanska voda trda, kar pomeni, da so cevi obložene s plastjo karbonata in se svinec ne topi v pitno vodo. Mnogo večjo nevarnost predstavljajo svinčene cevi v predelih z mehko vodo (npr. Pomurje), kjer ni zaščitne karbonatne plasti in svinec lažje migrira v pitno vodo.

1.6 Pregled literature

1.6.1 Izpostavljenost ljudi svincu iz okolja

Dolgoročna študija otrok je pokazala, da se nevrovedenjske spremembe, ki so posledica povišanih koncentracij svınca v krvi, ne izboljšajo tudi po tem, ko se nivo svınca v krvi povrne na normalne vrednosti (Thornton, Rautiu in Brush, 2001). Raziskave so pokazale, da desetkratno povečanje koncentracij svınca v pitni vodi lahko pripelje do povečanja koncentracij svınca v krvi otrok za 23 % (Institut national de sante publique du Quebec, 2011).

Študije, ki so proučevale odnos med koncentracijami svınca v krvi in inteligenčnim količnikom otrok, so dokazale, da se ta zniža za 1 do 3 točke, če se koncentracija svınca v krvi zviša z 10 µg/l na 20 µg/l. V tem primeru gre za majhno znižanje količnika, pri višji izpostavljenosti svincu, pa bi to lahko imelo pomembne posledice na javno zdravje (Thornton, Rautiu in Brush, 2001).

Na podlagi študij iz različnih držav se sklepa, da se inteligenčni količnik zniža za polovico točke, če se nivo svınca v krvi predšolskega otroka zviša za 10 µg/l, pri predpostavki, da je imel otrok v krvi 100 do 200 µg/l (SZO, 2010). V primeru, da bi se svinec v krvi otrok, mlajših od 6 let, znižal s 15 µg /l na 0 µg /l, bi se njegov inteligenčni količnik do vstopa v osnovno šolo zvišal za 1,51 točke (Health Canada, 2013).

Tudi raziskava vpliva koncentracij svınca v krvi na inteligenčni količnik otrok, starih od 6 mesecev do 6 let, ki živijo v Rochestru, v ameriški državi New York, je pokazala, da otroci, ki imajo skozi celo

življenje koncentracije svınca v krvi od 50 do 99 µg/l, dosegajo pri testih inteligenčnega količnika 4,9 točke manj, kot otroci, ki imajo koncentracije svınca v krvi pod 50 µg/l (Jusko et al., 2008).

V Sloveniji je bil leta 2001 izveden biomonitoring na populaciji mladih fantov od 18 do 27 let, ki so jim določali vsebnost svınca v krvi. Ugotovili so, da je imel 3,1 % fantov povečane koncentracije svınca nad 100 µg/l, mediana je bila 35 µg/l. Pokazala se je statistično značilna razlika glede na prebivališče oziroma regijo. Avtorji so zaključili, da so podatki dobro ocenili stanje koncentracij svınca v krvi mladih moških v Sloveniji, služili pa bi lahko tudi za mednarodno primerjavo in kot podlaga za nadaljnje študije na tem področju (Eržen, Zaletel-Kragelj, 2004).

V sklopu projekta EU PHIME, ki je potekal od leta 2006 do 2011, se je ugotavljala izpostavljenost slovenskih žensk v rodni dobi (20 do 35 let), žensk starih od 50 do 60 let, moških od 20 do 35 let in otrok od 6 do 11 let, nekaterim izbranim okoljskim kemikalijam, med drugim tudi svincu. Ugotovili so, da so vrednosti svınca v krvi pri starejših ženskah višje (26,7 µg/l) kot pri mlajših (17,3 µg/l); odrasli imajo v povprečju višje vrednosti svınca v krvi kot otroci (16,1 µg/l); otroci, ki so živeli na podeželju, so imeli višje vrednosti svınca v krvi, kot otroci, ki so živeli v mestu. Opozorili so tudi šibko, statistično neznačilno, povezanost med povišanimi koncentracijami svınca v krvi in tipom vodovodnega omrežja (Tratnik et al., 2013).

V letih 2007 in 2008 je v sklopu istega projekta potekala raziskava o koncentracijah kemikalij (med drugim tudi svınca) v krvi otrok, starih 7 do 14 let, ki živijo v večjih evropskih mestih. V Sloveniji se je raziskava izvajala v Ljubljani. Ugotovili so, da je izpostavljenost svincu v Sloveniji primerljiva s povprečjem v Evropi, povprečna koncentracija svınca v krvi otrok je bila 13,4 µg/l, koncentracije svınca v krvi pa so bile od 6,9 do 24 µg/l. Zaključili so, da so koncentracije svınca v krvi otrok večinoma znotraj varnih meja, z nekaterimi izjemami (Hruba et al., 2012).

Že od leta 2007 v Sloveniji poteka Program ukrepov za izboljšanje kakovosti okolja v Zgornji Mežiški dolini. V okviru programa se obravnava otroke stare tri leta, pri katerih se ugotavlja povprečne vrednosti svınca v krvi otrok iz najbolj obremenjenih območij (občini Črna na Koroškem in Mežica). Zadnji rezultati iz leta 2015 potrjujejo ugotovitve iz preteklih let, da ima dobra desetina otrok visoke vrednosti svınca v krvi (100 µg/l in več), več kot polovica pa nizke vrednosti svınca (pod 50 µg/l). Na Nacionalnem inštitutu za javno zdravje (v nadaljevanju NIJZ) opozarjajo, da se bo za uspešno doseg cilja, to je 95 % otrok z vsebnostjo svınca v krvi pod 100 µg/l, potrebno spoprijeti s številnimi izzivi (NIJZ, 2015).

V Sloveniji se je od leta 2007 do 2014 izvajal biomonitoring kemikalij v ljudeh, katerega namen je bil opredeliti izpostavljenost prebivalstva kemikalijam z ugotavljanjem virov in trendov po geografskih

območjih ter opredeliti referenčne vrednosti. Dolgoročni cilj humanega biomonitoringa pa je bil pridobiti podatke o obremenitvah ljudi z določenimi kemikalijami (tudi s svincem), poleg tega pa pridobiti podatke o prostorskih razlikah v izpostavljenosti. V raziskavi biomonitoringa so sodelovale odrasle osebe obeh spolov (ženske so matere prvorodke), stare od 20 do 40 let. Ugotovili so, da je slovenska populacija v relativno varnih mejah. Med tremi opazovanimi območji (podeželsko, mestno, onesnaženo) ni bilo statistično značilnih razlik, so bile pa vrednosti za svinec v krvi v Mežiški dolini pomembno višje od ostalih preiskovanih območij, vrednosti nad povprečjem za celotno populacijo so imeli tudi preiskovanci iz Savinjsko-Posavskega območja in Bele krajine. Moški so imeli pomembno višje vrednosti svınca v krvi od žensk; izpostavljenost svincu slovenske populacije pa je primerljiva s povprečjem v Evropi. Pomembna ugotovitev raziskave je tudi ta, da so imeli preiskovanci, ki so se oskrbovali s pitno vodo iz lokalnih vodovodov in zasebnih zajetij, pomembno višje vrednosti svınca v krvi, kot preiskovanci, ki so se oskrbovali z vodo iz javnega vodovodnega omrežja (Ministrstvo za zdravje, 2012a; Mazej et al., 2015; Horvat et al., 2013).

Na vnos svınca preko hrane, vode, zraka in mivke je opozorila raziskava na področju Celja, kjer so želeli oceniti, kolikšnemu zdravstvenemu tveganju so zaradi povečane vsebnosti svınca v okolju izpostavljeni otroci. Ugotovili so, da vnos svınca preko različnih virov v Celju dosega 20,5 % PTWI, kar pomeni, da tveganje za zdravje ni povečano in da obremenjenost otrok zaradi onesnaženosti okolja s svincem ni velika, potrebno pa je s tehničnimi ukrepi zmanjšati izpostavljenost svincu, ki je v tleh in prahu (Eržen, 2010).

1.6.2 Prisotnost svınca v pitni vodi

IEUBK model predpostavlja, da je koncentracija svınca v krvi otrok starih od 0 do 7 let, ki pijejo vodo brez vsebnosti svınca, okoli 31 $\mu\text{g/l}$. V primeru, da bi isti otroci pili vodo s koncentracijo svınca 15 $\mu\text{g/l}$, bi bila koncentracija svınca v krvi 42 $\mu\text{g/l}$. Z verjetnostno porazdelitvijo so izračunali, da bi imelo 2 % otrok, starih od 0 do 7 let, v primeru pitja pitne vode s koncentracijami svınca 10 $\mu\text{g/l}$, koncentracije svınca v krvi nad 100 $\mu\text{g/l}$, če bi bila koncentracija svınca v vodi 25 $\mu\text{g/l}$, pa bi imelo kar 6 % otrok v krvi več kot 100 $\mu\text{g Pb/l}$ (US EPA, 2007; Bertha, 2007).

Hayes (2010b) je v svoji raziskavi o metodah za modeliranje koncentracij svınca v pitni vodi opozoril, da je problem svınca v pitni vodi v Evropi podcenjen, predvsem v starih mestnih jedrih in v mestih, kjer so še vedno v uporabi svinčene cevi. Med letoma 2002 in 2008 je bilo po Evropi izvedenih kar nekaj raziskav o prisotnosti svınca v pitni vodi in ugotovimo lahko, da je neskladnost pitne vode z mejno vrednostjo za svinec (10 $\mu\text{g/l}$) značilna za kar nekaj območij (Avstrija, Češka, Nemčija, Italija, Nizozemska, Poljska, Anglija). Podatki pa bili najverjetneje še bolj zaskrbljujoči, če bi proučevali prisotnosti svınca po vsej Evropi. Koncentracije svınca nad 25 $\mu\text{g/l}$ vode se v Evropi pojavljajo manj

pogosteje – v Avstriji je bilo do leta 2007 še okoli 7,5 % takih vzorcev, na Dunaju celo 18,6 %; na Češkem je takih vzorcev 0,2 %; v Nemčiji od 0 do 3,5 %; na Nizozemskem pa do 0,6 % (Jung, Heiss, 2007 v Hayes, Skubala, 2009; Nemcova v Hayes, Skubala, 2009; Rubel in Becker v Hayes, Skubala, 2009; Slatts v Hayes, Skubala, 2009).

Podatke o koncentracijah svinca v živilih med letoma 2003 in 2009 v Evropi je zbrala tudi EFSA (2010). Prejeli so podatke za 94.108 vzorcev hrane, med njimi 4.087 vzorcev pitne vode iz pipe, od katerih je 111 (3 %) vzorcev vode presegalo 25 µg Pb/l. Delež vzorcev s koncentracijami svinca pod mejo določljivosti je bil 38 %, povprečna vrednost svinca je bila 5,2 µg/l, najvišje izmerjena vrednost pa je znašala 1.950 µg/l. Ugotovili so, da voda, poleg žit in zelenjave, predstavlja pomemben prispevek k izpostavljenosti evropske populacije svincu.

Nivo svinca v pitni vodi v gospodinjstvih so merili v Nemčiji in ugotovili, da je 3,1 % vzorcev, brez predhodnega točenja vode, preseglo mejno vrednost 10 µg/l, in 0,6 % vzorcev vrednost 40 µg/l (Zietz et al., 2001). V predhodni raziskavi, ki jo je izvedla nemška Agencija za varstvo okolja leta 1998, pa so ugotovili, da so bile koncentracije svinca v vodi presežene v 7 % vzorcev (odvzetih je bilo 5.000 vzorcev po celi Nemčiji, voda je v ceveh stala čez noč), predvsem tam, kjer so bili v hišnem vodovodnem omrežju vgrajeni svinčeni deli omrežja (Becker et al., 2001).

V Franciji so leta 1996 analizirali vzorce pitne vode, ki je v ceveh stala čez noč, iz 100 hišnih vodovodnih omrežij. Ugotovili so, da so povečane koncentracije svinca v pitni vodi posledica svinčenih cevi, ki so vgrajene v omrežja; kar 56 % vzorcev, odvzetih iz omrežij s svinčenimi cevmi, je imelo koncentracije svinca višje od 10 µg/l, le 6 % vzorcev s povišanimi koncentracijami svinca pa je bilo odvzetih iz omrežja brez svinčenih cevi (Baron, Lefebvre in Leroy, 1997).

V raziskavi koncentracij svinca v pitni vodi v mestu Ronne na Danskem pa so ugotovili, da je samo en vzorec od 31 vseboval koncentracijo svinca nad 10 µg/l, v ceveh pa je voda iz tega vzorca pred vzorčenjem stala 9 ur. Vzorčili so vodo v zasebnih hišah in javnih institucijah, voda je v ceveh stala najmanj 8 in največ 24 ur (Fontenay in Anderson, 2008).

Na Škotskem so se za izgradnjo vodovodnega omrežja svinčene cevi uporabljale do 60. let prejšnjega stoletja. Leta 1974 so v mestu Glasgow ugotovili, da kar 84 % vzorcev pitne vode vsebuje več kot 50 µg/l svinca, saj naj bi bila voda visoko korozivna. Leta 1981 so z novo raziskavo ugotovili, da je v 50 % gospodinjstev koncentracija svinca še vedno višja od mejne vrednosti 10 µg/l, 13 % pa še vedno presega vrednost 50 µg/l. Zaradi spremembe priprave vode se je koncentracija svinca do leta 1989 znižala in 50 µg Pb/l je nato presegalo le še 7 % vzorcev. Ponovitev vzorčenja v letu 1993

je pokazala, da ima 90 % gospodinjstev nivo svınca v pitni vodi pod 10 $\mu\text{g/l}$, manj kot 1 % pa ima koncentracije svınca nad 50 $\mu\text{g/l}$. Približno 13 % otrok je preko hrane, pripravljene z neustrezno pitno vodo, še vedno izpostavljenih nevarnim vplivom svınca (Watt et al., 1996).

Veliko začudenje in skrb je povzročila analiza pitne vode v Washingtonu, kjer so leta 2004 ugotovili, da v 2/3 stanovanj, kjer so odvzeli vzorce pitne vode, svinec v vodi presega mejno vrednost, ki jo je določila EPA (15 $\mu\text{g/l}$). Od teh je 56 % takih, kjer je svinec presegel mejo 50 $\mu\text{g/l}$; 4 % pa takih, kjer je svinec presegel koncentracijo 300 $\mu\text{g/l}$. Ugotovili so tudi, da je v javnem omrežju Washingtona približno 18 % svinčenih cevi. Sprejeli so akcijski plan, po katerem bodo vsako leto v Washingtonu zamenjali 7 % svinčenih cevi (Nakamura, 2004).

Raziskovalci pitne vode v šolah in vrtcih po svetu navajajo zaskrbljujoče zaključke. Raziskava 97 šol v Seattlu dokazuje, da je imelo kar 22 % vzorcev vode (brez predhodnega točenja 8 do 18 ur) koncentracijo svınca nad 20 $\mu\text{g/l}$. Poleg tega je v 81 % šol vsaj en vzorec presegal omenjeno vrednost. V omenjenih šolah so odvzeli tudi drugi vzorec, s predhodnim točenjem vode 30 sekund, in ugotovili, da je še vedno 3 % vzorcev presegalo vrednost 20 μg svınca na liter vode; v 43 % pa je vsaj en vzorec presegal vrednost svınca v pitni vodi 20 $\mu\text{g/l}$ (Karr, Sathyanarayana in Beaudet, 2004).

Raziskava o koncentracijah svınca v pitni vodi je potekala tudi v šolah Washingtona. Zbrali so skoraj 8.000 vzorcev iz 455 šol in javnost seznanili s slabimi rezultati. V kar 559 (7,2 %) vzorcih vode je vrednost svınca presegala 20 $\mu\text{g/l}$ in kar 144 (31,6 %) šol je imelo vsaj en neustrezen vzorec (Washington State Department of Health, 2005). Zaradi velike zaskrbljenosti ob povišanih vrednostih svınca v pitni vodi so se za podobno raziskavo odločili tudi v ameriški državi Arizona, kjer so vzorčili pitno vodo 45 šol; odvzeli so 191 vzorcev. Ugotovili so, da sta imeli povišano vrednost svınca v vodi le dve (4 %) šoli (nad 10 $\mu\text{g/l}$). V poročilu so zaključili, da svinec v pitni vodi ne predstavlja resne grožnje za zdravje njihovih dijakov (Arizona Department of Health Services, 2005).

V Sloveniji je bila prva raziskava svınca v pitni vodi vrtcev in šol narejena leta 2001, kjer so odvzeli vzorce, brez predhodnega točenja vode, v dveh fazah. V prvi fazi so odvzeli 22 vzorcev iz 19 starejših objektov v regiji Ljubljana (vzorci so bili odvzeti na mestu, kjer se voda čim manj toči, brez predhodnega točenja vode), v drugi fazi pa 50 vzorcev iz 50 naključnih vrtcev v mestu Ljubljana (vzorci so bili odvzeti na najpogosteje uporabljeni pipi v kuhinji, voda pred odvzemom ni smela teči najmanj 8 ur). Ugotovili so, da so v prvi fazi 4 vzorci vode vsebovali vrednosti svınca nad 10 $\mu\text{g/l}$, v drugi fazi je le en vzorec presegal vrednosti svınca, vseboval je 14 μg Pb/l vode (Mehikić, 2001).

Podobna raziskava je bila izvedena s strani IVZ in območnih Zavodov za zdravstveno varstvo, kjer so v letih 2001 in 2002 zbirali podatke o svincu v hišnem vodovodnem omrežju vrtcev in šol ter bolnišnic, ki se nahajajo v starih mestnih jedrih po Sloveniji. Odvzemali so vzorce pitne vode, brez predhodnega točenja vode minimalno 8 ur, vendar ne več kot 24 ur. Ugotovili so, da je bilo v letu 2001 v 7 vzorcih (od skupaj 46 odvzetih) presežena dopustna koncentracija svinca 10 µg/l, in sicer v 3 šolah, enem vrtcu in v eni bolnici. V letu 2002 je bila dopustna koncentracija svinca presežena v enem vzorcu v vrtcu (od skupaj 39 odvzetih). Vsi vzorci s preseženo koncentracijo svinca so bili odvzeti v kuhinjah (IVZ, 2003).

1.6.3 Migracije svinca iz materialov za izgradnjo hišnega vodovodnega omrežja

Podatkov o prisotnosti svinčenih cevi v Evropi ni veliko. Ocenimo lahko, da je v Evropi še vedno 25 % zgradb, ki imajo v svojem vodovodnem omrežju vgrajene svinčene cevi, od teh pa ima okoli 65 % koncentracije svinca v pitni vodi nad 10 µg/l. Okvirno lahko ocenimo, da je v Evropi kar 120 milijonov ljudi potencialno izpostavljenih svincu v pitni vodi (Hayes in Skubala, 2009). V Angliji je stanje še bolj zaskrbljujoče; cevi iz svinca so bile v uporabi do zgodnjih 80. let prejšnjega stoletja, okoli 40 % zgradb pa ima v omrežju še vedno vgrajene svinčene cevi. Stroški za odstranitev vseh svinčenih cevi iz omrežja bi znašali več kot 10 milijard angleških funtov (Hayes in Hydes, 2012).

S področja migracij svinca iz materialov za izgradnjo hišnega vodovodnega omrežja ni veliko opravljenih raziskav. V letu 1997 so razvili matematični model za oceno migracij svinca iz cementnih cevi v pitno vodo, saj je cement material, ki pogosto vsebuje različne anorganske spojine, med njimi tudi svinec, ki lahko migrira v okolje. Ker so se za izgradnjo hišnega vodovodnega omrežja v preteklosti uporabljale tudi cementne cevi, so na podlagi rezultatov modela ugotovili, da bi se koncentracija svinca v pitni vodi povečala nad 15 µg/l, če bi bil delež svinca v cementni cevi višji od 70 µg/kg (Guo, 1997).

Pomembni so tudi zaključki raziskav migracij svinca iz PVC cevi (Wood, 2003; Al-Malack, 2001; Hoekstra et al., 2009). Kakovost proizvodov iz polimerov se lahko očitno poslabša, če so vsakodnevno izpostavljeni svetlobi, vročini in pritisku, dodatna težava pa je klorovodikova kislina, ki se formira pri razpadanju PVC-ja in je zelo korozivna. Da bi izboljšali kakovost, so PVC začeli dodajati stabilizatorje, kot so svinčeve soli, ki s kislino reagirajo, poleg tega pa PVC ščitijo pred prehitrim propadom zaradi zunanjih dejavnikov. Leta 1998 smo v Evropi porabili 112.000 ton svinčevih stabilizatorjev, pri tem pa smo za izdelavo potrošili 51.000 ton svinca (European Commission, 2010). Stabilizator se ne poveže popolnoma z organskimi polimeri, zato začne migrirati iz PVC-ja, ko je ta izpostavljen različnim zunanjim pritiskom. Raziskave so pokazale, da na migriranje svinca iz PVC cevi lahko vpliva pH in temperatura vode, koncentracija raztopljenih trdnih snovi v vodi

in čas zadrževanja vode v ceveh. Migracije svınca zelo pospeši UV-sevanje – koncentracija svınca po 14-dnevni izpostavljenosti UV-žarkom je bila 800 µg/l. Proizvajalci bi morali izpopolniti metode za stabilizacijo PVC-ja, da bi izboljšali odpornost na UV-svetlobo med procesom, shranjevanjem in uporabo cevi (Al-Malack, 2001). Precejšen učinek pri pospešitvi migracij svınca iz PVC cevi ima tudi količina CO₂ v vodi. Kljub temu pa velja, da nižje količine CO₂ povzročijo formiranje težko topnih svinčevih karbonatov na površju cevi, ki zavirajo migracije svınca v vodo (Sheftel, 2000)

Sama PVC cev lahko vsebuje med 0,5 do 2,5 % svınca (Thornton, Rautiu in Brush, 2001). V primeru, ko je v PVC cevi več kot 2,5 % svinčene stabilizatorja, je količina migriranega svınca v vodi sorazmerna s količino svınca v sestavi cevi. Ta svinec migrira le iz zgornjih plasti cevi, večina pa se ga izplakne v 2–3 dneh uporabe, kasneje se ta proces upočasni (Sheftel, 2000).

Cilj raziskave, ki so jo izvedli v Egiptu, je bil ugotoviti vpliv starosti omrežja, vrste materialov, lastnosti pitne vode (pH, kislost, klor) in stanja vode v ceveh na migracije svınca iz različnih materialov (PVC, polipropilen in pocinkane cevi), ki jih uporabljajo v Egiptu za izgradnjo vodovodnega omrežja. Ugotovili so, da je migriranje svınca odvisno od zadrževanja vode v ceveh (stagnacijski čas) in starosti cevi; migriranje svınca je bilo največje pri ceveh iz PVC-ja, najmanjše pa iz cevi iz polipropilena; nižji pH vode je pospešil migracije svınca; visoka bazičnost in višji pH sta zmanjšala migracije svınca pri starejših ceveh; migracija svınca iz vodovodnih cevi narašča z naraščanjem masnega razmerja kloridov in sulfatov v vodi; naravne organske snovi najprej povečajo migriranje svınca v vseh pipah, s časom pa se ta proces umiri (Lasheen et al., 2008).

Svinec lahko migrira tudi iz medenine, iz katere so narejene pipe za vodo, katerim se svinec dodaja za izboljšanje obdelovalnosti. Raziskava je ugotovila, da ni potrebe po zamenjavi pip iz medenine, saj je migracija svınca nizka in koncentracija v pitni vodi ne doseže zakonodajno predpisanih mejnih vrednosti za svinec v pitni vodi (Vilarinho et al., 2004). Raziskava izvedena leta 1989 je pokazala, da svinec sicer lahko migrira iz lite medenine in bi koncentracija svınca v vodi lahko presegla 10 µg/l, vendar se 95 % vsega svınca v vodi izpere že v prvih 200 do 250 ml vode (Gardels in Sorg, 1989, cit. po Islam, 2010).

2 NAMEN, CILJI IN HIPOTEZE

Z namenom prispevati izhodišča za oblikovanje na dokazih temelječih ukrepov za zmanjševanje vsebnosti svınca v pitni vodi in s tem njegovega vpliva na zdravje ljudi v Sloveniji, sem si zadala naslednje cilje:

1. Cilji I. faze: V izbranih javnih vodovodnih omrežjih oceniti starost omrežja, vgrajene materiale v omrežju, morebitne adaptacije in vzdrževalna dela, da bi ugotovila dinamiko migriranja svınca iz omrežja v pitno vodo.
2. Cilji II. faze: V izbranih vrtcih in šolah oceniti starost ustanove, vgrajene materiale v omrežju, morebitne adaptacije in vzdrževalna dela ter način izpiranja omrežja, da bi ugotovila dinamiko migriranja svınca iz hišnega vodovodnega omrežja v pitno vodo.
3. Cilji III. faze: Določiti koncentracije svınca v pitni vodi izbranih vrtcev in osnovnih šol po Sloveniji.
4. Cilj IV. faze: Oceniti vpliv različnih vrst cevi in drugih materialov, ki se še danes vgrajujejo v hišna vodovodna omrežja, na vrednosti svınca v pitni vodi.
5. Cilj V. faze: Oceniti indirektno izpostavljenost svincu pri šestletnih otrocih in ugotoviti, ali vrednosti presegajo dopustne tedenske vnose svınca v telo. Ugotoviti, kakšen vir izpostavljenosti predstavlja svinec v pitni vodi.

Na podlagi ciljev, sem vsakemu izmed njih postavila hipotezo.

1. Javna vodovodna omrežja po Sloveniji imajo vgrajene svinčene cevi in svinčene dele omrežja, predvsem tam, kjer je omrežje staro.
2. Hišna vodovodna omrežja po vrtcih in osnovnih šolah po Sloveniji imajo vgrajene svinčene cevi in druge svinčene dele omrežja, predvsem tam, kjer je ustanova stara.
3. Koncentracije svınca v pitni vodi izbranih vrtcev in šol po Sloveniji presegajo mejne vrednosti svınca v pitni vodi in so odvisne od starosti ustanove ter lastnosti pitne vode.
4. Svinec, poleg migriranja iz svinčenih cevi in svinčenih delov omrežja, lahko migrira tudi iz novejših materialov za izgradnjo vodovodnega omrežja.
5. Pitna voda predstavlja pomemben vir izpostavljenosti svincu pri otrocih, ker svinec prehaja iz svinčenih cevi ali iz drugih svinčenih delov vodovodnega omrežja.

3 MATERIALI IN METODE DE LA

3.1 Vrsta raziskave

Pri I. in II. fazi sem izvedla presečno študijo, kjer sem z vprašalnikom ugotavljala stanje javnih in hišnih vodovodnih omrežij. Pri III. in IV. fazi sem uporabila eksperimentalno metodo laboratorijskega določanja koncentracij svincu v pitni vodi, pri V. fazi sem izvedla ekološko študijo, kjer sem z okoljskim modelom ugotavljala izpostavljenost populacije šestletnih otrok svincu.

3.2 Metode po fazah

3.2.1 Faza I: Ocena stanja javnih vodovodnih omrežij v Sloveniji

3.2.1.1 Vrsta raziskave

Za oceno stanja javnih vodovodnih omrežij v Sloveniji je bila izvedena presečna študija.

3.2.1.2 Enota opazovanja

Enota opazovanja je bilo javno vodovodno omrežje. Javno vodovodno omrežje, vodovod, je sistem elementov vodovoda, kot so cevovodi, črpališča, vodohrani, naprave za pripravo pitne vode in druga pripadajoča oprema, ki pretežni del rednega obratovanja deluje kot samostojen sistem, hidravlično ločen od drugih vodovodov in ima enega upravljavca.

3.2.1.3 Obdobje opazovanja

Anketiranje upravljavcev je potekalo v avgustu in septembru 2009.

3.2.1.4 Opazovano območje

V vzorec je bilo izbranih 297 večjih javnih vodovodnih omrežij na območju Slovenije, ki skupaj oskrbujejo 94 % prebivalcev Slovenije, preostalih 641 manjših javnih omrežij oskrbuje le 6 % prebivalcev.

3.2.1.5 Pridobivanje podatkov

Podatki so bili pridobljeni iz registra sistemov za oskrbo s pitno vodo za leto 2006 (IVZ, 2007). Anketni vprašalnik je bil poslan upravljavcem 297 javnih vodovodnih omrežij, odgovore smo prejeli za 253 omrežij.

3.2.1.6 Priprava podatkov

Pri ugotavljanju dinamike migriranja svınca iz materialov v omrežju, je pomembna starost vodovodnega omrežja, morebitne adaptacije in druge informacije o materialih, ki so jih uporabili pri gradnji javnega vodovodnega omrežja. Za pridobitev podatkov sem pripravila vprašalnik za upravljavce (Priloga A), ki sem ga priredila po tehničnih usmeritvah, ki jih predlaga US EPA, ki govorijo o načinu pridobivanja podatkov o vrsti cevovodov in pip ter o morebitnih vzdrževalnih delih ter adaptacijah v izobraževalnih ustanovah (US EPA, 2005b).

Vprašalnik je vseboval vprašanje o nazivu upravljavca in imenu javnega vodovodnega omrežja, sledilo je vprašanje o tem, kdaj je bilo posamezno javno omrežje zgrajeno in kdaj so se na omrežju zadnjič izvajala vzdrževalna dela. Nato so sledila 4 odprta vprašanja o materialih vodovodnega omrežja, kjer sem odgovore kodirala na način, opredeljen v Preglednici 3.1.. Nadalje sem postavila 4 vprašanja izbirnega tipa, zadnje vprašanje je bilo odprto.

Preglednica 3.1: Kode odgovorov na odprta vprašanja

Table 3.1: Codes of answers to open questions

Iz katerih materialov so cevi in drugi deli, ki so vgrajeni v javnem vodovodnem omrežju?	1 – plastika, 2 – litoželezo, 3 – cinkano, 4 – cement, 5 – jeklo, 6 – svinec, 7 – nodularna litina	
Iz katerega materiala so cevi, ki jih trenutno vgrajujete javna vodovodna omrežja?	1 – plastika, 2 – litoželezo, 3 – cinkano, 4 – jeklo, 5 – nodularna litina	
Iz katerega materiala so spoji med cevmi, ki jih trenutno vgrajujete v javna vodovodna omrežja?	1 – plastika, 2 – litoželezo, 3 – cinkano, 4 – jeklo, 5 – nodularna litina	
Iz katerega materiala so zaporne armature in ...	1 – plastika, 2 – litoželezo, 3 – cinkano, 4 – jeklo, 5 – nodularna litina, 6 – medenina	
... ali imajo le te zaščito proti koroziji, če je to potrebno?	1 – da, 2 – ne	
Ali so se v preteklosti v to omrežje vgrajevale svinčene cevi in drugi svinčeni deli (npr. svinčeni spoji)?	1 – da, 2 – ne	
Če DA:	Ali lahko potrdite, da so v omrežju še vedno vgrajeni kakršnikoli svinčeni deli?	1 – da, 2 – ne
	Ali si v vašem podjetju prizadevate k čim hitrejši zamenjavi svinčenih delov omrežja?	1 – da, 2 – ni Pb delov, 3 – po potrebi
	V kolikšnem času predvidevate, da bodo svinčeni deli odstranjeni iz javnega omrežja?	1 – v 5 letih, 2 – 5 do 10 let, 3 – 10 do 20 let, 4 – drugo, 5 – ni Pb delov

Da bi ocenila morebiten prispevek javnega vodovodnega omrežja k povečanju koncentracij svınca v pitni vodi, sem po ugotovljenih koncentracijah svınca v pitni vodi hišnih vodovodnih omrežij vrtcev in šol, ponovno poklicala tiste upravljavce, ki upravljajo oskrbovalna območja, kjer se nahajajo ustanove, v katerih so bile ugotovljene koncentracije svınca nad 10 µg/l. Poslala sem jim vprašalnik

glede pojavljanja povečanih koncentracij svınca v javnem vodovodnem omrežju, o vrsti vgrajenih materialov na oskrbovalnem območju in glede metod za odvzem vzorca pitne vode, ki ga uporabljajo za preskušanje na kovine. Vprašalnik je zajemal 4 vprašanja odprtega tipa (Priloga B), vprašalnik je bil poslan na 10 naslovov, pridobili smo 9 odgovorov.

3.2.1.7 Analiza podatkov in prikaz rezultatov

Po prejetju anket s strani upravljavcev, je bila izvedena analiza podatkov z ustreznimi programskimi orodji. Uporabljen je bil programski paket IBM SPSS Statistics 21 (IBM Corp., 2012), s pomočjo katerega je bila izvedena statistična analiza podatkov ter program Excel (Microsoft Office Excel 2010), ki je bil uporabljen za grafični prikaz podatkov.

Z opisno statistiko sem prikazala podatke o starosti, stanju in vzdrževanju javnega vodovodnega omrežja in o materialih, ki so se v preteklosti in v novejšem času vgrajevali v omrežja.

3.2.2 Faza II: Ocena stanja hišnih vodovodnih omrežij v izbranih vrtcih in osnovnih šolah

3.2.2.1 Vrsta raziskave

Za oceno stanja hišnih vodovodnih omrežij v izbranih vrtcih in osnovnih šolah je bila izvedena presečna študija.

