

# OCENA IZPOSTAVLJENOSTI OTROK SVINCU V CELJSKIH VRTCIH

## AN ASSESSMENT OF LEAD EXPOSURE AMONG CHILDREN ATTENDING KINDERGARTENS IN CELJE

Ivan Eržen<sup>1</sup>

Prispelo: 20. 9. 2010 - Sprejeto: 15. 11. 2010

Izvirni znanstveni članek  
UDK 504.5(497.4 Celje)

### Izvleček

**Izhodišče:** Z raziskavo smo želeli oceniti, kolikšnemu zdravstvenemu tveganju so zaradi prisotnosti povečane vsebnosti svinca v okolju izpostavljeni otroci, ki obiskujejo vrtce v Celju. Posebej smo želeli opredeliti dejanske sprejete količine svinca in oceniti delež, ki se absorbira v telo.

**Metode:** Ocena izpostavljenosti svincu temelji na metodi posrednega ocenjevanja izpostavljenosti preko zraka, vode, hrane in tal. Pri izračunu sprejetega odmerka smo upoštevali tudi dejavnike absorpcije, v primeru prahu in prsti pa tudi biološko dostopnost svinca.

**Rezultati:** Vnos svinca preko hrane, vode, zraka in mivke (prahu, prsti) v Celju dosega 20,5 % začasno dopustnega tedenskega vnosa (angl. Provisional Tolerable Weekly Intake, PTWI), ki je ob upoštevanju najslabšega možnega scenarija za otroka, težkega 20 kg, 500 µg.

**Zaključek:** Rezultati opravljene raziskave kažejo, da zaradi igranja na igriščih vrtcev v Celju ne prihaja do povečanega tveganja za zdravje otrok. S tehničnimi ukrepi je potrebno zmanjšati izpostavljenost otrok svincu, ki je v tleh in v prahu, ter preprečiti nadaljnje onesnaževanje elementov okolja.

**Ključne besede:** svinec, otroci, ocena tveganja, izpostavljenost, absorpcija, biološka dostopnost

Original scientific article  
UDC 504.5(497.4 Celje)

### Abstract

**Background:** The purpose of this research was to assess potential health effects of increased environmental lead levels to which children attending kindergartens in Celje may be exposed. In order to ensure maximum accuracy of this assessment, special attention was focused on the determination of actual amounts of lead absorbed by the body.

**Methods:** This assessment of lead exposure is based on the indirect method of assessing the uptake of lead from air, water, soil and foods. To calculate the total amount of lead absorbed, absorption factors and bioavailability of lead in soil (dust, sand) were also considered.

**Results:** Ingestion of lead through foods, water, air and soil (dust, sand) achieves 20.5% of the provisional tolerable weekly intake (PTWI), i.e. 500 µg for a child weighing 20 kg in a worst case scenario.

**Conclusion:** The results show that children using kindergarten playgrounds in Celje are not exposed to increased health risks. Some technical measures will have to be taken to reduce children's exposure to lead in soil and dust, and to prevent further pollution of elements of the environment.

**Key words:** lead, children, risk assessment, exposure, absorption, bioavailability

### 1 Uvod

Svinec je toksičen element in ob vnosu v organizem predstavlja določeno zdravstveno tveganje. Ob vnosu

v telo škodljivo vpliva na centralno in periferno živčevje, ledvice in sečila, rodila in tudi na človekovo vedenje (1, 2). Velikost tveganja in s tem tudi verjetnost, da se pojavijo zdravstvene posledice, sta odvisni od starosti

<sup>1</sup>Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Katedra za javno zdravje, Zaloška 4, 1000 Ljubljana  
Kontaktni naslov: e-pošta: ivan.erzen@gmail.com

izpostavljenih oseb ter od količine vnosa. Izpostavljenost svincu je v okoljih s povečano vsebnostjo svınca pomemben javnozdravstveni problem.

Podatki o stanju okolja na širšem območju Celja kažejo, da je to območje močno obremenjeno s toksičnimi kovinami. Med kovinami, ki so prisotne v visokih koncentracijah in bistveno odstopajo od običajnih, ki jih najdemo v neonesnaženem okolju, je tudi svinec. Največ podatkov o stanju onesnaženosti tal je omogočila raziskava o vsebnosti toksičnih kovin v tleh. Pokazala je, da so tla v osrednjem delu mestne občine Celje zelo obremenjena s svincem (3). Podobno je pokazala tudi raziskava o vsebnosti svınca na igralnih površinah vrtcev; vsebnost svınca se je v posameznih peskovnikih gibala od 10 mg do 2100 mg svınca /kg suhe snovi. Največ svınca je vsebovala mivka, ki je izvirala iz Mežiške doline (4). Raziskava o vsebnosti svınca v živilih rastlinskega izvora, pridelanih v dveh krajevnih skupnostih, ki mejita neposredno na mestno območje, pa ni pokazala, da bi bila vsebnost svınca v teh živilih povečana (5).

