

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Petra KARO BEŠTER

**OCENA TVEGANJA VNOSA KADMIJA Z VRTNINAMI NA
LOKALNO PREBIVALSTVO MESTNE OBČINE CELJE**

DOKTORSKA DISERTACIJA

**RISK ASSESSMENT OF CADMIUM INTAKE FROM
HOME-PRODUCED VEGETABLES ON THE LOCAL POPULATION
OF THE MUNICIPALITY OF CELJE**

DOCTORAL DISSERTATION

Ljubljana, 2013

Doktorska disertacija je zaključek Univerzitetnega podiplomskega študija Varstvo okolja. Opravljena je bila na Centru za pedologijo in varstvo okolja, Oddelek za agronomijo Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani, kjer je bilo opravljenih del fizikalno – kemijskih analiz in statistična obdelava podatkov. Vsebnost kadmija v talnih in rastlinskih vzorcih je bila določena v kanadskem laboratoriju Acme Analytical Laboratories, Vancouver. Vzorci tal in rastlin so bili vzeti na vrtovih, Mestne občine Celje. Doktorsko disertacijo je delno financirala Evropska unija, in sicer iz Evropskega socialnega sklada.

Na podlagi Statuta Univerze v Ljubljani ter po sklepu Senata Biotehniške fakultete in sklepa Senata Univerze z dne 11. 9. 2008 je bilo potrjeno, da kandidatka izpolnjuje pogoje za neposreden prehod na doktorski Univerzitetni podiplomski študij Varstva okolja ter opravljanje doktorata znanosti. Za mentorja je bil imenovan prof. dr. Franc Lobnik in za somentorja doc. dr. Ivan Eržen.

Komisija za oceno in zagovor:

- Predsednik: Prof. dr. Marijana Jakše
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- Član: Prof. dr. Franc Lobnik
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- Član: Prof. dr. Ivan Eržen
Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Katedra za javno zdravje
- Član: Prof. dr. Lucija Zupančič-Kralj
Univerza v Ljubljani, Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo,
Oddelek za kemijo in biokemijo

Datum zagovora: 09. 07. 2013

Doktorsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svojega dela v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice biotehniške fakultete. Izjavljam, da je delo, ki sem ga oddala v elektronski obliki, identično tiskani verziji.