3.2.2.2 Enote opazovanja

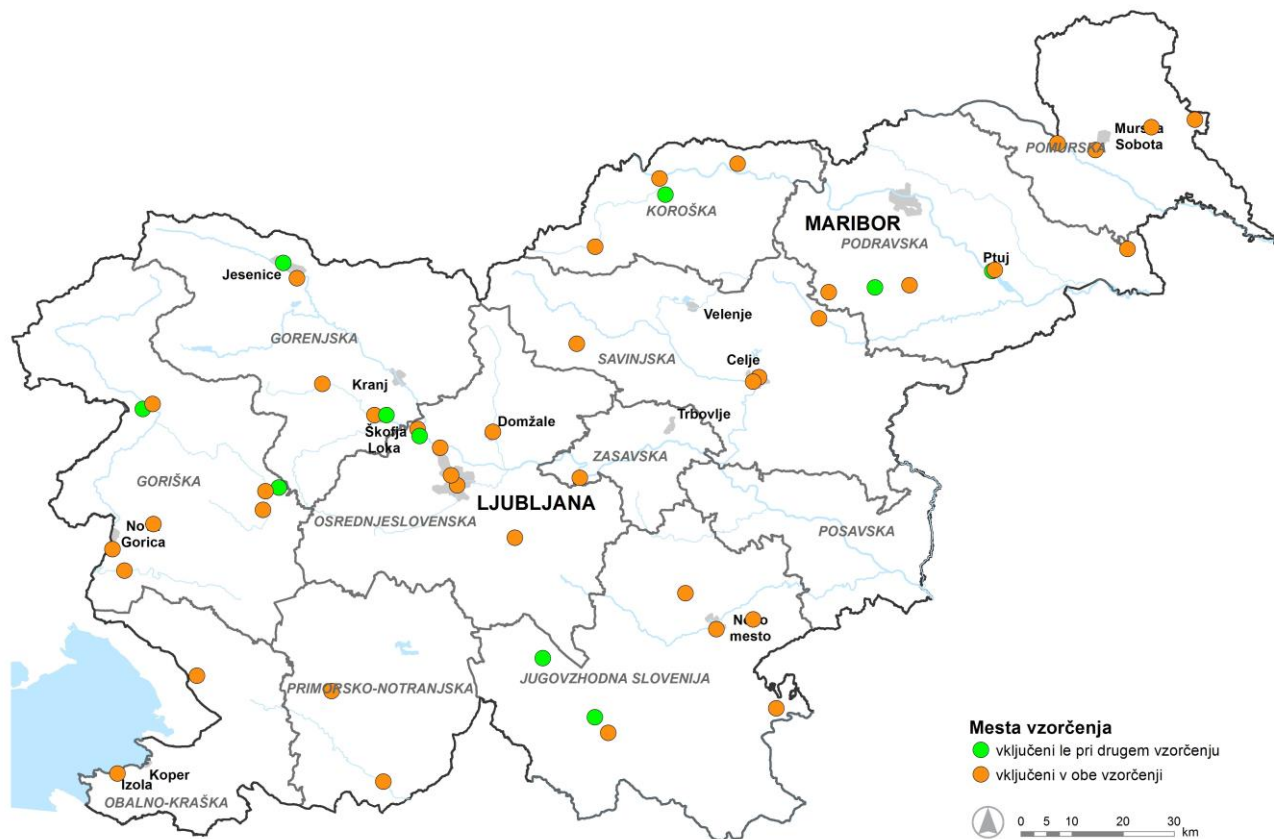
Enota opazovanja je bilo hišno vodovodno omrežje izbranih vrtcev in osnovnih šol po Sloveniji. Hišno vodovodno omrežje zajema cevovod, opremo in naprave, ki so vgrajene med priključkom na javno vodovodno omrežje in mestom uporabe pitne vode (pipe).

3.2.2.3 Obdobje opazovanja

Anketiranje ravnateljev izbranih vrtcev in osnovnih šol je potekalo v avgustu in septembru 2009.

3.2.2.4 Opazovano območje

Hišno vodovodno omrežje izbranih vrtcev in osnovnih šol po Sloveniji. V raziskavi je sodelovalo 38 vrtcev in 12 osnovnih šol, od skupno 244 vrtcev in šol, kjer se vzorči pitna voda za občasna preskušanja za potrebe monitoringa pitne vode (Slika 3.1).



Slika 3.1: Sodelujoče ustanove – geografska razporeditev

Figure 3.1: Participating institutions – geographical distribution

3.2.2.5 Pridobivanje podatkov

Podatki so bili pridobljeni v aktualnem seznamu vseh mest vzorčenja za monitoring pitne vode za leto 2006 (IVZ, 2007). Vključitveni kriteriji za izbiro vrtca oziroma šole je bil, da tam že poteka vzorčenje pitne vode za občasna preskušanja za potrebe državnega monitoringa ter dejstvo, da ustanova ni bila grajena po letu 1980, saj so se takrat že uporabljali novejši materiali za izgradnjo vodovodnega omrežja in je možnosti, da bi našli svinec v pitni vodi manj. Prednost pred šolo so imeli vrtci zaradi mlajših otrok.

Za anketiranje pred prvim vzorčenjem sem izbrala 39 vrtcev in osnovnih šol, pri drugem delu pa se je tem pridružilo še 11 ustanov. Dodani so bili tisti vrtci in šole, kjer so ravnatelji iz prvega vzorčenja pokazali interes in zaprosili za vzorčenje njihovih enot, podružnic. Odgovore smo prejeli od vseh anketirancev.

3.2.2.6 Priprava podatkov

Pri ugotavljanju dinamike migriranja svinca iz materialov v omrežju, je pomembna starost ustanove, morebitne adaptacije in druge informacije o materialih, ki so jih uporabili pri gradnji hišnega vodovodnega omrežja. Za pridobitev podatkov sem pripravila vprašalnik (Priloga C) za ravnatelje izbranih vrtcev in šol. Najprej sem prevedla vprašalnik o tehničnih usmeritvah, ki jih predlaga US EPA (2005b), ki govorijo o načinu pridobivanja podatkov o vrsti cevovodov in pip ter o morebitnih vzdrževalnih delih ter adaptacijah v izobraževalnih ustanovah, nato sem ga priredila za potrebe te raziskave in glede na značilnosti naših hišnih vodovodnih omrežij.

Vprašalnik je vseboval najprej vprašanje o nazivu vrtca oziroma osnovne šola, kjer se je vzorčilo pitno vodo, sledilo je vprašanje o tem, kdaj je bila posamezna ustanova zgrajena in kdaj so se v njej zadnjič izvajala vzdrževalna dela. Nato sta sledili dve odprti vprašanji, kjer sem odgovore kodirala na način, opredeljen v Preglednici 3.2., preostala vprašanja so bila izbirna (da/ne).

Preglednica 3.2: Kode odgovorov na odprta vprašanja

Table 3.2: Codes of answers to open questions

Ali veste iz katerih materialov so cevi in spoji med cevmi, ki so vgrajeni v vodovodno omrežje v vaši ustanovi? Če da, jih naštejte.	1 – plastika, 2 – litoželezo, 3 – cinkano, 4 – svinec, 5 – drugo, 6 – ne vem
Ali veste, iz katerih materialov so armature (pipe) za pitno vodo, ki so vgrajene na umivalnikih v vaši ustanovi? Če da, jih naštejte.	1 – medenina, 2 – ne vem
Ali veste, če so se v preteklosti v to omrežje vgrajevale svinčene cevi in drugi svinčeni deli (npr. svinčeni spoji)?	1 – da, 2 – ne
Ali imate obstoječ načrt vodovodnega omrežja za vašo ustanovo?	1 – da, 2 – ne
Ali v prihodnosti načrtujete kakršne koli obnove vodovodnega omrežja v vaši ustanovi?	1 – da, 2 – ne
Se je kdo v vaši ustanovi že pritožil nad slabim vonjem, okusom, obarvanostjo (rja) pitne vode? a) vonj b) okus c) obarvanost	1 – da, 2 – ne 1 – da, 2 – ne 1 – da, 2 – ne
V času počitnic in praznikov je poraba pitne vode v oddelkih / razredih zmanjšana ali prekinjena. Ali po tem obdobju poskrbite za intenzivno izpiranje vodovodnega omrežja, ki se opravi s povečanim pretokom vode iz omrežja?	1 – da, 2 – ne

3.2.2.7 Analiza podatkov in prikaz rezultatov

Po prejetju anket je bila izvedena analiza podatkov z ustreznimi programskimi orodji. Uporabljen je bil programski paket IBM SPSS Statistics 21 (IBM Corp., 2012), s pomočjo katerega je bila izvedena statistična analiza podatkov ter program Excel (Microsoft Office Excel 2010), ki je bil uporabljen za grafični prikaz podatkov.

Z opisno statistiko sem prikazala podatke o starosti ustanove, stanju in vzdrževanju hišnega vodovodnega omrežja in o materialih, ki so se v preteklosti in v novejšem času vgrajevali v omrežja.

3.2.3 Faza III: Vzorčenje in določanje koncentracij svinca v pitni vodi izbranih vrtcev in osnovnih šol

3.2.3.1 Vrsta raziskave

Za določanje koncentracij svinca v pitni vodi je bil izveden eksperiment.

3.2.3.2 Enote opazovanja

Vzorec pitne vode, odvzet v izbranih vrtcih in osnovnih šolah po Sloveniji.

3.2.3.3 Obdobje opazovanja

Prvo vzorčenje pitne vode je potekalo v novembru in decembru 2009 ter januarju 2010, drugo vzorčenje je bilo načrtovano avgusta 2010, vendar je bilo prestavljeno na oktober in november 2010.

3.2.3.4 Pridobivanje podatkov

Pri prvem vzorčenju je sodelovalo 39 vrtcev in šol, pri drugem so sodelovale ustanove iz prvega vzorčenja in dodatno še 11 ustanov. Dodani so bili tisti vrtci in šole, kjer so ravnatelji iz prvega vzorčenja pokazali interes in zaprosili za vzorčenje njihovih enot, podružnic.

Po prejemu izpolnjenih anket sem pisno obvestila vrtce in šole, da bi v njihovi ustanovi izmerili koncentracije svinca v pitni vodi (Priloga D). Opravljen je bil tudi telefonski razgovor z odgovornimi osebami, ki so potrdile sodelovanje. Še isti dan so bila poslana navodila za izbiro mesta vzorčenja (Priloga E), ki so bila poslana odgovornim osebam, ki so bile po svoji izobrazbi najpogosteje organizatorji prehrane in zdravstveno higienskega režima. Natančen datum vzorčenja je bil dogovorjen telefonsko in pisno potrjen.

Po obisku vzorčevalca in po preskušanju vzorcev na svinec, sem odgovorne osebe po e-pošti obvestila o rezultatih vzorčenja in jim po potrebi, glede na višino izmerjene koncentracije svinca v vodi, poslala priporočila za znižanje koncentracij svinca v hišnem vodovodnem omrežju (Priloga F). Tiste organizacije, ki so imele ugotovljene zelo visoke koncentracije svinca v pitni vodi (nad 25 µg/l), pa so bile obveščene tudi telefonsko.

Pri ponovitvi vzorčenja sem na seznam dodala 11 novih mest vzorčenja. To so bile ustanove, ki so jih predlagali ravnatelji tistih vrtcev in šol, ki so v raziskavi že sodelovali. Dodala sem tiste ustanove, kjer so ravnatelji predvidevali, da bi v pitno vodo lahko migriral svinec iz omrežja. Tako kot pri prvem vzorčenju, sem odgovornim osebam spet poslala obvestila o začetku vzorčenja (Priloga G), obvestila

o rezultatih vzorčenja pa so bila poslana v začetku novembra 2010 (Priloga H). V primeru višjih koncentracij so bile odgovorne osebe obveščene tudi po telefonu.

3.2.3.5 Priprava na vzorčenje in izvedba vzorčenja pitne vode

Steklenice so bile v laboratoriju pred vzorčenjem oprane z 2 M HCl, nato še z 10 % HNO₃, sprane so bile z RX demineralizirano vodo, nato pa še z deionizirano vodo z električno prevodnostjo pod 50 µS/cm (v nadaljevanju Mili-Q voda) in na koncu posušene v sušilniku pri 105 °C. Uporabljene so bile litrske steklenice, na katerih je bila označena količina 250 ml.

Odvzemno mesto (pipa) je bilo praviloma najpogosteje uporabljena pipa v kuhinji ali v razdelilni kuhinji (oziroma pipa iz katere otroci pijejo vodo), iz katere se voda ni točila vsaj 8 ur in ne več kot 18 ur. Vzorčenje je potekalo zjutraj, ko se voda iz pipe še ni točila. Vzorčenja se ni izvajalo ob ponedeljkih, saj čez vikend voda predolgo časa stoji v ceveh (več kot 18 ur), zato vzorec ne bi bil reprezentativen.

V tej raziskavi je bil uporabljen način zajema vzorca, kot ga predlaga US EPA (2005b). Vzorčevalec je bil posebej usposobljen za odvzem vzorca in se je pri odvzemu moral natančno držati navodil vzorčenja (Priloga I, Priloga J). Na terenu je z mrzlo vodo najprej napolnil pripravljeno steklenico z 250 ml vode, brez predhodnega točenja. Nato je opravil terenske meritve – izmeril je prosti klor, temperaturo, pH in redoks potencial.

Odvzemu vzorca brez predhodnega točenja vode je sledil odvzem drugega vzorca, s predhodnim točenjem mrzle vode vsaj 30 sekund do 5 minut, do stabilizacije temperature (Skipton et al., 2006; Schardt, 2005; Arizona Department of Environmental Quality, 2004). Steklenico za kontrolni vzorec je napolnil z 250 ml vode. Pred transportom je vzorčevalec vzorce nedvoumno označil z identifikacijsko številko in nakisal s koncentrirano kislino HNO₃ do pH<1 (2,5 ml/250 ml vzorca). Med transportom je poskrbel, da se vzorci niso onesnažili, polili in izgubili. Vzorce je v roku 12 ur predal laboratoriju.

3.2.3.6 Laboratorijska analiza vzorcev pitne vode

Vzorce je analiziral laboratorij takratnega IVZ, ki je bil za preskušanje svinca akreditiran po SIST ISO/IEC 17025 za preskusne laboratorije. Za določitev koncentracij svinca v vodi je bila uporabljena akreditirana metoda po SIST EN ISO 17294-2:2005, ki temelji na tehniki induktivno sklopljene plazme/masne spektrometrije (v nadaljevanju ICP-MS).

Merjenje koncentracije prostega klora v vodi je bilo opravljeno s klorimetrom HACH Pocket Colorimeter, Chlorine. Redoks potencial je bil izmerjen s terenskim inštrumentom MultiLine P4, proizvajalca WTW, s kombinirano elektrodo SenTix ORP, za merjenje pH vrednosti na terenu je bil

uporabljen isti inštrument, s kombinirano elektrodo SenTix 41-3 s temperaturno sondo, za merjenje električne prevodnosti je bila uporabljena kombinirana elektroda TetraCon 325.

V laboratoriju so določili tudi mejo zaznavnosti in mejo določljivosti za svinec v pitni vodi. Meja zaznavnosti oziroma meja detekcije (LOD - limit of detection) je spodnja meja koncentracije analizirane komponente, ki se lahko določi v vzorcu in, ki je lahko izmerjena s primerno statistično zanesljivostjo, vendar je ni mogoče kvantitativno ovrednotiti. Meja zaznavnosti za svinec v pitni vodi je $< 1 \mu\text{g/l}$. Meja določljivosti oziroma meja kvantifikacije (LOQ – limit of quantification) je najnižja koncentracija merjene komponente, katero je še kvantitativno določljiva z zadovoljivo stopnjo točnosti in natančnosti. Meja določljivosti je običajno najnižja točka umeritvene krivulje, oziroma najnižja koncentracije standardne raztopine, ki je še izmerljiva. Meja določljivosti za svinec v pitni vodi je $< 2 \mu\text{g/l}$. Pri rezultatih svinca pod mejo določljivosti, sem pri izračunu upoštevala polovično vrednost meje določljivosti.

3.2.3.7 Analiza podatkov in prikaz rezultatov

Za statistične analize je bil v tej fazi uporabljen programski paket IBM SPSS Statistics 21 (IBM Corp., 2012), s pomočjo katerega je bila izvedena statistična analiza podatkov in program Excel (Microsoft Office Excel 2010), ki je bil uporabljen za grafični prikaz podatkov.

Z opisno statistiko (aritmetična sredina, mediana, najmanjše in največje vrednosti) sem prikazala podatke o koncentracijah svinca v vzorcih pitne vode ter o stanju vode v ceveh, koncentraciji prostega klora, električni prevodnosti, temperaturi, pH in redoks potencialu.

Ker je pri prvem in drugem vzorčenju prišlo do večje razlike v povprečnih koncentracijah svinca, sem primerjala povprečne koncentracije svinca v pitni vodi le iz tistih ustanov, kjer se je voda vzorčila v obeh vzorčenjih. Iz analize sem začasno izločila 11 ustanov, ki so se pridružili pri drugem vzorčenju in izvedla statistiko t-test za dva odvisna vzorca.

V nadaljevanju sem analizirala le podatke iz drugega vzorčenja, kjer se je vrtcem in šolam in prvega vzorčenja pridružilo 11 novih ustanov. Preverila sem domneve o povezanosti posameznih spremenljivk, in sicer sem združevala podatke v različne skupine, glede na odgovor na vprašanje v anketi »Ali veste iz katerih materialov so cevi in spoji med cevmi, ki so vgrajeni v vodovodno omrežje v vaši ustanovi? Če da, jih naštejte.«. Izračunala sem povprečne vrednosti in mediane koncentracij svinca v vodi v primerjavi s spremenljivko »materiali cevi«.

Proučila sem tudi povezanost opazovanega pojava (koncentracija svinca v vodi) z morebitnimi pojasnjevalnimi pojavi (koncentracija klora, električna prevodnost, temperatura vode, pH vode,

redoks potencial, stanje vode v ceveh, starost ustanove). V namen analize sem uporabila multiplo linearno regresijo, kljub temu, da porazdelitev spremenljivke ni bila normalna.

Za proučevanje povezanosti koncentracij svınca v pitni vodi iz izbranih vrtcev in osnovnih šol z izbranimi značilnostmi vode in značilnostmi hišnega vodovodnega omrežja, je bila uporabljena direktna metoda določanja regresijskega modela, ki proučuje odvisnost odvisne spremenljivke od hkratnega vpliva vseh 7 izbranih neodvisnih spremenljivk, kot rezultat pa se dobi ocenjena regresijska funkcija, ki ima vključene vse neodvisne spremenljivke, ne glede na to, da so lahko nekateri ocenjeni regresijski količniki statistično neznačilni.

Kljub temu, da je bilo ugotovljeno, da je F test za model kot celoto, neznačilen, kar pomeni, da odvisnosti med koncentracijami svınca in ostalimi neodvisnimi spremenljivkami ne morem potrditi, sem naredila t-teste za ugotavljanje značilnosti vplivov posameznih neodvisnih spremenljivk.

Pri analizi koncentracij svınca z multiplo regresijo sta bili zaradi multikolinearnosti iz analize testno izločeni spremenljivki »pH« in »redoks potencial«. Z linearno regresijo sem preverila tudi vpliv obeh spremenljivk na odvisno spremenljivko »koncentracija svınca v vodi«.

Podatkovna baza s podatki o koncentracijah svınca v pitni vodi je bila analizirana s programom WEKA 3.6, paket M5P (Hall et al., 2009). S pomočjo mehanizmov strojnega učenja so bila zgrajena odločitvena drevesa, ki se uporabljajo za reševanje problemov klasifikacije in napovedovanja. Odločitvena drevesa so sestavljena iz notranjih vozlišč, ki predstavljajo attribute (v mojem primeru so to parametri, ki sem jih merila v pitni vodi: starost ustanove, koncentracija klora, električna prevodnost, temperatura, pH, redoks potencial, stanje vode v ceveh); vej, ki predstavljajo vrednosti atributov (v mojem primeru izmerjena vrednost izbranega parametra v pitni vodi); ter listov, ki predstavljajo razrede (v mojem primeru je to razred, kamor spada določena ustanova glede na podano vrednost atributa). Pri modelnem drevesu, kjer so spremenljivke numeričnega tipa, vsak list predstavlja linearno regresijsko enačbo.

Povprečno veljavnost modela sem najprej ocenila na osnovi desetkratnega prečnega preverjanja (prednastavljeno v orodju WEKA), ki množico vseh primerov slučajno razdeli na 10 disjunktnih podmnožic (približno) enake velikosti; 9/10 primerov se uporabi kot učno množico, na osnovi katere se zgradi napovedni model, preostala 1/10 primerov pa služi kot testna množica za preverjanje zanesljivosti zgrajenega drevesa (Witten in Frank, 2005; Kastrin, 2008). Model je bil nato ocenjen še na osnovi dva, tri, štiri in petkratnega prečnega preverjanja.

3.2.3.8 Presežene koncentracije svınca v pitni vodi, tleh in v krvi prebivalcev v Sloveniji

Za geografski prikaz preseženih koncentracij svınca sem uporabila podatke iz monitoringa tal, ki ga izvaja Agencija za okolje. Na karti so predstavljene lokacije, kjer je svinec v letih 2004 do 2010 presegal vrednost 85 mg/kg v suhih tleh (Agencija za okolje RS, 2004–2010a).

Na karti so predstavljeni tudi podatki o preseženih koncentracijah ($> 10 \mu\text{g/l}$) svınca v pitni vodi iz državnega monitoringa, in sicer od leta 2004 do 2007 (IVZ, 2004-2007).

Prikaz sem dopolnila z razpoložljivimi podatki iz humanega biomonitoringa, ki je potekal v Sloveniji v letih 2007 do 2009 (pilotna faza) in 2011 do 2014 - na zemljevidu Slovenije sem označila lokacije, kjer so koncentracije svınca v krvi presegle $50 \mu\text{g/l}$ (Horvat et al., 2015a; Horvat et al., 2015b; Mazej et al., 2015).

Vse našteje podatke sem primerjala s povišanimi koncentracijami svınca ($> 10 \mu\text{g/l}$) v pitni vodi v slovenskih vrtcih in šolah iz prvega in drugega vzorčenja iz te raziskave.

Za geografski prikaz sem uporabila program ArcGIS 10.1 (Esri, 2012).

3.2.4 Faza IV: Migracije svınca iz novejših materialov za izgradnjo vodovodnega omrežja

3.2.4.1 Vrsta raziskave

Za določanje koncentracij svınca, ki je migriral v modelne raztopine iz novejših materialov za izgradnjo vodovodnega omrežja, je bil izveden eksperiment.

3.2.4.2 Enote opazovanja

Materiali, ki se uporabljajo za izgradnjo hišnega vodovodnega omrežja.

3.2.4.3 Obdobje opazovanja

Preskušanja so bila opravljena v obdobju od decembra 2010 do januarja 2011, drugi del pa junija 2012.

3.2.4.4 Pridobivanje podatkov

V trgovini z vodovodnim materialom sem kupila 4 vrste cevi, ki se lahko uporabijo za izgradnjo hišnega vodovodnega omrežja (Slika 3.2 a do d):

- plastične cevi PEX-AL-PEX v dolžini 50 cm, $r=0,6$ cm;
- bakrena kolena Sanco - med seboj sem spajkala 2 kolena, vsako v dolžini 2×9 cm, $r=1,2$ cm;
- pocinkane cevi v dolžini 20 cm, $r=1,05$ cm;

- cevi iz nerjavnega jekla v dolžini 50 cm, $r=1,1$ cm.

Ta nabor sem dopolnila z eno že uporabljeno svinčeno cevjo v dolžini 50 cm ($r = 1,05$ cm), kuhinjsko pipo (medeninasta izlivna cev S), s kromiranim kotnim ventilom iz medenine in vezno gibljivo EPDM gumijasto cevjo z nerjavnim opletom s priključki iz medenine (Slika 3.2 e do f).



... se nadaljuje

... nadaljevanje Slike 3.2

f)



Legenda:

- a) plastična cev (PVC pipe)
- b) bakreno koleno (copper elbow)
- c) pocinkana cev (galvanized pipe)
- d) cev iz nerjavnega jekla (stainless steel tube)
- e) svinčena cev (lead pipe)
- f) kuhinjska pipa, kotni ventil in vezna gibljiva cev (kitchen tap, valve and connecting hose)

Slika 3.2: Material, ki se lahko uporabi za izgradnjo hišnega vodovodnega omrežja

Figure 3.2: The material that can be used to build a domestic water system

3.2.4.5 Priprava materiala in izvedba

Preskušanja specifičnih migracij iz različnih cevi in drugih materialov namenjenih za izgradnjo hišnega vodovodnega omrežja, so se izvajala v Laboratoriju za predmete splošne uporabe, na takratnem IVZ. Izvajala so se na način, ki kar najbolje simulira dejansko uporabo vodovodnih cevi v omrežju. Pred preskušanjem sem določila vrste modelnih raztopin, način stika z modelno raztopino, čas stika in temperaturo modelnih raztopin.

Pripravila sem različne modelne raztopine za migracijske preskuse:

- pitna voda iz pipe, brez priprave (preskus se je izvajal pri 23 °C in 80 °C);
- pitna voda iz pipe, z znižanim pH 6,5;
- Mili-Q voda.

Plastične, bakrene, pocinkane in jeklene cevi sem pripravila tako, da sem jih primerno označila in trikrat sprala z Mili-Q vodo (Lasheen et al., 2008). Napolnila sem jih z modelnimi raztopinami in tako pripravljene cevi za 18 ur postavila v inkubator na temperaturo 23 °C (Slika 3.3). Svinčeno cev sem prav tako primerno označila in trikrat sprala z Mili-Q vodo. Ker sem imela le en primer take cevi, sem jo napolnila le z modelno raztopino pitne vode iz pipe, brez priprave ter jo z ostalimi cevmi potisnila v inkubator.

Preskus z vsemi cevmi sem ponovila po istem postopku še s pitno vodo, brez priprave, pri temperaturi 80 °C.

Pri prvem testnem preskušanju migracij svinca sem ugotovila napako pri rokovanju s svinčeno cevjo. Pri drugem preskušanju sem si vsakič, ko sem z modelno raztopino začela polniti novo serijo testirancev, temeljito umila roke. Vse napolnjene cevi sem na obeh koncih zaprla s teflonskim trakom. Izjema so bile pocinkane cevi, ki sem jih zaprla s pripadajočimi pocinkanimi zamaški z navojem, navoj pa sem dodatno zatesnila s teflonskim trakom (Slika 3.3).



Slika 3.3: Cevi v inkubatorju

Figure 3.3: Pipes in an incubator

Preskus migracij iz kuhinjske pipe, kotnega ventila in vezno gibljive cevi sem izvedla s po enim preskusnim testirancem, ločeno od preskusov s cevmi. Najprej sem material primerno označila in trikrat sprala z Mili-Q vodo (Lasheen et al., 2008), napolnila z modelno raztopino Mili-Q vode in jih na obeh koncih zatesnila s teflonskim trakom, da bi preprečila medsebojne migracije. Tako pripravljene testirance sem za 18 ur postavila v inkubator, na temperaturo 80 °C. Migracije sem izvedla z Mili-Q vodo pri temperaturi 80 °C, saj to predstavlja najbolj robne pogoje.

3.2.4.6 Laboratorijska analiza modelnih raztopin

Opravljena sta bila dva preskusa migracij svinca iz materialov za izgradnjo vodovodnega omrežja.

Pri testnem preskusu migracij svinca je bil za vsako modelno raztopino na voljo en preskusni testiranec. Ugotovila sem, da je za zanesljive rezultate potrebno imeti več preskusnih testirancev, zato sem preskušanja ponovila - pri drugem preskusu so bili za vsako modelno raztopino in vsako temperaturo pripravljeni po trije testiranci iz enakega materiala (razen pri rabljeni svinčeni cevi, saj je bila na voljo le ena), zato se je pri testnem preskušanju svinec določal v 21 raztopinah, v drugem preskušanju pa v 54 raztopinah.

Vzporedno so bili pri obeh preskusih migracij svinca analizirani tudi slepi vzorci. Modelne raztopine sem napolnila v bučke in ti so predstavljali stanje same pitne vode oziroma modelne raztopine, ki je bila uporabljena za testiranje. Slepi vzorci praviloma ne bi smeli vsebovati povečanih koncentracij svinca, razen, če bi svinec vsebovala že sama modelna raztopina.

Pri prvem preskusu migracij svinca sem po 18 urah testirance vzela iz inkubatorja, raztopine pretočila v za to posebej pripravljene bučke, ki so bile predhodno oprane z 1 % HNO₃ in posušene. Sledilo je določanje svinca v raztopinah po migracijskem preskusu. Pri drugem preskusu sem testirance vzela iz inkubatorja, jih trikrat obrnila, na eni strani pazljivo odstranila teflonski trak oziroma zamašek in raztopine pretočila v pripravljene bučke. Temu je spet sledilo določanje svinca v raztopinah po migracijskem preskusu.

Tudi pipo, ventil in vezno gibljivo cev sem po 18 urah vzela iz inkubatorja, jih trikrat obrnila, na eni strani pazljivo odstranila teflonski trak in raztopine pretočila v za to posebej pripravljene bučke. Sledilo je določanje svinca v raztopinah po migracijskem preskusu.

Vzorke je analiziral laboratorij takratnega IVZ, ki je bil za preskušanje svinca akreditiran po SIST ISO/IEC 17025 za preskusne laboratorije. Za določitev koncentracij svinca v vodi je bila uporabljena akreditirana metoda po SIST EN ISO 17294-2:2005, ki temelji na tehniki ICP-MS.

3.2.4.7 Analiza podatkov in prikaz rezultatov

Za statistične analize je bil v tej fazi uporabljen programski paket IBM SPSS Statistics 21 (IBM Corp., 2012) in program Excel (Microsoft Office Excel 2010), ki je bil uporabljen za grafični prikaz podatkov. Pri rezultatih svinca pod mejo določljivosti, sem pri izračunu upoštevala polovično vrednost meje določljivosti.

Najprej sem opisala koncentracije svinca v različnih modelnih raztopinah iz poskusnih testirancev različnih materialov, nato pa z neparametričnima testoma ugotavljala, ali ima vrsta modelne raztopine vpliv na koncentracijo svinca v njej. Za primerjavo različnih vzorcev (štirih modelnih raztopin), sem uporabila Kriskal-Wallisov test vsote rangov, ki testira, ali so povprečni rangi enaki po skupinah; za primerjavo dveh vzorcev (Mili-Q vode in vode z znižanim pH) pa sem uporabila Mann-Whitneyev test, ki tudi testira ali sta povprečna ranga enaka.

3.2.5 Faza V: Posredna ocena izpostavljenosti svincu pri šestletnih otrocih

3.2.5.1 Vrsta raziskave

Za posredno oceno izpostavljenosti svincu za šestletnega otroka je bila izvedena ekološka študija.

3.2.5.2 Opazovana populacijska skupina

Opazovana populacijska skupina so bili šestletni otroci.

3.2.5.3 Opazovano območje

Območje celotne Slovenije.

3.2.5.4 Integrated Exposure Uptake Biokinetic (IEUBK) model

Za izračun izpostavljenosti sem preverila delovanje modela IEUBK, ki na podlagi vnesenih podatkov o koncentracijah svınca v okolju, izračuna najverjetnejšo vrednost svınca v krvi otrok, ki v tem okolju živijo. Model za oceno potrebuje vhodne podatke za opazovano skupino in vhodne podatke drugih elementov iz okolja (zrak, hrana, zemljine, pitna voda).

Pri izračunu izpostavljenosti z modelom IEUBK, ta sam simulira vnos svınca v telo, njegovo porazdelitev znotraj telesa in sproščanje iz telesa. Pri razvijanju računalniško podprtega modela, so upoštevali različne znanstvene raziskave o spremembah, ki jih svinec povzroči v organizmu, o nivojih izpostavljenosti otrok z različnimi s svincem onesnaženimi snovmi in o prisotnosti ter obnašanju svınca v okolju (Hogan et al., 1998; Ivartnik in Eržen, 2011).

Model IEUBK uporabniku omogoča oceniti verjetno porazdelitev koncentracij svınca v krvi za enega otroka ali za skupino otrok v neki populaciji. Geometrijska sredina je določena na podlagi dosegljivih informacij o izpostavljenosti svincu v različnih okoljih (zrak, hrana, zemljine, pitna voda). Iz te distribucije model oceni koncentracijo svınca v krvi otrok (US EPA, 2007; Ivartnik in Eržen, 2011).

3.2.5.4.1 Vhodni podatki za opazovano skupino

Vhodni podatki za opazovano skupino so bili šestletni otroci, v povprečju teški 20 kg.

3.2.5.4.2 Vhodni podatki za elemente okolja

Pri ocenjevanju izpostavljenosti so bili uporabljeni podatki o koncentracijah svınca, izmerjenih na stalnih merilnih postajah za spremljanje kakovosti zunanjega zraka. Od leta 2004 do 2010 so se koncentracije svınca v zraku v gibale od 0 do 0,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, povprečna vrednost svınca v zraku pa je bila 0,057 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Za izračun izpostavljenosti svincu iz zunanjega zraka sem uporabila najvišjo izmerjeno vrednost svınca v zraku, izmerjeno na stalnih merilnih postajah, ki je bila 0,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Agencija za

okolje RS, 2004–2010b). Predpostavila sem, da šestletni otrok na dan vdihne 7 m³ zraka (US EPA, 2001).

Podatki o koncentracijah svınca v živilih so bili povzeti po raziskavi iz leta 2003, v kateri so analizirali pridelke na območju Medloga in Teharij v Celju, s čimer sem predpostavila, da so otroci zaužili zgolj tisto hrano, ki je bila pridelana na najbolj onesnaženih območjih s svincem (Eržen, Bošnjak, Uršič, 2005). Za vnos svınca s hrano sem predpostavila, da predšolski otrok na dan zaužije okoli 531 g hrane (tretjino zaužite količine živil odraslih), s tem v telo vnese 27 µg svınca na dan, predvsem z žiti in žitnimi izdelki (Eržen, 2011).

Za kazalnik vnosa svınca s zemljinami so bili uporabljeni podatki iz raziskave o količini svınca v mivki, glede na to, da so kemijske lastnosti svınca v tleh in prahu podobne kot v mivki. Za oceno vnosa svınca so bili upoštevani podatke o mivki iz Mežiške doline, ki vsebuje največ svınca, in pri kateri je biološka dostopnost največja (Eržen, 2011). v raziskavi Ocena izpostavljenosti otrok svincu v celjskih vrtcih je bilo ugotovljeno, da je ob upoštevanju najvišje koncentracije svınca v izlužku (2,7 µg/g), pri normalnem otroškem zaužitju mivke 0,2 g na dan, vneseni odmerek svınca 0,54 µg na dan (Eržen, 2011).