Otroci, zlasti mlajši od treh let, so zaradi večje občutljivosti na svinec in zaradi izpostavljenosti, ki je večja kot pri ostalih skupinah prebivalstva, ki živijo na istem območju in niso poklicno izpostavljeni, skupina z največjim tveganjem za pojav negativnih zdravstvenih posledic (6). Nekatere študije so potrdile domnevo, da imajo otroci, rojeni staršem, ki so bili izpostavljeni svincu, večjo možnost, da se rodijo s prirojeno napako ali duševno zaostali, da imajo motnje v obnašanju in da pogosteje umirajo v prvem letu življenja (1). Metaanaliza 24 velikih epidemioloških raziskav, v okviru katerih so proučevali vpliv svınca na inteligenčni količnik, je potrdila upravičenost domneve, da je velikost inteligenčnega količnika obratno sorazmerna z obremenjenostjo s svincem (7). Vzrok naj bi bile zgodnje biokemijske spremembe pri tvorbi krvi, posledična slabokrvnost in slabša preskrba tkiv s kisikom (1). Ker je centralni živčni sistem posebej občutljiv na pomanjkanje kisika, so posledice vnosa povečane količine svınca vidne celo pred pojavom simptomov slabokrvnosti (8). Zaradi občutljivosti zarodkovega živčnega sistema na svinec uvrščamo med zelo ogrožene skupine prebivalstva tudi matere v času nosečnosti. O pojavu motenega psihičnega razvoja otrok ob vsebnosti svınca v krvi zarodka oziroma novorojenca v vrednosti 100 µg/l krvi poročajo številni raziskovalci (9–12), hipotezo pa je potrdila tudi prospektivna epidemiološka študija (13). Poleg tega so raziskave pokazale, da je prezgodnje rojstvo bolj verjetno, če je koncentracija svınca pri materi med 100 in 150 µg/l krvi. Otroci teh mater so bili v povprečju lažji kot otroci mater z nizko vsebnostjo svınca v krvi (6).

V zvezi s podatki o onesnaženosti tal, otroških igrišč in mivke v nekaterih peskovnikih, ki so zgrajeni ob vrtcih v Celju (4), se je pojavilo vprašanje, kolikšen je vnos svınca, še posebej pri predšolskih otrocih, ob tem pa tudi zahteva, da se izdelava ocena glede ogroženosti njihovega zdravja.

Odgovor na to vprašanje je zapleten in ga ni mogoče posredovati brez podrobne proučitve izpostavljenosti na eni strani ter ocene sprejema svınca v telo in s tem ocene možnih zdravstvenih posledic na drugi strani. Ocena, ali je tveganje za zdravje še sprejemljivo ali ne, pogosto temelji kar na primerjavi ugotovljenih količin z mejnimi vrednostmi, ki jih določajo različni predpisi in standardi (6,14). Tak pristop ni ustrezen in ocena tveganja za zdravje zato ni mogoča, saj manjka bistveni element, ki je za oceno nujen, to pa je ocena količine snovi, ki vstopi v organizem. Najprej je torej potrebno oceniti izpostavljenost in sprejem svınca preko posameznih elementov okolja: zraka, hrane, vode in tal (prst, prah) (1,10,15–ZV). Glede na to, da se svinec, ki vstopi v telo, ne absorbira v celoti, pa moramo upoštevati še dejansko absorbirano količino svınca. Številne študije kažejo, da je dostopnost kovin v dihalih in prebavilih odvisna od oblike, v kateri se ta kovina nahaja v okolju. Škodljive snovi, vezane na osnovni material, se praviloma samo delno topijo v prebavnih sokovih prebavil (16). Stopnja mobilizacije je odvisna od vrste škodljive snovi, stanja materiala in od sestave prebavnih sokov v zgornjem delu prebavil. V prebavilih se lahko absorbira samo mobilizirana oblika, medtem ko se večina vezane škodljive snovi nespremenjena izloči (6). Zaradi fizioloških značilnosti in posebnosti so dejavniki absorpcije različni, dejansko absorbirana količina pa je vedno manjša od največje mobilizirane količine (16). Z raziskavo smo želeli oceniti tveganje za zdravje predšolskih otrok v Celju zaradi izpostavljenosti svincu. Še posebej smo želeli opredeliti, koliko k celotnemu vnosu svınca v telo otrok prispevajo glavni načini vnosa ter oceniti absorbirano količino svınca, saj je ta podatek osnova za oceno relativnega pomena posameznih načinov vnosa svınca na zdravje.

## 2 Metode

Pri ocenjevanju sprejetega odmerka svınca smo uporabili indirektno (posredno) metodo, ki temelji na uporabi podatkov o vsebnosti svınca v posameznih elementih okolja ter podatke o načinu življenja izpostavljenih oseb. Bistvo tega pristopa je, da sklepanje o vnosu proučevanih snovi temelji na podatkih o vsebnosti snovi v zraku, pitni vodi, hrani in

tleh (v prsti oz. prahu). Vsebnosti svınca v posameznih elementih okolja za namen te raziskave nismo posebej izmerili, temveč smo v izračunih upoštevali podatke predhodnih raziskav.

### 2.1 Ocena vnosa svınca z živili

Za oceno vnosa svınca z živili smo upoštevali podatke dveh raziskav. Prva raziskava je potekala po vsej državi leta 2001, da bi opredelili izpostavljenost prebivalcev Slovenije svincu, kadmiju in živemu srebru preko živil (17). Druga raziskava pa se nanaša na lokalne razmere. V okviru te raziskave so bili leta 2003 analizirani pridelki, ki so jih pridelali na območju Medloga in Teharij v Celju (5). Rezultate raziskave o stopnji izpostavljenosti prebivalcev Slovenije vnosu svınca, kadmija in živega srebra s hrano smo priredili najslabši možnosti, tj. da otroci uživajo zgolj hrano, pridelano na onesnaženih območjih Teharij in Medloga, kjer so tla najbolj obremenjena s svincem. Naslednja predpostavka pa se nanaša na količino zaužitih živil. Upoštevali smo, da zaužijejo otroci v predšolskem obdobju približno tretjino količine živil, ki jih zaužijejo odrasli (18).