Petra Karo Bešter

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dd
DK	UDK 502.175:504.5:546.47/.49:546.815:631.453:635.1/.6 (043.3)
KG	Onesnaženost tal/onesnaženost vrtnin/kadmij/bučka/paradižnik/zelje/čebula/zgodnji krompir/korenček/rdeča pesa/endivija/radič/regresijski modeli/zaužitje vrtnin/vnos v človeka/ocena tveganja/referenčni odmerki/koefficient tveganja
KK	AGRI P33/Q03
AV	KARO BEŠTER, Petra, univ. dipl. inž. živ. tehnol., mag. znanosti
SA	LOBNIK, Franc (mentor)/ERŽEN, Ivan (somentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Univerzitetni podiplomski študij Varstva okolja
LI	2013
IN	OCENA TVEGANJA VNOSA KADMIJA Z VRTNINAMI NA LOKALNO PREBIVALSTVO MESTNE OBČINE CELJE
TD	Doktorska disertacija
OP	XIII, 130 str., 37 pregl., 39 sl., 11 pril., 174 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Na onesnaženih območjih so lahko ljudje dodatno izpostavljeni kadmiju preko zaužitja pridelanih vrtnin. Za nekadilce predstavljajo živila glavni vir k celotni izpostavljenosti kadmiju. V raziskavo je bilo vključenih 123 pridelovalcev vrtnin. V vzorcih tal smo določili pH-vrednost, vsebnost organske snovi, teksturo in vsebnost Cd, Cu, Mn, Pb in Zn. Na vrtovih smo vzorčili: bučke, paradižnik, zelje, čebulo, zgodnji krompir, korenček, rdečo peso, endivijo in radič. Na trgu pa smo vzorčili: bučke, paradižnik, čebulo, korenček, endivijo in radič. V krompirju, rdeči pesi in korenčku smo ugotavljali vpliv kuhanja na vsebnost kadmija v vrtnini. Povprečno so bila tla na vzorčenih vrtovih precej onesnažena s kadmijem, svincem in cinkom. Sever občine je bil najmanj onesnažen s kadmijem, najbolj onesnaženi pa so bili vrtovi v mestnem jedru in v bližini Stare cinkarne. Najbolj so kadmij akumulirale korenovke in listnata zelenjava. Srednja vrednost kadmija v pridelanih vrtninah je bila nekajkrat večja kot v kupljenih vrtninah. Vpliv kuhanja na vsebnost kadmija v krompirju je bil majhen. Kuhanje v vodi in bazi je večinoma povečalo vsebnost kadmija v rdeči pesi in v nenarezanem korenčku. Vsebnost kadmija se je malo zmanjšala pri kuhanju nenarezanega korenčka v kislem mediju ter precej zmanjšala pri kuhanju narezanega korenčka v kislem, nevtralnem in bazičnem mediju. Regresijske modele za napovedovanje vsebnosti kadmija v izbranih vrtninah smo oblikovali za skoraj vse izbrane vrtnine, razen za bučko. Pričakovano je bila najpomembnejša neodvisna spremenljivka talnih lastnosti za vrtnine vsebnost kadmija. Ostale statistično značilne neodvisne spremenljivke talnih lastnosti, so bile za paradižnik in korenček vsebnost mangana, za radič vsebnost organske snovi ter za čebulo prav tako vsebnost organske snovi in pH-vrednost. Na območju Mestne občine Celje je prevladoval ocenjeni tedenski vnos 0,5 µg/kg t. t./teden. Najmanjše ocenjene tedenske vnose (0,1-0,2 µg/kg t. t./teden) smo določili za območja severno od avtoceste A1, največji ocenjeni tedenski vnos kadmija (1,2 µg/kg t. t./teden) pa smo določili za mestno jedro in območja, ki so bila v bližini Stare cinkarne. V splošnem pridelava izbranih vrtnin in njihovo zaužitje ne predstavlja tveganje za pojav neželenih učinkov za zdravje ljudi zaradi prekomernega vnosa kadmija. Tveganje za pojav neželenih učinkov za zdravje ljudi je obstajalo le na vrtu z največjo vsebnostjo kadmija v tleh (43 mg/kg s. s.) in v najslabšem možnem scenariju, kjer smo upoštevali žensko, 5. percentil za telesno težo ter 95. percentil zaužitja vrtnine in vsebnosti kadmija v vrtnini.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dd
DC UDC 502.175:504.5:546.47/.49:546.815:631.453:635.1/.6 (043.3)
CX Soil contamination / vegetable contamination /cadmium/courgettes/tomatoes/
cabbages/onions/early potatoes/carrots/red beet/endive/chicory/regression models/
vegetable consumption /human intake/risk assessment/reference dose/hazard
quotient
CC AGRIS P33/Q03
AU KARO BEŠTER, Petra
AA LOBNIK, Franc (supervisor)/ERŽEN, Ivan (co-supervisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, University Postgraduate Study
Programme in Environmental Protection
PY 2013
TI RISK ASSESSMENT OF CADMIUM INTAKE FROM HOME-PRODUCED
VEGETABLES ON THE LOCAL POPULATION OF THE MUNICIPALITY OF
CELJE
DT Doctoral Dissertation
NO XIII, 130 p., 37 tab., 39 fig., 11 ann., 174 ref.
LA sl
AL sl/en
AB In contaminated areas, people may be additionally exposed to Cd via ingestion of home-produced vegetables. Food is the main source of Cd for non-smoking population. The study included 123 garden owners. In soil samples pH-value, organic matter content, texture and the concentration of Cd, Cu, Mn, Pb and Zn were determined. Sampled home-produced vegetables were: courgettes, tomato, cabbage, onion, early potato, carrot, red beet, endive, chicory and purchased vegetables were: courgettes, tomato, onion, carrot, endive, chicory. The effect of cooking on the concentration of Cd was determined in potato, red beet and carrot. On average the investigated soil samples were contaminated with Cd, Pb and Zn. At least contaminated area was the north and the most critically contaminated gardens were in the city centre and in the vicinity of past zinc smelter. Root (carrot and red beet) and leafy vegetables (chicory and endive) accumulated the highest concentrations of Cd. Median concentration of Cd in home-produced vegetables were few times higher than in the purchased vegetables. The effect of cooking had a low influence on the cadmium concentration in potatoes. Cooking of red beet and carrots in water or in alkaline mainly increased the concentration of cadmium. The concentration of cadmium was slightly reduced when carrot was cooked in an acid and it was significantly reduced when sliced carrot was cooked in acidic, neutral or alkaline medium. The regression models were designed for almost all vegetables, except for zucchini. Garden owners were not excessively exposed to cadmium via the consumption of selected vegetables. It prevailed the estimated weekly intake of 0.5 µg/kg bw/week, in the Municipality of Celje. The lowest estimated weekly intakes were determined in the area north of the motorway A1 and the highest (1,2 µg/kg bw/week) in the city centre and in the vicinity of past zinc smelter. Production of selected vegetables in the MOC and their consumption did not pose the risk of adverse effects to human health due to excessive intake of cadmium. The risk of adverse effects to human health existed only in the garden, where the highest concentration of cadmium in the soil was determined and in case of worst case scenario-a woman, the 5th percentile for weight and 95th percentile for consumption and concentration of cadmium in vegetables.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija.....	III
Key words documentation (KWD).....	IV
Kazalo vsebine.....	V
Kazalo preglednic.....	VII
Kazalo slik	IX
Kazalo prilog.....	XI
Okrajšave in simboli.....	XII
1 UVOD	1
2 DOSEDANJA RAZISKOVANJA.....	4
2.1 SPLOŠNO O OCENI TVEGANJA ZA ZDRAVJE LJUDI.....	4
2.2 OPIS RAZISKOVALNEGA OBMOČJA	6
2.3 KADMIJ	10
2.3.1 Usoda kadmija v okolju	12
2.3.1.1 Kadmij v zraku	13
2.3.1.2 Kadmij v vodi.....	14
2.3.1.3 Kadmij v tleh.....	15
2.3.1.4 Kadmij v rastlinah	19
2.3.2 Vplivi in učinki kadmija na človeka	24
2.3.2.1 Pomembnost različnih poti izpostavljenosti kadmiju	25
2.3.2.2 Prehranska izpostavljenost kadmiju	26
2.3.2.3 Transport kadmija v telesu	33
2.3.2.4 Porazdelitev kadmija v telesu.....	34
2.3.2.5 Izločanje kadmija iz telesa	34
2.3.2.6 Toksičnost kadmija	34
2.3.2.7 Referenčni odmerki	36
3 MATERIAL IN METODE	37
3.1 KONCEPTUALNI MODEL IZPOSTAVLJENOSTI.....	37
3.2 PRIPRAVA ANKETNEGA VPRAŠALNIKA.....	37
3.3 VZORČENJE IN ANALIZA TALNIH VZORCEV	38
3.3.1 Določitev vsebnosti težkih kovin v talnih vzorcih.....	40
3.3.2 Določevanje pH-vrednosti v talnih vzorcih	41
3.3.3 Določanje teksture talnih vzorcev	41
3.3.4 Določitev organske snovi v talnih vzorcih	41
3.4 VZORČENJE IN ANALIZA VRTNIN.....	41
3.4.1 Vzorčenje in analiza vrtnin z vrtov.....	42
3.4.2 Vzorčenje vrtnin na trgu.....	44