Za oceno izpostavljenosti preko vode sem uporabila koncentraciji svınca v pitni vodi, ki smo ju izmerili v izbranih vrtcih in osnovnih šolah v tej raziskavi. Pri vnosu svınca z vodo sem uporabila maksimalno in povprečno koncentracijo svınca v pitni vodi, to je 65 µg/l in 8 µg/l. Predpostavila sem, da šestletni otroci v povprečju popijejo 1,2 litra (5 kozarcev) pijače na dan, vključno z vodo (Institute of Medicine of the National Academies, 2005).

Pogovorna okna modela z vnosom podatkov za posamezen vir so predstavljena v Prilogi K.

3.2.5.5 Izračun izpostavljenosti

Enačba 1 izračunava tedenske izpostavljenosti svincu preko zraka, hrane in zemljin, v µg:

$$= \sum \text{koncentracija Pb v izbranem viru} \times \text{količina zaužitega vira na dan} \times \% \text{ absorpcije} \times 7 \text{ dni} \quad \text{Enačba 1}$$

Enačba 2 izračuna tedensko izpostavljenost svincu v pitni vodi za 20 kg otroka (µg kg⁻¹ telesne mase):

$$= \frac{\text{koncentracija Pb v vodi} \times \text{količina zaužite vode na dan} \times 50 \% \text{ absorpcija} \times 7 \text{ dni}}{20 \text{ kg}} \quad \text{Enačba 2}$$

Pri osnovnem izračunu izpostavljenosti sem za šestletnega otroka predpostavila naslednje absorpcije svinca: iz zraka 40 %, preko uživanja hrane in zemlje 50 %, preko pitne vode 50 % (Thornton, Rautiu in Brush, 2001).

Pri izračunu izpostavljenosti z modelom IEUBK, model sam predlaga naslednje absorpcije svinca iz različnih virov: iz zemlje in prahu 30 %, iz vode in hrane po 50 % in iz zraka 32 % (Priloga K) (US EPA, 2007).

3.2.5.6 Analiza podatkov in prikaz rezultatov

Za osnovne izračune izpostavljenosti se je uporabil program Excel (Microsoft Office Excel 2010). Za izračun izpostavljenosti je bil uporabljen tudi model IEUBK, verzija v1.1 Build 11 (US EPA, 2010).

3.2.5.7 Predpostavke pri modeliranju

Pri osnovni oceni izpostavljenosti preko vseh virov je bil predviden najslabši možen scenarij, kjer bi bil otrok izpostavljen najvišjim koncentracijam svinca iz različnih virov (zrak, hrana, mivka, pitna voda). Pri izračunu je bil za okvirno predstavo upoštevan PTWI za svinec $25 \mu\text{g kg}^{-1}$ telesne mase dan^{-1} (JECFA, 2010).

Tudi pri izračunu izpostavljenosti svincu le v pitni vodi je bil predviden najslabši možen scenarij. Upoštevan je bil podatek o PTWI za svinec v pitni vodi, ki je znašal 50 % od $25 \mu\text{g kg}^{-1}$ telesne mase, to je $12,5 \mu\text{g kg}^{-1}$ telesne mase (SZO, 2006). Kasneje je bila izračunana še izpostavljenost, kjer je bila maksimalna koncentracija svinca v pitni vodi nadomeščena s povprečno koncentracijo iz drugega vzorčenja.

Pri izračunu izpostavljenosti z modelom IEUBK je bil ponovno predviden najslabši možen scenarij, zato so se v model vnesle najvišje izmerjene vrednosti - izračunana je bila izpostavljenost z najvišje izmerjeno koncentracijo svinca v zraku, hrani, mivki in pitni vodi.

Pri izračunu ocenjene koncentracije svinca v krvi s pomočjo modela IEUBK, je bila za mejno vrednost povzeta vrednost svinca v krvi $50 \mu\text{g/l}$ (Centers for Disease Control and Prevention, 2012).

4 REZULTATI

4.1 Faza I: Ocena stanja javnih vodovodnih omrežij v Sloveniji

Prejela sem 62 odgovorov upravljavcev, poročali so za 253 javnih vodovodnih omrežij, katerih povprečna starost je 41 let. Najstarejša omrežja se nahajajo v zahodni Sloveniji, v povprečju so stara 45 let; mlajša omrežja se nahajajo v severovzhodni Sloveniji, v povprečju so stara 37 let.

V večini javnih omrežij so vzdrževalna dela potekala v preteklem letu (208, 91 %). Upravljavci so poročali, da so v javno vodovodno omrežje v večini vgrajene plastične cevi (243, 96 %). V primerjavi s celotno Slovenijo (70, 28 %), se v osrednji Sloveniji pogosteje v omrežjih pojavljajo jeklene cevi (25, 53 %), v zahodni Sloveniji se manj od povprečja pojavljajo plastične cevi (44, 83 %), pogosteje pa so v omrežje vgrajene azbestno cementne cevi (30, 57 %) (Preglednica 4.1). V omrežjih starih do 29 let, so se v preteklih letih manj vgrajevale azbestno cementne cevi (9, 12 %), pa tudi litoželezne (17, 22 %); v starejših omrežjih nad 50 let so se več od povprečja vgrajevale litoželezne cevi (41, 62 %), pocinkane cevi (24, 36 %) in azbestno cementne cevi (43, 65 %) (Preglednica 4.2).

Tudi v novejšem času se vgrajujejo predvsem plastične cevi (237, 94 %). V zahodni Sloveniji se, v primerjavi s celotno Slovenijo, manj vgrajujejo plastične cevi (44, 83 %), se pa pogosteje vgrajujejo materiali iz nodularne litine (43, 81 %); v severovzhodni Sloveniji pa se cevi iz nodularne litine manj vgrajujejo (5, 10 %), se pa pogosteje uporabijo litoželezne cevi (14, 29 %) v primerjavi s celo Slovenijo (37, 15 %) (Preglednica 4.1). V večino omrežij se vgrajujejo plastični spoji (221, 87 %), glavni material za zaporne armature je litoželezo (175, 69 %). Armature so v večini zaščitene proti koroziji (118, 82 %) (Preglednica 4.1, Preglednica 4.2).

V 73 (29 %) javnih vodovodnih omrežij so se v preteklosti vgrajevale svinčene cevi, malo več na območju severovzhodne Slovenije (22, 46 %); po starosti prednjačijo starejša omrežja, stara 50 let in več (40, 61 %). Upravljavci predvidevajo, da ima 47 (19 %) omrežij še vedno vgrajene svinčene dele, nekaj več javnih omrežij na območju osrednje Slovenije (10, 71 %) ter omrežja stara 50 let in več (29, 44 %) (Preglednica 4.1, Preglednica 4.2).

Podrobnejši podatki o značilnostih javnih vodovodnih omrežij glede na regijo se nahajajo v Preglednica 4.1, Preglednica 4.2 prikazuje značilnosti javnih vodovodnih omrežij glede na starost omrežja.

Preglednica 4.1: Osnovne značilnosti javnih vodovodnih omrežij glede na regijo. Podatki so predstavljeni kot število (%).

Table 4.1: Basic characteristics of public water systems according on their region. Data are presented as the number (%).

Regija	n skupaj	Zahodna Slo ¹ (n=53)	Osrednja Slo ² (n=47)	Vzhodna Slo ³ (n=105)	SV Slo ⁴ (n=48)	Skupaj (n=253)
Starost omrežja						
Do 29 let	236	19 (36,5%)	22 (48%)	24 (25%)	12 (28%)	77 (33%)
30 do 49 let		12 (23%)	11 (24%)	45 (47%)	25 (58%)	93 (39%)
50 let in več		21 (40%)	13 (28%)	26 (27%)	6 (14%)	66 (28%)
Preteklo število let od zadnjih vzdrževalnih del						
1 leto	228	51 (96%)	32 (82%)	93 (90%)	32 (97%)	208 (91%)
2-5 let		2 (4%)	4 (10%)	6 (6%)	0	12 (5%)
6-10 let			2 (5%)	2 (2%)	1 (3%)	5 (2%)
>10 let			1 (3%)	2 (2%)	0	3 (1%)
Materiali, vgrajeni v omrežje (»da« odgovori)						
Plastične cevi	243	44 (83%)	47 (100%)	104 (99%)	48 (100%)	243 (96%)
Litoželezne cevi	115	22 (42%)	13 (28%)	56 (53%)	24 (50%)	115 (45,5%)
Pocinkane cevi	46	13 (24,5%)	6 (13%)	24 (23%)	3 (6%)	46 (18%)
Cementne cevi	109	30 (56,6%)	21 (45%)	39 (37%)	19 (40%)	109 (43%)
Jeklene cevi	70	7 (13%)	25 (53%)	21 (20%)	17 (35%)	70 (28%)
Svinčene cevi	6	1 (2%)	3 (6%)	2 (2%)	0	6 (2%)
Nodulama litina	96	22 (41,5%)	20 (43%)	47 (45%)	7 (15%)	96 (38%)
Materiali, ki se trenutno vgrajujejo (»da« odgovori)						
Plastične cevi	237	44 (83%)	46 (98%)	104 (99%)	43 (90%)	237 (94%)
Litoželezne cevi	37	10 (19%)	0	13 (12%)	14 (29%)	37 (15%)
Pocinkane cevi	7	3 (6%)	0	4 (4%)	0	7 (3%)
Jeklene cevi	18	5 (9%)	0	0	13 (27%)	18 (7%)
Nodulama litina	134	43 (81%)	27 (57%)	59 (56%)	5 (10%)	134 (53%)
Material za spoje, ki se trenutno vgrajujejo (»da« odgovori)						
Plastični spoji	221	34 (64%)	46 (98%)	98 (93%)	43 (90%)	221 (87%)
Litoželezni spoji	103	19 (36%)	6 (13%)	44 (42%)	34 (71%)	103 (41%)
Pocinkani spoji	1	1 (2%)	0	0	0	1 (0,4%)
Jekleni spoji	43	16 (30%)	8 (17%)	6 (6%)	13 (27%)	43 (17%)
Spoji iz nodulame litine	42	10 (19%)	8 (17%)	19 (18%)	5 (10%)	42 (17%)
Material za zaporne armature, ki se vgrajujejo (»da« odgovori)						
Plastične armature	29	6 (11%)	11 (23%)	12 (11%)	0	29 (11,5%)
Litoželezne armature	175	25 (47%)	13 (28%)	94 (89%)	40 (83%)	175 (69%)
Pocinkane armature	1	0	0	0	1 (2%)	1 (0,4%)
Jeklene armature	35	13 (24,5%)	4 (8,5%)	2 (2%)	16 (33%)	35 (14%)
Armature iz nodulame litine	67	26 (49%)	22 (47%)	15 (14%)	4 (8%)	67 (26,5%)
Armature iz medenine	29	0	5 (11%)	12 (11%)	12 (25%)	29 (11,5%)
Zaščita proti koroziji						
Ne	144	11 (32%)	1 (5,6%)	13 (18%)	1 (5,6%)	26 (18%)
Da		23 (68%)	17 (94%)	61 (82%)	17 (94%)	118 (82%)
Vgrajevanje svinčenih cevi v preteklosti						
Ne	252	41 (77%)	31 (67%)	81 (77%)	26 (54%)	179 (71%)
Da		12 (23%)	15 (33%)	24 (23%)	22 (46%)	73 (29%)
V omrežju so še vedno vgrajeni svinčeni deli						
Ne	253	42 (79%)	37 (29%)	84 (80%)	43 (90%)	206 (81%)
Da		11 (21%)	10 (71%)	21 (20%)	5 (10%)	47 (19%)
Prizadevanje h čim hitrejši zamenjavi sv. delov						
Ni svinčenih delov	251	40 (75,5%)	45 (96%)	75 (73%)	44 (92%)	204 (81%)
Da		13 (24,5%)	2 (4%)	25 (24%)	4 (8%)	44 (18%)
Po potrebi				3 (3%)		3 (1%)
Čas za odstranitev svinca iz omrežja						
V 5. letih	247	5 (10%)		12 (12%)		17 (7%)
V 5. do 10. letih		7 (13%)	2 (4%)	6 (6%)		15 (6%)
V 10. do 20. letih				3 (3%)		3 (1%)
drugo				7 (7%)	1 (2%)	8 (3%)
Ni svinčenih delov		40 (77%)	45 (96%)	75 (73%)	44 (98%)	204 (83%)

¹ gorenjska, goriška, obalno-kraška, notranjsko- kraška regija

² osrednjeslovenska regija

³ JV Slovenija, spodnjeposavska, zasavska, savinjska, koroška regija

⁴ podravska, pomurska regija

Preglednica 4.2: Osnovne značilnosti javnih vodovodnih omrežij glede na starost. Podatki so predstavljeni kot število (%).

Table 4.2: Basic characteristics of public water systems according to their age. Data are presented as the number (%).

Starost omrežja za oskrbo s pitno vodo	n skupaj	Do 29 let (n=77)	30 do 49 let (n=93)	50 in več let (n=66)	Skupaj (n=253)
Regija					
Zahodna Slovenija	236	19 (25%)	12 (13%)	21 (32%)	52 (22%)
Osrednja Slovenija		22 (29%)	11 (12%)	13 (20%)	46 (19,5%)
Vzhodna Slovenija		24 (31%)	45 (48%)	26 (39%)	95 (40%)
Severovzhodna Slovenija		12 (16%)	25 (27%)	6 (9%)	43 (18%)
Preteklo število let od zadnjih vzdrževalnih del					
1 leto	214	50 (82%)	84 (95,5%)	60 (92%)	194 (91%)
2-5 let		7 (11,5%)	3 (3%)	2 (3%)	12 (6%)
6-10 let		4 (7%)	1 (1%)	0	5 (2%)
>10 let		0	0	3 (5%)	3 (1%)
Materiali, vgrajeni v omrežje (»da« odgovori)					
Plastične cevi	226	74 (96%)	89 (96%)	63 (95,5%)	226 (96%)
Litoželezne cevi	105	17 (22%)	47 (50,5%)	41 (62%)	105 (44,5%)
Pocinkane cevi	40	4 (5%)	12 (13%)	24 (36%)	40 (17%)
Cementne cevi	103	9 (12%)	51 (55%)	43 (65%)	103 (44%)
Jeklene cevi	65	13 (17%)	28 (30%)	24 (36%)	65 (27,5%)
Svinčene cevi	6	0	1 (1%)	5 (8%)	6 (2,5%)
Nodularna litina	91	17 (22%)	40 (43%)	34 (51,5%)	91 (39%)
Materiali, ki se trenutno vgrajujejo (»da« odgovori)					
Plastične cevi	220	71 (92%)	88 (95%)	61 (92%)	220 (93%)
Litoželezne cevi	34	9 (12%)	13 (14%)	12 (18%)	34 (14%)
Pocinkane cevi	6	1 (1%)	1 (1%)	4 (6%)	6 (2,5%)
Jeklene cevi	16	3 (4%)	5 (5%)	8 (12%)	16 (7%)
Nodularna litina	123	32 (42%)	47 (50,5%)	44 (67%)	123 (52%)
Material za spoje, ki se trenutno vgrajujejo (»da« odgovori)					
Plastični spoji	205	66 (86%)	82 (88%)	57 (86%)	205 (87%)
Litoželezni spoji	97	27 (35%)	44 (47%)	26 (39%)	97 (41%)
Jekleni spoji	39	11 (14%)	16 (17%)	12 (18%)	39 (16,5%)
Spoji iz nodularne litine	39	16 (21%)	11 (12%)	12 (18%)	39 (16,5%)
Material za zaporne armature, ki se vgrajujejo (»da« odgovori)					
Plastične armature	28	8 (10%)	10 (11%)	10 (15%)	28 (12%)
Litoželezne armature	159	46 (60%)	70 (75%)	43 (65%)	159 (67%)
Pocinkane armature	1	1 (1%)	0	0	1 (0,4%)
Jeklene armature	33	8 (10%)	12 (13%)	13 (20%)	33 (14%)
Armature iz nodularne litine	67	28 (36%)	21 (23%)	18 (27%)	67 (28)
Armature iz medenine	24	8 (10%)	11 (12%)	5 (8%)	24 (10%)
Zaščita proti koroziji					
Ne	133	7 (17,5%)	10 (20%)	9 (21%)	26 (19,5%)
Da		33 (82,5%)	40 (80%)	34 (79%)	107 (80,5%)
Vgrajevanje svinčenih cevi v preteklosti					
Ne	235	72 (95%)	68 (73%)	26 (39%)	166 (71%)
Da		4 (5%)	25 (27%)	40 (61%)	69 (29%)
V omrežju so še vedno vgrajeni svinčeni deli					
Ne	236	75 (97%)	79 (85%)	37 (56%)	191 (81%)
Da		2 (3%)	14 (15%)	29 (44%)	45 (19%)
Prizadevanje h čim hitrejši zamenjavi sv. delov					
Ni svinčenih delov	236	69 (90%)	72 (77%)	49 (74%)	190 (81%)
Da		8 (10%)	18 (20%)	17 (26%)	43 (18%)
Po potrebi			3 (3%)		3 (1%)
Čas za odstranitev svinca iz omrežja					
V 5. letih	232		7 (8%)	9 (14%)	16 (7%)
V 5. do 10. letih		4 (5%)	9 (10%)	2 (3%)	15 (7%)
V 10. do 20. letih		2 (3%)		1 (2%)	3 (1%)
drugo		2 (3%)	2 (2%)	4 (6%)	8 (3%)
Ni svinčenih delov		69 (89%)	72 (80%)	49 (75%)	190 (82%)

Prejela sem tudi 9 odgovorov upravljavcev, ki sem jih zaprosila za dodatno sodelovanje glede močno povišanih koncentracij svınca v pitni vodi v nekaterih ustanovah, ki se nahajajo na območjih, kjer upravljajo javno vodovodno omrežje. Vsi trdijo, da težav s koncentracijami svınca v javnem vodovodnem omrežju niso zaznali, saj ob notranjem nadzoru kakovosti pitne vode izmerijo koncentracije svınca pod 2 µg/l, razen v enem primeru, ko se upravljavec zaveda težav in je v javnem omrežju že nameril 18 µg/l. Vsi upravljavci, razen enega, vzorčijo pitno vodo za potrebe določanja koncentracij svınca po navodilih laboratorija, ki pa pred odvzemom predlaga točenje pitne vode do vzpostavitve temperature.

Trije upravljavci so izmerili tudi koncentracije svınca pred in za merilcem vode (uro) za vrtec oziroma šolo, v katerem so bile ugotovljene povišane koncentracije svınca, vendar povišanih koncentracij svınca v tistem času niso zaznali. Upravljavci tudi poročajo, da v javnih vodovodnih omrežjih svinčene cevi niso več prisotne, razen na enem območju, kjer poročajo, da je v celotnem javnem vodovodnem omrežju še vedno vgrajenih okoli 86 m svinčenih cevi, ki jih želijo čim prej zamenjati z novejšimi materiali. Pet upravljavcev je pripravljeno sodelovati pri reševanju problematike svınca v pitni vodi in bo v ustanovah, kjer so bile koncentracije svınca nad mejnimi vrednostmi, opravila pregled hišnega vodovodnega omrežja in po potrebi predlagala sanacijo.

4.2 Faza II: Ocena stanja hišnih vodovodnih omrežij v izbranih vrtcih in osnovnih šolah

Pri prvem vzorčenju je sodelovalo 39 vrtcev in šol. Sodelovalo je po 6 ustanov iz osrednjeslovenske in goriške regije, 5 ustanov iz jugovzhodne regije, po 4 ustanove iz pomurske, podravske in savinjske regije, po 3 ustanove iz koroške in gorenjske regije in po 2 ustanovi iz notranjsko-kraške in obalno-kraške regije.

Pri drugem vzorčenju sem v vzorec izbranih vrtcev in šol dodala še 11 ustanov - sodelovalo je po 8 ustanov iz osrednjeslovenske in goriške regije, 7 ustanov iz jugovzhodne regije, 6 ustanov iz podravske regije, 5 ustanov iz gorenjske regije, po 4 ustanove iz pomurske, koroške in savinjske regije in po 2 ustanovi iz notranjsko-kraške in obalno-kraške regije; vzorčenje je potekalo v skupno 50 starejših vrtcih in šolah.

Preglednica 4.3 prikazuje osnovne značilnosti hišnih vodovodnih omrežij glede na regijo, kjer se nahaja omrežje. Preglednica 4.4 pa prikazuje osnovne značilnosti hišnih vodovodnih omrežij glede na starost ustanove.

Preglednica 4.3: Osnovne značilnosti ustanov glede na regijo. Podatki so predstavljeni kot število (%).**Table 4.3: Basic characteristics of institutions according on their region. Data are presented as the number (%).**

Regija	n skupaj	Zahodna Slo ¹ (n=17)	Osrednja Slo ² (n=8)	Vzhodna Slo ³ (n=15)	SV Slo ⁴ (n=10)	Skupaj (n=50)
Starost ustanove						
Do 1959	50	5 (29%)		2 (13%)	2 (20%)	9 (18%)
1960-1969		3 (17,6%)		3 (20%)	2 (20%)	8 (16%)
1970-1979		8 (47%)	5 (63%)	9 (60%)	6 (60%)	28 (56%)
1980-1989		1 (6%)	3 (37%)	1 (7%)	0	5 (10%)
Število let od zadnjih vzdrževalnih del						
1 leto	45	6 (43%)	2 (25%)	4 (31%)	3 (30%)	15 (33%)
2-5 let		3 (21%)	2 (25%)	1 (8%)	1 (10%)	7 (16%)
6-10 let		0	4 (50%)	1 (8%)	3 (30%)	8 (18%)
> 10 let		4 (29%)	0	3 (23%)	2 (20%)	9 (20%)
Ni vzdrževanja		1 (7%)	0	4 (31%)	1 (10%)	6 (13%)
Materiali cevi in spojev, ki so vgrajeni v hišno vod. omrežje (»da« odgovori)						
Ne vem	10	2 (11,8%)	2 (25%)	3 (20%)	3 (30%)	10 (20%)
Plastične cevi	15	4 (23,5%)	3 (37,5%)	5 (33,3%)	3 (30%)	15 (30%)
Litoželezne cevi	3	2 (11,8)	0	0	1 (10%)	3 (6%)
Pocinkane cevi	30	12 (70,6%)	6 (75%)	8 (53,3%)	4 (40%)	30 (60%)
Svinčene cevi	6	1 (5,9%)	0	3 (20%)	2 (20%)	6 (12%)
Materiali armatur, ki so vgrajeni na umivalnikih v ustanovi						
Ne vem	50	2 (12%)	1 (12,5%)	1 (7%)	5 (50%)	9 (18%)
Medenina		15 (88%)	7 (87,5%)	14 (93%)	5 (50%)	41 (82%)
Vgrajevanje svinčenih delov v omrežje v preteklosti						
Ne	50	14 (82%)	5 (62%)	6 (40%)	4 (40%)	29 (58%)
Da		3 (18%)	3 (38%)	9 (60%)	6 (60%)	21 (42%)
Načrt vodovodnega omrežja za ustanovo						
Ne	50	5 (29%)	2 (25%)	5 (33%)	7 (70%)	19 (38%)
Da		12 (71%)	6 (75%)	10 (67%)	3 (30%)	31 (62%)
Načrtovanje obnove vodovodnega omrežja						
Ne	50	11 (65%)	4 (50%)	9 (60%)	6 (60%)	30 (69%)
Da		6 (35%)	4 (50%)	6 (40%)	4 (40%)	20 (40%)
Prisotnost vonja pitne vode						
Ne	44	16 (94%)	5 (71%)	11 (92%)	7 (87%)	39 (89%)
Da		1 (6%)	2 (29%)	1 (8%)	1 (13%)	5 (11%)
Slab okus pitne vode						
Ne	45	16 (94%)	6 (75%)	11 (92%)	7 (87%)	40 (89%)
Da		1 (6%)	2 (25%)	1 (8%)	1 (13%)	5 (11%)
Obarvanost pitne vode						
Ne	44	15 (88%)	4 (57%)	11 (92%)	8 (100%)	38 (86%)
Da		2 (12%)	3 (43%)	1 (8%)	0	6 (14%)
Intenzivno izpiranje vod. omrežja po obdobju nerabe						
Ne	50	4 (23,5%)	3 (37%)	5 (33%)	3 (30%)	15 (30%)
Da		13 (77%)	5 (63%)	10 (67%)	7 (70%)	35 (70%)
¹ gorenjska, goriška, obalno-kraška, notranjsko-kraška regija ² osrednjeslovenska regija ³ JV Slovenija, spodnjeposavska, zasavska, savinjska, koroška regija ⁴ podravska, pomurska regija						

Povprečna starost ustanove je bila 49 let, starejše ustanove so bile zajete na področju vzhodne in severovzhodne Slovenije ($\bar{x}=53$). Več kot polovica (28, 56 %) ustanov je bila zgrajenih med letom 1970 in 1979, zadnja vzdrževalna dela pa so bila pri tretjini (15) ustanov opravljena v zadnjem letu (Preglednica 4.3, Preglednica 4.4).

Z anketo upravljavcev hišnih vodovodnih omrežij po izobraževalnih ustanovah je bilo ugotovljeno, da so bile za izgradnjo omrežja najpogosteje uporabljene pocinkane cevi (30, 60 %). Ravnatelji za 31

(62 %) ustanov še vedno hranijo načrte vodovodnega omrežja in trdijo, da so se v 21 (42 %) hišnih vodovodnih omrežjih izbranih ustanov v preteklosti vgrajevale svinčene cevi ali svinčeni deli omrežja; kar 20 (40 %) odgovornih oseb v bližnji prihodnosti načrtuje obnove vodovodnega omrežja (4 ustanove nameravajo celo zgraditi na novo) (Preglednica 4.3, Preglednica 4.4).

Glede organoleptičnih lastnosti vode iz hišnega vodovoda so se v petih ustanovah (11 %) pritožili nad vonjem vode in okusom, v šestih (14 %) pa zaradi obarvanosti vode. V 15 (30 %) ustanovah vode ne izpirajo iz vodovodnega omrežja po obdobju nerabe (Preglednica 4.3, Preglednica 4.4).

Preglednica 4.4: Osnovne značilnosti ustanov glede na starost ustanove. Podatki so predstavljeni kot število (%).

Table 4.4: Basic characteristics of the institutions according to their age. Data are presented as the number (%).

Ustanova zgrajena	n skupaj	Do 1959 (n=9)	1960-1969 (n=8)	1970-1979 (n=28)	1980-1985 (n=5)	Skupaj (n=50)
Regija						
Zahodna Slovenija	50	5 (56%)	3 (37,5%)	8 (28,6)	1 (20%)	17 (34%)
Osrednja Slovenija		0	0	5 (17,9)	3 (60%)	8 (16%)
Vzhodna Slovenija		2 (22%)	3 (37,5%)	9 (32,1%)	1 (20%)	15 (30%)
Severovzhodna Slovenija		2 (22%)	2 (25%)	6 (21,4%)	0	10 (20%)
Število let od zadnjih vzdrževalnih del						
1 leto	45	3 (37,5%)	0	11 (44%)	1 (20%)	15 (33%)
2-5 let		1 (12,5%)	3 (43%)	2 (8%)	1 (20%)	7 (16%)
6-10 let		1 (12,5%)	1 (14%)	4 (16%)	2 (40%)	8 (18%)
> 10 let		2 (25%)	0	6 (24%)	1 (20%)	9 (20%)
Ni vzdrževanja		1 (12,5%)	3 (43%)	2 (8%)	0	6 (13%)
Materiali cevi in spojev, ki so vgrajeni v hišno vod. omrežje (»da« odgovori)						
Ne vem	10	4 (44,4%)	1 (12,5%)	3 (10,7%)	2 (40%)	10 (20%)
Plastične cevi	15	2 (22,2%)	1 (12,5%)	11 (39,3%)	1 (20%)	15 (30%)
Litoželezne cevi	3	1 (11,1%)	0	2 (7,1%)	0	3 (6%)
Pocinkane cevi	30	4 (44,4%)	7 (87,5%)	16 (57,1%)	3 (60%)	30 (60%)
Svinčene cevi	6	0	1 (12,5%)	5 (17,9%)	0	6 (12%)
Materiali armatur, ki so vgrajeni na umivalnikih v ustanovi						
Ne vem	50	3 (33,3%)	0	6 (21,4%)	0	9 (18%)
Medenina		6 (66,7%)	8 (100%)	22 (78,6)	5 (100%)	41 (82%)
Vgrajevanje svinčenih delov v omrežje v preteklosti						
Ne	50	7 (77,8%)	4 (50%)	16 (57%)	2 (40%)	29 (58%)
Da		2 (22,2%)	4 (50%)	12 (43%)	3 (60%)	21 (42%)
Načrt vodovodnega omrežja za ustanovo						
Ne	50	6 (66,7%)	2 (25%)	9 (32%)	2 (40%)	19 (38%)
Da		3 (33,3%)	6 (75%)	19 (68%)	3 (60%)	31 (62%)
Načrtovanje obnove vodovodnega omrežja						
Ne	50	9 (100%)	5 (62,5%)	13 (46,4%)	3 (60%)	30 (69%)
Da		0	3 (37,5%)	15 (53,6%)	2 (40%)	20 (40%)

se nadaljuje...

... nadaljevanje Preglednice 4.4

Ustanova zgrajena	n skupaj	Do 1959 (n=9)	1960-1969 (n=8)	1970-1979 (n=28)	1980-1985 (n=5)	Skupaj (n=50)
Prisotnost vonja pitne vode						
Ne	44	5 (83,3%)	7 (100%)	23 (88,5%)	4 (80%)	39 (89%)
Da		1 (16,7%)	0	3 (11,5%)	1 (20%)	5 (11%)
Slab okus pitne vode						
Ne	45	5 (83,3%)	7 (100%)	23 (88,5%)	4 (80%)	40 (89%)
Da		1 (16,7%)	0	3 (11,5%)	1 (20%)	5 (11%)
Obarvanost pitne vode						
Ne	44	5 (83,3%)	7 (100%)	22 (84,6%)	4 (80%)	38 (86%)
Da		1 (16,7%)	0	4 (15,4%)	1 (20%)	6 (14%)
Intenzivno izpiranje vod. omrežja po obdobju nerabe						
Ne	50	4 (44,4%)	2 (25%)	7 (25%)	2 (40%)	15 (30%)
Da		5 (55,6%)	6 (75%)	21 (75%)	3 (60%)	35 (70%)

4.3 Faza III: Vzorčenje in določanje koncentracij svinca v pitni vodi izbranih vrtcev in osnovnih šol

4.3.1 Opis vzorcev pitne vode

Preden so bili vzorci pitne vode odvzeti, je voda pri prvem in drugem vzorčenju v ceveh stala v povprečju 17 ur. Pri primerjavi terenskih meritev prvega in drugega vzorčenja je opaziti razlike pri temperaturi – temperatura pri drugem vzorčenju je bila višja za 7 °C. Preglednica 4.5 prikazuje minimalne, maksimalne in povprečne vrednosti ter mediano za koncentracije svinca v vzorcih in za terenske meritve odvzetih vzorcev pitne vode.

Preglednica 4.5: Minimalne, maksimalne, povprečne vrednosti in mediana koncentracij svinca in terenskih meritev odvzetih vzorcev pitne vode v vrtcih in šolah po prvem in drugem vzorčenju vode (n=50)

Table 4.5: Min, max, average and median values of lead concentrations and on spot measurements of samples of drinking water in schools and kindergartens after the first and second sampling (n=50)

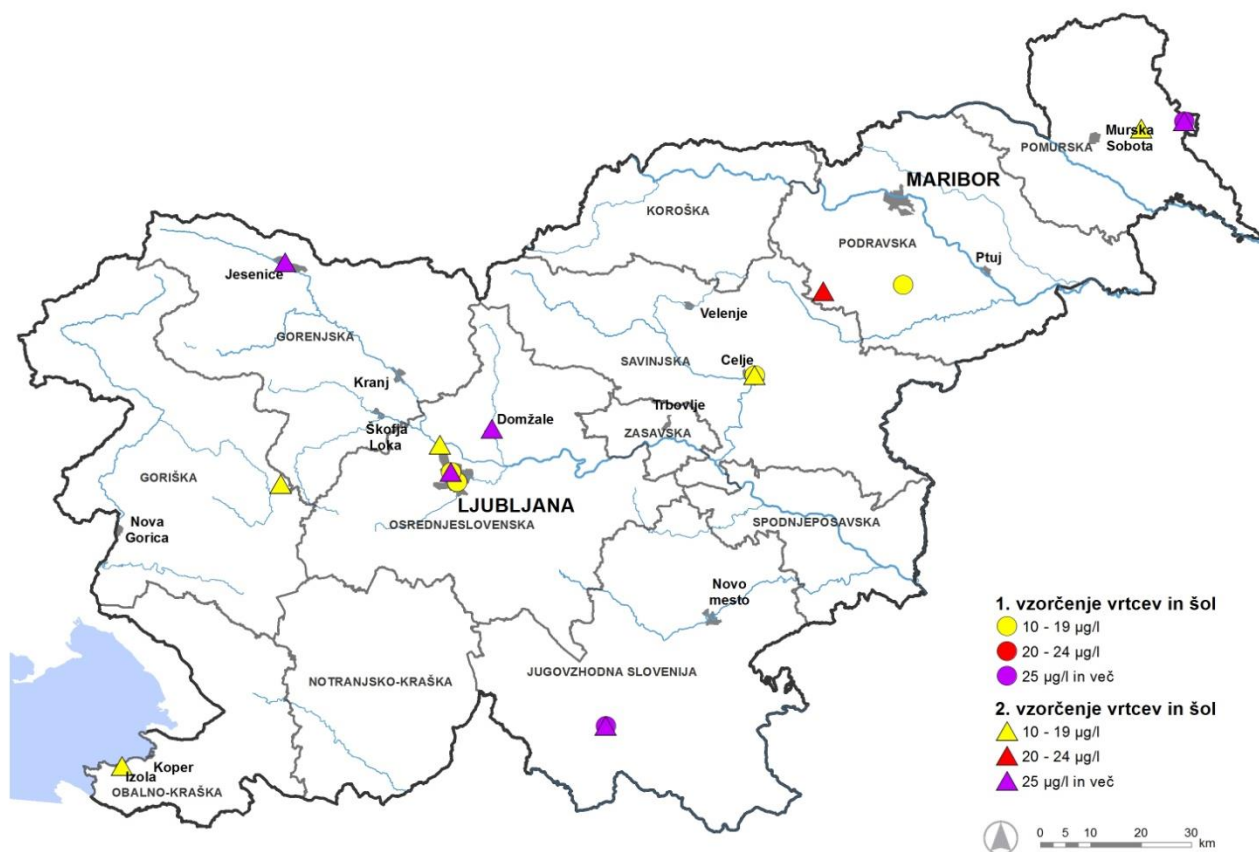
Terenske meritve	Prvo vzorčenje				Drugo vzorčenje			
	x_{\min}	x_{\max}	\bar{x}	M_e	x_{\min}	x_{\max}	\bar{x}	M_e
koncentracija svinca ($\mu\text{g/l}$)	1	42	6 (5*)	4	1	65	9 (7*)	4
stanje vode v ceveh (h)	4	24	16,5	17,0	10	28	17,4	17,0
prosti klor (mg/l)	0,020	0,410	0,168	0,120	0	0,430	0,057	0,040
električna prevodnost ($\mu\text{S/cm}$)	162	543	380	390	110	647	384	391
temperatura (°C)	5,80	17,1	12,0	11,8	13,3	22,4	16,4	18,5
pH	5,80	8,00	7,45	7,60	6,10	8,27	7,53	7,60
redoks potencial (mV)	306	779	552	524	181	723	449	439

* Izračunana aritmetična sredina brez osamelcev.