### 2.2 Ocena vnosa svınca z vodo

Vir podatkov o vsebnosti svınca v pitni vodi je arhiv podatkov iz baze monitoringa pitne vode v okviru občasnih analiz vzorcev pitne vode iz osrednjega območja vodovoda Celje za leta 2005, 2006 in 2008 (število analiz v letu 2005 je bilo 6, prav tako v letu 2006, v letu 2008 pa so bile opravljene 3).

### 2.3 Ocena vnosa svınca s trdimi delci v zraku

Podatkov o vsebnosti svınca v vdihljivih trdih delcih velikosti 10  $\mu\text{m}$  (*angl.* Particulate Matter, PM10) je malo. Za nadaljnje preračune smo uporabili podatke o vsebnosti svınca v Celju (raziskava, opravljena v letu 2003; arhiv podatkov ZZV Celje) (19) oziroma v Ljubljani in Mariboru (podatki, ki jih objavlja Agencija Republike Slovenije za okolje) (20).

### 2.4 Ocena vnosa svınca s prstjo, prahom in z mivko

Glede na to, da so kemijske lastnosti svınca, vezanega v tleh in prahu, podobne kot kemijske lastnosti svınca v mivki (21, 22, 23), smo kot kazalnik vnosa svınca s prstjo, prahom in z mivko uporabili podatke raziskave o količini svınca, ki se v procesu prehoda skozi prebavila izluži iz mivke in je na voljo za absorpcijo (24). V eksperiment smo vključili mivke, ki so istega izvora kot mivke, ki jih uporabljajo za polnjenje peskovnikov

v vrtcih in šolah. Za oceno vnosa svınca preko mivke smo upoštevali podatke o mivki Mežiške doline, ki vsebuje največ svınca in pri kateri je tudi biološka dostopnost svınca največja (24).

### 2.5 Ocena sprejema svınca

Za bolj natančno oceno sprejete količine svınca smo uporabili tudi podatke iz literature o stopnji absorpcije svınca v telesu (6). Glede na to, da gre v primeru svınca za snov, za katero je dokazano, da je zdravju škodljiva, je bilo izhodišče raziskave, da pri ocenjevanju tveganja upoštevamo načelo največje varnosti za zdravje otrok. Kot vhodne podatke smo zato upoštevali podatke ob najslabšem možnem scenariju.

### 2.6 Opredelitev skupnega vnosa in ocena količine absorbiranega svınca

Izračun skupne obremenitve otrok s svincem, ki se nahaja v posameznih elementih okolja, temelji na znanih podatkih o vsebnosti svınca v zraku, živilih, vodi in v tleh (mivki) ter dejanski izpostavljenosti otrok tem elementom. Na osnovi vseh teh podatkov smo opredelili skupni vnos ter ocenili količino absorbiranega svınca. Osnovno načelo pri opredelitvi tveganja za zdravje zaradi vnosa svınca v telo temelji na primerjavi količine absorbiranega svınca z začasnim dopustnim tedenskim vnosom (*angl.* Provisional Tolerable Weekly Intake, PTWI) za otroke. Vrednost PTWI opredeljuje količino svınca, ki jo lahko posameznik tedensko sprejme iz vseh virov v celem življenju, ne da bi prišlo do škodljivih zdravstvenih (25). Količina je opredeljena na teden in na kilogram telesne teže. Pri izračunu smo upoštevali predpostavko, da so otroci v povprečju težki 20 kg. V primeru, da je dejanska teža otroka večja, pa to pomeni, da je delež PTWI za svinec, ki ga otrok sprejme iz okolja, ustrezno manjši. Na ta način je vgrajen še en varnostni dejavnik, ki preprečuje, da bi ob pomanjkanju ustreznih podatkov upoštevali manjše zdravstveno tveganje, kot je v resnici.

## 3 Rezultati

### 3.1 Opredelitev virov vnosa svınca v telo otrok

#### 3.1.1 Ocena vnosa svınca z živili

Največ svınca (na osebo na teden) so preučevane osebe vnesle v telo z žiti in žitnimi izdelki, kar velja tudi za delež PTWI za osebo, težko 20 kg, v odstotkih. Pregled vnosa svınca z ostalimi živili je prikazan v Tabeli 1.

Tabela 1. Ocena prispevka posameznih skupin živil k celotni zaužiti količini svinca s hrano ter k deležu PTWI za svinec ob najslabšem scenariju.

Table 1. Evaluation of the contribution of each food group to lead intake derived from food and to the share of PTWI for lead - worst case scenario.