3.4.3	Priprava (kuhanje) krompirja, korenčka in rdeče pese	44
3.4.4	Določitev vsebnosti kadmija v rastlinskih vzorcih	45
3.5	OBDELAVA REZULTATOV	46
3.5.1	Statistična analiza podatkov	46
3.5.2	Izračun ocene izpostavljenosti kadmiju preko vrtnin	47
3.5.3	Karakterizacija tveganja pojava neželenih učinkov	49
4	REZULTATI RAZISKOVANJA	50
4.1	KONCEPTUALNI MODEL IZPOSTAVLJENOSTI.....	50
4.2	REZULTATI ANKETNEGA VPRAŠALNIKA	52
4.2.1	Splošni podatki opazovane populacije.....	52
4.2.2	Lastnosti vrta in navade ljudi pri gojenju vrtnin.....	54
4.2.3	Pridelava vrtnin in prehranske navade ljudi.....	56
4.3	REZULTATI MERITEV TALNIH VZORCEV	66
4.3.1	Osnovni pedološki parametri in vsebnost onesnažil	66
4.3.1.1	Vsebnost kadmija v talnih vzorcih.....	68
4.4	VSEBNOST KADMIJA V VZORCIH VRTNIN.....	71
4.4.1	Rezultati meritev vzorcev vrtnin z vrtov in s trga.....	71
4.4.2	Vpliv kuhanja na vsebnost Cd v krompirju, korenčku in rdeči pesi	76
4.4.3	Regresijski modeli za napovedovanje vsebnosti kadmija v vrtnini.....	77
4.5	IZRAČUN OCENE IZPOSTAVLJENOSTI KADMIJU PREKO ZAUŽITJA VRTNIN IN KARAKTERIZACIJA TVEGANJA.....	82
4.5.1	Ocena izpostavljenosti kadmiju človeka preko vrtnin.....	82
4.5.1.1	Ocena izpostavljenosti Cd človeka preko vrtnin glede na scenarije.....	86
4.5.2	Karakterizacija tveganja zaužitja doma pridelanih vrtnin.....	90
4.5.2.1	Koeficient tveganja za vnos kadmija v prehransko verigo človeka preko vrtnin glede na scenarije	92
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	95
5.1	RAZPRAVA.....	95
5.2	SKLEPI.....	108
6	POVZETEK (SUMMARY).....	112
6.1	POVZETEK.....	112
6.2	SUMMARY.....	115
7	VIRI.....	118
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Povprečne vsebnosti kovin v zgornjem sloju tal (0-5 cm oz. vrtovi 0-20cm) na območju Celja, kot so jih navedli Lobnik in sod. (2010)	8
Preglednica 2: Povprečne vsebnosti kadmija (mg/kg sv.s.) v vrtninah (Zupan in sod., 1996; Klavs, 2001, Eržen in sod., 2005)	8
Preglednica 3: Splošne, fizikalne - kemijske in strukturne lastnosti kadmija (Toxnet, 2008; European Union ..., 2007)	11
Preglednica 4: Vrstni red adsorpcije kovinskih kationov v tleh glede na različne avtorje, kot sta jih navedla McLean in Bledsoe (1992)	16
Preglednica 5: Vsebnosti kadmija v tleh različnih držav (Final review ..., 2010).....	18
Preglednica 6: Celokupna vsebnost težkih kovin na vrtovih in kmetijskih zemljiščih, kot jih navaja Alloway (2004)	18
Preglednica 7: Zakonodajne mejne, opozorilne in kritične imisijske vrednosti (mg/kg s.s.) v tleh (Uredba o mejnih ..., 1997).....	19
Preglednica 8: Zaporedja akumuliranja kadmija v rastline, po literaturnih podatkih	20
Preglednica 9: Relativna akumulacija težkih kovin v užitnih delih rastlin (Kloke in sod., 1984)	21
Preglednica 10: Biotski in abiotski dejavniki v tleh, ki vplivajo na sprejem kadmija v rastlino (McLaughlin in Sing, 1999).....	21
Preglednica 11: Regresijski modeli za napoved vsebnosti kadmija v različnih rastlinah, ki so bili objavljeni v literaturi	23
Preglednica 12: Pregled ocen povprečnih tedenskih vnosov za različne poti izpostavljenosti kadmiju (Cadmium in food, 2009).....	25
Preglednica 13: Povprečne vsebnosti kadmija (X) v živilih, v različnih članicah Evropske skupnosti (Cadmium in food, 2009)	27
Preglednica 14: Povprečna vrednost (X) in 95. percentil (P_{95}) prehranske izpostavljenosti kadmiju ($\mu\text{g/kg t. t. na teden}$) za različne starostne skupine ljudi Evropske skupnosti (Cadmium dietary exposure ..., 2012)	28
Preglednica 15: Relativni prispevki (%) živila k prehranski izpostavljenosti kadmiju za odrasle, izračunani za spodnjo mejo povprečne izpostavljenosti (Cadmium dietary exposure ..., 2012).....	29
Preglednica 16: Povprečna letna količina porabljenih vrtnin na člana gospodinjstva (kg) (Količina porabljenih živil ..., 2013).....	30
Preglednica 17: Mejne vrednosti kadmija v zelenjavi na podlagi Uredbe Komisije (ES) št. 1881/2006	31
Preglednica 18: Postopek vzorčenja vrtnin na vrtovih in njihova priprava do določanja vsebnosti kadmija (Zupan in sod., 2005).....	43
Preglednica 19: Vsebnost vode (%) v vrtninah na podlagi podatkov iz literature	46
Preglednica 20: Opisne statistike za starost in telesno težo pridelovalcev vrtnin ter primerjava glede na spol	52
Preglednica 21: Opisne statistike za površino vrta (m^2), na katerem opazovana populacija prideluje vrtnine in število let pridelovanja vrtnin	54

Preglednica 22: Opisne statistike za povprečni letni pridelek (kg/leto) izbranih vrtnin (Y_{vrtnina}) z vseh vrtov, kot so ga ocenili pridelovalci vrtnin, in primerjava glede na kategorije onesnaženosti tal	57
Preglednica 23: Opisne statistike za delež pridelka, ki ga vsi vprašani porabijo kot živilo v domačem gospodinjstvu (f_h), in delež zaužitih vrtnin vprašanih (f_p) glede na ostale člane v gospodinjstvu ter primerjava glede na kategorije onesnaženosti tal in spol.....	61
Preglednica 24: Opisne statistike za osnovne pedološke parametre in elemente v talnih vzorcih ter pripadajoče zakonodajne vrednosti za onesnažila glede na Uredbo (1996)	67
Preglednica 25: Pearson-ov koeficient korelacije med vsebnostjo kadmija v tleh in nekaterimi talnimi lastnostmi v vzorcih tal z vrtov ($n=141$)	67
Preglednica 26: Opisne statistike za vsebnost kadmija (mg/kg sv. s.) v vrtninah, z vrtov in s trga ter glede na onesnaženost vrta s kadmijem	73
Preglednica 27: Opisne statistike za vsebnost kadmija (mg/kg s. s.) v surovem krompirju, korenčku in rdeči pesi ter vsebnost kadmija po kuhanju vrtnin z odstotkom zmanjšanja oziroma povečanja vsebnost kadmija v vrtnini po pripravi	76
Preglednica 28: Regresijski modeli za napovedovanje vsebnosti kadmija v vrtnini (mg/kg sv. s.) glede na talne lastnosti (Karo Bešter in sod., 2013b)	78
Preglednica 29: Opisne statistike za ocenjeni tedenski/mesečni vnos kadmija preko izbranih vrtnin v človeka z vseh vrtov ter primerjava glede na stopnjo onesnaženosti tal in spol. Z rdečo so označene vrednosti, ki presežejo dopustni tedenski vnos/začasni dopustni mesečni vnos	84
Preglednica 30: Opisne statistike za letno zaužito količino izbranih vrtnin (kg/leto) na osebo (IR) in primerjava glede na spol	87
Preglednica 31: Ocenjeni tedenski/mesečni vnos kadmija v prehransko verigo človeka z vseh vrtov in primerjava glede na kategorije onesnaženosti tal za Scenarij 1	87
Preglednica 32: Opisne statistike za ocenjeni tedenski/mesečni vnos kadmija preko izbranih vrtnin v človeka za Scenarij 2 z vseh vrtov in primerjava glede na onesnaženost tal.....	88
Preglednica 33: Ocenjeni tedenski/mesečni vnos kadmija v prehransko verigo človeka z vseh vrtov in glede na kategorije onesnaženosti tal za Scenarij 3	89
Preglednica 34: Opisne statistike za koeficient tveganja vnosa kadmija preko izbranih vrtnin v prehransko verigo človeka in primerjava glede na stopnje onesnaženosti tal in spol.....	91
Preglednica 35: Koeficient tveganja za pojav neželenih učinkov na zdravje ljudi z vseh vrtov ter primerjava glede na kategorije onesnaženosti tal za Scenarij 1.....	92
Preglednica 36: Koeficient tveganja za pojav neželenih učinkov z vseh vrtov ter glede na kategorije onesnaženosti tal za Scenarij 2.....	93
Preglednica 37: Koeficient tveganja za pojav neželenih učinkov z vseh vrtov ter glede na kategorije onesnaženosti tal za Scenarij 3	93