Na prikazu karte Slovenije in njenih statističnih regij se opazi, da so bile močno povišane koncentracije svınca ($> 25 \mu\text{g/l}$) v pitni vodi vrtcev in osnovnih šol ugotovljene v osrednjeslovenski regiji, v pomurski regiji, v jugovzhodni Sloveniji in v gorenjski regiji (Slika 4.1).

Pri prvem vzorčenju je 6 vzorcev (15 %) pitne vode od skupno odvzetih 39 vsebovalo koncentracije svınca nad $10 \mu\text{g/l}$; tri ustanove pa so imele koncentracijo svınca na meji, to je $10 \mu\text{g/l}$. Pri drugem vzorčenju je 11 vzorcev od 50 (22 %) vsebovalo koncentracije svınca nad vrednostjo $10 \mu\text{g/l}$, tri ustanove pa so imele koncentracijo svınca na meji, to je $10 \mu\text{g/l}$.

Bistvenih razlik v porazdelitvi koncentracij svınca v pitni vodi glede na prvo oziroma drugo vzorčenje ni zaznati. Polovica meritev pri prvem in drugem vzorčenju je manjša od $4 \mu\text{g/l}$, polovica pa večja od $4 \mu\text{g/l}$ (mediana). Pri prvem oziroma drugem vzorčenju koncentracije variirajo od $1 \mu\text{g/l}$ do $26 \mu\text{g/l}$ oziroma $30 \mu\text{g/l}$, če izvem osamelce. Pri prvem vzorčenju je izstopala vrednost $42 \mu\text{g/l}$, ki je zgornji osamelec, pri drugem vzorčenju pa sta taki dve vrednosti $48 \mu\text{g/l}$ in $65 \mu\text{g/l}$.



Slika 4.1: Povišane koncentracije svınca ($> 10 \mu\text{g/l}$) v pitni vodi v slovenskih vrtcih in šolah pri prvem in drugem vzorčenju

Figure 4.1: Elevated concentrations of lead ($> 10 \mu\text{g/l}$) in drinking water in Slovenian kindergartens and schools in the first and second sampling

Večina koncentracij svınca pri kontrolnih vzorcih, kjer se je voda točila 2 minuti oziroma do stabilizacije temperature, je bila pod vrednostjo 10 $\mu\text{g/l}$ – pri prvem vzorčenju je imelo 37 kontrolnih vzorcev koncentracijo svınca pod mejo določljivosti, pri enem vzorcu je bila koncentracija svınca 5 $\mu\text{g/l}$, pri drugem pa 3 $\mu\text{g/l}$. Pri drugem vzorčenju je imelo 45 kontrolnih vzorcev koncentracijo svınca pod mejo določljivosti, pri enem vzorcu je bila koncentracija 11 $\mu\text{g/l}$, pri dveh vzorcih 4 $\mu\text{g/l}$, pri dveh pa 3 $\mu\text{g/l}$.

4.3.2 Rezultati analize koncentracij svınca v pitni vodi

Statistika t-test za dva neodvisna vzorca je pri primerjavi povprečnih koncentracij svınca v pitni vodi iz tistih ustanov, kjer se je voda vzorčila v obeh vzorčenjih, pokazala, da večjih statističnih razlik med povprečji ni. Vrednost testne statistike ($p=0,184$) ni statistično značilno različna od 0 pri tveganju manjšem od 0,05 %. Pri tem tveganju lahko trdim, da razlik med povprečji obeh vzorčenj ni.

V nadaljevanju sem analizirala le podatke iz drugega vzorčenja in ugotovila, da je povprečje oziroma mediana koncentracij svınca v pitni vodi izbranih vrtcev in osnovnih šol najvišja v tistih ustanovah, kjer odgovorni ne vedo, kakšni materiali so se uporabili za izgradnjo vodovodnega omrežja ($\bar{x}=15$, $Me=11$); nižje povprečje oziroma mediano koncentracij svınca lahko opazimo pri objektih, ki naj bi imeli vgrajene svinčene cevi ($\bar{x}=4,5$, $Me=4$) ali litoželezne cevi ($\bar{x}=4,7$, $Me=4$). Ostale vrednosti so prikazane v Preglednici 4.6.

Preglednica 4.6: Povprečne vrednosti in mediana koncentracij svınca glede na material vgrajenih cevi

Table 4.6: Aggregation with various combinations

Vgrajeni materiali v omrežju	n	\bar{x}	Mediana
Svinčene cevi	6	4,5	4
Litoželezne cevi	3	4,7	4
Pocinkane cevi	30	7,6	4
Plastične cevi	15	9,9	5
Ni podatka o materialih	10	15	11

Korelacije med spremenljivkami so prikazane v Preglednici 4.7. Ugotovila sem naslednje statistično značilne korelacije:

- pH in električno prevodnostjo,
- redoks potencialom in stanjem vode v ceveh,
- redoks potencialom in električno prevodnostjo,
- redoks potencialom in temperaturo vode in
- redoks potencialom in koncentracijo svınca v vodi.

Preglednica 4.7: Matrika korelacij**Table 4.7: Correlation matrix**

		Starost ustanove	Koliko ur je voda stala v ceveh?	Koncentracija prostega klora	Elekt. prev.	T vode	pH vode	Redoks pot. vode	Pb v vodi
Starost ustanove	Koef. korelacije	1							
	Sig.								
	N	50							
Stanje vode v ceveh	Koef. korelacije	,108	1						
	Sig.	,457							
	N	50	50						
Koncentracija prostega klora	Koef. korelacije	,052	-,129	1					
	Sig.	,719	,373						
	N	50	50	50					
Električna prevodnost	Koef. korelacije	-,037	-,085	,005	1				
	Sig.	,800	,557	,973					
	N	50	50	50					
Temperatura vode	Koef. korelacije	,030	,062	,058	,071	1			
	Sig.	,848	,692	,712	,650				
	N	43	43	43	43	43			
pH vode	Koef. korelacije	,256	,088	,004	-,584	-,017	1		
	Sig.	,073	,546	,977	,000	,913			
	N	50	50	50	50	43	50		
Redoks potencial vode	Koef. korelacije	,012	,291	-,064	,357	,304	-,267	1	
	Sig.	,933	,040	,660	,011	,048	,061		
	N	50	50	50	50	43	50	50	
Pb v vodi	Koef. korelacije	,229	-,238	,192	-,099	-,201	,030	-,284	1
	Sig.	,110	,096	,183	,493	,197	,835	,045	
	N	50	50	50	50	43	50	50	50

* Korelacija je stat. pomembna pri stopnji 0,05.
** Korelacija je stat. pomembna pri stopnji 0,01.

Rezultati multiple linearne regresije so pokazali, da je le s starostjo ustanove mogoče pojasniti koncentracijo svincu v pitni vodi izbranih vrtcev in šol. Multipli determinacijski količnik regresijskega modela (R square) je enak 0,271, kar pomeni, da lahko z neodvisnimi spremenljivkami pojasnim okoli 27 % variabilnosti odvisne spremenljivke. Ocenjeni regresijski količnik sicer ni statistično značilen, saj je stopnja značilnosti celotnega modela visoka (Sig.=0,106), kar pomeni, da ne morem zavrniti domneve, da so vsi parcialni regresijski količniki enaki nič (Preglednica 4.8).

Iz ocen regresijskih količnikov t-testa posameznih neodvisnih spremenljivk in njihovih statističnih značilnosti lahko razberem, da je le pri spremenljivki »starost ustanove« parcialni regresijski količnik statistično značilen ($p=0,046$) in pozitiven, kar pomeni, da pri stopnji značilnosti 0,05 lahko trdim, da se s povišanjem vrednosti neodvisne spremenljivke »starost ustanove« za eno leto, poveča tudi vrednost odvisne spremenljivke »koncentracija svincu« za 0,145 $\mu\text{g/l}$, ob pogoju, da ostale neodvisne spremenljivke ostanejo nespremenjene (Preglednica 4.8).

Drugih statistično pomembnih razlik ne morem utemeljiti, zato pri stopnji značilnosti 0,05 ne morem trditi, da je koncentracija svincu v vodi odvisna od ostalih izbranih značilnosti vode oziroma od značilnosti omrežja (Preglednica 4.8).

Preglednica 4.8: Izračuni regresijskega modela**Table 4.8: Regression model output**

<i>Regresija (vsi)</i>				
Koef. determinacije, r^2		0,271		
p-vrednost		0,106		
	<i>b</i>	<i>p-vrednost</i>	<i>Sp. meja int. zaupanja</i>	<i>Zg. meja int. zaupanja</i>
(Konstanta)	83,5	,120	-22,9	190,0
Koliko ur je voda stala v ceveh?	-1,02	,150	-2,44	,390
Starost ustanove	,145	,046	,003	,288
Koncentracija prostega klora	27,0	,266	-21,5	75,4
Električna prevodnost	-,021	,316	-,062	,021
Temperatura vode	-,868	,327	-2,64	,903
pH vode	-4,39	,472	-16,7	7,87
Redoks potencial vode	-,018	,436	-,066	,029

Rezultati linearne regresije so pokazali, da imata največjo stopnjo neznačilnosti spremenljivki pH (0,472) in redoks potencial (0,436). Iz korelacijske matrike (Preglednica 4.7) je tudi razvidno, da imata omenjeni spremenljivki v povprečju visoke korelacijske količnike z drugimi neodvisnimi spremenljivkami.

Zaradi multikolinearnosti sem iz modela hkrati izločila spremenljivki »pH« in »redoks potencial«. Izločitev ni pozitivno vplivala na rezultate analize, zato sem jo zavrgla (Preglednica 4.9 a). Prav tako ni spremenila rezultatov analize posamična izločitev spremenljivke »pH« in nato še spremenljivke »redoks potencial« (Preglednica 4.9 b in c).

Preverila sem še, ali imata pH in redoks potencial vode vpliv na migracije svinca iz cevi in s tem na koncentracijo svinca v vodi. Naredila sem linearno regresijo, kjer sem ugotovila, da model pojasni le 8 % variance in da je neznačilen, kar pomeni, da statistično značilnih odvisnosti med spremenljivkami ni; posamezni t-testi za ugotavljanje značilnosti vplivov posameznih neodvisnih spremenljivk pa so pokazali, da obstaja povezanost med koncentracijo svinca in redoks potencialom ($p = 0,046$) - s povišanjem vrednosti neodvisne spremenljivke »redoks potencial« se zniža vrednost odvisne spremenljivke »koncentracija svinca«, če se pH ob tem ne spremeni (Preglednica 4.9 d).

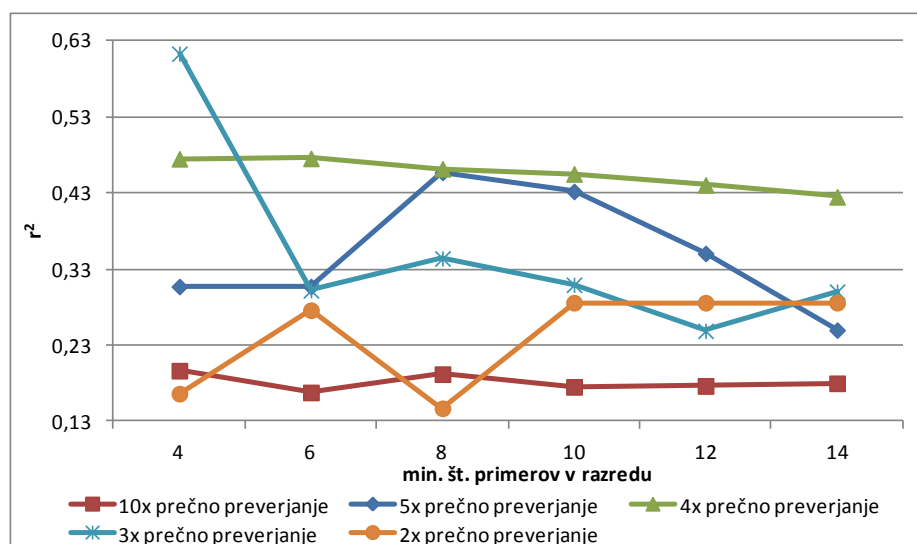
Preglednica 4.9: Izračuni regresijskega modeli z in brez redoks potenciala in pH**Table 4.9: Regression model output with or without redox potential and pH**

a) Regresija (brez pH in redoks potenciala)				
Koef. determinacije, r^2		0,250		
p-vrednost		0,051		
	<i>b</i>	<i>p</i> - <i>vrednost</i>	<i>Sp. meja int.</i> <i>zaupanja</i>	<i>Zg. meja int.</i> <i>zaupanja</i>
(Constant)	49,163	,016	9,561	88,765
Koliko ur je voda stala v ceveh?	-1,215	,066	-2,515	,085
Koncentracija prostega klora	28,207	,238	-19,399	75,814
Električna prevodnost	-,018	,252	-,050	,014
Temperatura vode	-1,088	,193	-2,750	,574
Starost ustanove	,133	,053	-,002	,267
b) Regresija (brez pH)				
Koef. determinacije, r^2		0,260		
p-vrednost		0,076		
	<i>b</i>	<i>p</i> - <i>vrednost</i>	<i>Sp. meja int.</i> <i>zaupanja</i>	<i>Zg. meja int.</i> <i>zaupanja</i>
(Constant)	48,198	,020	8,207	88,189
Koliko ur je voda stala v ceveh?	-1,037	,142	-2,439	,365
Koncentracija prostega klora	27,014	,262	-21,066	75,095
Električna prevodnost	-,013	,455	-,049	,022
Temperatura vode	-,900	,306	-2,656	,856
Starost ustanove	,131	,058	-,005	,266
Redoks potencial vode	-,017	,476	-,063	,030
c) Regresija (brez redoks potenciala)				
Koef. determinacije, r^2		0,258		
p-vrednost		0,079		
	<i>b</i>	<i>p</i> - <i>vrednost</i>	<i>Sp. meja int.</i> <i>zaupanja</i>	<i>Zg. meja int.</i> <i>zaupanja</i>
(Constant)	80,582	,130	-24,821	185,986
Koliko ur je voda stala v ceveh?	-1,219	,067	-2,531	,092
Koncentracija prostega klora	28,298	,240	-19,727	76,324
Električna prevodnost	-,026	,195	-,065	,014
Temperatura vode	-1,077	,201	-2,754	,600
Starost ustanove	,146	,044	,004	,287
pH vode	-3,903	,518	-16,018	8,213
d) Regresija (samo pH in redoks potencial)				
Koef. determinacije, r^2		0,083		
p-vrednost		0,130		
	<i>b</i>	<i>p</i> - <i>vrednost</i>	<i>Sp. meja int.</i> <i>zaupanja</i>	<i>Zg. meja int.</i> <i>zaupanja</i>
(Constant)	39,007	,321	-39,223	117,237
pH vode	-1,606	,735	-11,093	7,881
Redoks potencial vode	-,040	,046	-,080	-,001

4.3.3 Odločitvena drevesa

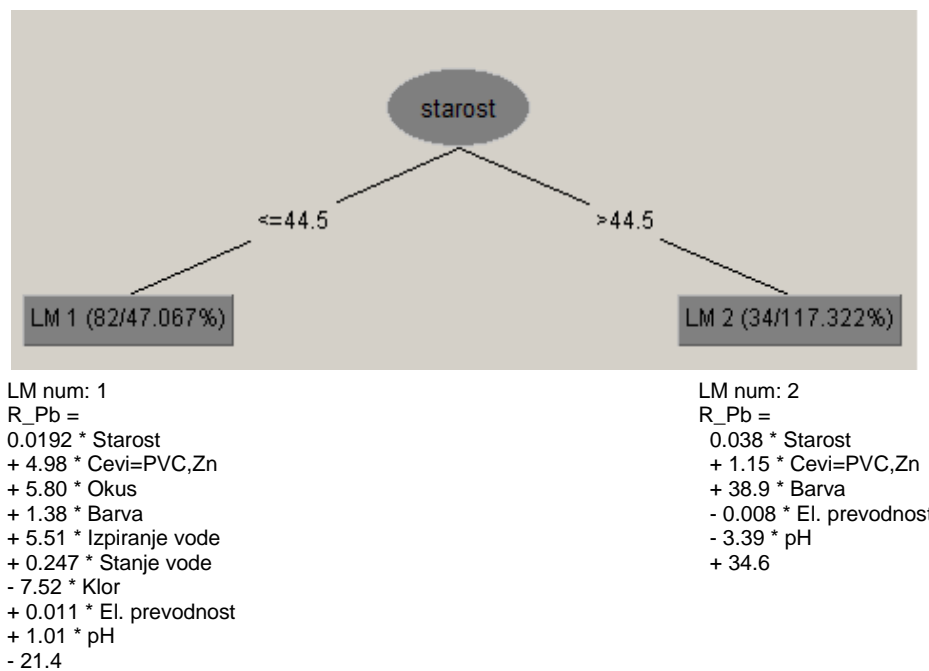
S postopkom desetkratnega prečnega preverjanja sem dobila pri minimalno 4 vzorcih vode v razredu, najvišji determinacijski količnik 0,197, kar pomeni, da model dosega slabo natančnost. Ko sem postopek ponovila z dva, tri, štiri in petkratnim prečnim preverjanjem in spreminjala minimalno število vzorcev vode, sem dobila najvišji determinacijski količnik 0,613 pri trikratnem prečnem preverjanju in pri minimalno 4 vzorcih vode v razredu (izpis z rezultati trikratnega prečnega preverjanja se nahaja v Prilogi L). Slika 4.2 prikazuje spreminjanje determinacijskega količnika v odvisnosti od minimalnega števila primerov (vzorcev vode) v razredu in od dva, tri, štiri, pet in desetkratnega prečnega preverjanja.

Odločitveno drevo, ki napoveduje koncentracije svınca, je prikazano na Sliki 4.3. Model je bil najbolje ocenjen na osnovi trikratnega prečnega preverjanja, sestavljen je iz dveh linearnih enačb (LM1, LM2) in enega vozlišča, v katerem nastopa atribut 'Age' (starost ustanove). Po enačbi LM1 se koncentracija svınca izračunava ustanovam starim 44,5 let in manj, po enačbi LM2 pa se koncentracija svınca v vodi izračunava ustanovam starim več kot 44,5 let.



Slika 4.2: Spreminjanje r^2 v odvisnosti od minimalnega števila primerov v razredu in n-kratnega prečnega preverjanja

Figure 4.2: Changing r^2 as a function of the minimum number of instances of the class and n-fold cross validation



Slika 4.3: Odločitveno drevo za napoved koncentracij svınca v pitni vodi in pripadajoči regresijski enačbi

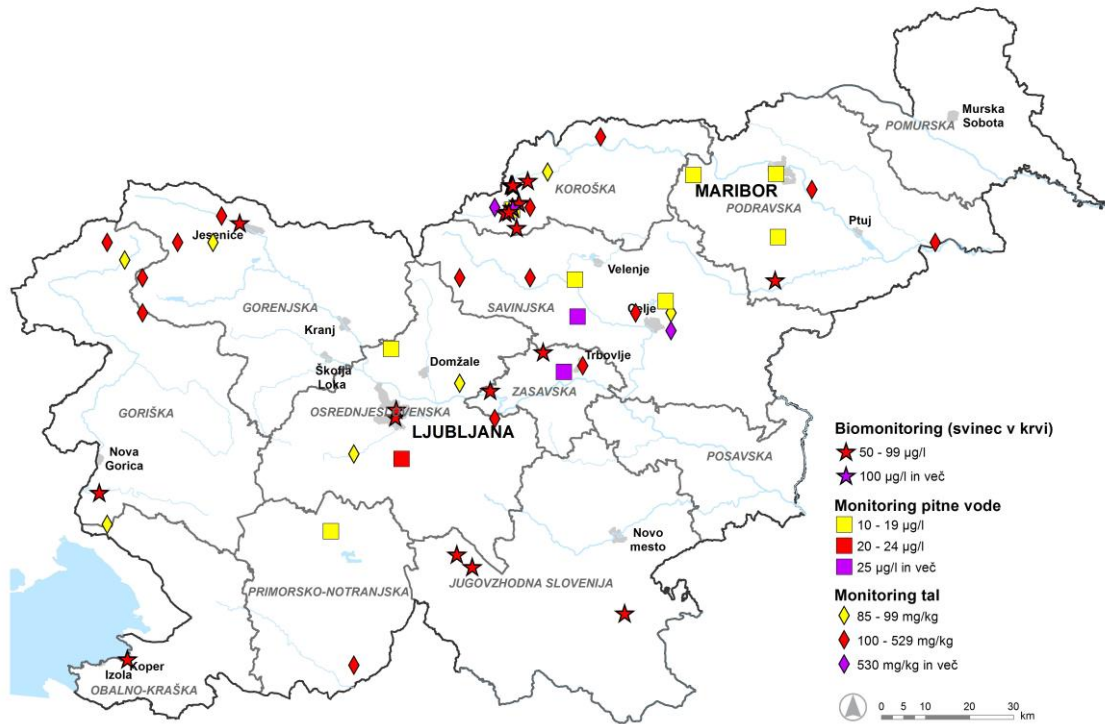
Figure 4.3: Decision tree for prediction of lead concentrations in drinking water and corresponding regression equations

S klasično regresijsko analizo nisem uspela oceniti vpliva vseh neodvisnih spremenljivk (koncentracija klora, električna prevodnost, temperatura, pH in redoks potencial vode ter stanje vode v ceveh in starost ustanove) na odvisno spremenljivko (koncentracija svınca v pitni vodi). Statistično lahko potrdim le povezavo med starostjo ustanove in koncentracijo svınca v vodi, kar pomeni, da bolj kot je ustanova stara, višje so koncentracije svınca v vodi hišnega vodovodnega omrežja.

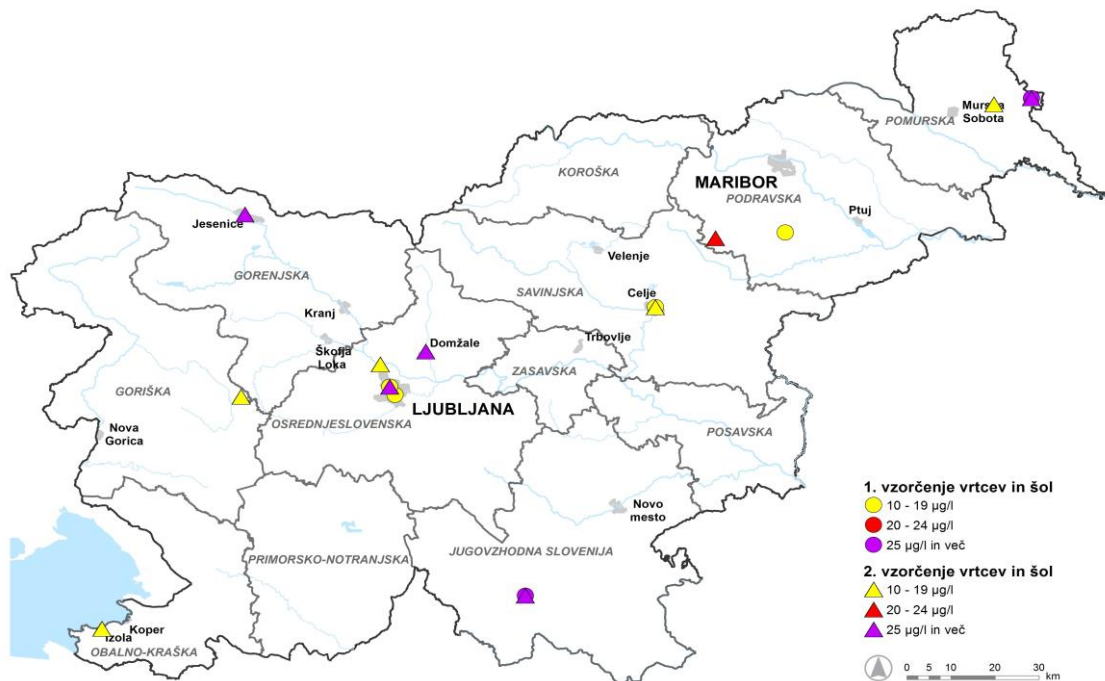
4.3.4 Pojav preseženih koncentracij svınca v pitni vodi, tleh in v krvi prebivalcev v Sloveniji

Slika 4.4 prikazuje presežene mejne vrednosti svınca v tleh (> 85 mg/kg v suhih tleh), presežene koncentracije svınca v pitni vodi iz državnega monitoringa (> 25 $\mu\text{g/l}$), presežene koncentracije svınca v krvi (> 50 $\mu\text{g/l}$) ter presežene koncentracije svınca (> 10 $\mu\text{g/l}$) v pitni vodi v slovenskih vrtcih in šolah pri prvem in drugem vzorčenju (Agencija za okolje RS, 2004–2010a; IVZ, 2004–2007; Zavod za zdravstveno varstvo Maribor, 2008–2010; Horvat, M. et al., 2015b).

a)



b)



Legenda:

a) presežene mejne vrednosti svinec v tleh (> 85 mg/kg v suhih tleh), presežene koncentracije svinec v pitni vodi iz državnega monitoringa (> 10 µg/l), presežene koncentracije svinec v krvi (> 50 µg/l)

b) povišane koncentracije svinec (> 10 µg/l) v pitni vodi v slovenskih vrtcih in šolah pri prvem in drugem vzorčenju

Slika 4.4: Svinec v tleh in v pitni vodi ter svinec v krvi prebivalcev

Figure 4.4: Lead in soil and drinking water and lead blood levels in people

Ugotovim lahko, da se lokacije, ki imajo povišane koncentracije svınca v tleh, lokacije s povišanimi koncentracijami svınca v pitni vodi iz državnega monitoringa in lokacije, kjer so z biomonitoringom ugotovili povišane koncentracije svınca v krvi, posebej ne prekrivajo z lokacijami vrtcev in šol, kjer so bile ugotovljene povišane koncentracije svınca v pitni vodi. Posebnega ponavljajočega vzorca ni najti, lahko pa ugotovim, da so pogosteje povišane koncentracije svınca na območju osrednjeslovenske in savinjske regije, pa tudi v podravski regiji, predvsem v pitni vodi (Slika 4.4).

Povišanih koncentracij svınca v pitni vodi v izbranih vrtcih in osnovnih šolah na območju Mežiške doline sicer v tej raziskavi nismo zaznali, vendar lahko na Sliki 4.4 a opazimo, da se povišane koncentracije svınca pojavljajo tako v tleh, kot pri monitoringu pitne vode in tudi pri biomonitoringu.

V zahodni in južni Sloveniji povečanih koncentracij svınca v tleh, pitni vodi in krvi prebivalcev ni pogosteje zaznati, na gorenjskem se pojavlja svinec v tleh.

4.4 Faza IV: Migracije svınca iz novejših materialov za izgradnjo vodovodnega omrežja

4.4.1 Opis modelnih raztopin

Vsem modelnim raztopinam, pitni vodi brez priprave, pitni vodi s pH 6,5 in Mili-Q vodi, sem pred izvedbo preskusa migracij svınca najprej izmerila pH, električno prevodnost in redoks potencial. Rezultati meritev se nahajajo v Preglednici 4.10.

Preglednica 4.10: Redoks potencial, električno prevodnost in pH uporabljenih modelnih raztopin

Table 4.10: Redox potential, electrical conductivity and pH of different solutions

	pitna voda	pitna voda s pH 6.5	Mili-Q
redoks potencial (mV)	370	370	424
elektroprevodnost (mS/cm)	396	396	16
pH	7,20	6,50	5,60
temperatura (°C)	23 in 80	23	23

4.4.1.1 Testni preskus

V testnem preskusu migracij svınca sem določala svinec v 21 raztopinah. Koncentracije svınca so bile ugotovljene v vseh modelnih raztopinah, vendar pri tem ni bilo moč zaznati nobenega vzorca migriranja. Koncentracije svınca nad 25 µg/l so vsebovali tudi slepi vzorci.

4.4.1.2 Drugi preskus

Pri drugem preskusu sem ugotovila, da je svinec migriral iz pocinkanih cevi, in sicer pri vseh modelnih raztopinah, migriranje svinca je potekalo tudi iz stare svinčene cevi, minimalno migriranje je potekalo tudi iz bakrenih cevi pri pitni vodi brez priprave, pri obeh temperaturah. Migriranje svinca je pri modelni raztopini Mili-Q vode pri 80 °C aktivneje potekalo le iz vezne gibljive gumijaste cevi, v manjši meri pa tudi iz kotnega ventila (Preglednica 4.11). Svinec v slepih vzorcih ni bil zaznan.

Preglednica 4.11: Povprečna vrednost svinca v različnih modelnih raztopinah glede na material

Table 4.11: The average amount of lead in various simulants depending on material

Material	Izpostavljena površina (cm ²)	Modelna raztopina	Povp. konc. Pb v µg/l	Mediana	Min	Max	Temp	pH	Redoks	El. prev.
Pocinkane cevi	132	Pitna voda, 23 °C	258	290	1	483	23	7,2	370	396
Pocinkane cevi	132	Pitna voda, 80 °C	246	324	80	333	80	7,2	370	396
Pocinkane cevi	132	Pitna voda s pH 6.5	139	34	3	381	23	6,5	370	396
Pocinkane cevi	132	Mili-Q	288	319	44	502	23	5,6	424	16
Bakrene cevi	136	Pitna voda, 23 °C	1,66	1,00	1	3	23	7,2	370	396
Bakrene cevi	136	Pitna voda, 80 °C	5,33	5,00	4	7	80	7,2	370	396
Svinčene cevi	330	Pitna voda, 23 °C	2060	2060	2060	2060	23	7,2	370	396
Svinčene cevi	330	Pitna voda, 80 °C	6760	6760	6760	6760	80	7,2	370	396
Kromiran kotni ventil		Mili-Q	6,00	6,00	6	6	80	5,6	424	16
Vezna gibljiva cev		Mili-Q	22,1	22,1	22	22	80	5,6	424	16

4.4.2 Rezultati analize migracij svinca iz materialov

Test enakosti povprečnih rangov, kjer sem z ničelno hipotezo predpostavila, da so porazdelitve enake, je pokazal, da se koncentracija svinca iz pocinkanih cevi, glede na tip vode, statistično značilno ne razlikuje, lahko pa se rangira vsaj koncentracije migriranega svinca iz pocinkane cevi glede na vrsto raztopine: največ svinca iz pocinkanih cevi je migriralo pri Mili-Q vodi, najmanj pa pri pitni vodi z znižanim pH. Pri stopnji značilnosti 0,05 ničelne hipoteze ne moremo zavrniti, saj je $p = 0,789$, torej lahko trdim, da razlik med srednjimi vrednostmi v štirih modelnih raztopinah ni.

Primerjala sem še povprečne range v dveh modelnih raztopinah - naredila sem primerjavo med migracijami svinca iz pocinkanih cevi v Mili-Q vodi in v vodi s pH 6,5, kjer je bila razlika pri testu povprečnih rangov največja. Rezultati so pokazali, da razlike niso statistično značilne, saj se vsota

rangov med obema vzorcema bistveno ne razlikuje. Vrednost $p = 0,275$ ni statistično značilno različna od 0 pri tveganju manjšem od 0,05 %. Pri tem tveganju lahko trdim, da razlik med srednjima vrednostma koncentracij svınca v obeh raztopinah ni.

4.5 Faza V: Posredna ocena izpostavljenosti svincu pri šestletnih otrocih

4.5.1 Opis podatkov ozadja

Preglednica 4.12 prikazuje podatke ozadja, in sicer za zrak, hrano in mivko. Najpomembnejši vir svınca predstavlja hrana, telo ga absorbira skoraj 93 μg na teden, sledi zrak, najmanj pomemben vir svınca pa je mivka.

Preglednica 4.12: Vnos svınca v telo na teden – najslabši možen scenarij, brez pitne vode (SZO, 1987 v Thornton, 2001, 122)

Table 4.12: Lead intake per week – worst-case scenario, without drinking water (SZO, 1987 v Thornton, 2001, 122)

Vir	Koncentracija Pb	Količina zaužitega vira	Izpostavljenost Pb na dan	Dejavnik absorpcije (v %)	Vnos Pb na dan (v μg)	Vnos Pb na teden (v μg)
Zrak	0,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7 m^3/dan	2,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	40%	1,12	7,84
Hrana	0,05 $\mu\text{g}/\text{g}$	531 g/dan	27 $\mu\text{g}/\text{g}$	50%	13,3	92,9
Mivka	2,7 $\mu\text{g}/\text{g}$	0,2 g/dan	0,54 $\mu\text{g}/\text{g}$	50%	0,270	1,89
SKUPNA ABSORBIRANA KOLIČINA SVINCA					14,7	102,7

Vir: Prirejeno po Thornton, 2001

4.5.2 Ocena izpostavljenosti svincu iz izbranih virov

Preglednica 4.13 je dopolnitev Preglednice 4.12. Ugotovim lahko, da predstavlja voda najpomembnejši vir svınca, telo ga absorbira skoraj 273 μg na teden, sledi hrana s skoraj 93 μg na teden, ostali viri svınca so zanemarljivi. Izračunan skupni vnos svınca na teden je 376 $\mu\text{g kg}^{-1}$ telesne mase teden⁻¹ (Preglednica 4.12 in Preglednica 4.13).