SKUPINA ŽIVIL FOOD GROUP	Količina živila/osebo/ dan v g Amount of food/ person/day in g	Količina zaužitega svinca na osebo/teden v µg Amount of lead intake /person/week in µg	Delež PTWI* za osebo, težko 20 kg, v % Share of PTWI /person weighing 20 kg, in %
Mleko in mlečni izdelki / Milk and dairy products	120,2	14,4	2,9
Meso in mesni izdelki / Meat and meat products	41,2	16,4	3,3
Ribe, raki, školjke / Fish, crustaceans, molluscs	4,8	2,1	0,4
Žita in žitni izdelki / Grains and grain products	99,5	61,2	12,2
Sadje in sadni izdelki / Fruit and fruit products	64,3	23,6	4,7
Zelenjava in zelenjavni izdelki / Vegetables and vegetable products	111,4	27,5	5,5
Maščobe, olja / Fats, oils	14,8	6,7	1,3
Jajca / Eggs	8,8	4,6	0,9
Sladkor, sol, začimbe / Sugar, salt, spices	16,3	8,6	1,7
Pijače / Drinks	49,8	21,0	4,2
SKUPAJ TOTAL	531,0	186,0	37,2

\* PTWI - začasni dopustni tedenski vnos za svinec znaša za otroka, težkega 20 kg, 500 µg.

\* PTWI - Provisional Tolerable Weekly Intake for lead for a child weighing 20 kg is 500 µg

### 3.1.2 Ocena vnosa svinca z vodo

Koncentracija svinca v vodi je bila v vseh primerih manjša od 1,0 µg/l, ki je meja kvantifikacije svinca v matriksu z uporabljenimi analitskimi metodami. Glede na podatke o vsebnosti svinca v pitni vodi in ob predpostavki, da otroci zaužijejo dnevno približno en liter vode, bi bila količina na ta način zaužitega svinca manjša od 2 µg/dan. Največja vsebnost svinca, ki so jo otroci sprejeli v enem tednu iz vode, je ob upoštevanju omenjenih dejstev zelo nizka, približno 7 µg, saj moramo upoštevati tudi dejstvo, da se v prebavilih ne absorbira več kot 50 % zaužitega svinca.

### 3.1.3 Ocena vnosa svinca s trdimi delci v zraku

Količina z dihanjem vnesenega svinca je bila pri predšolskih otrocih glede na podatke majhna in je

znašala le 0,4 µg na teden, kar predstavlja le 0,1 % še sprejemljivega vnosa za 20 kg težkega otroka.

### 3.1.4 Ocena vnosa svinca s prstjo, prahom in z mivko

Podatki o količini svinca, ki bi ga otroci sprejeli preko mivke oziroma preko prsti in prahu, če bi bila vsebnost svinca tako visoka kot v mivki iz Mežiške doline, so prikazani v Tabeli 2. Tabela prikazuje količino vnosa svinca pod predpostavko, da je celotna količina svinca v mivki biološko dostopna ter ob upoštevanju dejanske dostopnosti, opredeljene na podlagi posebnega eksperimenta. Če upoštevamo dejansko dostopnost svinca, ki se izplavi v prebavilih, je odmerok svinca, ki ga sprejme otrok, bistveno nižji in tudi ob zaužitju 200 mg mivke/prsti/prahu na dan

dosega le 1,5 % PTWI za svinec za otroka, težkega 10 kg. To pa ne velja za otroke z obnašanjem pica, ki lahko v izjemnih primerih zaužijejo celo 53,8  $\mu\text{g}$

svinca, kar za 10 kilogramov težkega otroka pomeni 150 % PTWI, za 20-kilogramskega otroka pa 75 % PTWI.

*Tabela 2. Mejne vrednosti svinca v mivki ter vrednosti ozadja v primerjavi z najvišjim še sprejemljivim odmerkom in ob upoštevanju količine mivke, ki jo otroci zaužijejo.*

*Table 2. Limit and background lead levels in sand, compared to maximum tolerable risk levels and reported intake levels of sand for children.*

	Majna vrednost (začasne smernice) Limit level (provisional guide-lines)	Sprejemljivi vnos otroka <sup>1</sup> (10 kg) v $\mu\text{g}/\text{d}$ Tolerable intake-child (10 kg) in $\mu\text{g}/\text{d}$	Dnevni vnos mivke <sup>2</sup> Daily intake of sand		Dnevni vnos mivke pri otrocih s "pica" obnašanjem <sup>2</sup> Daily intake of sand in children with pica behaviour					
			50 mg/dan/day		200 mg/dan/day		1000 mg/ mg/dan/day		20.000 mg/ mg/dan/day	
			odmerek <sup>3</sup> $\mu\text{g}/\text{d}$ Intake dose $\mu\text{g}/\text{d}$	% še sprejemljivega odmerka % of max. tolerable risk level	odmerek <sup>3</sup> $\mu\text{g}/\text{dag}$ Intake dose $\mu\text{g}/\text{dag}$	% še sprejemljivega odmerka % of max. tolerable risk level	odmerek <sup>3</sup> $\mu\text{g}/\text{d}$ Intake dose $\mu\text{g}/\text{d}$	% še sprejemljivega odmerka % of max. tolerable risk level	odmerek <sup>3</sup> $\mu\text{g}/\text{dag}$ Intake dose $\mu\text{g}/\text{dag}$	% še sprejemljivega odmerka % of max. tolerable risk level
Za absorpcijo je dostopna celotna količina snovi Assuming that the whole amount is bioavailable	20	36	2,5	5,00	10	20,0	50	100,0	1000	2000
Upošteavamo najvišjo koncentracijo svinca v izlužku Taking into account the amount of bioavailable lead in sand, driven from the experiment	20	36	0,13	0,37	0,54	1,5	2,7	7,5	53,8	149,5