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Paradigma ocene tveganja (Renwicka, 2003)	5
Slika 2: Mestna občina Celje (foto: 2007).....	6
Slika 3: Območje, kjer je v preteklosti delovala Stara cinkarna (foto: 2008)	9
Slika 4: Kadmij (Cadmium ore ..., 2012)	11
Slika 5: Transportne poti kovin v okolju (Beijer in Jernelov, 1986).....	13
Slika 6: <i>Thlaspi caerulescens</i> (Hlasek, 2013)	22
Slika 7: Presnova kovin po izpostavljenosti z absorpcijo preko kože, inhalacije in zaužitjem (Elinder in sod., 1994)	24
Slika 8: Ilustracija poti vnosa kadmija v človeka preko zaužitja vrtnin (The Contaminated Land ..., 2002).....	32
Slika 9: Presnova kadmija in nefrotoksičnost (Cadmium in food, 2009).....	33
Slika 10: Simptomi bolezni Itai- Itai zaradi zastrupitve s kadmijem (Environmental Health Impacts ..., 2005)	35
Slika 11: Prostorski prikaz vzorčenja tal in vrtnin na vrtovih vprašanih ter lokacije nakupov vrtnin v Mestni občini Celje (kart. podl. MOC, 1997)	39
Slika 12: Konceptualni model izpostavljenosti kadmiju preko zaužitja vrtnin z onesnaženega vrta, ki smo ga pripravili za načrtovanje ocene tveganja	51
Slika 13: Interpolirana karta prikaza vsebnosti kadmija v zgornjem sloju tal in mnenja opazovane populacije o onesnaženosti vrta, na katerem pridelujejo vrtnine	53
Slika 14: Odstotki (%) vrtov, kjer so lastniki zamenjali tla in odstotek (%) vrtov, kjer je prišlo do poplav	54
Slika 15: Odstotki (%) uporabe gnojil in pripravkov za varstvo rastlin na vrtu.....	55
Slika 16: Odstotki (%) časa, ki so ga vprašani preživeli na vrtu tekom leta	55
Slika 17: Povprečne letne količine (kg) pridelanih vrtnin na vrtu in dokupljenih vrtnin na trgu	56
Slika 18: Prikaz povprečnega letnega pridelka (kg/leto) izbranih vrtnin glede na kategorije onesnaženosti vrtov	59
Slika 19: Odstotki (%) lokacij, kjer so ljudje dokupovali vrtnine	59
Slika 20: Odstotki (%) distribucije vrtnin, ki so pridelane na domačem vrtu	60
Slika 21: Povprečni delež izbranih pridelanih vrtnin, ki ga vprašani porabijo v domačem gospodinjstvu (f_h), in delež, ki ga zaužije vprašani (f_p) v primerjavi z ostalimi člani v gospodinjstvu, glede na kategorije onesnaženosti tal	62
Slika 22: Delež izbranih pridelanih vrtnin, ki ga vprašani porabijo za zaužitje v domačem gospodinjstvu (f_h), in delež, ki ga zaužije anketiranec (f_p) v primerjavi z ostalimi člani v gospodinjstvu, glede na spol in kategorije onesnaženosti tal ..	63
Slika 23: Odstotek (%) zaužitih živil vsakodnevne prehrane.....	64
Slika 24: Odstotek (%) pogostosti uživanja drobovine, gob in školjk, polžev, rakov v opazovani populaciji.....	64
Slika 25: Odstotek (%) načinov priprave pridelanih vrtnin preden jih ljudje zaužijejo	65

Slika 26: Odstotek (%) talnih vzorcev z vrtov (n=141) v posameznem teksturnem razredu glede na ameriško teksturno klasifikacijo (Soil Survey ..., 1992).....	66
Slika 27: Vsebnost kadmija (mg/kg s.s.) v talnih vzorcih z vrtov glede na Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (1997)	68
Slika 28: Prostorski prikaz vsebnosti kadmija (mg/kg s. s.) v talnih vzorcih vrtov na območju MOC. Vzorec B ali C se nanaša na vrtove, kjer so bila na delu vrta tla zamenjana/poplavljen in smo zato vzorčili dodatne dele vrta (kart. podl. MOC, 1997).....	69
Slika 29: Povprečne vsebnost kadmija (mg/kg s. s.) v 141 talnih vzorcih z zakonodajnimi vrednostmi (Uredba o mejnih ..., 1996) glede na postavljene kategorije onesnaženosti tal	70
Slika 30: Vsebnosti kadmija (mg/kg sv. s.) v 287-ih izbranih vzorcih vrtnin in mejne vrednosti (MV) kadmija (mg/kg sv. s.) v vrtninah, ki so določene v Uredbi (2006)	71
Slika 31: Vsebnost kadmija (mg/kg sv. s.) v 100-tih vzorcih vrtnin, kupljenih na trgu in mejne vrednosti (MV) vsebnosti Cd (mg/kg sv. s.) v vrtninah, ki so določene v Uredbi (2006) (Karo Bešter in sod., 2013a)	72
Slika 32: Mediana vsebnosti kadmija (mg/kg sv. s.) v izbranih vrtninah, ki so bile vzorčene na vrtu in trgu ter pripadajoča mejna vrednost (MV) glede na Uredbo (2006)	75
Slika 33: Prikaz odstotka (%) spremembe vsebnosti kadmija v vrtnini po kuhanju v različnih medijih glede na vsebnost kadmija v surovi vrtnini.....	77
Slika 34: Vsebnosti kadmija (mg/kg sv. s.) v izbranih vrtninah v odvisnosti od vsebnosti kadmija v tleh z linearnim regresijskim modelom napovedanimi vrednostmi (modra črta) kadmija v vrtnini in intervali zaupanja za povprečno napoved (sivo območje) (Karo Bešter in sod., 2013b).....	79
Slika 35: Rezultati napovedanih vrednosti (modra črta) za vsebnost kadmija v vrtnini na podlagi regresijskih modelov iz preglednice 28, intervali zaupanja za povprečno napoved (sivo območje) in mejne vrednosti (Uredba komisije ..., 2006) (Karo Bešter in sod., 2013b).....	81
Slika 36: Interpolirana karta prostorskega prikaza vsebnosti kadmija v zgornjem sloju tal in ocenjeni tedenski vnosi ($\mu\text{g/kg t. t./teden}$) ter koeficienti tveganja glede na kategorije onesnaženosti tal, ki so opredeljene v podpoglavju 3.3.1	85
Slika 37: Prikaz odstotkov (%) mediane prispevka izbranih vrtnin k prehranski izpostavljenosti kadmiju preko pridelanih vrtnin.....	86
Slika 38: Primerjava ocenjenega tedenskega vnosa ($\mu\text{g/kg t. t./teden}$) kadmija v človeka preko izbranih vrtnin za opazovano populacijo in Scenarije 1, 2 in 3 glede na onesnaženost tal s kadmijem, z dopustnim tedenskim vnosom za kadmij (Cadmium in food, 2009).....	89
Slika 39: Primerjava opazovane populacije in Scenarijev 1, 2 in 3 za koeficient tveganja vnosa kadmija v človeka preko izbranih vrtnin na podlagi dopustnega tedenskega vnosa za kadmij (Cadmium in food, 2009) in primerjava kategorij onesnaženosti tal s kadmijem z mejo, ki predstavlja možnost pojava neželenih učinkov	94