Preglednica 4.13: Vnos svınca v telo na teden – najslabši možen scenarij (SZO, 1987 v Thornton, 2001, 122)

Table 4.13: Lead intake per week – worst-case scenario (SZO, 1987 v Thornton, 2001, 122)

Vir	Koncentracija Pb	Količina zaužitega vira	Izpostavljenost Pb na dan	Dejavnik absorpcije (v %)	Vnos Pb na dan (v μg)	Vnos Pb na teden (v μg)
Voda	65 $\mu\text{g}/\text{l}$	1,2 l/dan	78 $\mu\text{g}/\text{l}$	50%	39	273
SKUPNA ABSORBIRANA KOLIČINA SVINCA					53,7	375,7

Vir: Prirejeno po Thornton, 2001

Ob predpostavki, da bi 20 kg otrok popil 1,2 l vode z najvišjo izmerjeno koncentracijo svınca v pitni vodi (65 µg/l), bi znašala tedenska izpostavljenost 13,65 µg kg⁻¹ telesne mase. V primeru, da bi otrok pil vodo s povprečno koncentracijo svınca (9 µg/l), bi bila izpostavljenost 1,89 µg kg⁻¹ telesne mase.

4.5.3 Izračun izpostavljenosti svincu z modelom IEUBK

Izračuni z modelom IEUBK (Priloga M) so pokazali, da je v primeru vnosa svınca po najslabšem možnem scenariju, največji vnos svınca preko vode. Model je predvidel, da predstavlja svinec preko vode okoli 72 % celotnega vnosa svınca, hrana predstavlja 25 %, medtem ko naj bi bil vnos preko zraka in zemlje oziroma mivke le 3 %. V primeru najslabšega možnega scenarija bi bil skupni dnevni vnos svınca iz vseh virov 44 µg na dan, ocenjena koncentracija svınca v krvi pa bi bila 105 µg/l (Preglednica 4.14).

Preglednica 4.14: Preračunani vnosi svınca iz posameznih virov v telo in koncentracije svınca v krvi otrok (starih 5-6 let), kot ga izračuna IEUBK model – najslabši možen scenarij (US EPA, 2007)

Table 4.14: Calculated intakes of lead from various sources and concentrations of lead in the blood of children (5-6 year old) as calculated by the IEUBK model – worst-case scenario (US EPA, 2007)

Vir	Koncentracija svınca	Količina zaužitega vira	Dejavnik absorpcije	Vnos svınca na dan (µg/dan)
Zrak	0,4 µg/m ³	7 m ³ /dan	0,32	0,373
Voda	65 µg/l	1,2 l/dan	0,5	31,4
Hrana	0,05 µg/g	531 g/dan	0,5	10,9
Mivka	2,7 µg/g	0,20 g/dan	0,45	1,17

Vnos svınca na dan (µg/dan) **43,8**

Koncentracija Pb v krvi (µg/l) **105**

5 RAZPRAVA

5.1 Glavne ugotovitve raziskave

Glavna ugotovitev raziskave je, da so koncentracije svınca v hišnih vodovodnih omrežjih po Sloveniji še vedno povečane ter da starost ustanove statistično značilno vpliva na koncentracije svınca v pitni vodi. Poleg tega pa je ena od pomembnejših ugotovitev tudi ta, da svinec lahko migrira tudi iz novejših materialov, ki se vgrajujejo v hišna vodovodna omrežja.

Sledijo najpomembnejše ugotovitve po fazah pričujoče raziskave:

I. faza: Za izbrana javna vodovodna omrežja sem pridobila podatke o starosti omrežja, vgrajenih materialih v omrežju, morebitnih adaptacijah in vzdrževalnih delih. Večina upravljavcev trdi, da težav s povečanimi koncentracijami svınca v javnem vodovodnem omrežju niso zaznali, predvidevajo pa, da ima skoraj 1/5 javnih vodovodnih omrežij še vedno vgrajene svinčene cevi ali druge svinčene dele.

II. faza: V izbranih vrtcih in šolah sem pridobila podatke o starosti ustanove, vgrajenih materialih v omrežju, morebitnih adaptacijah in vzdrževalnih delih ter načinu izpiranja omrežja. Podatke sem prejela za vsa izbrana hišna vodovodna omrežja, več kot 2/5 ravnateljev je prepričanih, da so se v hišno omrežje vgrajevale svinčene cevi ali drugi svinčeni deli.

III. faza: Določanje koncentracij svınca v pitni vodi izbranih vrtcev in osnovnih šol po Sloveniji je potekalo v dveh delih. Pri prvem vzorčenju je imelo koncentracijo svınca nad 10 µg/l 6 vzorcev pitne vode, pri drugem pa 11. Na podlagi izvedene regresijske analize je bilo ugotovljeno, da ima starost ustanove pomembno vlogo pri koncentracijah svınca v pitni vodi, drugih vplivov nisem uspela oceniti.

IV. faza: Ocenila sem vpliv različnih vrst cevi in drugih materialov, ki se še danes vgrajujejo v hišna vodovodna omrežja, na vrednosti svınca v pitni vodi. Svinec je migriral iz pocinkanih cevi, pa tudi iz gumijaste vezne gibljive cevi, minimalno tudi iz bakrenih cevi in iz kromiranega kotnega ventila.

V. faza: Posredno sem ocenila izpostavljenost svincu pri šestletnih otrocih in ugotovila, da vrednosti sicer ne presegajo dopustnega tedenskega vnosa svınca v telo, lahko pa pitna voda predstavlja pomemben vir izpostavljenosti svincu, saj bi v primeru najslabšega možnega scenarija, izpostavljenost presegla PTWI za svinec iz pitne vode, kar predstavlja tveganje za zdravje.

5.2 Podrobni rezultati raziskave po fazah in primerjava s podobnimi raziskavami

5.2.1 Faza I: Ocena stanja javnih vodovodnih omrežij v Sloveniji

Pri upravljavcih javnih vodovodnih omrežij sem izvedla kratko anketo o uporabljenih materialih za izgradnjo javnega omrežja in lahko zaključim, da upravljavci dobro poznajo svoja omrežja, dobro tudi vedo, kateri materiali so vgrajeni v omrežja, koliko je omrežje staro in kje pretijo nevarnosti. Zavedajo se težav povezanih s svincem in želijo svinec iz javnih omrežij čim hitreje izločiti.

Upravljavci so poročali, da so v javnih omrežjih največkrat vgrajene cevi iz polietilena visoke gostote, iz PVC-ja, litoželezne cevi in azbestno cementne cevi. V novejšem času se pogosteje vgrajujejo cevi iz nodularne litine, predvsem na območju zahodne Slovenije. Svinčene cevi in drugi svinčeni deli omrežja so še vedno prisotni, zlasti v omrežjih, ki so stari 50 let in več, predvsem gre za svinčene spoje med litoželeznimi cevmi. Upravljavci predvidevajo, da bodo v roku nekaj let odstranjeni, kar je odvisno od njihovih finančnih zmožnosti in razpoložljivih sredstev v proračunu posamezne občine.

Po ugotovitvi, da je imelo nekaj vrtcev in šol v pitni vodi ugotovljene zelo visoke koncentracije svınca v pitni vodi, sem ponovno stopila v stik z upravljavci, ki upravljajo javna omrežja, kjer se nahajajo te ustanove. Upravljavci na teh območjih še nikoli niso zaznali težav s svincem – niti v javnem vodovodnem omrežju niti v hišnih omrežjih ustanov, kjer so bile zaznane povišane koncentracije. Najverjetneje je to posledica uporabe metode za vzorčenje pitne vode, ki jo določa Program monitoringa pitne vode (Ministrstvo za zdravje, 2013). Vsi upravljavci, razen enega, namreč vzorčijo vodo tako, da pred odvzemom vzorca mrzlo vodo točijo do vzpostavitve temperature, s tem pa izperejo iz vode tudi svinec. S takim načinom vzorčenja ne bodo zasledili povišanih koncentracij svınca v pitni vodi, s tem pa bo tudi problem svınca ostal neprepoznan. Zgolj en upravljavec, ki vzorči vodo po 30 minutah stagnacije v cevi, brez izpiranja, se povišanih koncentracij zaveda in nadaljuje prizadevanja za čim hitrejšo rešitev težav s svincem v pitni vodi na svojem območju.

5.2.2 Faza II: Ocena stanja hišnih vodovodnih omrežij v izbranih vrtcih in osnovnih šolah

Pri ravnateljih slovenskih vrtcev in osnovnih šol, ki sem jih izbrala za sodelovanje v raziskavi, sem izvedla kratko anketo o lastnostih hišnega vodovodnega omrežja. Iz te ankete sem pridobila pomembne informacije za ugotavljanje morebitnih povečanih koncentracij svınca v njihovi pitni vodi.

Ravnatelji so poročali, da je bila več kot polovica ustanov zgrajenih med letom 1970 in 1979, ko so se za izgradnjo vodovodnega omrežja najpogosteje uporabljale svinčene cevi ali svinčeni deli omrežja (npr. svinčen tesnilni obroč za litoželezne cevi).

Anketa je pokazala, da kar petina ravnateljev ne ve, kateri materiali so bili uporabljena za izgradnjo omrežja, kar pomeni, da bi lahko tudi ta omrežja vsebovala svinčene cevi in svinčene dele omrežja. To je potrdila tudi statistična analiza pri Fazi III, saj je bilo ugotovljeno, da je povprečje koncentracij svınca v vodi najvišje v tistih ustanovah, kjer odgovorni ne vedo, kateri materiali so se uporabili za izgradnjo vodovodnega omrežja. Ravno obratno, nizko povprečje, velja za tiste ustanove, kjer odgovorni menijo, da so v omrežje vgrajene svinčene ali litoželezne cevi.

Sklepam, da odgovorni v vrtcih in šolah ne vedo natančno, iz katerih materialov je zgrajeno vodovodno omrežje v njihovi ustanovi in o njem lahko le ugibajo, saj ne vodijo arhiva izvajanja vzdrževalnih del na vodovodnih omrežjih. Druga možnost je ta, da ne želijo javno priznati, da so v njihovem vodovodnem omrežju še vedno vgrajene svinčene cevi ali drugi svinčeni deli omrežja. Tretja možnost je ta, da se odgovorni niso dovolj posvetili izpolnjevanju ankete in so odgovarjali le po spominu in občutku.

Ravnatelji trdijo, da se je svinec v hišna omrežja pogosteje vgrajeval v vzhodni in severovzhodni Sloveniji, glede na starost omrežja pa se je pogosteje vgrajeval v ustanove, ki so bile zgrajene od leta 1980 dalje, čeprav to ni zelo verjetno, saj se je svinec za izgradnjo hišnih vodovodnih omrežij ravno v teh letih prenehal uporabljati.

Zanimivo je, da nihče od 9 ravnateljev ustanov, ki so bile v tej raziskavi najstarejše (zgrajene do leta 1959), ne načrtuje obnove vodovodnega omrežja. Najverjetneje za to ni predvidenih finančnih sredstev, poleg tega pa so se v nekaterih od teh ustanov v zadnjem času izvajala vzdrževalna dela in za večje prenove ni potreb.

Pomembno je izpostaviti, da se večina vrtcev in osnovnih šol sicer drži priporočil o izpiranju vodovodnega omrežja prvi dan v tednu, med in po počitnicah. Kljub temu pa v skoraj tretjini ustanov vode ne izpirajo, zlasti v ustanovah, ki so bile zgrajene do leta 1959, torej v najstarejših ustanovah, kjer je več možnosti, da njihova vodovodna omrežja vsebujejo svinčene dele.

Treba je poskrbeti, da bi bile vse odgovorne osebe informirane in da bi vsi pravilno izvajali vzdrževanja hišnega vodovodnega omrežja, ki ga priporoča IVZ, ko predlaga izpiranje vodovodnega omrežja ob prekinitvah ali manjši porabi pitne vode, saj ta ukrep uspešno izpere povečane koncentracije svınca iz omrežja (IVZ, 2007).

5.2.3 Faza III: Vzorčenje in določanje koncentracij svinca v pitni vodi izbranih vrtcev in osnovnih šol

Pri ugotavljanju koncentracij svinca v pitni vodi slovenskih vrtcev in šol sem uporabila metodologijo vzorčenja, kjer sem odvzela 250 ml vzorca, brez predhodnega točenja vode, ki je stala v ceveh od 8 do 18 ur (US EPA, 2005b). Ta način odvzema predvideva, da je 250 ml vode količina ene skodelice tekočine, ki jo otrok zaužije pri enem pitju. Raziskave kažejo, da je kar $\frac{1}{4}$ vse popite vode v vrtcu ali šoli, voda brez predhodnega točenja – torej voda, ki hipotetično vsebuje več svinca (Karr, Sathyanarayana in Beaudet, 2004; US EPA, 2004).

Direktiva opredeljuje le vodo, ki je namenjena za prehrano ljudi, kar pa si države članice različno interpretirajo. Nekatere države, na primer Nemčija, definirajo kot pitno vodo tako mrzlo kot vročo vodo; spet druge države (Danska, Francija, Velika Britanija) trdijo, da je pitna voda le mrzla voda (Fontenay in Anderson, 2008). Slovenija se glede te problematike še ni uradno predelila. Trenutno obstoječe in priporočene metode odvzema vzorca pitne vode za določanje svinca v njej, priporočajo odvzem vzorca mrzle pitne vode, zato se za odvzem vzorca tople pitne vode v tej raziskavi nisem odločila (Hoekstra et al., 2009; US EPA, 2005b). V primeru, da bi za vzorčenje kljub vsemu uporabila vročo vodo, pa raziskave kažejo, da bi bila koncentracija svinca višja kot v mrzli vodi, ki je v ceveh stala čez noč (Gray, 2008).

Pri vzorčenju vode je potrebna pozornost pri rokovanju z mešalnimi pipami, pri katerih se lahko mrzla in topla voda mešata. Vzorčevalec bi moral biti pri vzorčenju pazljiv, da se iz pipe res toči mrzla voda (Hoekstra et al., 2009; Ministrstvo za zdravje, 2012b). Na to je bil v drugi fazi vzorčenja posebej opozorjen tudi vzorčevalec, ki je vzorčil vodo po izbranih vrtcih in osnovnih šolah.

Preden so bili vzorci pitne vode odvzeti, je voda pred vzorčenjem stala v ceveh relativno dolgo, kar je posledica dejstva, da se kuhinje v vrtcih in šolah zapirajo od 14. do 17. ure, vzorčevalec pa je vzorčenje izvajal v dopoldanskih urah. Zgodilo se je, da je voda, preden je bila vzorčena, stala v ceveh tudi 28 ur.

Pri primerjavi terenskih meritev prvega in drugega vzorčenja je opaziti razlike pri temperaturi odvzetih vzorcev, in sicer v povprečju za 7 °C. Pri prvem vzorčenju se je temperaturo izmerilo skupaj z ostalimi terenskimi meritvami, kar pomeni, da se jo je merilo po odvzemu prvega vzorca in po točenju vode. Pri drugem vzorčenju se je temperaturo izmerilo v vzorcu vode, ki je čez noč stala v pipi in ceveh. Do razlik je prišlo zaradi nenatančnih navodil merjenja temperature vzorca, kar je bilo odpravljeno pri drugem vzorčenju, kjer je bilo jasno napisano, da se temperatura vzorca meri neposredno v vzorcu, ki je v ceveh stal čez noč. Temperatura vode prvega in drugega vzorčenja bi

lahko bila višja tudi zaradi drugih dejavnikov, kot je na primer močno spremenjena dnevna temperatura zgradbe.

Pri primerjavi koncentracij svınca iz prvega in drugega vzorčenja se je pokazalo povečanje koncentracij svınca pri drugem vzorčenju. Vzrok za te razlike bi lahko iskala v 11 ustanovah, ki sem jih dodala pri drugem vzorčenju. Iz analize sem zato začasno izločila vseh 11 novih ustanov in s t-testom ugotovila, da večjih statističnih razlik med prvim in drugim vzorčenjem med povprečji koncentracij svınca v vodi ni, s tem pa lahko potrdim domnevo, da so za povečanje povprečja koncentracij svınca v vodi res krive ustanove, ki so bile dodane pri drugem vzorčenju.

V nadaljevanju sem analizirala le podatke iz drugega vzorčenja, kjer je bilo ustanovam iz prvega vzorčenja dodanih še 11 novih. Povprečne koncentracije svınca v pitni vodi so bile najvišje tam, kjer odgovorne osebe nimajo podatka o vgrajenih materialih v vodovodnem omrežju, poleg tega pa so bile višje koncentracije svınca ugotovljene tudi tam, kjer so odgovorni navedli, da imajo vgrajene plastične in pocinkane cevi. Visok delež teh cevi v omrežju lahko pojasni pogosto povišane koncentracije svınca v pitni vodi v nekaterih ustanovah, kljub temu da v hišnem omrežju nimajo vgrajenih svinčenih cevi. Svinec namreč lahko migrira iz starejših plastičnih cevi, saj se v njih nahaja kot stabilizator, v pocinkanih ceveh pa se nahaja svinec v cinku kot nečistoča, zato se lahko koncentracije svınca v pitni vodi povišajo, predvsem v tistih ustanovah, ki so bile zgrajene pred letom 1980 (Hoekstra et al., 2009; Nalatambi, 2009).

Želela sem proučiti, ali posamezne spremenljivke vplivajo na koncentracije svınca v pitni vodi. Z linearno regresijo sem ocenila le en statistično značilen regresijski količnik pri spremenljivki »starost ustanove«. Starost ustanove je povezana s koncentracijami svınca v pitni vodi, saj kaže na to, da so bile v prvotno hišno vodovodno omrežje vgrajene svinčene cevi oziroma drugi svinčeni deli omrežja. Svinčene dele omrežja je namreč težko popolnoma odstraniti iz omrežja, saj v njem praviloma vedno ostanejo prvotne vertikalne cevi, ki jih ob vzdrževalnih delih ne menjamo, kar pomeni, da kljub prenovi hišnega vodovodnega omrežja, v omrežju še vedno ostanejo svinčeni deli, ki povzročijo povišane koncentracije svınca v pitni vodi.

Predvidevala sem, da bodo na koncentracijo svınca, poleg starosti ustanove, vplivale tudi spremenljivke »stanje vode«, »prosti klor«, »električna prevodnost«, »pH«, »redoks potencial« in »temperatura vode«. Pri multipli linearni regresiji se te povezave niso potrdile za statistično značilne, verjetno zaradi premalo enot v vzorcu.

Med spremenljivkami je bila prisotna tudi multikolinearnost, kar je pokazala analiza korelacije, s katero sem ugotavljala moč povezanosti in vplivnosti med posameznimi spremenljivkami. Marsikdaj

se ob pojavu multikolinearnosti izkaže, da je najbolje, če ne storimo ničesar, saj se rezultati samo še poslabšajo. Kljub temu sem skušala problem multikolinearnosti rešiti z izključitvijo spremenljivke, ki ima visoke korelacijske količnike z drugimi spremenljivkami, ali z izključitvijo dveh spremenljivk, ki imata v regresijskem modelu najvišjo stopnjo neznačilnosti. Po ponovni izvedbi linearnih regresij brez spremenljivk (pH in redoks potencial), ki so moteče vplivale na model, je bilo ugotovljeno, da izločitev spremenljivk ne bi pomembno vplivala na rezultate.

S pomočjo algoritma M5P, programskega paketa WEKA, je bilo generirano odločitveno drevo, ki napoveduje koncentracije svınca in ki nakazuje, da je starost ustanove pomemben dejavnik za koncentracije svınca v pitni vodi. Najvišji determinacijski količnik je model dosegel pri trikratnem prečnem preverjanju in pri minimalnemu številu primerov 4, kar pomeni, da je vzorec zelo heterogen in da se mu zato lahko prilagodi le učna množica, ki v poštev vzame več podatkov, obenem pa kaže tudi na to, da je vzorec premajhen. Pri primerjavi klasične linearne regresije, ki analizira podatke celotnega vzorca, in odsekoma linearne regresije, se slednja izkaže za primernejšo, saj se z orodjem WEKA dobi boljše prilaganje modela.

Povprečna starost vrtcev in osnovnih šol, kjer so bile v tej raziskavi ugotovljene povišane koncentracije svınca v vodi, je bila 56 let. Večina teh ustanov je bila zgrajena do 80. let prejšnjega stoletja, zato lahko pričakujem, da so bile v teh omrežjih vgrajene svinčene cevi ali svinčeni deli omrežja.

Koncentracije svınca nad 20 $\mu\text{g/l}$ so bile pri prvem vzorčenju izmerjene v dveh ustanovah, pri drugem vzorčenju pa v petih. US EPA (2005b) predlaga, da se nemudoma prepove uporaba pitne vode v javni ustanovi v primeru, da nivo svınca v posameznem vzorcu preseže 20 $\mu\text{g/l}$; v primeru, da 10 % vzorcev preseže 15 $\mu\text{g/l}$, svetuje ukrepe. V primeru ugotovljenih koncentracij svınca v pitni vodi nad 10 $\mu\text{g/l}$, sem izbrane vrtce ali osnovne šole nemudoma obvestila in jim predlagala jutranje izpiralno točenje pitne vode iz pipe, s pomočjo katere se pripravlja hrana in pijača oziroma iz katere lahko otroci pijejo vodo.

Pri primerjavi rezultatov raziskave vzorčenja pitne vode v izbranih vrtcih in šolah ter raziskave, ki jo je izvedla EFSA (2010), lahko ugotovimo, da imamo v slovenskih vrtcih in šolah višje koncentracije svınca v pitni vodi kot v Evropi – ocenila sem 10 % neskladnost vzorcev zaradi presežene vrednosti 25 $\mu\text{g/l}$. Drugod v Evropi je ta delež okoli 3 %; v Avstriji tudi do 7 %. Neskladnost vode zaradi koncentracij svınca nad 10 $\mu\text{g/l}$, se v Evropi pojavlja pogosteje, na primer v Avstriji, na Češkem, v Nemčiji, Italiji, na Nizozemskem, na Poljskem in v Angliji ter tudi v Sloveniji (Mehikić, 2001; Zietz et

al., 2001; IVZ, 2003; Jung, Heiss, 2007 v Hayes, Skubala, 2009; Nemcova v Hayes, Skubala, 2009; Rubel in Becker v Hayes, Skubala, 2009; Slatts v Hayes, Skubala, 2009).

V raziskavi sem ocenila, da je 22 % vzorcev pitne vode preseгло vrednost 10 µg Pb/l, kar je več, kot je bilo ugotovljeno v raziskavi, ki jo je izvedel Zietz et al. (2001) na Spodnjem Saškem, kjer je bilo takih 3 % vzorcev oziroma 7 % vzorcev pri raziskavi, ki je bila izvedena leta 1998, prav tako v Nemčiji (Becker et al., 2001).

Pri primerjavi z rezultati raziskav iz šol v ZDA, ugotavljam, da je stanje v Sloveniji na področju svinca v pitni vodi boljše kot v ZDA, saj raziskave na tem področju navajajo 7–22 % vzorcev pitne vode, kjer je svinec presegal 20 µg/l (Karr, Sathyanarayana in Beaudet, 2004; Washington State Departement of Health, 2005). V tej raziskavi je bilo 10 % takih vzorcev.

Primerjava rezultatov raziskav v Sloveniji je pokazala, da je delež neskladnih vzorcev zaradi preseženih mejnih vrednosti svinca (10 µg/l) v tej raziskavi 22 % in je višji ali enak kot deleži neskladnih vzorcev v vrtcih in šolah iz preteklih raziskav v Sloveniji. Delež neskladnih vzorcev, ki so bili odvzeti v starejših ustanovah v Ljubljani leta 2001, je bil 18 %; delež neskladnih vzorcev, ki so bili odvzeti leta 2001 v ustanovah, ki so se nahajali v starih mestnih jedrih, pa je bil 15 % (Mehikić, 2001; IVZ, 2003).

Z odvzemom kontrolnega vzorca sem prikazala, da se koncentracije svinca v večini vzorcev znižajo pod 2 µg/l, ko se voda iztoči iz cevi hišnega vodovodnega omrežja, kar pomeni, da je problematika svinca vezana izključno na hišno vodovodno omrežje in da voda iz javnega omrežja ne vsebuje visokih koncentracij svinca. Izjema je bil en kontrolni vzorec, v katerem je bila ugotovljena koncentracija svinca nad mejno vrednostjo. Vzrok zanj pa gre iskati v morebitnem prekratku točenju vode pred odvzemom kontrolnega vzorca – zaradi dolžine oziroma razvejanosti hišnega vodovodnega omrežja.

Pomembno je, da se voda toči vsako jutro, iz vseh pipah, preden se jo uporabi za pripravo hrane ali pijače, saj se s tem, ko voda stoji v ceveh nekaj ur, možnost onesnaženja s svincem močno poveča. Poleg tega je po izobraževalnih ustanovah priporočljivo intenzivno predhodno izpiranje omrežja, ko je poraba pitne vode zmanjšana ali prekinjena. Monitoring pitne vode v Sloveniji namreč kaže, da je voda po prekinjeni ali zmanjšani porabi pogosto neprimerna za uporabnike (npr. povečana motnost vode je lahko posledica luščenja oblog v ceveh) (IVZ, 2007). Opozoriti je potrebno, da je ukrep nekaj minutnega točenja vode učinkovit le v primeru, da vsebuje svinčene dele omrežja le hišno vodovodno omrežje. V primeru, da vsebuje svinčene dele tudi javno vodovodno omrežje, ta rešitev ni zanesljiva.

V tem primeru se je potrebno posvetovati z območnim upravljavcem javnega vodovodnega omrežja in poskušati rešiti težavo v sodelovanju z njim.

Za boljši pregled ogroženosti otrok s svincem sem zbrala še podatke o koncentracijah svinca v podtalnici in površinskih vodah, podatke o koncentracijah svinca v pitni vodi iz monitoringa pitne vode, podatke o prisotnosti svinca v zemlji, podatke o svincu, ki prihaja po zraku, in podatke o koncentracijah svinca v krvi iz biomonitoringa (Agencija za okolje RS, 2004–2010a; Agencija za okolje RS, 2004–2010b; Agencija za okolje RS, 2004–2010c; Agencija za okolje RS, 2004–2010d; IVZ, 2004–2007; Horvat et al., 2015b). Ugotovila sem, da so bile povišane koncentracije svinca prisotne le pri monitoringu tal in monitoringu pitne vode ter pri biomonitoringu, zato sem te podatke prikazala na karti Slovenije, vendar se področja s povišanimi koncentracijami svinca v pitni vodi v vrtcih in osnovnih šolah ne prekrivajo. Lahko pa opazimo, da se pogosteje pojavljajo v osrednjeslovenski in savinjski regiji, pa tudi v podravske regiji, predvsem v pitni vodi. Na teh območjih je najverjetneje tudi celokupna izpostavljenost otrok svincu v okolju večja.

Vzrok večjega pojavljanja svinca v vzorcih pitne vode v Ljubljani gre iskati v starosti javnega vodovodnega omrežja, poleg tega pa svinčene cevi in svinčene dele omrežja vsebujejo tudi starejši objekti, v katerih se je vzorčilo pitno vodo (Jamnik, 2012). Svinec v tleh je verjetno posledica gostega prometa, ki se steka v naše glavno mesto. Posledica onesnaženja vode in tal s svincem je najverjetneje tudi povišana koncentracija svinca v krvi.

Vzrok pogostejšega pojavljanja svinca v pitni vodi v Celju je enak tudi v Ljubljani, saj je bilo Celje v času Rimljanov uspešna kolonija, ko se je svinčene cevi uporabljalo za izgradnjo javnega vodovodnega omrežja. Svinec v tleh pa je posledica večje industrijske onesnaženosti tega področja. Posledica naštetega so povišane koncentracije svinca v krvi posameznikov nad povprečjem za celotno populacijo (Horvat et al., 2015).

Povečanih koncentracij svinca v pitni vodi vrtcev in osnovnih šol v Mežiški dolini sicer nisem ugotovila, se pa tam redno pojavljajo povečane koncentracije svinca v tleh in v krvi prebivalcev. Enkrat pa je bila presežena mejna vrednost svinca v pitni vodi v državnem monitoringu. To območje je obremenjeno s težkimi kovinami zaradi večstoletnega rudarjenja in predelave svinčeve in cinkove rude, zato povišane koncentracije svinca v krvi na tem področju niso redkost.

Na Gorenjskem se svinec sicer pogosteje pojavlja v tleh, kar je posledica industrijske onesnaženosti tega področja. Presežena mejna vrednost pa je bila dvakrat ugotovljena tudi v pitni vodi izbranega vrtca, kar pa je najverjetneje posledica svinčenih delov hišnega vodovodnega omrežja.

5.2.4 Faza IV: Migracije svınca iz novejših materialov za izgradnjo vodovodnega omrežja

Raziskavo sem nadgradila z laboratorijskim merjenjem procesov migracij svınca iz modernih materialov za izgradnjo vodovodnega omrežja, v različnih vodnih okoljih.

Pri testnem preskušanju migracij so bile povišane koncentracije svınca ugotovljene v vseh modelnih raztopinah, kar pomeni, da je pri rokovanju s svinčeno cevjo najverjetneje prišlo do prenosa na druge materiale, saj so visoke koncentracije svınca vsebovali tudi slepi vzorci. Pri drugem preskušanju sem prenos svınca iz enega materiala na drugega preprečila z umivanjem rok med polnjenjem cevi z modelnimi raztopinami, poleg tega pa sem vsako napolnjeno cev, preden sem jo dala v inkubator, z obeh strani zaprla.

Pri drugem preskušanju sem povečala tudi število preskusnih testirancev, to je cevi, saj po en testiranec na posamezno modelno raztopino ne bi dal statistično zanesljivih rezultatov. Za vsako modelno raztopino in za vsako temperaturo so bili torej pripravljene po trije preskusni testiranci iz enakega materiala (razen pri rabljeni svinčeni cevi, saj sem imela na voljo le eno).

Svinec je migriral le iz pocinkanih cevi, in sicer pri vseh modelnih raztopinah. Največ svınca iz pocinkanih cevi je migriralo pri Mili-Q vodi, morda zato, ker je imela najnižji pH, ki pospeši migriranje svınca iz cevi. Najmanj svınca je migriralo pri pitni vodi brez priprave z znižanim pH, za kar ne poznam primerne razlage. Pričakovala bi, da bi najmanj svınca migriralo iz pitne vode brez priprave pri 23 °C. Najverjetneje je do takega rezultata prišlo zaradi premajhnih razlik v lastnostih modelnih raztopin in zaradi premalo ponovitev preskusa, zato statistično značilnih vplivov pH, temperature, redoks potenciala in električne prevodnosti vode na migracije svınca iz cevi nisem uspela potrditi. Svinec iz novih pocinkanih cevi praviloma ne bi smel migrirati, saj so na tržišču na voljo le pocinkane cevi skoraj brez dodatnih primesi (NSF International, 2007).

Naboru cevi sem kasneje dodala še tri materiale, saj sem želela ugotoviti, ali morda svinec lahko migrira tudi iz pipe, kotnega ventila ali vezne gibljive gumijaste cevi. Material sem testirala v robnih pogojih, in sicer pri temperaturi 80 °C in z Mili-Q vodo, ki je imela najnižji pH, saj raziskave dokazujejo, da višja temperatura in nižji pH vode lahko pospešita migracije svınca iz cevi (Gray, 2008; Thornton, Rautiu in Brush, 2001; SZO, 2006; Hayes, 2010a). Svinec je migriral iz vezne gibljive cevi in je presegel mejno vrednost, ki jo določa Pravilnik o pitni vodi (Uradni list RS, 2004a). V manjši meri je svinec migriral tudi iz kotnega ventila iz medenine, vendar izmerjena koncentracija ne predstavlja večjega tveganja za zdravje.

Vezna gibljiva cev je narejena iz etilen propilenske gume, ki ne vsebuje svınca, lahko pa bi svinec migriral iz priključkov in objemk iz medenine, saj se svinec dodaja medenini za izboljšanje obdelovalnosti. Tudi svinec, ki je migriral iz kotnega ventila, verjetno izhaja iz medenine. Raziskave kažejo, da svinec, ki migrira iz medenine, sicer lahko poveča koncentracijo svınca v pitni vodi nad mejno vrednost, vendar se hitro spere in ne predstavlja pomembnejšega vira izpostavljenosti (Vilarinho et al., 2004; Gardels in Sorg, 1989, cit. Po Islam, 2010).

5.2.5 Faza V: Posredna ocena izpostavljenosti svincu pri šestletnih otrocih

Pri izračunavanju celokupne izpostavljenosti sem predpostavila, da so šestletni otroci v povprečju teški 20 kg in da je absorpcija svınca preko uživanja pitne vode, hrane in zemlje 50 %, iz zraka pa 40 % (Thornton, Rautiu and Brush, 2001). Predvidevala sem scenarij, ki predpostavlja vnos najvišje izmerjenih količin svınca, ki so bile izmerjene v posameznem viru v okolju. Gre torej za zelo konzervativno oceno, saj bi v praksi težko dosegli tako robne pogoje izpostavljenosti, zato je verjetno, da sem celokupno izpostavljenost precenila.

Skupni vnos svınca iz vseh virov na teden ni presegel PTWI za 20 kg otroka, ki je 500 µg. Treba pa je poudariti, da je bil pri izračunih upoštevan PTWI, ki je že od leta 2010 umaknjen s strani JECFA, ker ne more varovati zdravja ljudi, saj je že raven svınca 1,9 µg kg⁻¹ telesne mase dan⁻¹ pri otrocih povezana z zmanjšanjem inteligenčnega kličnika za 3 točke, o čemer je odbor menil, da je skrb vzbujajoče (Council of Europe, 2013). Z izračuni izpostavljenosti sem ocenila, da bi otroci, ob upoštevanju najslabšega možnega scenarija, zaužili 2,68 µg svınca kg⁻¹ telesne mase dan⁻¹, kar močno presega raven, ki je povezana z zmanjšanjem inteligenčnega količnika.