- 1 Največje še sprejemljivo tveganje - raven, nad katero je mogoče pričakovati negativni vpliv na zdravje.
- 2 maljni otroci lahko zaužijejo od 50 do 200 mg zemljin dnevno. Pri približno 5 % otrok pa opazimo obnašanje pica z značilnim povečanim vnosom zemlje, običajno med 1 g in 20 g na dan
- 3 Vneseni odmerek ob upoštevanju najvišje koncentracije snovi v izlužku.
- 1 Maximum tolerable risk - a level above which adverse health effects are to be expected.
- 2 Oral intake in young children may be between 50 and 200 mg/day. In about 5% of children with pica behaviour, oral intake of soil may be 1 to 20 g/day.
- 3 Intake dose assuming that sand contains the elements at limit concentrations and that 100% of the content is bioavailable.

### 3.2 Celokupna obremenitev otrok s svincem preko posameznih elementov okolja

Podatki o celokupni obremenitvi otrok s svincem ob upoštevanju vseh možnih virov vnosa so predstavljeni v Tabeli 3. Podatki kažejo, da predstavljajo živila najpomembnejši okoljski vir obremenjenosti otrok

s svincem. Ostali viri so manj pomembni. Skupna obremenjenost otrok s svincem iz vseh virov pa je približno ena petina PTWI.

Na osnovi navedenih dejstev ocenjujemo, da so otroci, ki obiskujejo vrtce v Celju, zmerno obremenjeni s svincem.

Tabela 3. Obremenitev predšolskih otrok s svincem iz vseh virov ob upoštevanju dejavnikov absorpcije.  
Table 3. Children's lead intake from all sources, taking into account the absorption factors.

	Koncentracija svinca Lead levels	Količina svinca Amount	Dejavnik absorpcije Absorption factor	Vnos na teden ( $\mu\text{g}$ ) Weekly intake ( $\mu\text{g}$ )	PTWI* %
Zrak / Air	0,016 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7 $\text{m}^3/\text{dan}/\text{day}$	0,5	0,4	0,1
Voda / Water	2 $\mu\text{g}/\text{kg}$	1 $\text{L}/\text{dan}/\text{day}$	0,5	7,0	1,4
Hrana / Food		186 $\mu\text{g}/\text{teden}/\text{week}$	0,5	93,0	18,6
Tla-prah / Soil-dust		0,54 $\mu\text{g}/\text{dan}/\text{day}$	0,5	1,9	0,4
SKUPAJ TOTAL				102,3	20,5

\* PTWI (*angl.* Provisional Tolerable Weekly Intake) – začasni dopustni tedenski vnos za svinec je 500  $\mu\text{g}$  za otroka, teškega 20 kg.

\* PTWI - Provisional Tolerable Weekly Intake for lead for a child weighing 20 kg, is 500  $\mu\text{g}$ .

#### 4 Razpravljanje

Rezultati opravljene raziskave kažejo, da predstavlja vsebnost svinca, ki jo otroci sprejmejo iz okolja preko zraka, hrane in vode ter prsti oziroma prahu, približno 20 % začasno dopustnega tedenskega vnosa za to kovino, kar hkrati tudi pomeni, da tveganje za zdravje ni povečano.

Rezultat raziskave je po svoje presenetljiv, saj bi domnevali, da je obremenjenost otrok zaradi onesnaženosti okolja s svincem večja. Zato je potrebna velika previdnost pri tolmačenju rezultatov. Poudariti moramo, da smo imeli na voljo zelo malo podatkov o izpostavljenosti otrok svincu preko posameznih elementov okolja, ki tudi niso izvirali iz istega časovnega obdobja in so bili zbrani z drugim namenom.

Podatkov o vnosu svinca preko živil sicer ni bilo malo, vendar pa niso bili specifični in se niso nanašali na živila, ki jih otroci v Celju pretežno uživajo. Večjo specifičnost smo želeli doseči z vključitvijo podatkov o vsebnosti svinca v zelenjavi, pridelani na območju Celja (Teharj in Medloga). Analize so pokazale, da vsebnost svinca v teh pridelkih ni odstopala od količin svinca v pridelkih iz drugih območij Slovenije (5, 17), kar je posledica dejstva, da je svinec, ki je v tleh, slabo mobilni in torej povečana vsebnost v tleh nima neposrednega vpliva na količino svinca v pridelku (23, 26).

V primeru vnosa svinca preko prsti, prahu in mivke ni bilo na voljo podatkov, ki bi omogočali oceno vnosa preko prsti in preko prahu (27). Še posebej hišni prah bi lahko zaradi dolgotrajne izpostavljenosti igral pomembnejšo vlogo pri vnosu svinca v telo (13). O

vnosu svinca preko prsti in prahu lahko sklepamo samo z ekstrapolacijo podatkov o vnosu preko mivke. To pa pomeni pristranskost, saj je potrebno kljub podobnosti spojin svinca v posameznem elementu upoštevati dejstvo, da gre za kemijsko različne matrikse, ki se v procesu presnove obnašajo drugače kot mivka in moramo torej računati tudi z določeno sistematično napako pri oceni vnosa svinca preko prsti in prahu. Kljub temu pa je mogoče sklepati, da pristranskost ni tako velika in da zdravje zaradi vnosa svinca ni ogroženo. Rezultati raziskave so namreč pokazali, da je svinec iz mivke izredno slabo topen in je delež na ta način zaužite kovine v primerjavi s še sprejemljivim dnevnim oz. tedenskim odmerkom majhen celo v primeru večje količine zaužitega materiala, na primer 1 g/dan.