KAZALO PRILOG

PRILOGA A	Anketni vprašalnik
PRILOGA B	EVIDENČNI LIST PARCELE – Vzorčenje tal
PRILOGA C	EVIDENČNI LIST PARCELE – Vzorčenje rastlin
PRILOGA D	Ocene pridelovalcev vrtnin o njihovem povprečnem letnem pridelku (kg/leto), odstotku pridelka, ki se porabi v gospodinjstvu, in o zaužitih vrtninah posameznika
PRILOGA E	Deskriptivna statistika za povprečni letni pridelek (kg/leto) na vrtu, glede na spol in kategorije onesnaženosti tal
PRILOGA F	Rezultati analiz vzorcev tal (n=141)
PRILOGA G	Vsebnost kadmija v vzorcih vrtnin z vrtov, izraženo na suho in svežo snov z mejno vrednostjo glede na Uredbo komisije ..., 2006
PRILOGA H	Vsebnost kadmija v kupljenih vrtninah, izraženo na suho (mg/kg s.s.) in svežo snov (mg/kg sv.s.)
PRILOGA I	Analiza regresijskih modelov
PRILOGA J	Primerjava ocenjenega mesečnega vnosa kadmija za opazovano populacijo in za Scenarije 1, 2 in 3 z upoštevanjem začasnega dopustnega mesečnega vnosa
PRILOGA K	Primerjava koeficienta tveganja za pojav neželenih učinkov na zdravje ljudi zaradi vnosa kadmija preko vrtnin za opazovano populacijo in za Scenarije 1, 2 in 3 z upoštevanjem začasnega dopustnega mesečnega vnosa

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

Okrajšave

ang.	angleško
CAS	enoznačni številčni identifikator
cca.	približno
cit.	citirano
CPVO	Center za pedologijo in varstvo okolja
DNK	deoksiribonukleinska kislina
EFSA	Evropska agencija za varnost hrane
EINECS	Evropski seznam obstoječih kemijskih snovi
FAO	Organizacija za prehrano in kmetijstvo
GSH	glutation
ICP-MS	Masna spektrometrija z induktivno sklopljeno plazmo
ISO	Mednarodna organizacija za standarde
itd.	in tako dalje
JECFA	Skupni strokovni odbor FAO/WHO za aditive v živilih
KO	kritično onesnaženo območje (vsebnost kadmija v tleh enako oz. nad 12 mg/kg s. s.)
KS	Krajevna skupnost
kart. podl.	Kartografska podlaga
MOC	Mestna občina Celje
MOS	Stopnja varnosti
MT	metalotionein
MO	malo onesnaženo območje (vsebnost kadmija v tleh med 1 in 1,9 mg/kg s.s.)
N	neonesnaženo območje (vsebnost kadmija v tleh pod 1 mg/kg s. s.)
npr.	na primer
O	onesnaženo območje (vsebnost kadmija v tleh med 4 in 7,9 mg/kg s. s.)
oz.	oziroma
ROTS	Raziskave onesnaženosti tal Slovenije
RS	Republika Slovenije
Slo.	Slovenija
sod.	sodelavci
s. s.	suha snov
sv. s.	sveža snov
št.	številka
t. i.	tako imenovana
t. t.	telesna teža
t. j.	tako je
UE	Upravna enota
Ur.l.	Uradni list
WHO	Svetovna zdravstvena organizacija
ZO	zelo onesnaženo območje (vsebnost kadmija v tleh med 8 in 11,9 mg/kg s.s.)
ZM.O	zmerno onesnaženo območje (vsebnost kadmija v tleh med 2 in 3,9 mg/kg s.s.)

Simboli

ADD_{pot}	povprečni potencialni dnevni odmerek
AT	časovno obdobje, v katerem se izračuna povprečje odmerka
BW	telesna teža
$\bar{C}$	srednja koncentracija snovi v mediju
C_i	vsebnost kadmija v i-ti vrtnini
C_{voda}	vsebnost vode v vrtnini
ED	trajanje izpostavljenosti
EWI	ocenjeni tedenski vnos kadmija
EMI	ocenjeni mesečni vnos kadmija
f_h	povprečni delež porabe letnega pridelka vrtnin v gospodinjstvu
f_p	povprečni delež zaužite količine pridelanih vrtnin osebe glede na ostale člane v gospodinjstvu
HQ	koeficient tveganja
$\bar{IR}$	srednja vrednost stopnje vnosa medija
Maks	maksimum
Me	mediana
Min	minimum
MV	mejna vrednost
n	število vzorcev
OS	organska snov
P_5	5. percentil
P_{95}	95. percentil
PTMI	začasni dopustni mesečni vnos (provisional tolerable monthly intake)
Q_1	prvi kvartil
Q_3	tretji kvartil
R^2	koeficient determinacije
RfD	referenčni odmerek
SE	standardna napaka
SD	standardna deviacija
TDI	dopustni dnevni vnos (tolerable daily intake)
TWI	dopustni tedenski vnos (tolerable weekly intake)
$\bar{x}$	povprečna vrednost
Y_i	povprečna letna količina pridelka i-te vrtnine, na vrtu

1 UVOD

Onesnaževanje je eden od glavnih okoljskih in tudi gospodarskih problemov, saj vpliva tako na zrak, vodo in tla kot na vse žive organizme. Pogosto je posledica nepremišljenih preteklih in sedanjih človekovih aktivnosti. Primer odraza preteklih nepremišljenih industrijskih aktivnosti je onesnaženo območje Mestne občine Celje. Številne raziskave (Batič, 1984; Domitrovič - Uranjek, 1990; Lobnik in sod., 1989; Šajn, 1999; Žibret, 2002) so pokazale, da so nekatera območja v občini onesnažena s težkimi kovinami, kot so kadmij, svinec in cink. Na takšnih območjih je lahko sporna pridelava varne hrane, saj so neonesnažena tla eden glavnih pogojev za njeno pridelavo. Poleg tega je v mestih pridelava vrtnin zelo pogosta, zato so lahko ljudje dodatno izpostavljeni težkim kovinam z zaužitjem vrtnin, ki so pridelane na domačem vrtu.