Rezultati izračunavanja celokupne izpostavljenosti so torej pokazali, da predstavlja vsebnost svınca, ki jo otroci sprejmejo iz okolja iz vseh virov, približno 75 % PTWI za 20 kg otroka, kar je veliko več, kot je ugotovila raziskava, ki je bila izvedena na območju Celja. Ta je ugotovila, da tak vnos za otroka, težkega 20 kg, dosega 20 % PTWI (Eržen, 2010). Do razlik je prišlo zaradi različnih podatkov o vrednostih svınca v pitni vodi, ki so jih v raziskavi v Celju povzeli iz podatkov monitoringa pitne vode, ki ponavadi ne beleži povečanih vrednosti (IVZ, 2004–2007).

V skladu z modelom, ki predpostavlja 50 % absorpcijo svınca preko vode, sem potrdila domnevo, da predstavlja voda najpomembnejši vir svınca, sledi mu hrana, ostali viri so zanemarljivi. Na ta pomembna dejstva je opozorila že raziskava o koncentracijah svınca v živilih (EFSA, 2010). Ocenila je, da voda, poleg žit in zelenjave, predstavlja pomemben prispevek k izpostavljenosti evropske populacije svincu.

Glede na to, da se mejna vrednost svınca v pitni vodi, ki temelji na PTWI, ki je bil leta 2010 umaknjen, ni spremenila, sem domnevala, da se lahko za okvirno oceno izpostavljenosti uporabi stari PTWI za svinec v pitni vodi, ki je bil $12,5 \mu\text{g kg}^{-1}$ telesne mase (SZO, 2006). Ugotovila sem, da bi izpostavljenost za 20 kg otroka, ki bi na dan popil 1,2 litra vode, ta pa naj bi vsebovala maksimalno izmerjeno koncentracijo svınca $65 \mu\text{g/l}$, bila $13,65 \mu\text{g kg}^{-1}$ telesne mase teden⁻¹ in bi tako presegla PTWI za svinec v pitni vodi.

Izračunana koncentracija svınca $1,95 \mu\text{g kg}^{-1}$ telesne mase dan⁻¹ bi minimalno presegla tudi raven $1,9 \mu\text{g kg}^{-1}$ telesne mase dan⁻¹, ki je povezana z zmanjšanjem inteligenčnega količnika pri otrocih (Council of Europe, 2013). Izpostavljenost takšni količini svınca lahko predstavlja tveganje za pojav škodljivih učinkov na zdravje. V tem primeru izračunavanja izpostavljenosti svincu gre za najslabši možni scenarij, saj je potrebno opozoriti, da šestletnik ne bo popil vse vode zjutraj in voda, ki ji bo izpostavljen kasneje v dnevu, predvidoma ne bo vsebovala tako visokih koncentracij svınca. Gre torej za oceno s pridržkom, ki pa nas kljub vsemu opozarja na potencialno tveganje za zdravje.

Pomembno je opozoriti na spremenljivost koncentracij svınca v izbranem hišnem vodovodnem omrežju skozi čas. Čeprav bi vsi otroci pili vodo iz pipe, iz katere teče voda s povišanimi koncentracijami svınca, ne bi bili vsi enako izpostavljeni svincu. Najbolj bi bil izpostavljen prvi otrok, ki bi popil prvo skodelico vode, ki je v ceveh stala najdaljši čas, vsak naslednji otrok pa bi bil izpostavljen vedno manjšim koncentracijam. Poleg tega tudi ni zagotovo, da bo vsako jutro pil vodo s povišanimi koncentracijami svınca isti otrok. Izpostavljenost svincu v pitni vodi se tako ustrezno zmanjša.

Za natančnejši izračun izpostavljenosti iz vseh virov sem uporabila še model IEUBK, ki je potrdil domneve, da pitna voda predstavlja najpomembnejši vir svınca iz okolja. V primeru najslabšega možnega scenarija bi izračunana koncentracija svınca v krvi ($105 \mu\text{g/l}$) močno presegla mejno vrednost svınca v krvi, ki znaša $50 \mu\text{g/l}$. Pri tej vrednosti je že potrebno izvajati ukrepe za zmanjšanje vsebnosti svınca v okolju, potrebno pa se je zavedati, da se nevrološki znaki lahko pri otrocih pokažejo že pri $20 \mu\text{g/l}$ (Centers for Disease Control and Prevention, 2012). Opozoriti je treba, da so številne študije ocenile, da se pri povišanju svınca v krvi za $10 \mu\text{g/l}$, inteligenčni količnik predšolskih otrok zniža za četrtno do polovico točke, pri predpostavki, da je imel otrok v krvi od 100 do $200 \mu\text{g Pb/l}$ (Schwartz, 1994; Pocock, Smith in Baghurst, 1994 v SZO, 2010). Raziskava v Ameriki je pokazala, da otroci, ki so celo življenje izpostavljeni visokim koncentracijam svınca in imajo koncentracije svınca v krvi od $50 \mu\text{g/l}$ do $99 \mu\text{g/l}$, dosegajo pri testih inteligenčnega količnika 4,9 točke manj, kot otroci, ki imajo koncentracije svınca pod $50 \mu\text{g/l}$.

Z modelom izračunana koncentracija svınca v krvi 105 µg/l bi presegla tudi cilj Programa ukrepov za izboljšanje kakovosti okolja v Zgornji Mežiški dolini, in sicer, da naj bi imelo 95 % otrok vsebnosti svınca v krvi pod 100 µg/l. V njihovi raziskavi je bila povprečna vrednost svınca v krvi otrok 65 µg/l, najvišja izmerjena vrednost pa je bila 517 µg/l (NIJZ, 2015). Merjenje svınca v krvi otrok, starih 7 do 14 let, je potekalo tudi v Ljubljani, v sklopu projekta EU PHIME, kjer je bila izmerjena povprečna koncentracija svınca v krvi 13,4 µg/l, kar pomeni, da je bila skoraj petkrat nižja kot na Koroškem (Hruba et al., 2012).

Model IEUBK je iz enakih vhodnih podatkov izračunal nižjo izpostavljenost, kot sem jo izračunala sama, najverjetneje pa je prišlo do razlik zaradi nižjih dejavnikov absorpcije pri zraku in zemlji, poleg tega pa model upošteva še druge dejavnike, kot je biorazpoložljivost svınca iz posameznih faktorjev, rast otroka, koncentracija svınca v notranjem zraku in v hišnem prahu, absorpcija svınca skozi pljuča, hitrost dihanja, koliko ur otroci preživijo na prostem, model simulira tudi spremembe v otrokovem okolju v enoletnih intervalih.

5.3 Slabosti in prednosti raziskave

5.3.1 Faza I: Ocena stanja javnih vodovodnih omrežij v Sloveniji

Slabost pri Fazi I je bil vprašalnik, ki je vseboval odprta vprašanja in je bilo kasneje odgovore nanje težje kodirati.

Prednost anketiranja upravljavcev je v tem, da sem z vprašalnikom pridobila nekatere podatke o javnih vodovodnih omrežjih, ki jih pred tem v Sloveniji še nismo zbirali – starost, vzdrževalna dela, vgrajeni materiali v omrežju, svinec v omrežju.

5.3.2 Faza II: Ocena stanja hišnih vodovodnih omrežij v izbranih vrtcih in osnovnih šolah

Slabost Faze II je bil vprašalnik, ki je vseboval odprta vprašanja in je bilo kasneje odgovore nanje težje kodirati, v anketo pa bi morala vključiti večje število enot.

Prednost anketiranja ravnateljev izbranih ustanov je, da sem že s samim anketiranjem posredno opozorila odgovorne osebe na problematiko svınca v pitni vodi in jim obenem ponudila možno rešitev (izpiranje omrežja) za zniževanje koncentracij svınca, ki je hitra in poceni.

5.3.3 Faza III: Vzorčenje in določanje koncentracij svinca v pitni vodi izbranih vrtcev in osnovnih šol

Glavna pomanjkljivost vzorčenja pitne vode po vrtcih in osnovnih šolah je bil majhen vzorec. Z multivariatno linearno regresijo in z generiranjem odločitvenega drevesa, je bilo ocenjeno, da je vzorec zelo heterogen in da je premajhen.

Druga pomembna pomanjkljivost je bil neprimeren čas ponovitve vzorčenja. Ponovitev bi se morala zgoditi v toplejšem obdobju, po možnosti poleti, da bi dobili tudi razlike v temperaturi vode, ki je v ceveh stala čez noč. Opozorjam pa, da tudi taka ponovitev ne bi pomagala, ker je bila meritev temperature vzorca pri prvem vzorčenju izvedena napačno, saj navodila za vzorčenje niso nedvoumno zahtevala merjenja temperature v prvem vzorcu vode, ki je v pipi in ceveh stala 8 do 18 ur. Temperatura vode pri prvem vzorčenju se je tako merila različno, največkrat šele po točenju vode za potrebe merjenja terenskih meritev. Napaka je bila odpravljena pri drugem vzorčenju. Takrat so bila navodila nedvoumna; temperaturo vode je vzorčevalec izmeril v prvem vzorcu vode, ki je v ceveh stala čez noč.

Glavna prednost vzorčenja pitne vode po vrtcih in osnovnih šolah je ta, da je bila uporabljena metodologija vzorčenja, ki je pri prejšnjih raziskavah, izvedenih v Sloveniji, niso uporabili. Metoda odvzema vode, ki je v ceveh stala od 8 do 18 ur, se močno razlikuje od trenutno uveljavljenih metod za odvzem pitne vode za potrebe državnega monitoringa, kjer se voda, ne glede na parameter preskušanja, pred odvzemom toči 2 minuti oziroma do stabilizacije temperature. Poleg tega pa se pri polnjenju embalaže pretoči vsaj trikratni volumen vode, preden se embalaža zapre (Ministrstvo za zdravje, 2012b). Na strokovni ravni bi bilo treba dogovoriti primeren način vzorčenja vode za ugotavljanje koncentracij svinca v njej.

Druga prednost vzorčenja pitne vode je osvetlitev problema svinca v pitni vodi pri odgovornih osebah izobraževalnih ustanov, kamor zahajajo najbolj občutljive skupine prebivalcev Slovenije.

5.3.4 Faza IV: Migracije svinca iz novejših materialov

Pri procesu migracij svinca iz novejših materialov za izgradnjo hišnega vodovodnega omrežja, nisem uspela oceniti povezave med lastnostmi modelnih raztopin in migracijami svinca iz cevi. Najverjetneje je do tega prišlo zaradi premajhnih razlik v lastnostih modelnih raztopin in zaradi premalo ponovitev preskusa.

Prednost preskusov migracij svınca iz novejših materialov za izgradnjo hišnega vodovodnega omrežja je ta, da sem z njimi dokazala, da migracije svınca iz teh materialov potekajo ter, da migriranje ni možno le iz vodovodnih cevi, pač pa tudi iz drugih sestavnih delov vodovodnega omrežja, kot je na primer vezna gibljiva cev med ventilom in pipo, kar je pomemben podatek za strokovnjake iz gradbenih strok, za izvajalce vodovodnih inštalacij in druge strokovnjake iz tega področja.

5.3.5 Faza V: Posredna ocena izpostavljenosti svincu pri šestletnih otrocih

Pri izračunavanju skupne izpostavljenosti svincu v okolju, je potrebno opozoriti, da sem za izračun zbrala različne študije, iz katerih sem pridobila podatke o količini zaužite snovi in količini svınca v snovi. Te študije so se izvajale za druge namene, neodvisno od te raziskave, poleg tega podatki niso izvirali iz istega časovnega obdobja, zato je izračunani rezultat izpostavljenosti le približek realnega rezultata.

Druga slabost je ta, da pri izračunu nisem upoštevala podatkov o koncentracijah svınca v pitni vodi iz hišnih vodovodnih omrežij, kjer otroci živijo. Domače hišno vodovodno omrežje lahko pomembno prispeva k izpostavljenosti otroka svincu, na kar je opozorila že raziskava biomonitoringa v Sloveniji, kjer so ocenili, da so koncentracije svınca v krvi pomembno višje pri tistih preiskovancih, ki se oskrbujejo z vodo iz lokalnih oziroma lastnih zajetij in vodovodov (Horvat et al., 2015).

Tretja slabost izračuna izpostavljenosti je ta, da ni popolnega prekrivanja lokacij vzorčenja vrtcev in šol ter lokacij vzorčenja tal, zraka in hrane, obenem pa so podatki, ki sem jih pridobila iz drugih raziskav, ki so se izvajale v Sloveniji, zanesljivi in pridobljeni po uveljavljenih metodah, zato je lahko to tudi prednost za ustrezno in natančno izračunavanje izpostavljenosti otrok svincu v okolju. Raziskava, kjer bi se na istih lokacijah vzorčilo vodo, hrano, zrak in mivko, po možnosti pa tudi izvajalo humani biomonitoring, bi bila finančno zelo velik zalogaj in je v bližnji prihodnosti v Sloveniji ni pričakovati.

5.4 Pomen raziskave za stroko javnega zdravja

Pitna voda na poti od zajetja do pipe pride v stik z mnogimi različnimi materiali, kot so filtri, cevi, pipe, ventili, kotli, zbiralniki in podobno. Vsi ti materiali nikakor ne smejo vplivati na poslabšanje kakovosti te pitne vode oziroma natančneje, kot to določa ZZUZIS (Uradni list RS, 2000): »Ti izdelki ne smejo vsebovati snovi, ki lahko škodljivo vplivajo na zdravje ljudi ali poslabšajo organoleptične lastnosti in sestavo vode, če prehajajo v vodo.« Tudi Pravilnik o pitni vodi (Uradni list RS, 2004a) v 33. členu določa, da materiali in snovi, ki so v stiku s pitno vodo, ne smejo glede fizikalnih, kemijskih ali

mikrobioloških lastnosti vplivati na skladnost pitne vode. Kljub navedenemu, sem v tej raziskavi ugotovila, da lahko migracije kljub vsemu potekajo iz različnih materialov, ki se uporabljajo za izgradnjo hišnega vodovodnega omrežja in tako lahko škodljivo vplivajo na zdravje ljudi.

Na podlagi dokazov, ki sem jih priskrbel s to raziskavo, lahko oblikujem ukrepe za znižanje koncentracij svınca v pitni vodi iz hišnega vodovodnega omrežja, ki jih lastniki objektov lahko izvedejo v primeru povišanih koncentracij. Gre za hitre in učinkovite ukrepe, ki lahko znižajo koncentracije v trenutku, naštetih so tudi ukrepi, kjer so rešitve dražje, a dolgotrajnejše.

Rešitve težav s svincem morajo biti hitre, saj se je treba kar najhitreje odzvati na povišane vrednosti svınca v vodi, in hkrati trajne, saj moramo probleme s svincem poskušati rešiti za vedno ali vsaj za daljše obdobje.

Pomembno je rutinsko ozaveščanje o učinkovitih ukrepih za zmanjšanje vsebnosti svınca v vodi, ki se uporablja za pripravo hrane in pijače. V primerih, ko so koncentracije svınca nad mejno vrednostjo, je do zagotovitve ustrežnejše dolgoročne rešitve nujno takojšnje izvajanje zdravstvene vzgoje prebivalstva.

Dolgoročen ukrep, ki je najučinkovitejši, vendar najdražji, je prenova hišnega vodovodnega omrežja oziroma zamenjava svinčenih delov v omrežju. Pri tem je potrebno paziti, da se pri prenovi uporabi cevi in ostale dele, ki ne vsebujejo svınca, na kar je potrebno opozoriti tudi izvajalca prenove.

Učinkovit ukrep je tudi uporaba kvalitetnega filtra za vodo, vendar je potrebno poskrbeti za redno menjavo in uporabo po priporočilih proizvajalca. Ogljeni filter je pri izločanju svınca iz vode najuspešnejši, res pa je, da izloči svinec le na pipi, kjer je nameščen.

Za rutinski ukrep velja redno čiščenje mrežice na pipi, saj ta lahko vsebuje različne sedimente, med drugimi tudi svinec.

Med kratkoročne ukrepe spada vsakodnevno izpiranje cevi (curek vode naj bo enakomeren, srednje jakosti, debelosti svinčnika), ki naj traja toliko časa, dokler se temperatura hladne vode ne ustali, približno 2 do 5 minut (IVZ, 2007). Ta ukrep je potreben tudi za zagotavljanje ustreznih vrednosti ostalih parametrov, ki lahko predstavljajo tveganje za zdravje ljudi, v pitni vodi. Pomembno je, da se voda toči vsako jutro, iz vseh pip, preden se le-ta uporabi za pripravo hrane ali pijače, saj se s tem, ko voda stoji v ceveh nekaj ur, možnost kontaminacije s svincem poveča. Odpadna voda se lahko uporabi za zalivanje rož, pomivanje posode, pranje perila, čiščenje.

Ukrep izpiranja cevi s točenjem pitne vode ni samo najhitrejši in najbolj učinkovit način za znižanje koncentracij svınca, pač pa je tudi najcenejši, saj s točenjem pitne vode od 2 do 5 minut stočimo od 22 do 55 litrov pitne vode (Kostigen, 2010), kar znaša približno 0,05 € za eno točenje, kar je zanemarljiv strošek v primerjavi s stroškom za zamenjavo cevi.

V času počitnic, praznikov in podobno je poraba pitne vode v javnih objektih zmanjšana ali prekinjena, zato je nujno potrebno pred začetkom novega šolskega leta in po daljši odsotnosti poskrbeti za intenzivno izpiranje vodovodnega omrežja, ki se opravi s povečanim pretokom vode iz omrežja. Čas izpiranja naj znaša najmanj 15 minut, po možnosti naj se izpira v sunkih s turbulentnim tokom (IVZ, 2007).

Kratkoročen, vendar učinkovit ukrep, je tudi zniževanje korozivnosti vode z uporabo ortofosfatov, vendar se ta rešitev v Evropi ni dobro uveljavila, saj obstajajo zadržki glede uporabe ortofosfatov zaradi dvomljivega vpliva na zdravje ljudi in na okolje. Potrebno je natančno ugotoviti, kakšna koncentracija ortofosfatov je potrebna za določeno omrežje, odvisna pa je od kemijske sestave vode, kislosti in pH vode ter od splošnega stanja distribucijskega sistema. Za znižanje koncentracij svınca v pitni vodi navadno zadostuje že 0,6 do 1,8 mg/l, pri tem pa je potrebno zagotoviti optimalen in stabilen pH vode. Z dodajanjem ortofosfatov pitni vodi so v Veliki Britaniji uspešno znižali visoke koncentracije svınca, kar se je izkazalo za učinkovitejšo in cenovno ugodnejšo rešitev, kot je menjava vseh svinčenih cevi, ki so v Veliki Britaniji vgrajene v vodovodno omrežje (Hayes in Skubala, 2009).

Pomembna je tudi redna kontrola lastnosti pitne vode, kot je korozivnost vode, ki lahko vpliva na povečane migracije svınca iz vodovodnega omrežja. Tudi pri ozemljitvi vodovodne inštalacije je potrebna pazljivost. Pomembna je pravilna ozemljitev oziroma skupna bazna točka (zvezdast sistem), da se ne povzročijo sklenjeni tokokrogi, ki pospešujejo elektrokorozijsko (Arizona Department of Environmental Quality, 2004; Skipton et al., 2006).

Za pripravo hrane in pijače se priporoča uporaba mrzle pitne vode, saj vroča voda hitreje korodira svinčene cevi kot mrzla, zato obstaja tudi večja verjetnost, da bo v njej večja količina svınca (Hayes in Skubala, 2009). V primeru, da potrebujemo vročo vodo, jo segrejemo na štedilniku. Za pripravo napitkov se uporablja mrzla voda, ki je pred tem nekaj minut tekla iz pipe (US EPA, 2005a).

Strokovnjaki opozarjajo tudi na pravilno uporabo grelnikov vode oziroma čajnikov. Po vsakem gretju vode posodo izpraznimo in izperemo, saj se lahko, v primeru svınca v pitni vodi, le ta nalaga na stenah posode in se ob naslednji uporabi ponovno pomeša v vodi ali hrani, ki jo kasneje zaužijemo. Raziskava na Škotskem je pokazala, da večina uporabnikov v grelnik natoči vročo vodo, da voda hitreje zavre, taka voda pa lahko vsebuje od tri do desetkrat višje koncentracije svınca kot mrzla voda

(Gray, 2008). Poleg tega pa so v raziskavi o uporabi vode leta 1979 ugotovili, da le 1/3 uporabnikov po uporabi grelnika preostalo vodo iz njega izlije (Hopkins in Ellis, 1980; cit. po Gray, 2008).

Za kratkoročno rešitev, vendar relativno drago, velja uživanje predpakirane (embalirane) vode, vendar se je potrebno pred pitjem prepričati, če ustreza zakonodajnim zahtevam (US EPA, 1994a; US EPA, 2005a; Skipton et al., 2006).

Na spletu so na voljo tudi hitri testi, ki izmerijo koncentracije svinca v pitni vodi in so relativno poceni. Test pokaže le to, ali koncentracija v vodi presega določeno vrednost ali ne. Kljub nenatančnemu rezultatu pa test opozori na povečane koncentracij svinca v pitni vodi in lahko na podlagi rezultata primerno ukrepamo.

Poleg vseh naštetih ukrepov za znižanje svinca v pitni vodi, je pomembno posvetovanje in pomoč strokovnjakov različnih strok. Na svinec je treba pomisliti še preden so koncentracije v krvi povišane, zato je že pri snovanju gradnje objekta nujno, da arhitekt naredi dober načrt za izvedbo hišnega vodovodnega omrežja, izvajalec pa poskrbi, da se v hišo vgradi primerne in zdravju prijazne materiale ter da omrežje nima nepotrebnih slepih vodov, kjer bi voda lahko zastajala. Pomembno vlogo ima tudi zdravniška stroka, ki bi morala prebivalce preventivno opomniti pred visokimi koncentracijami svinca, jim predstaviti tveganja za zdravje ter jih informirati o ukrepih za zniževanje koncentracij svinca v pitni vodi.

V Sloveniji lahko uporabniki pitne vode pridobijo informacije o kakovosti pitne vode pri upravljavcu javnega vodovodnega omrežja, ki mora svoje uporabnike najmanj enkrat letno obveščati o skladnosti pitne vode, ugotovljeni v okviru notranjega nadzora. Poleg tega morajo upravljavci pripraviti letno poročilo, s katerim morajo seznaniti uporabnike preko sredstev javnega obveščanja, na svoji spletni strani ali poleg mesečnega računa. Tudi podatki o rezultatih laboratorijskih preskusov pitne vode, pridobljenih pri monitoringu, morajo biti uporabnikom vedno na razpolago pri upravljavcu (Uradni list RS, 2004a).

5.5 Izhodišča za nadaljnje raziskovalno delo

5.5.1 Faza I: Ocena stanja javnih vodovodnih omrežij v Sloveniji

V nadaljevanju raziskave bi morala anketo poslati še preostalim upravljavcem manjših javnih vodovodnih omrežij, ki sem jih v tej raziskavi izpustila. Gre za manjša omrežja, ki oskrbujejo manj kot 500 prebivalcev na posameznem območju. Navadno so to omrežja, kjer je voda večkrat neskladna, samo omrežje je staro in manj vzdrževano, iz zdravstveno preventivnega vidika so to pogosto

tvegana omrežja. Država si prizadeva, da se na teh območjih zagotovi strokovno upravljanje ali pa se jih priključi na večje vodovode z ustreznim strokovnim upravljanjem in nadzorom.

5.5.2 Faza II: Ocena stanja hišnih vodovodnih omrežij v izbranih vrtcih in osnovnih šolah

Anketiranje vrtcev in šol bi morali razširiti na vse vrtce in osnovne šole v Sloveniji, to je več kot 400 vrtcev in več kot 400 osnovnih šol. Tako bi pridobili vpogled v dejansko stanje vodovodnih omrežij teh ustanov.

5.5.3 Faza III: Vzorčenje in določanje koncentracij svınca v pitni vodi izbranih vrtcev in osnovnih šol

Za ocenitev dejanskega stanja koncentracij svınca v pitni vodi v vrtcih in osnovnih šolah po Sloveniji, bi se moralo povečati število enot v vzorcu ali pa bi morala odvzeti vzorce pitne vode v vseh vrtcih in osnovnih šolah. V primeru pomanjkanja finančnih sredstev, bi se morale koncentracije svınca v vodi ugotavljati vsaj v vrtcih in šolah, ki so se zgradile do leta 1980. V raziskavo pa bi bili, poleg teh, vključeni še novejši vrtci in šole, zgrajene po letu 1980, da bi se ugotovilo, ali je koncentracija svınca v teh ustanovah v povprečju kaj nižja kot v starejših zgradbah. Raziskave namreč dokazujejo, da je migriranje svınca mogoče tudi iz novejših materialov, kot je PVC, keramika in medenina, ki so se v večji meri začeli uporabljati v 80. in 90. letih prejšnjega stoletja (Vilarinho et al., 2004; Golja, 2005; Al-Malack, 2001; Sheftel, 2000; Wood, 2003).

V raziskavi sem upoštevala le vpliv nekaterih izbranih spremenljivk na migracije svınca v pitno vodo, za bolj izpopolnjeno analizo, bi morala vključiti tudi podatke o dolžini cevi, v katerih se je voda zadrževala, o različnem tlaku vode v ceveh (visoki pretoki lahko s svojo mehansko silo odnašajo delce nagrizenih cevi) in premeru cevi (Islam, 2010). Odgovore na ta vprašanja bi dobila le s poglobljeno analizo hišnega vodovodnega omrežja.

Raziskavo bi lahko izboljšala tudi tako, da bi izmerila trdoto vode. Študije dokazujejo, da trda voda vsebuje manj svınca kot mehka (Prpić-Majić in Zavalić, 2002). V primeru, da se pri pripravi pitne vode uporablja mehčala, se pričakuje večja korozivnost vode in posledično porast koncentracij svınca v pitni vodi, vendar raziskave dokazujejo, da mehčanje vode, kot je ionska izmenjava, ne poveča korozivnosti vode in tako ne vpliva na migriranje svınca iz svinčenih delov omrežja (Sorg, Schock in Lytle, 1998; Dozier in McFarland, 2004).

Vzorčenje bi bilo treba ponoviti v poletnem času, saj je lahko razlika med zimskimi in poletnimi temperaturami vode v omrežju tudi do 10 °C, kar pomeni, da bi se lahko koncentracija svınca v vodi

celo podvojila (Gray, 2008; Hayes in Hydes, 2012). Potrebno bi bilo upoštevati tudi morebitno ogrevanje vode v internem omrežju zaradi ogrevanja ustanov v zimskem času.

Pri nadaljnjem delu bi morala natančno ugotoviti odvisnost migracij svınca iz omrežja od časa stanja vode v ceveh. Vodo bi vzorčila po 12 urah stanja v ceveh, nato pa bi čas stanja vsakič prepolovila in tako vzorčila po 6 urah, 3 urah in tako dalje, do vzorčenja vode po 3 minutah stanja v cevi. Po vsakem vzorčenju bi vodo točila 5 minut oziroma do vzpostavitve temperature. Tako vzorčenje bi zahtevalo veliko časa za organizacijo vzorčenja, saj je v kuhinjah po vrtcih in šolah pogosto premalo pip, zato bi bilo priporočljivo vzorčiti ob koncih tedna, ko kuhinje ne obratujejo.

5.5.4 Faza IV: Migracije svınca iz novejših materialov za izgradnjo vodovodnega omrežja

Za podrobnejšo analizo migracij svınca iz različnih materialov bi morala testne pogoje v laboratoriju bolj približati terenskim razmeram, saj bi se morala pri migraciji upoštevati tudi aktivna površina cevi, s katero je prišla modelna raztopina v stik, na razpolago bi morala imeti več testirancev iz istega materiala, več različnih modelnih raztopin in večje razlike v lastnostih modelnih raztopin.

Da bi ugotovili vpliv kontaktne površine cevi na migracije svınca, bi morali migracije izmeriti s cevmi iz istega materiala in različnih premerov, jih napolniti z enako modelno raztopino in po koncu primerjati koncentracije svınca v njih. Koncentracija svınca bi morala biti premo sorazmerna aktivni površini cevi na enoto volumna raztopine.

Pri ugotavljanju migracij svınca iz novih materialov, bi predlagala analizo z modelno raztopino klorirane vode, saj lahko klor v vodi pospeši korozijo, zato je možnost migracij svınca iz cevi višja (Moore, 2001; Maas et al., 2007).

Glede na rezultate te raziskave, bi predlagala poglobljeno raziskavo migriranja svınca iz armatur, kotnih ventilov, veznih gibljivih cevi in podobnih dodatkov za izgradnjo vodovodnega omrežja, saj lahko migracije iz teh delov omrežja, pomembno povišajo koncentracije svınca v pitni vodi, kar pomeni, da se lahko tveganje za zdravje poveča.

5.5.5 Faza V: Posredna ocena izpostavljenosti svincu pri šestletnih otrocih

V oceni izpostavljenosti za šestletnega otroka sem izhajala iz predpostavke, da svinec ne migrira iz plastične, keramične in steklene posode ali pribora, kar naj bi zagotavljal tudi nadzor nad materiali in izdelki, ki prihajajo v stik z živili, ki se v Sloveniji redno izvaja (Uradni list RS, 2000). Gre za negotovost, ki bi jo bilo treba pri ponovitvi raziskave zmanjšati.

V Sloveniji nimamo natančnih podatkov o tem, kakšne so vrednosti svınca v pitni vodi v domačem okolju. Vse raziskave so bile izvedene v izobraževalnih ustanovah, nikoli pa se svinec ni meril v vodi tam, kjer se otroci zadržujejo v popoldanskem času. To ponovno potrjuje trditev, da je ocena izpostavljenosti le približna in pomanjkljiva. Za izboljšanje natančnosti ocene, bi se koncentracije svınca morale ugotavljati tudi na domovih otrok.

S to raziskavo sem ocenila, da bi ravni svınca v krvi otrok lahko predstavljale tveganje za zdravje, zato bi bilo potrebno izdelati načrt za ustrezno spremljanje zdravstvenega stanja prebivalstva na primarni ravni. Podatki iz te raziskave bi omogočili tudi pripravo ter uvedbo ukrepov za zmanjšanje tveganja.

5.6 Prispevek k razvoju znanosti

Kot izvorni prispevek k znanosti lahko izpostavimo potrditev povišanih koncentracij svınca v pitni vodi vrtcev in šol po Sloveniji. Z vzorčenjem pitne vode po vrtcih in šolah in ugotovljenimi koncentracijami svınca v njej, sem opozorila, da težave s povišanimi koncentracijami svınca v pitni vodi obstajajo, kljub temu, da so predhodne raziskave pokazale, da večjih težav s svincem v pitni vodi v Sloveniji ni zaslediti (Mehikić, 2001; IVZ, 2003). V raziskavi je bila uporabljena tudi nova metodologija vzorčenja, ki pri prejšnjih raziskavah, izvedenih v Sloveniji, ni bila uporabljena. Odvzela sem 250 ml vzorca, brez predhodnega točenja vode, ki je stala v ceveh od 8 do 18 ur. Ta metoda odvzema se bistveno razlikuje od trenutno uveljavljenih metod za odvzem pitne vode za potrebe državnega monitoringa pitne vode, kjer se voda pred odvzemom toči nekaj minut (Ministrstvo za zdravje, 2012b).

Pomemben prispevek k znanosti je tudi potrditev migracij svınca iz novejših materialov za izgradnjo hišnega vodovodnega omrežja, kar je bila do sedaj le teoretična domneva (Thornton, Rautiu in Brush, 2001; Hayes in Skubala, 2009; Hoekstra et al., 2009). S posebnimi metodami, ki v Sloveniji še niso bile uporabljene, sem opozorila na migriranje svınca iz pocinkanih cevi, poleg teh pa sem potrdila tudi migracije iz materialov drugih sestavnih delov vodovodnega omrežja, kot je vezna gibljiva cev, kar kaže na to, da je potrebno pri izgradnji hišnega vodovodnega omrežja paziti pri izbiri materiala vodovodnih cevi, kot tudi ostalih sestavnih delov vodovodnega omrežja.

Pomemben je tudi doprinos te naloge k ocenitvi obsežnosti tega javnozdravstvenega problema v Sloveniji. Posredna ocena izpostavljenosti otrok svincu v okolju kaže na to, da količina svınca, ki jo otroci lahko vnesejo v telo z vodo, ni zanemarljiva. Pitna voda predstavlja pomemben vir svınca, ki lahko resno vpliva na zdravje otrok v Sloveniji.

Poleg doprinosa k znanosti, pa je bil cilj tega dela tudi spodbuditi odločevalce na državnem in lokalnem nivoju, da se aktivno vključijo v reševanje problematike prisotnosti svinca v pitni vodi v izobraževalnih ustanovah, kjer bi bilo to potrebno. Problematika svinca v pitni vodi v Sloveniji ni dovolj poznana, zato se tudi v vrtcih in šolah nanjo ne odzivajo z ustrežno resnostjo.

6 ZAKLJUČEK

Raziskava, ki sem jo izvedla, je ena izmed redkih tovrstnih prispevkov v svetu, zato predstavlja pomemben doprinos k raziskovanju področja svinca v pitni vodi, predvsem s stališča metodologije in vzorčenja – s čimer se skuša reševati problematiko celovito, učinkovito in s kar najmanjšimi možnimi viri. Tak pristop daje tudi možnost posplošenja rezultatov na celotno populacijo v Sloveniji.