Pomanjkljivi podatki so pomemben omejitveni dejavnik raziskave o vnosu svinca v telo tudi ob določanju vnosa svinca preko zraka. V okolju z nizko vsebnostjo svinca v tleh sicer lahko zaradi količinske nepomembnosti vnos preko zraka zanemarimo (10). Kot kažejo rezultati te raziskave, podobno velja tudi za okolje, kjer je v tleh vsebnost svinca, vezanega v anorganske spojine, visoka. Vendar pa bi bilo potrebno za večjo zanesljivost te ugotovitve pridobiti več podatkov o vsebnosti svinca v zraku. Zlasti bi bile koristne meritve, ki bi jih izvajali določeno časovno obdobje in bi tako lahko upoštevali tudi sezonska nihanja in razlike v koncentraciji, ki so posledica različnih klimatskih pogojev. Poleg tega bi bilo smiselno opraviti tudi meritve svinca v zraku v zaprtih prostorih, saj se tu otroci zadržujejo večino časa. Zato je bolj kot onesnaženost zunanjega zraka pomembna onesnaženost zraka v zaprtih prostorih,

ki se bistveno razlikuje od onesnaženosti zunanjega zraka. Večje število podatkov o stanju obremenjenosti posameznih elementov okolja s svincem bi omogočilo tudi oblikovanje modela IEUBK (*angl.* The Integrated Exposure Uptake Biokinetic), ki omogoča napoved vsebnosti svinca v krvi med izpostavljenimi otroki. Model so v praksi že uporabili na območju Zgornje Mežiške doline; pokazal je, da ima določene praktične prednosti, predvsem pri načrtovanju ukrepov za zmanjšanje izpostavljenosti otrok svincu v okolju ter za spremljanje njihove učinkovitosti (28), vendar pa je njegova uporaba odvisna od podatkov o obremenjenosti posameznih elementov okolja. Več ko jih je na voljo, bolj zanesljive so napovedi vsebnosti svinca v krvi otrok, ki živijo na tem območju.

Zaradi vseh omejitev, vezanih na podatke o izpostavljenosti otrok, je tudi ocena vnosa svinca in s tem tveganje za zdravje nezanesljiva. Na ravni populacije in ob primerjanju raziskav in podatkov iz drugih okolij je tak pristop še vedno dovolj dober za hitro oceno stanja ter tudi za odločanje o tem, ali je v okolju potrebno uvesti nujne ukrepe za zaščito zdravja. Takšnega pristopa pa ni mogoče uporabiti za ocenjevanje tveganja na ravni posameznika, kjer se srečamo še z pomembnimi nihanji glede vnosa zaradi različnega načina življenja ter z razlikami glede sprejema svinca in občutljivosti nanj, ki so posledica genetskih značilnosti vsakega posameznika. Za ocenjevanje tveganja na ravni posameznika je običajno najprimernejša metoda humani biomonitoring, npr. merjenje vsebnosti svinca v krvi, saj se izognemo vsem prej omenjenim težavam pri opredeljevanju vnosa in sprejema svinca, ki so posledica pomanjkljivih podatkov in individualnih razlik. Vendar pa je slabost humanega biomonitoringa, da ne moremo prepoznati najpomembnejših načinov izpostavljenosti svincu ter posledično priprave specifičnih ukrepov za zmanjšanje izpostavljenosti tistim virom, ki največ prispevajo k skupni izpostavljenosti oz. tveganju za vnos in škodljivo delovanje snovi. To je pomembno predvsem v primeru, ko pričakujemo povečano obremenjenost posameznikov zaradi izpostavljenosti svincu v okolju. Humani biomonitoring je primerna metoda predvsem pri preverjanju trendov izpostavljenosti prebivalstva izbranim kemijskim snovem ter pri spremljanju učinkovitosti ukrepov za zmanjševanje izpostavljenosti tem kemijskim snovem, kar pa ni bil namen naše raziskave (9, 29).

Na relativno ugodno oceno zdravstvenega tveganja zaradi izpostavljenosti otrok svincu v okolju bi lahko pomembno vplival tudi pristop, ki ga sicer pri ocenjevanju tveganja za zdravje uporabljamo zelo redko. Pri opredelitvi vnosa svinca preko mivke smo namreč upoštevali samo biološko dostopni delež

svinca. Številne študije kažejo, da je dostopnost določene kovine v prebavilih odvisna od oblike, v kateri se ta kovina nahaja (21, 22, 26, 30). Biološko dostopni delež zaužitega elementa je tisti njegov del, ki se v prebavilih sprosti v prebavne sokove in lahko potuje preko črevesne sluznice do jeter. Rezultati raziskave o biološki dostopnosti svinca v mivki so pokazali, da je delež svinca, ki se izluži in je v prebavnih sokovih na voljo za absorpcijo v krvni obtok, zelo nizek, zato je zanemarljivo majhen tudi njegov prispevek k skupni obremenitvi (23).

Dodatno pa je ocena obremenitve otrok s svincem nižja tudi zato, ker smo pri izračunu upoštevali faktor absorpcije in tako ocena dejansko absorbirane količine svinca za približno 50 % manjša od zaužite.