Kadmij je pogosto onesnažilo urbanega okolja in indikator človekove aktivnosti v prostoru. Njegovi izvori so tako naravni (erozija in preperevanje kamenin, vulkanski izbruhi) kot tudi antropogeni (industrija, kmetijstvo). Uporablja se za izdelavo električnih baterij (posebno baterij Ni-Cd), pri pridobivanju raznih zlitin, v industriji barvil in lakov, plastike, umetne gume, itd. V okolju je zaskrbljujoč dejavnik zaradi svoje toksičnosti in akumulacije v rastlinah, živalih in človeku. Potrošnja živil rastlinskega izvora z večjimi vsebnostmi kadmija lahko predstavlja resno nevarnost za zdravje ljudi in živali tudi pri vsebnostih, ki niso fitotoksične (Bergmann, 1992). Po tem, ko kadmij vstopi v okolje, se akumulira v sedimentih in v tleh, s tem pa je potencialno dostopen rastlinam ter lahko vstopi v prehransko verigo. Za rastline je kadmij neesencialen element (McLaughlin in Sing, 1999). Sprejem kadmija iz tal v rastline je odvisen od vrste rastlin, vsebnosti kadmija in drugih kovin v tleh, od kislosti tal, od kationske izmenjalne kapacitete, od redoks potenciala, od količine organske snovi v tleh itd. (Hellström in sod., 2007). Porazdelitev kadmija med koreninami in nadzemnim delom je odvisna od vrste rastline, rastnega medija, časa rasti in temperature okolja (Prasad, 1995).

Ena od najpomembnejših karakteristik kadmija je njegova dolga biološka razpolovna doba (okoli 30 let), kar vodi v učinkovito kopičenje kadmija v telesu skozi celo življenje. Primarno je toksičen za ledvice, kjer se večinoma tudi akumulira. Daljša in/ali visoka izpostavljenost kadmiju lahko v človeku povzroči nefropatije, povečano tveganje za raka na pljučih, maternici, mehurju in dojkah; zelo visoka izpostavljenost pa tudi spremembe na skeletu, kronične bolezni pljuč in evfizem (Goyer in Clarkson, 2001; Cadmium in food, 2009).

Za nekadilce predstavljajo živila glavni vir (90 %) k celotni izpostavljenosti kadmiju. Preostalih 10% prestavlja vnos preko inhalacije zraka in pitja vode (Final review ..., 2010; Vahter in sod., 1991; Olsson in sod., 2002). Visoke vsebnosti kadmija v živilih so določili v drobovini (npr. jetra in ledvice), nekaterih divjih gobah in školjkah (Jorhem in sod.,

1993). Živila, ki prispevajo največ k prehranski izpostavljenosti kadmiju, predvsem zaradi njihove velike porabe, so žita in njihovi izdelki, zelenjava, škrobnate korenovke ali krompir ter meso in mesni izdelki (Cadmium in food, 2009). Vsebnost kadmija v živilu se lahko zmanjša med pripravo (npr. čiščenje, lupljenje in kuhanje), vendar je to zmanjšanje relativno majhno (Linnman in sod., 1973).

Povprečno so odrasli v Evropski skupnosti izpostavljeni kadmiju preko prehrane med 1,9 in 3,0 $\mu\text{g/kg t. t.}$ na teden. V kolikor so potrošniki večje količine živil, pa med 2,5 in 3,9 $\mu\text{g/kg t. t.}$ na teden (Cadmium in food, 2009).

Z dopustnim tedenskim vnosom se izraža vrednost, pri kateri ni verjetno, da bi prišlo do neželenega učinka na zdravje (Perharič, 2010). V letu 2009 je Evropska agencija za varnost hrane (EFSA) priporočila, da bi se začasni dopustni tedenski vnos za kadmij (7 $\mu\text{g/kg t. t.}$) zmanjšal na 2,5 $\mu\text{g/kg t. t.}$ (Cadmium in food, 2009). Leto kasneje je Skupni strokovni odbor FAO/WHO za aditive v živilih (JECFA) določil začasni dopustni mesečni vnos 25 $\mu\text{g/kg t. t.}$ (Summary report ..., 2010). Za mesečni vnos so se odločili zaradi kadmijeve dolge razpolovne dobe in majhnega vpliva dnevno zaužitega kadmija v živilu k celokupni izpostavljenosti kadmiju. Odbor je sicer znižal začasni dopustni tedenski vnos, vendar ne na vrednost, ki jo je priporočila EFSA. Slednja je v letu 2011 ponovno potrdila svoje priporočilo s pojasnilom, da nižja vrednost (2,5 $\mu\text{g/kg t. t.}$) zagotavlja visoko stopnjo varstva potrošnikov, vključno vseh podskupin prebivalstva, kot so otroci, vegetarijanci in ljudje, ki živijo na zelo onesnaženih območjih (Statement on tolerable ..., 2011).

Med najbolj ogrožene skupine ljudi zaradi izpostavljenosti kadmiju sodijo otroci, kadilci ter najemniki in lastniki vrtov. Slednji so izpostavljeni kadmiju bodisi preko zaužitja pridelanih vrtnin na vrtu ali pa preko nenamernega zaužitja zemlje, ki je na vrtnini. Ker je kadmij dobro dostopen rastlinam (bolj kot na primer svinec ali baker) obstaja velika verjetnost, da lahko vrtnine, pridelane na onesnaženih območjih, vsebujejo prekomerne količine tega elementa. Zato je na mestu vprašanje, kaj pomeni povečana vsebnost kadmija v živilih rastlinskega izvora za zdravje ljudi, ki živijo na onesnaženih območjih in pretežno uživajo hrano, ki jo pridelajo doma.

Namen doktorske disertacije je bil oceniti, ali pridelava izbranih vrtnin na območju Mestne občine Celje in njihovo zaužitje predstavlja tveganje za zdravje ljudi zaradi prekomernega vnosa kadmija. Cilji doktorske disertacije so bili sledeči:

- ✓ pridobitev informacij o pridelovalcih vrtnin (npr. prehranske navade, količina zaužitih vrtnin, način pridelave in priprava vrtnin);
- ✓ določitev osnovnih talnih lastnosti vrtov (npr. vsebnost kadmija, tekstura, pH-vrednost);
- ✓ določitev vsebnosti kadmija v izbranih vrtninah z vrtov in v vrtninah, ki se jih lahko kupi na tržišču Mestne občine Celje;

- ✓ oblikovanje regresijskih modelov za napoved vsebnosti kadmija v izbranih vrtninah na podlagi talnih lastnosti;
- ✓ določitev vsebnosti kadmija pred in po pripravi izbranih vrtnin;
- ✓ oceniti izpostavljenost kadmiju preko zaužitja izbranih pridelanih vrtnin;
- ✓ primerjava ocene vnosa kadmija preko pridelanih vrtnin v človeka z referenčnim odmerkom.