Glede na specifične cilje doktorske naloge, ki sem si jih postavila, lahko ugotovim, da rezultati I. faze kažejo, da upravljavci dobro poznajo svoja vodovodna omrežja in se zavedajo težav, ki jih svinec lahko prinese; rezultati II. faze so pokazali, da odgovorni v vrtcih in osnovnih šolah slabo poznajo sestavo in materiale hišnih vodovodnih omrežij, kljub temu pa se večina drži priporočil o izpiranju vodovodnih omrežij ob prekinitvah ali manjši uporabi pitne vode. Pri III. fazi so se določale koncentracije svinca v pitni vodi v povezavi z lastnostmi omrežja in lastnostmi pitne vode. Potrdila sem koncentracije svinca v pitni vodi nad mejno vrednostjo v 12 vrtcih in osnovnih šolah, z regresijsko analizo sem ugotovila, da se s povišanjem vrednosti neodvisne spremenljivke »starost ustanove« za eno leto poveča tudi vrednost svinca za 0,14 µg/l, pod pogojem, da se ostale neodvisne spremenljivke ne spremenijo. Raziskava je v IV. fazi opozorila na migracije svinca iz materialov, ki jih uporabljamo za izgradnjo hišnega vodovodnega omrežja – migracije svinca so potekale iz pocinkanih cevi ter iz gibljive vezne cevi. V V. fazi sem ocenila izpostavljenost svincu pri šestletnih otrocih. Predpostavila sem najslabši možen scenarij in z izračuni ugotovila, da pitna voda predstavlja najpomembnejši vir izpostavljenosti in da bi otroci na dan zaužili tako koncentracijo svinca, ki bi lahko vplivala na zmanjšanje inteligenčnega količnika. Za zaključek raziskave, sem na podlagi spoznanj, pripravila ukrepe za znižanje koncentracij svinca v pitni vodi, ki sem jih posredovala odgovornim osebam s povišanimi koncentracijami svinca v pitni vodi v vrtcih in osnovnih šolah ter jih predstavila na izobraževanju na temo promocije zdravja.

VIRI

4 MS Joint Management Committee. 2016. Acceptance of metallic materials used for products in contact with drinking water.

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/5th_revision_4ms_scheme_for_metallic_materials_part_b_0.pdf (Pridobljeno 14. 4. 2016).

Agencija za okolje RS. 2004–2010a. Koncentracije svınca v tleh. Ljubljana: Agencija za okolje RS.

Agencija za okolje RS. 2004–2010b. Koncentracije svınca v zunanjem zraku. Ljubljana: Agencija za okolje RS.

Agencija za okolje RS. 2004–2010c. Monitoring kakovosti podzemne vode. Ljubljana: Agencija za okolje RS.

Agencija za okolje RS. 2004–2010d. Monitoring kakovosti površinskih vodotokov. Ljubljana: Agencija za okolje RS.

Al-Malack, M. H. 2001. Migration of lead from unplasticized polyvinyl chloride pipes. *Journal of hazardous materials*, 82: str. 263–74.

Arizona Department of Environmental Quality. 2004. A Manual for assessing lead in drinking water in Arizona schools and day care facilities. Phoenix, Arizona: Arizona Department of Environmental Quality.

Arizona Department of Health Services. 2005. Lead in drinking water – an investigation of Arizona schools. Arizona: Arizona Department of Health Services.

Bajt Leban, M., Kosec, T. 2015. Varčevanje z vodo je lahko tudi nevarno. Delo (10. september 2015): str. 15.

Baron, J., Lefebvre, K. in Leroy, P. 1997. Evaluation du risque de contamination de l'eau par des substances métalliques dans les réseaux domestiques. *Journal Européen d'Hydrologie*, 28: str. 57–68.

Becker, K., Kaus, S., Helm, C., Krause, C., Meyer, E., Schulz, C. in Seiwert, M. 2001. Umwelt-Survey 1998, Band IV: Trinkwasser Elementgehalte in Stagnationsproben des häuslichen Trinkwassers der Bevölkerung in Deutschland. Berlin: Umweltbundesamt.

Belgian Federation for the Water Sector. 2012. Acceptance of materials in contact with drinking water. Bruselj: BELGAQUA – Belgian Federation for the Water Sector.

Bellinger, D. C. 2004. Lead. *Pediatrics.*, 113: str. 1016–1022.

Bertha, M. 2007. Emergency response to lead poisoning of cattle and potential human exposures Atlanta, Georgia: U.S. Department of Health and Human Services.

Bilban, M. 1999. Medicina dela. Ljubljana: Zavod za varstvo pri delu.

Cantor, A. F. 2009. Water distribution system monitoring; a practical approach for evaluating drinking water. Portland, United States, Portland: Book News, Inc.

Cantor, A. F., Park, J. K. in Vaiyavatjamai, P. 2003. The effect of chlorine on corrosion in drinking water systems. *Journal - American Water Works Association*, 95: str. 1–53.

Centers for Disease Control and Prevention. 2012. Low level lead exposure harms children: a renewed call for primary prevention. Atlanta: Centres for Disease Control and Prevention.

Committee on Environmental Health. 2005. Lead exposure in children: prevention, detection, and management. *Pediatrics*, 116: str. 1036–1046.

Council of Europe. 2002. Technical document. Guidelines on metals and alloys used as food contact materials. Strasbourg: Council of Europe.

Council of Europe. 2013. Metals and alloys used in food contact materials and articles. A practical guide for manufactures and regulators. Committee of experts on packaing materials for food and pharmaceutical products. Strasbourg: Council of Europe.

Direktiva sveta 98/83/ES, z dne 3. novembra 1998 o kakovosti vode, namenjene za oskrbo ljudi.

Dozier, M. C. in McFarland, M. L. 2004. Drinking water problems: Lead. College Station: Texas Water Resources Institute.

Ducatman, A. M. 2003. Clinical environmental medicine. V: McCunney, R. J. (ed.) A practical approach to occupational and environmental medicine. 3 ed. New York: Little, Brown and Company.

Eržen, I. in Zaletel-Kragelj, L. 2004. Exposure assessment of male recruits in Slovenia to cadmium and lead due to biological monitoring. *Journal of exposure analysis and environmental epidemiology*, 14/5: str. 385–390.

Eržen, I., Bošnjak, K., Uršič, S. 2005. Kadmij in svinec v živilih rastlinskega izvora, pridelanih na območju Teharij in Medloga (MO Celje) – kazalca onesnaženosti okolja. *Zdravstveno varstvo*, 44: str. 85–92.

Eržen, I. 2006. Svinec v krvi triletnikov z območja Mežiške doline. *Glasnik KIMDPŠ*, 1: str. 14–18.

Eržen, I. 2011. Ocena izpostavljenosti otrok svincu v celjskih vrtcih. *Zdravstveno varstvo*, 50: str. 113-120.

Esri, 2012. ArcGIS Desktop. Release 10.1. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.

European Commission. 2010. Environmental issues of PVC – Green Paper. Bruselj: European Commission.

EFSA. 2010. Scientific opinion on lead in food. *EFSA Journal*, 8: str. 1570.

Fontenay, F. in Anderson, A. 2008. Metal release to drinking water – an overview of Danish and European regulations and investigations. Brondby: FORCE Technology.

Furtado Rahde, A., Bates, N. in Dargan, P. 2007. Monograph on lead, inorganic. London: World Health Organization.

Golja, V. 2005. Materiali v stiku s pitno vodo. V: Roš, M. (ur.). Zbornik referatov Simpozija z mednarodno udeležbo Vodni dnevi 2005. Ljubljana: Slovensko društvo za zaščito voda: str. 124–127.

Gray, N. F. 2008. Drinking water quality: problems and solutions. Cambridge: Cambridge University Press.

Guo, Q. 1997. Increases of lead and chromium in drinking water from using cement—mortar-lined pipes: initial modeling and assessment. *Journal of hazardous materials*, 56: str. 181–213.

Hall, M., Frank, E., Holmes, G., Pfahringer, B., Reutemann, P., Witten, I.H. 2009. The WEKA data mining software: an update. *SIGKDD Explorations*, 11/1.

Hayes, C. 2010a. Best practice guide on the control of lead in drinking water. London: IWA Publishing.

Hayes, C. R. 2010b. Computational modelling methods for assessing the risks from lead in drinking water. *J Water Health.*, 8: str. 532–542.

Hayes, C. R. in Hydes, O. D. 2012. UK experience in the monitoring and control of lead in drinking water. *Journal of water & health*, 10: str. 337–48.

Hayes, C. R. in Skubala, N. D. 2009. Is there still a problem with lead in drinking water in the European Union? *Journal of water & health*, 7: str. 569–580.

Health Canada. 2013. Risk management strategy for lead. Ottawa: Health Canada.

Hodgson, E. in Levi, P. E. 1987. A textbook of modern toxicology. Elsevier.

Hoekstra, E., Hayes, C., Aertgeerts, R., Becker, A., Jung, M., Postawa, A., Russell, L. in Witczak, S. 2009. Guidance on sampling and monitoring for lead in drinking water. Luxembourg: OPOCE.

Hogan, K., Marcus, A., Smith, P. in White, P. 1998. Integrated exposure uptake biokinetic model for lead in children: Empirical comparisons with epidemiologic data. *Environmental health perspectives*, 106: str. 1557–1567.

Horvat, M., Snoj Tratnik, J., Mazej, D., Pavlin, M., Miklavčič, A., Kobal B., A. 2013. Kovine, arzen in selen pri izbrani slovenski populaciji: rezultati EU projektov PHIME in DEMOCOPHES. http://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/uploaded/kovine_arzen_in_selen_pri_izbrani_slovenski_populaciji_rezultati_eu_projektov_phime_in_democophes.pdf (Pridobljeno 18. 4. 2016).

Horvat, M., Mazej, D., Snoj Tratnik, J., Heath, E., Kosjek, T. 2015a. Pilotni Evropski humani biomonitoring DEMOCOPHES - Slovenija. V: Černe, K. (ur.), Kužner, J. (ur.), Perharič, L. (ur.), Sollner Dolenc, M. (ur.), Tišler, T. (ur.). *Kemijski povzročitelji hormonskih motenj od molekule do človeka*, Ljubljana, Slovensko toksikološko društvo: str. 29–30.

Horvat, M., Mazej, D., Snoj Tratnik, J., Šlejkovec, Z., Jagodic, M., Fajon, V., Pavlin, M., Stajniko, A., Krsnik, M., Prezelj, M., Skitek, M. 2015b. Monitoring kemikalij in njihovih ostankov v ljudeh za leto 2011–2014: zaključno poročilo o rezultatih analiz kovin in polkovin, IJS delovno poročilo, 11794.

Hrubá, F., Strömberg, U., Černá, M., Chen, C., Harari, F., Harari, R., Horvat, M., Koppová, K., Kos, A., Krsková, A., Krsnik, M., Laamech, J., Li, YF., Löfmark, L., Lundh, T., Lundström, NG., Lyoussi, B., Mazej, D., Osredkar, J., Pawlas, K., Pawlas, N., Prokopowicz, A., Rentschler, G., Spěváčková, V., Spiric, Z., Tratnik, J., Skerfving, S., Bergdahl, IA., 2012. Blood cadmium, mercury, and lead in children: an international comparison of cities in six European countries, and China, Ecuador, and Morocco. *Environment International*, 41: str. 29–34.

IBM Corp. 2012. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21. Armonk, NY: IBM Corp.

Institut national de sante publique du Quebec. 2011. Etude de l'impact de la contamination par le plomb de l'environnement residential sur la plombemie des jeunes enfants. Quebec: Institut national de sante publique du Quebec.

Institute of Medicine of the National Academies. 2005. Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride, and sulfate. Washington: The National Academies Press.

IVZ. 2003. Svinec v pitni vodi nekaterih vrtcev in šol v Sloveniji v letih 2001/2002. Ljubljana: IVZ.

IVZ. 2004-2007. Monitoring pitne vode. Ljubljana: IVZ.

IVZ. 2007. Izpiranje vodovodnega omrežja v javnih objektih.

http://www.ivz.si/Mp.aspx?ni=114&pi=5&_5_id=529&_5_PageIndex=0&_5_groupId=244&_5_newsCategory=&_5_action>ShowNewsFull&pl=114-5.0. (Pridobljeno 5. 2. 2012.).

Intergovernmental forum on chemical safety. 2005. Chemical safety and children's health – protecting the world's children from harmful chemical exposures, a global guide to resources. http://www.who.int/ifcs/champions/booklet_web_en.pdf (Pridobljeno 22. 2. 2012.).

International agency for research on cancer. 2006. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: Volume 87; Inorganic and organic lead compounds. Geneva: World Health Organization Press.

Islam, M. 2010. A transient model for lead pipe corrosion in water supply systems. Toronto, University of Toronto, Department of civil engineering (samozaložba M. Islam): 215 str.

Ivartnik, M. in Eržen, I. 2011. Predstavitev IEUBK modela za oceno vsebnosti svinca v krvi otrok.

<http://www.sanacija-svinec.si/index.php/clankiinpredstavitevve.xhtml> (Pridobljeno 15. 2. 2012.).

Jamnik, B. 2012. Koncentracije svinca v pitni vodi. Elektronsko sporočilo Bitenc, K. (31. 5. 2012). Osebna komunikacija.

Jeram, S. 2011. Izpostavljenost otrok povišani ravni hrupa zaradi cestnega prometa v Ljubljani.

http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=381 (Pridobljeno 13. 1. 2012.).

JECFA. 2010. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Seventy-third meeting. JECFA/73/SC.

Jusko, T.A., Henderson C.R., Lanphear B.P., Cory-Slechta D.A., Parsons P.J., Canfield R.L. 2008. Blood lead concentrations < 10 microg/dL and child intelligence at 6 years of age. Environmental health perspectives, 116(2): str. 243–248.

Karr, C., Sathyanarayana, S. in Beaudet, N. 2004. Lead in Seattle school drinking water: a review of the health implications. Seattle: Northwest pediatric environmental health specialty unit, University of Washington.

Kastrin, A. 2008. Odkrivanje zakonitosti in podatkovno rudarjenje v psihologiji: uporaba odločitvenih dreves za napovedovanje dosežka na Lestvici iskanja dražljajev. Psihološka obzorja, 17: str. 51–72.

Klaassen, C. D. 1996. Heavy metals and heavy metal antagonists. V: Brunton, L., Lazo, J. & Parker, K. (eds.) Goodman & Gilman's the pharmacological basis of therapeutics. New York: McGraw-Hill.

Kostigen, T. M. 2010. The green blue book: The simple water-savings guide to everything in your life. Rodale Books.

Lasheen, M. R., Sharaby, C. M., El-Kholy, N. G., Elsherif, I. Y. in El-Wakeel, S. T. 2008. Factors influencing lead and iron release from some Egyptian drinking water pipes. *Journal of hazardous materials*, 160: str. 675–680.

Likar, M. 1998. *Vodnik po onesnaževalcih okolja*. Ljubljana: Zbornica sanitarnih tehnikov in inženirjev Slovenije.

Maas, R. P., Patch, S. C., Christian, A.-M. in Coplan, M. J. 2007. Effects of fluoridation and disinfection agent combinations on lead leaching from leaded-brass parts. *Neurotoxicology*, 28: str. 1023–1031.

Mazej, D., Snoj Tratnik, J., Štejkovec, Z., Jagodic, M., Fajon, V., Pavlin, M., Stajnko, A., Krsnik, M., Sešek Briški, A., Prezelj, M., Skitek, M., Kobal B., A., Kononenko, L., Horvat, M. 2015. Esencialni in neesencialni elementi pri slovenski populaciji: Rezultati humanega biomonitoringa. V: Černe, K. (ur.), Kužner, J. (ur.), Perharič, L. (ur.), Sollner Dolenc, M. (ur.), Tišler, T. (ur.). *Kemijski povzročitelji hormonskih motenj od molekule do človeka*, Ljubljana, Slovensko toksikološko društvo: str. 27–28.

McFarland, M. L., Provin, T. L. in Boellstorff, D. E. 2010. *Drinking water problems: Corrosion* (Neobjavljen dokument). Texas: Texas AgriLife Extension Service.

Mehikić, D. 2001. *Svinec v pitni vodi v nekaterih vrtcih in osnovnih šolah v zdravniški regiji*. Specialistična naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta (samozaložba D. Mehikić): 45 str.

Mikić Kosec, T. in Milošev, I. 2004. *Korozijski procesi, vrste korozije in njihove zaščite*. *Vakuumist*, 24: str. 26–38.

Ministrstvo za zdravje. 2012a. *Biomonitoring kemikalij v ljudeh - dosedanji potek in načrt za naprej*. http://www.mz.gov.si/fileadmin/mz.gov.si/pageuploads/mz_dokumenti/novinarske_konference_2012/biomonitoring_060112/ursk_biomonitoring_gradivo_060112.pdf (Pridobljeno 18. 4. 2016).

Ministrstvo za zdravje. 2012b. *Program monitoringa pitne vode 2012*. Ljubljana: Ministrstvo za zdravje.

Ministrstvo za zdravje. 2013. *Program monitoringa pitne vode 2013*. Ljubljana, Maribor: Ministrstvo za zdravje.

Moore, M. 2001. *Chlorine's effect on corrosion in drinking water systems*. <http://mtac.isws.illinois.edu/mtacdocs/qf/ChlorinesEffect.pdf> (Pridobljeno 2. 3. 2010).

Müller, G. in Raju, N. 2000. *Heavy metal (Cd, Cu, Pb, Cr, Zn, Hg) concentrations in tobacco of commonly smoked cigarette brands purchased in Germany, China, Russia, India and Canada V: Proceedings of the International conference on heavy metals in the environment*. Michigan: School of Public Health.

Nakamura, D. 2004. *Water in D. C. Exceeds EPA lead limit; random tests last summer found high levels in 4,000 homes throughout city*. *The Washington Post*: A01.

Nalatambi, S. 2009. *Determination of metals and anions in tap water using AAS and HPLC : a case study in Bandar Sunway residential area*. Bandar Sunway: Sunway University College.

NIJZ. 2015. *Več kot polovica otrok iz Zgornje Mežiške doline z nizko vrednostjo svincu v krvi*. <http://www.nijz.si/sl/sporocilo-za-medije-mednarodni-teden-preprecevanja-zastrupitve-s-svincem> (Pridobljeno 18. 4. 2016).

Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano, Zavod za gradbeništvo Slovenije in NIJZ. 2016. Priporočila za ocenjevanje primernosti materialov in proizvodov, ki prihajajo v stik s pitno vodo. Neobjavljeno delo.

NSF International. 2007. Revisions to the evaluation of lead, Annex F, NSF/ANSI 61 – 2007a. Michigan: NSF International.

Pourbaix, M. 1974. Atlas of electrochemical equilibria in aqueous solutions. Houston: NACE International.

Praktične smernice za izvajanje zdravstvenega nadzora in biološkega monitoringa za svinec. Uradni list RS št. 9/2011: str. 849–862.

Pravilnik o preskušanju izdelkov in snovi, ki prihajajo v stik z živili. Uradni list RS št. 131/2003: str. 18659–18686.

Pravilnik o pitni vodi. Uradni list RS št. 19/2004a: str. 2155–2166.

Prpić-Majić, D. in Zavalić, M. 2002. Anorganske kemijske štetnosti. V: Šarić, M. & Žuškin, E. (eds.) Medicina rada i okoliša. Zagreb: Medicinska naklada.

Reddy, C. N. in Patrick, W. H. 1977. Effect of redox potential and pH on the uptake of cadmium and lead by rice plants. Journal of environmental quality, 6: str. 259–262.

Ross, S. M. 1994. Toxic metals in soil-plant systems. Chichester: Wiley, John & Sons.

San Francisco Department of Public Health. 2005. Lead in the body. <http://www.dph.sf.ca.us/cehp/lead/framecontents.htm> (Pridobljeno 2. 5. 2007.).

Schardt, D. 2005. Get the lead out. Nutrition Action Healthletter, 32: str. 1–7.

Sheftel, V. O. 2000. Polyvinyl chloride (properties and migration data). Indirect food additives and polymers: migration and toxicology. Boca Raton, Florida: CRC Press.

Skipton, S., Dvorak, B. I., Woldt, W. in Drda, S. 2006. Drinking water: lead. <http://www.ianrpubs.unl.edu/epublic/live/g1333/build/g1333.pdf> (Pridobljeno 2. 5. 2007.).

Sorg, T. J., Schock, M. R. in Lytle, D. A. 1998. Leaching of metals from household plumbing materials: impact of home water softeners. Washington: U. S. Environmental Protection Agency.

SZO. 1987. Principles for the safety assessment of food additives and contaminants in food. Geneva: World Health Organization.

SZO. 2006. Guidelines for drinking water quality. Geneva: World Health Organization.

SZO. 2007. Health risks of heavy metals from long-range transboundary air pollution. Geneva: World Health Organization.

SZO. 2010. Childhood lead poisoning. Geneva: World Health Organization.

SZO. 2011a. Guidelines for drinking water quality, 4th Edition. Geneva: World Health Organization.

SZO. 2011b. Lead in drinking water – background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality, WHO/SDE/WSH/03.04/09/Rev/1. Geneva: World Health Organization.

SZO. 2011c. Safety evaluation of certain food additives and contaminants Geneva: World Health Organization.

Thornton, I., Rautiu, R. in Brush, S. M. 2001. Lead – the facts. London: IC Consultants Ltd.

Tong, S., von Schirnding, Y. E. in Prapamontol, T. 2000. Environmental lead exposure: a public health problem of global dimensions. Bulletin of the World Health Organization, 78: str. 1068–1077.

Tratnik, J. S., Mazej, D., Miklavčič, A., Krsnik, M., Kobal, A. B., Osredkar, J., Briški, A. S., Horvat, M. 2013. Biomonitoring of selected trace elements in women, men and children from Slovenia. E3S Web of Conferences 1, 26001.

US EPA. 1993. Lead in your drinking water : actions you can take to reduce lead in drinking water. Washington, DC: U. S. Environmental Protection Agency, Office of Water.

US EPA. 1994a. Lead in drinking water in schools and non-residential buildings. Washington: U. S. Environmental Protection Agency.

US EPA. 1994b. Sampling for lead in drinking water in nursery schools and day care facilities. Washington: U. S. Environmental Protection Agency.

US EPA. 2000. Lead and copper rule summary of revisions.
<http://purl.access.gpo.gov/GPO/LPS56032> (Pridobljeno 2. 5. 2007.).

US EPA. 2004. Lead and copper rule – clarification of requirements for collecting samples and calculating compliance fact sheet.
<http://purl.access.gpo.gov/GPO/LPS56039> (Pridobljeno 2. 5. 2007.).

US EPA. 2005a. 3Ts for reducing lead in drinking water in child care facilities: revised guidance. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water.

US EPA. 2005b. 3Ts for reducing lead in drinking water in schools: revised technical guidance. Washington, DC: U. S. Environmental Protection Agency, Office of Water.

US EPA, 2005c. Is there lead in my drinking water? You can reduce the risk of lead exposure from drinking water in your home: tips for protecting your family's health.
<http://purl.access.gpo.gov/GPO/LPS92526> (Pridobljeno 2. 5. 2007.).

US EPA. 2007. User's guide for the Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model for lead in children (IEUBK) Windows® Version. Washington, D. C., USA: U. S. Environmental Protection Agency.

US EPA. 2010. Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model for lead in children (IEUBK) Windows® Version. Washington, D. C., USA: U. S. Environmental Protection Agency.

Van den Hoven, T. J. L., Buijs, P. J., Jackson, P. J., Miller, S., Gardner, M., Leroy, P., Baron, J., Boireau, A., Cordonnier, J., Wagner, I., Marecos do Monte, H., Benoliel, M. J., Papadopoulos, I. in Quevauviller, P. 1999. Developing a new protocol for the monitoring of lead in drinking water. Brussels: European Commission.

Van Der Leer, D., Weatherill, N. P., Sharp, R. J. in Hayes, C. R. 2002. Modelling the diffusion of lead into drinking water. Applied mathematical modelling, 26: str. 681–699.

Vidaković, A. 1997. Olovo. V: Vidaković, A. (ed.) Medicina Rada II. Beograd: Institut za medicinu rada "Dr Dragomir Karajović".

Vilarinho, C., Soares, D., Barbosa, J. in Castro, F. 2004. Leaching of brasses in long-term direct contact with water. *Materials science forum*, 455/456: str. 839–843.

Washington State Department of Health. 2005. School lead testing results from 2005 Grant program. Washington: Washington State Department of Health.

Watt, G. C. M., Britton, A., Gilmour, W. H., Moore, M. R., Murray, G. D., Robertson, S. J. in Womersley, J. 1996. Is lead in tap water still a public health problem? An observational study in Glasgow. *BMJ: British medical journal*, 313: str. 979–981.

Witten, I. H. in Frank, E. 2005. *Data Mining. Practical machine learning tools and techniques* (2nd edition). San Francisco: Elsevier.

Wood, T. 2003. *Vinyl Gloves: Protection and poison*. Frost and Sullivan Market Insight.

Zakon o zdravstveni ustreznosti živil in izdelkov ter snovi, ki prihajajo v stik z živili. Uradni list RS št. 52/2000: str. 6949–6955.

Zavod za zdravstveno varstvo Maribor. 2008–2010. *Monitoring pitne vode*. Maribor: Zavod za zdravstveno varstvo Maribor.

Zietz, B., Dassel de Vergara, J., Kevekordes, S. in Dunkelberg, H. 2001. Lead contamination in tap water of households with children in Lower Saxony, Germany. *Science of the total environment*, 275: str. 19–26.

PRILOGA A: DOPIS ZA UPRAVLJAVCE JAVNIH VODOVODNIH OMREŽIJ

Ljubljana, 26. avgust 2009
Dopis št.: 310-5221-001/09-7

Upravljavci
(po elektronski pošti)

Podatki o gradnji in materialih za izgradnjo sistema za oskrbo s pitno vodo (javnega vodovodnega omrežja)

Spoštovani,

informacije o uporabljenih materialih, katerih se poslužujete pri gradnji sistema za oskrbo s pitno vodo (javnega vodovodnega omrežja), so ključen podatek, s katerim lahko odkrijemo vzroke nihanja kakovosti pitne vode. Prosimo vas za pomoč pri izpolnjevanju tabele v prilogi, saj bi radi z vaše strani pridobili čimveč podatkov o gradnji in materialih, ki se vgrajujejo v sisteme za oskrbo s pitno vodo.

Vljudno prosimo, da nam želene podatke pošljete do 30. septembra 2009 na elektronski naslov: katarina.bitenc@ivz-rs.si ali na poštni naslov IVZ RS, Trubarjeva 2, 1000 Ljubljana, s pripisom za Katarino Bitenc.

Lepo vas pozdravljamo in se zahvaljujemo za sodelovanje.

Pripravila:
Katarina Bitenc

Peter Otorepec
namestnik predstojnice CZE

Priloga: tabela za vpisovanje podatkov o gradnji in materialih za izgradnjo sistema za oskrbo s pitno vodo.

Tabela za vpisovanje podatkov o gradnji in materialih za izgradnjo javnega vodovodnega omrežja (JVO)

Vpišite ime upravljavca	Vpišite ime JVO*:	Vpišite ime JVO*:	Vpišite ime JVO*:
Katerega leta je bil O JVO zgrajen O?			
Kdaj so se zadnjič na JVO izvajala vzdrževalna dela?			
Iz katerih materialov so cevi in drugi deli, ki so vgrajeni v JVO?			
Iz katerega materiala so cevi, ki jih trenutno vgrajujete v JVO?			
Iz katerega materiala so spoji med cevmi, ki jih trenutno vgrajujete v JVO?			
Iz katerega materiala so zaporne armature in ali imajo le te zaščito proti koroziji, če je to potrebno?			
Ali so se v preteklosti v ta omrežje vgrajevale svinčene cevi in drugi svinčeni deli (npr. svinčeni spoji)?			
Če DA:	Ali lahko potrdite, da so v JVO še vedno vgrajeni kakršnikoli svinčeni deli?		
	Ali si v vašem podjetju prizadevate k čim hitrejši zamenjavi svinčenih delov omrežja?		
	V kolikšnem času predvidevate, da bodo svinčeni deli odstranjeni iz JVO?		

* Poročajte ločeno za vsa oskrbovalna območja, ki jih upravljate.

PRILOGA B: OBVESTILO UPRAVLJAVCEM GLEDE POVIŠANIH KONCENTRACIJ SVINCA

Številka dopisa: 355-28/12/206
Ljubljana, 25. maj 2012

ZADEVA: Koncentracije svinca v pitni vodi

Spoštovani,

pred kratkim smo v _____, ki se nahajajo na oskr. območju, kjer ste upravljevec sistema za oskrbo s pitno vodo, ugotovili povišane koncentracije svinca v pitni vodi.

Radi bi ugotovili, ali so te koncentracije posledica stanja hišnega ali javnega vodovodnega sistema, zato vas prosimo za odgovore na sledeča vprašanja:

1. Ali ste kdaj že ugotavljali koncentracije svinca pred in za števcem za ta objekt?
2. Imate morda podatek, kakšne so koncentracije svinca na splošno na tem oskrbovalnem območju?
3. Kakšne metode za odvzem vzorca se poslužujete za ugotavljanje strupenih kovin v pitni vodi?
4. Ali so v javnem omrežju na tem območju vgrajene svinčene cevi oz. svinčeni deli omrežja?

Vnaprej se vam zahvaljujemo za vaše sodelovanje in vas lepo pozdravljamo!

Katarina Bitenc

Inštitut za varovanje zdravja,
Center za nalezljive bolezni in okoljska tveganja

Trubarjeva 2, 1000 Ljubljana, Slovenija
t: +386 1 2441553

PRILOGA C: DOPIS ZA RAVNATELJE IZBRANIH VRTCEV IN OSNOVNIH ŠOL

Ljubljana, 11. september 2009

Dopis št.: 310-522/1-1/09-8

Ravnatelji izbranih vrtcev in osnovnih šol (po elektronski pošti)

Podatki o gradnji in materialih za izgradnjo vodovodnega omrežja v izobraževalnih ustanovah

Spoštovani,

oskrba z zdravo pitno vodo je eden pomembnih temeljev zdravja in že dolgo prioriteta naloga družbe. Informacije o uporabljenih materialih pri gradnji vodovodnega omrežja v izobraževalnih ustanovah, so ključen podatek, s katerim lahko odkrijemo vzroke nihanja kakovosti pitne vode in posledično vpliv neskladne pitne vode na zdravje otrok. Prosim vas za pomoč pri izpolnjevanju tabele v prilogi, saj bi radi z vaše strani pridobili čimveč podatkov o gradnji in obnovi vodovodnega omrežja ter o materialih, ki so se in se še vgrajujejo v vodovodno omrežje v izobraževalnih ustanovah. Vsaka dodatna informacija nam bo v pomoč.

Vljudno prosimo, da nam želene podatke pošljete do 30. septembra 2009 na elektronski naslov: katarina.bitenc@ivz-rs.si ali na poštni naslov IVZ RS, Katarina Bitenc, Trubarjeva 2, 1000 Ljubljana.

Lepo vas pozdravljamo in se zahvaljujemo za sodelovanje.

Pripravila:
Katarina Bitenc

Peter Otorepec
namestnik predstojnice CZE

Priloga: vprašalnik o vodovodnem omrežju

Vprašalnik o vodovodnem omrežju v izobraževalnih ustanovah

Vpišite ime vrtca / šole ¹			
Katerega leta je bila zgrajena glavna stavba, v kateri je vrtec / šola? ²			
Kdaj so se na vodovodnem omrežju v vaši ustanovi zadnjič izvajala vzdrževalna dela?			
Ali veste iz katerih materialov so cevi in spoji med cevmi, ki so vgrajeni v vodovodno omrežje v vaši ustanovi? Če da, jih naštejite.			
Ali veste, iz katerih materialov so armature (pipe) za pitno vodo, ki so vgrajene na umivalnikih v vaši ustanovi? Če da, jih naštejite.			
Ali veste, če so se v preteklosti v to omrežje vgrajevale svinčene cevi in drugi svinčeni deli (npr. svinčeni spoji)?			
Ali imate obstoječ načrt vodovodnega omrežja za vašo ustanovo?			
Ali v prihodnosti načrtujete kakršne koli obnove vodovodnega omrežja v vaši ustanovi?			
Se je kdo v vaši ustanovi že pritožil nad slabim vonjem, okusom, obarvanostjo (rja) pitne vode?	vonj	okus	obarvanost
V času počitnic in praznikov je poraba pitne vode v oddelkih / razredih zmanjšana ali prekinjena. Ali po tem obdobju poskrbite za intenzivno izpiranje vodovodnega omrežja, ki se opravi s povečanim pretokom vode iz omrežja? Več informacij na: http://www.ivz.si/index.php?akcija=novica&n=1454 .			

Za sodelovanje se vam iskreno zahvaljujemo.

¹ V primeru, da sta vrtec in šola v različnih zgradbah, izpolnite ločen vprašalnik.

² V primeru, da je bil zgrajen prizidek, zanj izpolnite ločen vprašalnik.

PRILOGA D: OBVESTILO O IZBIRI

Ljubljana, 30. oktober 2009
Dopisna št.: 310-522/1-1/09-12

vtenci in šole (po elektronski pošti)

RAZISKAVA O SVINCU V PITNI VODI

Spoštovani,

vaša ustanova je bila izbrana kot ena izmed 40 enot po Sloveniji, v kateri bomo, seveda z vašim dovoljenjem, izmerili koncentracije svınca v pitni vodi.

Pitna voda je postala s prepovedjo uporabe osvinčenega bencina potencialno največji vir svınca v okolju. Glavni vir svınca v pitni vodi so materiali vodovodnega omrežja, to so cevi in drugi deli omrežja, ki vsebujejo svinec. Lahko pa svinec migirira tudi iz novejših materialov v vodovodnem omrežju npr. PVC, medenina, guma in keramika.

Že nizke koncentracije svınca so lahko zdravju škodljive, dolgotrajni vnos pa povzroča motnje v delovanju ter razvoju centralnega in perifernega živčnega sistema, dojenčki, otroci in nosečnice pa so najbolj občutljiva skupina.

Namen raziskave je ugotoviti koncentracije svınca v pitni vodi v nekaterih vrtcih in šolah in s tem ugotoviti ogroženost zdravja otrok. Poleg tega je cilj raziskave spodbuditi državo in občine, da se aktivno vključijo v reševanje problematike prisotnosti svınca v pitni vodi.