Primerjava rezultatov naše raziskave z rezultati raziskav, s katerimi so prav tako želeli ugotoviti, kolikšen delež svinca sprejmejo otroci preko posameznega elementa okolja, pokaže, da na ugotovitve vplivajo razmere v okolju. Zlasti v okoljih, kjer je onesnaženost s svincem velika, podatki o skupnem vnosu ter vnosu preko zraka, vode, hrane in tal nakazujejo veliko obremenjenost organizma, ki se kaže tudi z visoko vsebnostjo svinca v krvi (31–35). Raziskave, ki so potekale v okoljih, ki so manj onesnažena s svincem, pa so pokazale, da je vsebnost skupno sprejete količine svinca sorazmerno majhna (10, 36, 37). Glede na dejstvo, da je svinec ena od strupenih kovin, ki dokazano škodljivo vpliva na zdravje ljudi, še posebej na otroke ter na njihov razvoj, moramo še naprej proučevati vire izpostavljenosti na območju Celja ter podatke dopolniti še z analizo vsebnosti svinca v krvi otrok, ki živijo v Celju. Podatki o Zgornji Mežiški dolini namreč kažejo, da je zdravstveno tveganje v primeru, da je okolje obremenjeno s svincem, povečano (28, 38).

Ne glede na to pa moramo s tehničnimi ukrepi zmanjšati izpostavljenost otrok svincu, ki je v tleh in v prahu, ter preprečiti nadaljnje onesnaževanje okolja in nepotrebno obremenjevanje organizma s svincem in z drugimi škodljivimi snovmi, ki se nahajajo v okolju.

## 5 Zaključek

Rezultati opravljene raziskave kažejo, da igranje na igriščih vrtcev v Celju ne predstavlja povečanega tveganja za zdravje otrok. To velja tudi ob visoki vsebnosti svinca v tleh in mivki, kar smo ugotovili z preiskavami tal in mivke na območju vrtcev v Celju. Raziskave so pokazale, da je biološka dostopnost svinca, ki je v tleh oziroma v mivki, majhna in je zato zanemarljivo majhna tudi količina svinca, ki ga otroci vnesejo v telo na ta način. Vendar pa je glede na dejstvo, da je svinec ena od strupenih kovin, ki dokazano škodljivo

vpliva na zdravje ljudi, še posebej na zdravje otroke ter na njihov razvoj, še naprej potrebno proučevati vire izpostavljenosti na območju Celja ter podatke dopolniti z analizo vsebnosti svincev v krvi otrok. Prav tako bi bilo potrebno s tehničnimi ukrepi zmanjšati izpostavljenost otrok svincu v tleh in prahu ter preprečiti nadaljnje onesnaževanje elementov okolja.