Preverili smo utemeljenost naslednjih hipotez:

1. Vrtnine, ki so pridelane na vrtovih območja Mestne občine Celje, vsebujejo večje vsebnosti kadmija kot vrtnine, ki jih je možno kupiti na tržišču občine.
2. Priprava živil pomembneje ne vpliva na vsebnost kadmija v izbranih vrtninah.
3. Uživanje doma pridelanih vrtnin pomembno prispeva k celokupnemu tedenskemu vnosu kadmija v človeka.
4. Povprečni ocenjeni tedenski/mesečni vnos kadmija v človeka preko vrtnin, ki so pridelane na območju Mestne občine Celje, je večji, kot je predpisani dopustni tedenski vnos oziroma začasni dopustni mesečni vnos za kadmij.

Pomemben prispevek disertacije k znanosti je modifikacija metodologije za pripravo ocene tveganja za zdravje pridelovalcev vrtnin, ki se bo v prihodnje lahko uporabila na ostalih onesnaženih območjih. Z analizami tal in vrtnin ter oceno izpostavljenosti kadmiju zaradi zaužitja pridelanih vrtnin smo dopolnili vedenje o tedenskem/mesečnem vnosu kadmija v človeka na območju Mestne občine Celje in s tem prispevali ustrezno znanstveno osnovno za načrtovanje ukrepov rabe onesnaženih tal v urbanem in priurbanem območju Mestne občine Celje. Poleg tega smo na podlagi regresijskih modelov napovedali, pri katerih talnih lastnostih lahko pričakujemo, da vsebnost kadmija v izbrani vrtnini preseže zakonodajno vrednost, kar se lahko dodatno upošteva pri obvladovanju tveganja, ki ga predstavlja kadmij v tleh.

2 DOSEDANJA RAZISKOVANJA

Namen drugega poglavja je podati glavne informacije, ki so na voljo v svetovni literaturi na temo doktorske disertacije. Uvodoma je splošno opisana ocena tveganja, ki ji sledi opredelitev in problematika raziskovalnega območja. V nadaljevanju je podrobneje predstavljena pot kadmija iz tal preko vrtnin v človeka ter kaj se s kadmijem na tej poti dogaja. Poglavje se zaključi z opredelitvijo izpostavljenosti kadmiju in njegovim vplivom na človeka.

2.1 SPLOŠNO O OCENI TVEGANJA ZA ZDRAVJE LJUDI

Ocena tveganja je del analize tveganja, ki vključuje še ovrednotenje tveganja in obveščanje o tveganju (Larsen, 2006). Temelje ocene tveganja je postavil Paracelsus (1493-1541) z ugotovitvijo: »Vse snovi so strupene. Nobene ni, ki ni strupena. Pravilni odmerek loči zdravilo od strupa«. Učinek določene kemične snovi, je poleg odmerka odvisen tudi od (Perharič, 2010):

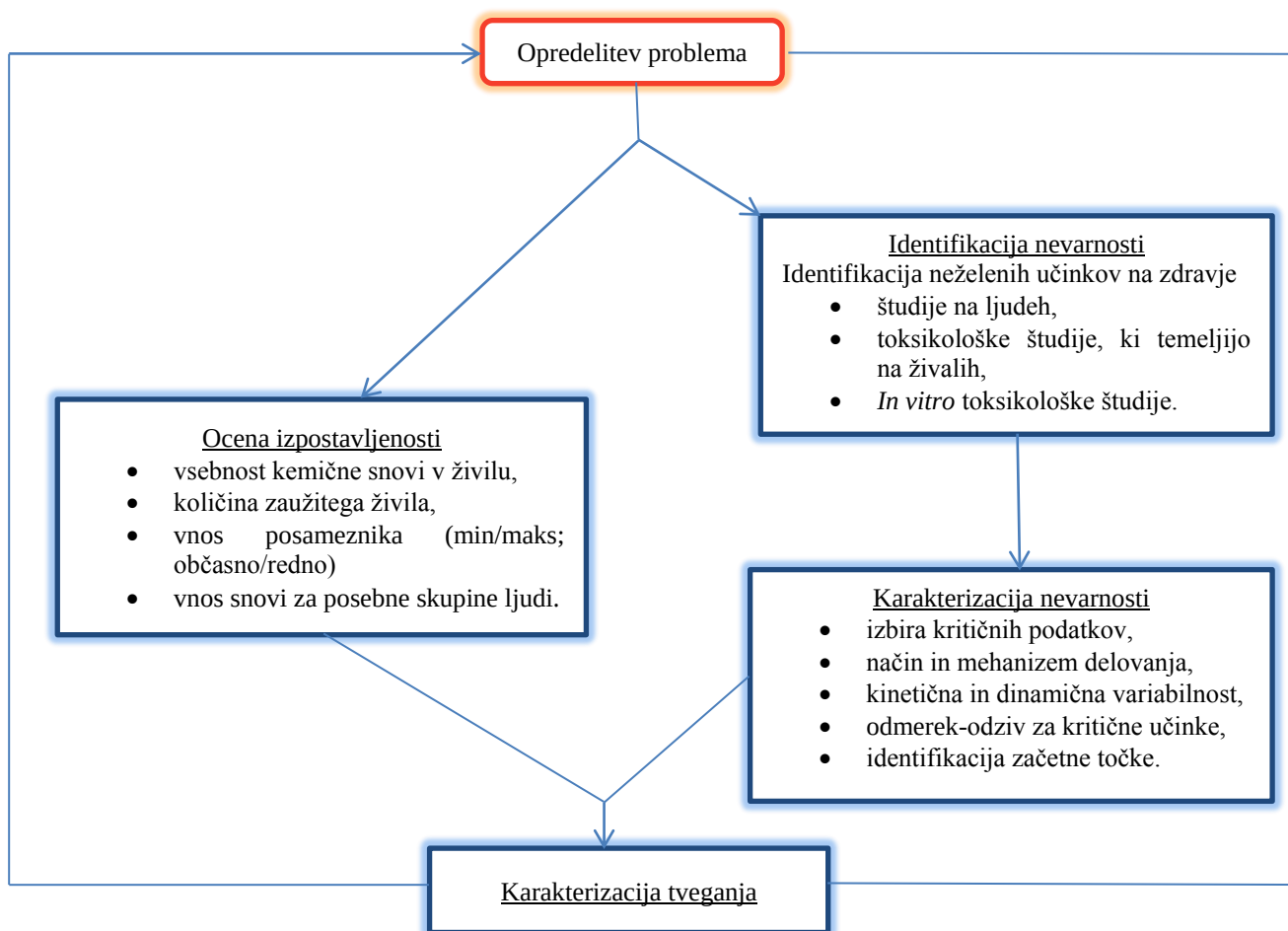
- ✓ lastnosti izpostavljenega organizma: podedovana občutljivost, velikost organizma (enak odmerek ima ponavadi večji učinek v manjšem kot v večjem organizmu);
- ✓ načina vnosa kemične snovi;
- ✓ oblike kemične snovi;
- ✓ koncentracije kemične snovi;
- ✓ trajanja izpostavljenosti;
- ✓ starosti in spola;
- ✓ prehranske navade in razvade;
- ✓ sočasne bolezni in zdravil.