Kako bo delo potekalo? V vašem vrtcu oz. šoli bo posebej usposobljen vzorčevalec odvzel vzorce pitne vode za preiskavo vsebnosti svınca. Delo bo potekalo v dveh fazah, prvič bomo odvzeli vzorce vode v zimskem in drugič v poletnem času. Odvzeli bomo 250 ml mrzle vode, ki je stala v ceveh najmanj 8 ur (pred začetkom dnevne uporabe te pipe). Odvzemno mesto bo pipa, kjer se voda uporablja za pitje, pripravo hrane in pijače (praviloma bo to kuhinja, če je nimate, pa pipa iz katere otroci pijejo vodo, da se odžejajo).

Vljudno vas prosimo, da nam odgovorite, če ste pripravljeni sodelovati pri tem projektu in nam sporočite kontaktno osebo (tel. številko in e.naslov), s katero se bomo dogovorili za termin odvzema pitne vode v vaši ustanovi, kasneje pa ji bomo posredovali tudi rezultate raziskave in priporočila.

Za sodelovanje se vam iskreno zahvaljujemo in vas lepo pozdravljamo, za dodatne informacije pa smo na voljo na tel. 01 2441 553 ali po e.pošti: katarina.bitenc@ivz-rs.si.

Pripravila:
Katarina Bitenc

Peter Otorepec
namestnik predstojnice Centra za zdr. ekologijo

PRILOGA E: NAVODILO O IZBIRI ODVZEMNEGA MESTA

Ljubljana, 16. november 2009
Dopisna št.: 310-522/1-1/09-14

izbrani vrtci in šole po Sloveniji

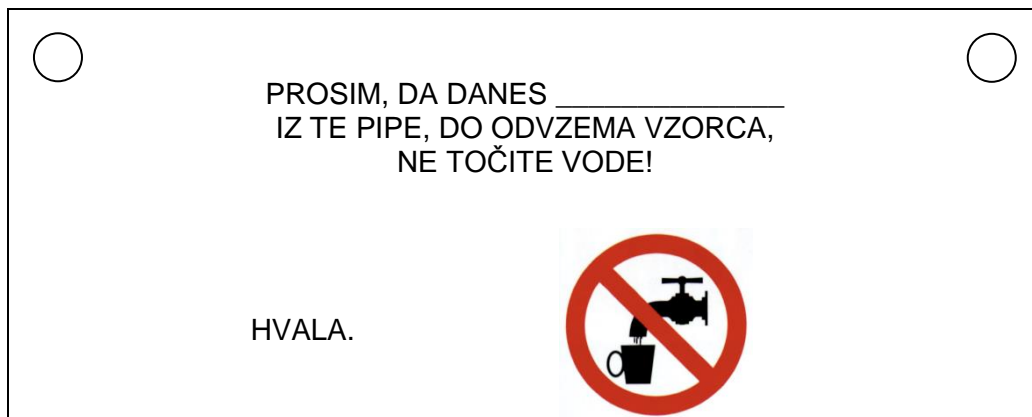
RAZISKAVA O SVINCU V PITNI VODI – NAVODILO O IZBIRI ODVZEMNEGA MESTA IN O NETOČENJU VODE

Spoštovani,

kot ste bili obveščeni, je bila vaša ustanova izbrana kot ena izmed enot po Sloveniji, v kateri bomo izmerili koncentracije svinca v pitni vodi.

Tokrat vam posredujemo navodilo o izbiri odvzemnega mesta in netočenju vode, saj se je za pravilno izpeljavo vzorčenja potrebno natančno držati protokola odvzema pitne vode.

Odvzemno mesto bo pipa v kuhinji ali v razdelilni kuhinji, ki jo uporabljate za pripravo sokov, čaja in drugih napitkov (oz. pipa iz katere otroci najpogosteje pijejo vodo). Primerno pipo boste izbrali sami in že dan pred vzorčenjem poskrbeli, da se iz nje ne bo točilo vode **vsaj 8 ur in ne več kot 18 ur**. To boste zagotovili s letakom, ki ga boste pritrdili na izbrano pipo:



Predlagamo, da izberete takšno pipo, ki jo tisti dan ne boste pogrešili pri delu, saj obstaja možnost, da bo vzorčevalec prišel vzorčiti šele ob 14. uri, voda pa se do takrat ne bo smela točiti. Če primerne pipe nimate, nas o tem nujno obvestite!

V primeru, da ste izbrali odzemno mesto, ki je bilo pred kratkim obnovljeno, vas prosimo, da izberete drugo odzemno mesto v isti stavbi.

Nekaj dni pred vzorčenjem vas bomo poklicali in se dogovorili za dan vzorčenja ter vas ponovno opozorili na protokol izbire pipe.

Vzorčevalec bo na dan vzorčenja napolnil 250 ml embalažo z mrzlo vodo, brez predhodnega točenja in 250 ml embalažo s točenjem vode 2 minuti. Obenem bo vzorčevalec opravil tudi terenske meritve vode, kot je merjenje prostega klora, električne prevodnosti, temperature, pH vrednosti, trdote vode ipd. (embalažo bo pripravil laboratorij).

Temu vzorčenju vode bo, po istem postopku, sledilo ponovno vzorčenje v poletnih mesecih. Seveda vas bomo o tem pravočasno obvestili.

Za sodelovanje se vam iskreno zahvaljujemo in vas lepo pozdravljamo, za dodatne informacije pa smo kadarkoli na voljo na tel. 01 2441 553 ali po e.pošti: katarina.bitenc@ivz-rs.si.

Pripravila:
Katarina Bitenc

Peter Otorepec
namestnik predstojnice Centra za zdr. ekologij

PRILOGA F: OBVESTILO O REZULTATIH PRVEGA VZORČENJA VODE

Ljubljana, 19. februar 2010
Dopis št.: 310-522/1-3/10-1

Ravnatelj izbranih vrtcev in osnovnih šol (po elektronski pošti)

Prvi rezultati vzorčenja pitne vode

Spoštovani,

zaključili smo s prvo fazo vzorčenja pitne vode v izbranih izobraževalnih ustanovah po Sloveniji. Za pomoč se vam ob tej priložnosti zahvaljujemo in se priporočamo tudi za sodelovanje vnaprej.

Kljub temu, da pri nas vlada prepričanje, da pitna voda v Sloveniji ne vsebuje povišanih koncentracij svınca, lahko to vsaj delno zavrnamo. Ugotovili smo, da je imelo 6 vzorcev od 39 povišane koncentracije svınca nad mejno vrednostjo (mejna vrednost je določena na podlagi neposredne nevarnosti za zdravje ljudi in pomeni največjo dovoljeno koncentracijo svınca v vodi, ki še ne ogroža človeškega zdravja), ki jo je določila Svetovna zdravstvena organizacija, to je 10 µg/l. Enaka mejna vrednost bo kmalu stopila v veljavo tudi v Sloveniji, in sicer novembra 2013, do takrat pa imajo upravljavci dovolj časa, da sprejmejo primerne ukrepe in koncentracije svınca v pitni vodi znižajo pod to vrednostjo. Ameriška agencija za varstvo okolja (US EPA) celo predlaga, da se nemudoma prepove uporaba pitne vode v javni ustanovi v primeru, da nivo svınca v posameznem vzorcu preseže 20 µg/l. Take koncentracije svınca v pitni vodi smo našli celo v dveh osnovnih šolah v Sloveniji.

Ob obisku v vaši ustanovi smo odvzeli dva vzorca pitne vode. Prvi vzorec je bil vzorec pitne vode, ki je v ceveh stala več kot 8 ur, drugi (kontrolni) vzorec pa smo odvzeli tako, da smo vodo pred odvzemom nekaj minut točili. Vse koncentracije svınca pri kontrolnih vzorcih so bile pod mejno vrednostjo 10 µg/l, kar kaže, da je najbolj učinkovit ukrep za znižanje koncentracij svınca v pitni vodi nekaj minutno točenje, dokler se temperatura hladne vode ne ustali (približno 2 minuti).

Poleg rednega, vsakodnevnega točenja vode, predlagamo tudi druge rutinske ukrepe: redno čiščenje mrežice na pipi, priprava hrane in pijače z mrzlo vodo, ki je pred tem tekla iz pipe nekaj minut in da se v primeru zmanjšane ali prekinjene porabe pitne vode intenzivno izpira omrežje vsaj 15 minut.

Natančne podatke o koncentracijah svınca v vašem objektu boste prejeli v naslednjem elektronskem sporočilu. Za dodatne informacije smo vam na voljo na elektronskem naslovu: katarina.bitenc@ivz-rs.si ali po telefonu 01 2441 553.

Lepo vas pozdravljamo in se zahvaljujemo za sodelovanje.

Pripravila:
Katarina Bitenc

PRILOGA G: OBVESTILO O ZAČETKU DRUGEGA VZORČENJA

Ljubljana, 9. julij 2010
Dopisna št.: 310-522/1-3/10-2

izbrani vrtci in šole po Sloveniji (po elektronski pošti)

RAZISKAVA O SVINCU V PITNI VODI – DRUGO VZORČENJE

Spoštovani,

kot že veste, je bila vaša ustanova izbrana kot ena izmed izobraževalnih ustanov po Sloveniji, v kateri bomo izmerili koncentracije svincu v pitni vodi. Prvo vzorčenje smo izvajali od novembra 2009 do januarja 2010, drugo vzorčenje pa načrtujemo **v avgustu in septembru 2010**.

Nekaj dni pred vzorčenjem vas bomo poklicali in se dogovorili za termin vzorčenja ter vas ponovno opozorili na protokol izbire pipe – navodila o izbiri odvzemnega mesta in netočenju vode prilagamo k temu sporočilu.

Za sodelovanje se vam iskreno zahvaljujemo, za dodatne informacije pa smo kadarkoli na voljo na tel. 01 2441 553 ali po e.pošti: katarina.bitenc@ivz-rs.si.

Lep pozdrav!

Pripravila:
Katarina Bitenc

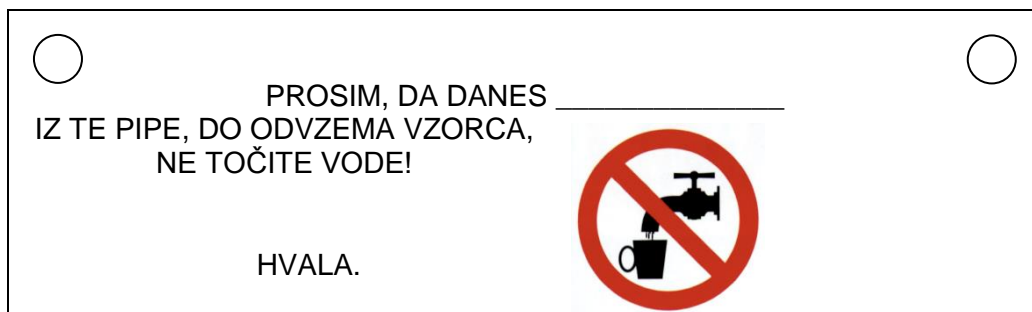
Peter Otorepec
namestnik predstojnice Centra za zdravstveno ekologijo

priloga: Navodila o izbiri odvzemnega mesta in netočenju vode

Ljubljana, 9. julij 2010

NAVODILO O IZBIRI ODVZEMNEGA MESTA IN NETOČENJU VODE

Odvzemno mesto bo pipa v kuhinji ali v razdelilni kuhinji, ki jo uporabljate za pripravo sokov, čaja in drugih napitkov (oz. pipa iz katere otroci najpogosteje pijejo vodo). Primerno pipo boste izbrali sami in že dan pred vzorčenjem poskrbeli, da se iz nje ne bo točilo vode **vsaj 8 ur in ne več kot 18 ur**. To boste zagotovili s letakom, ki ga boste pritrdili na izbrano pipo:



Predlagamo, da izberete takšno pipo, ki jo tisti dan ne boste pogrešili pri delu, saj obstaja možnost, da bo vzorčevalec prišel vzorčiti šele ob 14. uri, voda pa se do takrat ne bo smela točiti. Če primerne pipe nimate, nas o tem nujno obvestite!

V primeru, da ste izbrali odvzemno mesto, ki je bilo pred kratkim obnovljeno, vas prosimo, da izberete drugo odvzemno mesto v isti stavbi.

Zahvaljujemo se vam za sodelovanje.

Katarina Bitenc
tel. 01/2441 553
katarina.bitenc@ivz-rs.si

PRILOGA H: OBVESTILO O REZULTATIH DRUGEGA VZORČENJA VODE

Ljubljana, 9. november 2010
Dopis št.: 310-522/1-3/10-1

Ravnatelj izbranih vrtcev in osnovnih šol (po elektronski pošti)

Drugi rezultati vzorčenja pitne vode

Spoštovani,

zaključili smo z drugo fazo vzorčenja pitne vode v izbranih izobraževalnih ustanovah po Sloveniji. Za sodelovanje se vam ob tej priložnosti iskreno zahvaljujemo.

Z drugim vzorčenjem smo ugotovili, da je imelo kar nekaj vzorcev povišane koncentracije svinca nad mejno vrednostjo (mejna vrednost je določena na podlagi neposredne nevarnosti za zdravje ljudi in pomeni največjo dovoljeno koncentracijo svinca v vodi, ki še ne ogroža človeškega zdravja), ki jo je določila Svetovna zdravstvena organizacija, to je 10 µg/l. Enaka mejna vrednost bo leta 2013 stopila v veljavo tudi v Sloveniji (trenutno je mejna vrednost 25 µg/l), do takrat pa imajo upravljavci dovolj časa, da sprejmejo primerne ukrepe in koncentracije svinca v pitni vodi znižajo pod to vrednostjo. Ameriška agencija za varstvo okolja celo predlaga, da se nemudoma prepove uporaba pitne vode v javni ustanovi v primeru, da nivo svinca v posameznem vzorcu preseže 20 µg/l. Tudi take koncentracije svinca smo izmerili v Sloveniji.

Ob obisku v vaši ustanovi smo odvzeli dva vzorca pitne vode. Prvi vzorec je bil vzorec pitne vode, ki je v ceveh stala več kot 8 ur, drugi vzorec pa smo odvzeli tako, da smo vodo pred odvzemom nekaj minut točili. Vse koncentracije svinca pri kontrolnih vzorcih so bile pod mejno vrednostjo, kar kaže, da je najbolj učinkovit ukrep za znižanje koncentracij svinca v pitni vodi nekaj minutno točenje vode, dokler se temperatura hladne vode ne ustali (približno 2 minuti).

Poleg rednega, vsakodnevnega točenja vode, predlagamo tudi druge rutinske ukrepe: redno čiščenje mrežice na pipi, pripravo hrane in pijače z mrzlo vodo, ki je pred tem tekla iz pipe nekaj minut in da se v primeru zmanjšane ali prekinjene porabe pitne vode intenzivno izpira omrežje vsaj 15 minut.

Natančne informacije o koncentracijah svinca v vašem objektu boste prejeli v naslednjem elektronskem sporočilu.

Za dodatne informacije smo vam na voljo na elektronskem naslovu: katarina.bitenc@ivz-rs.si ali po telefonu 01 2441 553.

Lepo vas pozdravljamo.

Pripravila:
Katarina Bitenc

PRILOGA I: NAVODILO ZA VZORČENJE I.**Popisni list - pitna voda v vrtcih in šolah po Sloveniji**

Vzorec št.:

Ime vrtca / šole in enota:

Opis odvzemnega mesta vzorčenja:

Kontaktna oseba:

Datum odvzema:

Čas odvzema (ure in min):

Koliko časa je voda stala v ceveh:

Kateri so najpogostejši načini uporabe vode iz pipe za kuhanje, pitje in pripravo napitkov? (obkroži odgovor)

- | |
|---|
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| <ul style="list-style-type: none"> • uporabimo hladno vodo s predhodnim točenjem (vsaj 15 sek) • uporabimo hladno vodo brez predhodnega točenja • uporabimo toplo vodo |

Odvzem 250 ml mrzle vode, brez predhodnega točenja iz pipe, iz katere se voda ni točila vsaj 8 ur.

Meritve:

Parameter	Izmerjena vrednost	Enota
Prosti klor		mg / l
Električna prevodnost		μS / cm
Temperatura vode		°C
pH		Enote pH
Redoks potencial:		mV
Vonj		*
Opombe**		

* Vonj - kode: 1 - brez vonja, 2 - aromatičen, 3 - vonj zemlje, 4 - zatohel, 5 - vonj po fekalijah, H₂S, amoniaku, 6 - kemični vonj, 7 - vonj po kloru, 8 - vonj po mineralnih oljih in drugih naftnih derivatih, 9 - vonj po fenolih

** opis mesta odvzema vzorca (samo za arhiv) in druge posebnosti ...

Podpis vzorčevalca: _____

Navodila za vzorčenje

Pred vzorčenjem vzorčevalec natisne za vsako mesto vzorčenja popisni list. Identifikacijska številka vzorca bo na planu vzorčenja, ki ga je dobil vzorčevalec pred začetkom vzorčenja.

Embalažo zagotavlja in pripravi laboratorij - za svinec uporabimo embalažo iz plastike ali stekla. Pred vzorčenjem vzorčevalec v laboratoriju vzame pripravljeno embalažo. Za vsako vzorčenje se vzame 1 embalažo za 'originalen' vzorec, 1 embalažo za kontrolni vzorec za merjenje svınca s točenjem vode, 1 embalažo za terenske meritve (ta embalaža je lahko uporabljena večkrat). Na teren vzorčevalec vzame tudi kislino HNO_3 in pipete.

Odvzem vzorcev pitne vode se izvede na podlagi navodil standarda SIST ISO 5667-5:1996.

Ob vstopu v ustanovo se vzorčevalec predstavi kontaktni osebi in pove, zakaj je prišel in kaj bo naredil. Prepriča se, da se iz izbrane pipe vsaj 8 ur ni točila vode in da je pipa opremljena z letakom:

PROSIM, DA DANES _____ IZ TE PIPE DO ODVZEMA VZORCA NE TOČITE VODE!
--

Mesto vzorčenja (objekt) je določeno v planu vzorčenja. Odvzemno mesto (pipa) je praviloma najpogosteje uporabljena pipa v kuhinji ali v razdelilni kuhinji (oz. pipa iz katere otroci pijejo vodo), iz katere se voda ni točila vsaj 8 ur in ne več kot 18 ur. Vzorčenje naj poteka zgodaj zjutraj, ko se voda iz pipe še ni točila. Vzorčenje naj se ne izvaja ob ponedeljkih, saj čez vikend voda predolgo časa stoji v ceveh (več kot 18 ur), posledično vzorec ne bo reprezentativen.

V primeru, da se na lokaciji ugotovi, da je bilo odvzemno mesto pred kratkim obnovljeno oz. kako drugače ni primerno, naj se izbere drugo odvzemno mesto v isti stavbi (kar se označi na vprašalniku pod opombami).

Pipe nikoli ne izpiramo. Najprej napolnimo pripravljeno embalažo z 250 ml mrzle vode, brez predhodnega točenja. Nato napolnimo drugo embalažo in opravimo terenske meritve (prosti klor, električna prevodnost, temperatura, pH vrednost, redoks potencial, vonj). Tretjo embalažo napolnimo z 250 ml vode, ki smo jo predhodno točili 2 minuti oziroma do stabilizacije temperature.

Pri polnjenju embalaže ne pretakamo vode preko embalaže. Embalažo običajno napolnimo do vrha in potopimo zamašek v vzorec tako, da v vzorcu ni zraka. S tem omejimo stresanje med transportom in mešanje vzorca s plinasto fazo.

Pri vzorčenju pazimo, da pri zapiranju embalaže z zamaški vzorcev ne kontaminiramo. Zamašek, s spodnjo stranjo obrnjen navzdol, držimo v roki. Če to ni mogoče, ga odložimo na čisto površino, pokrito s papirnato brisačo, s spodnjo stranjo navzgor.

Pred transportom vzorce še konzerviramo s HNO_3 . S konzerviranjem vzorcev stabiliziramo, pomembno je, da to storimo čimprej (najkasneje v 15 minutah po vzorčenju).

Vzorce je treba nedvoumno označiti z identifikacijsko številko, imenom ustanove iz popisnega lista in ga predati laboratoriju.

Pripravila:
Katarina Bitenc

Navodila za vzorčenje

Pred vzorčenjem vzorčevalec natisne za vsako mesto vzorčenja popisni list. Identifikacijska številka vzorca bo na planu vzorčenja, ki ga je dobil vzorčevalec pred začetkom vzorčenja.

Embalažo zagotavlja in pripravi laboratorij - za svinec uporabimo embalažo iz stekla z oznako 250 ml. Pred vzorčenjem vzorčevalec v laboratoriju vzame pripravljeno embalažo:

- **1 embalažo za 'originalen' vzorec (z oznako 250 ml),**
- **1 embalažo za kontrolni vzorec s točenjem vode (z oznako 250 ml),**
- **1 embalažo za merjenje el. prevodnosti, pH in redoksa (mala plastenka pri Jelki).**

Po potrebi, na teren vzorčevalec vzame tudi **kislino HNO₃ in pipete.**

Vzorci naj bodo **označeni** na naslednji način:

'originalen' vzorec: ID št. (npr. 7)

kontrolni vzorec: ID št.+ K (npr. 7K)

Ob vstopu v ustanovo se vzorčevalec predstavi kontaktni osebi in pove, zakaj je prišel in kaj bo naredil. Prepriča se, da se iz izbrane pipe vsaj 8 ur ni točilo vode in da je pipa opremljena z letakom o netočenju vode.

Mesto vzorčenja (objekt) je določeno v planu vzorčenja. Odvzemno mesto (pipa) je praviloma najpogosteje uporabljena pipa v kuhinji ali v razdelilni kuhinji (oz. pipa iz katere otroci pijejo vodo), iz katere se voda ni točila vsaj 8 ur in ne več kot 18 ur. Vzorčenje naj poteka zgodaj zjutraj, ko se voda iz pipe še ni točila. Vzorčenje naj se ne izvaja ob ponedeljkih, saj čez vikend voda predolgo časa stoji v ceveh (več kot 18 ur), posledično vzorec ne bo reprezentativen.

Pipe nikoli ne izpiramo. Najprej napolnimo pripravljeno embalažo z 250 ml mrzle vode, brez predhodnega točenja. Nato opravimo terenske meritve (prosti klor, temperatura) – **temperaturo izmerimo v prvi embalaži, kjer je voda brez predhodnega točenja, nato napolnimo stekleničko za merjenje klora.** Napolnimo še posebno embalažo za merjenje el. prevodnosti, pH in redoks potenciala, ki jih opravimo v laboratoriju – v primeru, da nimamo naprav za merjenje pri sebi na terenu. Sledi še polnjenje embalaže za kontrolni vzorec – 250 ml.

Če je tako dogovorjeno, pred transportom vzorca še konzerviramo s HNO₃ (z 2,5 ml kisline).

Vzorce je treba nedvoumno označiti z identifikacijsko številko in ga predati laboratoriju.

Pripravila:

Katarina Bitenc

PRILOGA K: POGOVORNA OKNA MODELA IEUBK

a) Vnos podatkov o koncentracijah svınca v zemlji in mivki

Soil/Dust Ingestion Weighting Factor (percent soil): 45

Outdoor Soil Lead Concentration ($\mu\text{g/g}$): 200

Indoor Dust Lead Concentration ($\mu\text{g/g}$): 41.89

Soil/Indoor Dust Concentration ($\mu\text{g/g}$)

	AGE (Years)						
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
Outdoor Soil Lead Levels:	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
Indoor Dust Lead Levels:	41.89	41.89	41.89	41.89	41.89	41.89	41.89

Amount of Soil/Dust Ingested Daily (g/day)

	AGE (Years)						
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
Total Dust + Soil Intake:	0.085	0.135	0.135	0.135	0.100	0.200	0.085

GI Values/Bioavailability: GI / Bio

TRW Homepage: <http://www.epa.gov/superfund/health/contaminants/lead/index.htm>

b) Vnos podatkov o koncentracijah svınca v zraku

Indoor air lead concentration (percentage of outdoor): 30

Outdoor Air Pb Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$): 0.4

Input for different age groups

	AGE (Years)						
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
Outdoor Air Pb Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$):	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Time Spent Outdoors (hr/day):	1	2	3	4	4	4	4
Ventilation Rate (m^3/day):	2	3	5	5	5	7	7
Lung Absorption (%):	32	32	32	32	32	32	32

TRW Homepage: <http://www.epa.gov/superfund/health/contaminants/lead/index.htm>

c) Vnos podatkov o koncentracijah svınca v hrani

Dietary Lead Intake ($\mu\text{g}/\text{day}$)

	AGE (Years)						
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
Dietary Lead Intake ($\mu\text{g}/\text{day}$):	2.26	1.96	2.13	2.04	1.95	2.7	2.22

DIETARY VALUES

Use alternate dietary values? No Yes

	Concentration ($\mu\text{g Pb/g}$)	Percent of Food Class
Home Grown Fruits	0	0 (% of all fruits)
Home Grown Vegetables	0	0 (% of all vegetables)
Fish from Fishing	0	0 (% of all meat)
Game Animals from Hunting	0	0 (% of all meat)

GI Values / Bioavailability: GI / Bio

TRW Homepage: <http://www.epa.gov/superfund/health/contaminants/lead/index.htm>

d) Vnos podatkov o koncentracijah svınca v pitni vodi

Beginner Wizard

By default, the model assumes alternate water input will not be used. The water lead exposure point concentration is based on the national default of 4 ppb. This default value may be replaced if site-specific information is available. Constant value option is used unless the concentration differs for a specific age range.

The alternate water input menu may be selected if users have site-specific information for the other inputs within this window.

Ingestion rates are not typically changed unless site-specific information is available.

Consult the IEUBK guidance for more detailed information.

GI Values / Bioavailability
 GI / Bio Change Values

TRW Homepage: <http://www.epa.gov/superfund/health/contaminants/lead/index.htm>

Water Consumption (L/day)	AGE (Years)						
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
	0.2	0.5	0.52	0.53	0.55	1.2	0.59

Use alternate water values?
 No If No, please enter the lead concentration in drinking water (µg/L): 65
 Yes If Yes, please fill in the information below.

LEAD CONCENTRATION IN DRINKING WATER

Percent of Total Consumed as First Draw: 50
 Concentration of Lead in First Draw (µg/L): 4
 Concentration of Lead in Flushed (µg/L): 1
 Percentage of Total Consumed from Fountains: 15
 Concentration of Lead in Fountain Water (µg/L): 10

Buttons: < Back, Next >, Cancel, Reset All, OK, Cancel, Reset, Help?

e) Podatki o absorpciji

Beginner Wizard

Bioavailability information may be entered for each of the exposure media. The values shown in the model are absolute bioavailability values.

The other inputs on this window are not typically changed.

Consult the IEUBK guidance and Bioavailability guidance and LRI below for more detailed information.

<http://www.epa.gov/superfund/bioavailability/guidance.htm>

TRW Homepage: <http://www.epa.gov/superfund/health/contaminants/lead/index.htm>

Access alternate bioavailability parameters? No Yes

MEDIA	ABSORPTION FRACTION PERCENT	FRACTION PASSIVE / TOTAL ACCESSIBLE	HALF SATURATION Level (µg/day)
Soil	30		
Dust	30		
Water	50	0.2	100
Diet	50		
Alternate	0		

Buttons: < Back, Next >, Cancel, Reset All, OK, Cancel, Reset, Help?

PRILOGA L: IZPIS PROGRAMA WEKA

REZULTATI TRIKRATNEGA PREČNEGA PREVERJANJA Z ODLOČITVENIM ATRIBUTOM R_Pb

=== Run information ===

Scheme:weka.classifiers.trees.M5P -M 4.0

Relation: Pb

Instances: 116

Attributes: 15

Age
Pipe
Old_Pb
Smell
Taste
Colour
Wash
No_Flow
Cl2
Cond
T
pH
Redox
R_Smell
R_Pb

Test mode:3-fold cross-validation

=== Classifier model (full training set) ===

M5 pruned model tree:

(using smoothed linear models)

Age <= 44.5 : LM1 (82/47.1%)

Age > 44.5 : LM2 (34/117.3%)

LM num: 1

R_Pb =

0.019 * Age
+ 4.98 * Pipe=PVC,Zn
+ 5.80 * Taste
+ 1.39 * Colour
+ 5.51 * Wash
+ 0.25 * No_Flow
- 7.51 * Cl2
+ 0.011 * Cond
+ 1.01 * pH
- 21.4

LM num: 2

R_Pb =

0.038 * Age
+ 1.15 * Pipe=PVC,Zn
+ 38.9 * Colour
- 0.0081 * Cond
- 3.39 * pH
+ 34.6

Number of Rules : 2

Time taken to build model: 0.03 seconds

=== Cross-validation ===

=== Summary ===

Correlation coefficient	0.6127
Mean absolute error	5.81
Root mean squared error	8.35
Relative absolute error	86.0 %
Root relative squared error	79.6 %
Total Number of Instances	116

PRILOGA M: IZRAČUNI MODELA IEUBK

LEAD MODEL FOR WINDOWS Version 1.1

```
=====
Model Version: 1.1 Build11
=====
```

***** Air *****

Indoor Air Pb Concentration: 30.000 percent of outdoor.

Other Air Parameters:

Age	Time Outdoors (hours)	Ventilation Rate (m ³ /day)	Lung Absorption (%)	Outdoor Air Pb Conc (µg Pb/m ³)
-----	-----------------------------	--	---------------------------	---

.5-1	1.00	2.00	32.0	0.400
1-2	2.00	3.00	32.0	0.400
2-3	3.00	5.00	32.0	0.400
3-4	4.00	5.00	32.0	0.400
4-5	4.00	5.00	32.0	0.400
5-6	4.00	7.00	32.0	0.400
6-7	4.00	7.00	32.0	0.400

***** Diet *****

Age Diet Intake(µg/day)

.5-1	2.26
1-2	1.96
2-3	2.13
3-4	2.04
4-5	1.95
5-6	27.0
6-7	2.22

***** Drinking Water *****

Water Consumption:

Age Water (L/day)

.5-1	0.200
1-2	0.500
2-3	0.520
3-4	0.530
4-5	0.550
5-6	1.20
6-7	0.590

Drinking Water Concentration: 65 µg Pb/L

***** Soil & Dust *****

Multiple Source Analysis Used

Average multiple source concentration: 41.9 µg/g

Mass fraction of outdoor soil to indoor dust conversion factor: 0.700

Outdoor airborne lead to indoor household dust lead concentration: 100
 Use alternate indoor dust Pb sources? No

Age	Soil (µg Pb/g)	House Dust (µg Pb/g)
.5-1	2.70	41.9
1-2	2.70	41.9
2-3	2.70	41.9
3-4	2.70	41.9
4-5	2.70	41.9
5-6	2.70	41.9
6-7	2.70	41.9

***** Alternate Intake *****

Age	Alternate (µg Pb/day)
.5-1	0.000
1-2	0.000
2-3	0.000
3-4	0.000
4-5	0.000
5-6	0.000
6-7	0.000

***** Maternal Contribution: Infant Model *****

Maternal Blood Concentration: 1.00 µg Pb/dL

CALCULATED BLOOD LEAD AND LEAD UPTAKES:

Year	Air (µg/day)	Diet (µg/day)	Alternate (µg/day)	Water (µg/day)	Soil+Dust (µg/day)	Total (µg/day)	Blood (µg/dL)
.5-1	0.084	1.03	0.000	5.96	0.567	7.65	4.10
1-2	0.138	0.851	0.000	14.1	0.853	16.0	6.30
2-3	0.248	0.939	0.000	14.9	0.866	17.0	6.20
3-4	0.267	0.913	0.000	15.4	0.879	17.5	6.10
4-5	0.267	0.884	0.000	16.2	0.660	18.0	5.90
5-6	0.373	10.9	0.000	31.4	1.17	43.8	10.5
6-7	0.373	1.02	0.000	17.6	0.567	19.6	7.90

PRILOGA N: ČLANKI IN PREDSTAVITVE NA KONFERENCAH, KI SO DELO RAZISKOVANJA V POVEZAVI Z DOKTORSKO DISERTACIJO

Članki:

BITENC, Katarina. Svinec v pitni vodi v slovenskih vrtcih in osnovnih šolah = Lead in drinking water in Slovene kindergartens and primary schools. Zdravstveno varstvo. [Tiskana izd.], 2011, letn. 50, št. 2, str. 106-112, ilustr., tabele.

<http://versita.metapress.com/content/t735543h57233525/fulltext.pdf> (Pridobljeno 14.4.2016).

BITENC, Katarina, BILBAN, Marjan. Onesnaženje pitne vode s svincem in vpliv na zdravje otrok = Pollution of drinking water with lead and influence on the health of children. Delo + varnost, december 2007, letn. 52, št. 6, str. 24-32.

BITENC, Katarina. Presoja vpliva svinca z oceno tveganja za zdravje otrok zaradi pitja vode in drugih napitkov iz vodovodnega omrežja starejših vrtcev in šol v Sloveniji. Enboz, apr. 2011, letn. 1, št. 4, str. 23-26.

<http://www.ivz.si/enboz> (Pridobljeno 14.4.2016).

Konference:

BITENC, Katarina, BILBAN, Marjan. Onesnaženje pitne vode s svincem in vpliv na zdravje otrok. V: ZALETEL-KRAGELJ, Lijana (ur.). *Zbornik prispevkov*. Ljubljana: Medicinska fakulteta, Katedra za javno zdravje, 2007, str. 1-15.

BITENC, Katarina, VRAČKO, Pia. Vpliv svinca na zdravje otrok zaradi pitja vode iz vodovodnega omrežja starejših vrtcev in šol v Sloveniji. V: KRAIGHER, Alenka (ur.). *Zbornik predstavitev*. Ljubljana: Sekcija za preventivno medicino Slovenskega zdravniškega društva, 2012, str. 1-13.

<http://www.spm.si/zbornik-srecanja-spm-2011/> (Pridobljeno 14.4.2016).

BITENC, Katarina. Lead in drinking water in Slovenian kindergartens and schools. V: 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment, 23-27 September, 2012, Rome, Italy.

http://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2013/01/e3sconf_ichm13_11009.pdf

(Pridobljeno 14.4.2016).