## Literatura

- Lippmann M. Lead and human health: background and recent findings. *Environ Res* 1990; 51: 1-24.
- Dabeka RW, McKenzie AD, Lacroix GMA. Dietary intakes of lead, cadmium, arsenic and fluoride by Canadian adults: a 24-hour duplicate diet study. *Food Addit Contam* 1987; 4: 89-102.
- Lobnik F, Medved M, Lapajne S, Brumen S, Žerjal E, Vončina E, et al. Tematska karta onesnaženosti zemljišč celjske občine. Biotehniška fakulteta, VTOZD za agronomijo. Ljubljana, 1989: 1-152.
- Eržen I, Uršič S, Uršič A, Gobec M, Bošnjak K. Izdelava ocene tveganja za zdravje zaradi izpostavljenosti otrok nevarnim snovem v tleh pri uporabi otroških igrišč vrtcev v Celju in okolici: zaključno poročilo. Celje: Zavod za zdravstveno varstvo, 2009: 1-24.
- Eržen I, Bošnjak K, Uršič S. Kadmij in svinec v živilih rastlinskega izvora, pridelanih na območju Teharij in Medloga (MO Celje) - kazalca onesnaženosti okolja. *Zdrav Var* 2005; 44: 85-92.
- World Health Organisation. Lead. *IPCS-Environmental Health Criteria* 165. Geneva: World Health Organisation, 1995: 1-180.
- Tong S, Baghurst PA, Sawyer MG, Burns J, McMichael AJ. Declining blood lead levels and changes in cognitive function during childhood. *JAMA* 1998; 280: 1915-1917.
- Bellinger DC et al. Low-level lead exposure, intelligence and academic achievement: a long term follow-up study. *Pediatrics* 1992; 90: 855-861.
- Canfield RL, Henderson CR Jr, Cory-Slechta DA, Cox C, Jusko TA, Lanphear BP. Intellectual impairment in children with blood lead concentrations below 100 mikrog/l. *N Engl J Med* 2003; 348: 1517-1526.
- Glorennec P, Bemrah N, Tard A, Robin A, Bot BL, Bard D. Probabilistic modeling of young children's overall lead exposure in France: integrated approach for various exposure media. *Environ Int* 2007; 33: 937-945.
- Leviton A, Bellinger D, Allred E, Rabinowitz M, Needelman H, Schoenbaum S. Pre- and postnatal low-level lead exposure and children's disfunction in school. *Environ Res* 1993; 60: 30-43.
- Tong S, Baghurst P. Lifetime exposure to environment lead and children's intelligence at 11-13 years: the Port Pirie cohort study. *BMJ* 1996; 312: 1569-76.
- Lanphear BP, Eberly S, Howard CR. Long term effect of dust control on blood lead levels. *Pediatrics* 2000; 106. Pridobljeno 1.9.2010 s spletne strani: <http://www.pediatrics.org/cgi/content/full/106/4/e48>.
- World Health Organization. Lead. V: Air quality guidelines for Europe. Copenhagen: World Health Organization, 2000: 146-153.
- Bitenc K. Svinec v pitni vodi v slovenskih vrtcih in osnovnih šolah. *Zdrav Var* 2011; 50: 106-112.
- Alloway BJ, Thornton I, Smart GA, Sherlock JC, Quinn MJ. Metal availability. *Sci Total Environ* 1988; 75: 41-69.
- Eržen I. Stopnja izpostavljenosti prebivalcev Slovenije vnosu svincev, kadmija in živega srebra s hrano. Doktorska disertacija. Ljubljana: Medicinska fakulteta, 2004.
- WHO global environmental monitoring system: guidelines for the study of dietary intakes of chemical contaminants. WHO Offset Publication 87. Geneva 1985: 1-102.
- Uršič A. Monitoring onesnaženosti zraka v Celju in okolici: poročilo o rezultatih meritev za leto 2003. Zavod za zdravstveno varstvo Celje, 2004: 1-32.
- Agencija Republike Slovenije za okolje. Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2007. Pridobljeno 1.9.2010 s spletne strani: <http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/LETNO2007.pdf>.
- Ruby MW, Davis A, Schoof R, Eberle S, Sellstone CM. Estimation of lead and arsenic bioavailability using a physiologically based extraction test. *Environ Sci Technol* 1996; 30: 422-430.
- Drexler JW, Brattin WJ. An in vitro procedure for estimation of lead relative bioavailability: with validation. *HERA* 2007; 13: 383-401.
- Alloway BJ, Thornton I, Smart GA, Sherlock JC, Quinn MJ. Metal availability. *Sci Total Environ* 1988; 75: 41-69.
- Eržen I, Gošnjak M, Gobec M, Planinšek A, Uršič S, Poljšak B, et al. Priprava smernic z mejnimi vrednostmi za onesnaževala v mivki za otroške peskovnike in igrišča: zaključno poročilo. Celje: Zavod za zdravstveno varstvo, 2009.
- Navarro MC, Perez-Sirvent C, Martinez-Sanchez MJ, Vidal J, Marimon J. Lead, cadmium and arsenic bioavailability in the abandoned mine site of Cabezo Rajao (Murcia, SE Spain). *Chemosphere* 2006; 63: 484-489.
- Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Evaluation of certain food additives and contaminants. WHO Technical Report Series 2001; 901: 61-69.
- Sedman RM, Mahmood RJ. Soil ingestion by children and adults reconsidered using the results of recent tracer studies. *J Air Waste Manag Assoc* 1994; 44: 141-144.
- Ivartnik M, Eržen I. Uporaba modela IEUBK za napoved vsebnosti svincev v krvi otrok pri raziskavah in sanaciji okolja v Zgornji Mežiški dolini. *Zdrav Var* 2010; 2: 76-85.
- von Lindern I, Spalinger S, Petroysan V, von Braun M. Assessing remedial effectiveness through the blood lead:soil/dust lead relationship at the Bunker Hill Superfund Site in the Silver Valley of Idaho. *Sci Total Environ* 2003; 303: 139-70.
- US EPA. Guidance for evaluating the oral bioavailability of metals in soils for use in human health risk assessment. *OSWER 9285; 2007: 7-80*.
- Blanusa M, Telisman S, Hrsak J, Fugas M, Prpić-Majič D, Sarić M. Assessment of exposure to lead and cadmium through air and food in inhabitants of Zagreb. *Arh Hig Rada Toksikol* 1991; 42: 257-266.
- Zheng N, Wang Q, Zhang X, Zheng D, Zhang Z, Zhang S. Population health risk due to dietary intake of heavy metals in the industrial area of Huludao city, China. *Sci Total Environ* 2007; 387: 96-104.
- Wang X, Sato T, Xing B, Tao S. Health risks of heavy metals to the general public in Tianjin, China via consumption of vegetables and fish. *Sci Total Environ* 2005; 350: 28-37.
- Tong S, Von Schirnding YE, Prapamontol T. Environmental lead exposure: a public health problem of global dimensions. *Bulletin of the World Health Organization* 2000; 78: 1068-1074.
- Jarosinska D, Peddadab S, Rogan WJ. Assessment of lead exposure and associated risk factors in urban children in Silesia, Poland. *Environ Res* 2004; 95: 133-142.
- Watt JM, Delves HT, Sherlock JC, Smart GA, Thornton I, Davies DJA, Culbard EB, Harvey PG, Quinn MJ, Thomas JFA. Lead intake and blood lead in two-year-old UK urban children. *Sci Total Environ* 1990; 90: 13-20.
- Gulson B, Mizon KJ, Korsch MJ, Taylor AJ. Low blood lead levels do not appear to be further reduced by dietary supplements. *Environ Health Persp* 2006; 114: 1186-1192.
- Eržen I, Janet E. Svinec v krvi tri leta starih otrok, ki živijo na območju Zgornje in Spodnje Mežiške doline. *Zdrav Var* 2005; 44: 18-25.