Z oceno tveganja za zdravje ljudi se oceni vrsta in verjetnost za nastanek neželenih učinkov na zdravje ljudi pri določeni uporabi ter predvideni ali znani izpostavljenosti kemičnim snovem iz okolja (Perharič, 2010; Human Health ..., 2012). Ocena tveganja večinoma obravnava sledeča vprašanja (Human Health ..., 2012):

- ✓ Katere vrste zdravstvenih težav lahko povzroči kemična snov iz okolja?
- ✓ Kakšna je verjetnost, da bodo imeli ljudje zdravstvene težave, ko bodo izpostavljeni različnim stopnjam onesnaženosti iz okolja?
- ✓ Pod katero vrednostjo določena kemična snov v okolju ne predstavlja tveganja za zdravje ljudi?
- ✓ Katerim kemičnim snovem iz okolja so ljudje izpostavljeni, do katere mere in koliko časa?
- ✓ Ali so lahko ljudje bolj dovzetni za kemično snov iz okolja zaradi dejavnikov, kot so: spol, starost, genetika, sočasne bolezni, kje delajo, kje se igrajo (otroci), način prehranjevanja?

Proces ocene tveganja večinoma poteka v štirih fazah (slika 1) (Perharič, 2010; Human Health ..., 2012):

1. Identifikacija nevarnosti: opredelitev, ali lahko in kako kemična snov potencialno škoduje človeku in pod kakšnimi pogoji.
2. Karakterizacija nevarnosti: določitev vrste in pogostosti neželenih učinkov, odnosa med odmerkom in učinkom. Določijo se lahko tudi varni referenčni odmerki, pri katerih ni verjetno, da bi prišlo do neželenega učinka na zdravje. Za onesnaževala v živilih velja kot referenčni odmerek dopustni dnevni/tedenski vnos (TDI/TWI), ki predstavlja oceno skozi vse življenje.
3. Ocena izpostavljenosti: ugotavljanje velikosti odmerka in trajanje izpostavljenosti.
4. Karakterizacija tveganja: kvantifikacija pogostosti in resnosti neželenega učinka. Izražena je kot razmerje med varnim referenčnim odmerkom in izpostavljenostjo. To razmerje (Margin of Safety – MOS) mora biti večje od ena oziroma večje od dogovorjenega količnika, ki upošteva faktorje negotovosti.



Slika 1: Paradigma ocene tveganja (Renwicka, 2003)
Figure 1: The paradigm of risk assessment (Renwicka, 2003)

2.2 OPIS RAZISKOVALNEGA OBMOČJA

Raziskovalno območje je bila Mestna občina Celje (v nadaljevanju MOC), ki je po velikosti tretje največje mesto v Sloveniji, s 48.569 prebivalci (slika 2). Od tega je 24.753 žensk in 23.816 moških (Popis prebivalstva ..., 2012). Površina občine meri 95 km² in leži na najnižjem jugovzhodnem delu Celjske kotline ob reki Savinji. Z vseh strani je obdana s hribovjem. Mesto na jugu obdaja Osenca, Anski vrh, Miklavški in Grajski hrib, na severu se med stanovanjskimi predeli dviga Glovec, na vzhodu pa Zavodenski in Aljažev hrib. Njive, vrtovi, travniki in hmeljišča se v glavnem pojavljajo na vzhodnem in zahodnem robu ravninskega dela MOC. Na severu in jugu občine se prepleta kmetijstvo z gozdom. Slednji prevladuje na južnem, hribovitem delu. Vrtovi se navadno nahajajo v bližini večjih stanovanjskih območij in v glavnem predstavljajo dopolnilno (pridelovanje hrane) ali rekreacijsko dejavnost (Zeleni sistem..., 2006). Glede na rabo, njive in vrtovi predstavljajo 836 ha kmetijskih površin (Vovk Korže, 2009).

V reliefu območja prevladujejo ravnine (75 %). Površje Savinjske ravni je rahlo razčlenjeno, razgibano in sestavljeno iz obsežnega vršaja, ki ga je oblikovala in nasula Savinja s pritoki. Za gospodarsko rabo in druge namembnosti ozemlja so pomembne rečno oblikovane terase v petih ravneh. Za ravninski del Savinje in njenih pritokov je značilna velika zbitost, neugodna tekstura in zgolj površinska oglejenost, saj se nahaja na pliocenskih in pliestocenskih nanosih gline, kjer prevladujejo psevdoglejena tla (Lobnik in sod., 1989). Površje se postopoma znižuje od severozahoda proti jugovzhodu.



Slika 2: Mestna občina Celje (foto: 2007)
Figure 2: Municipality of Celje (photo: 2007)

Območje leži v poplavnem pasu reke Savinje in pritokov, zato je bilo v preteklosti območje MOC večkrat poplavljeno (Mesto v objemu voda ..., 2012).

Mesto Celje se zaradi kotlinske lege in pestre industrijske aktivnosti uvršča med najbolj onesnažena slovenska mesta. Eden od velikih okoljskih problemov območja so onesnažena tla, ki so se onesnaževala predvsem v preteklosti, ko ukrepov varstva okolja še ni bilo. Upoštevanje sodobnih ekoloških standardov in izboljševanje tehnoloških postopkov je sicer prispevalo k zmanjšanemu onesnaževanju okolja, vendar onesnaženost tal ostaja.

Za območje MOC ni na razpolago podatkov o virih onesnaževanja tal, ni podatkov o zasoljevanju tal in ni raziskav o onesnaževanju tal z mineralnimi gnojili in sredstvi za varstvo rastlin. V splošnem so poleg industrije glavni viri onesnaževanja v MOC še (Vovk Korže, 2009):

- ✓ promet,
- ✓ drobna kurišča,
- ✓ kmetijstvo,
- ✓ odpadki.

V letu 1989 je bila narejena prva obsežna raziskava onesnaženosti tal na območju MOC (Lobnik in sod., 1989). Ugotovili so, da na določenih območjih izstopajo vsebnosti kadmija (Cd), svineca (Pb), cinka (Zn), arzena (As) in niklja (Ni). Najbolj pogosto sta dovoljena vrednost kovin v tleh prekoračila kadmij in cink. Prostorska razporeditev elementov je pokazala, da so bile največje vrednosti kadmija, svineca in cinka v starem delu mesta in na vzhodni »industrijski« strani mesta, kjer je tudi gosta poseljenost. Onesnažena tla so se razprostirala v smeri vzhod-zahod (Lobnik in sod., 1989). Na podlagi kasnejših prostorskih analiz so Lobnik in sod. (1994) in Vrščaj in sod. (2000) zaključili, da je vsaj z enim elementom onesnaženih preko 7000 ha površine bivše občine Celje. Pri tem so kmetijska zemljišča predstavljala 2800 ha, od tega je bilo 180 ha njiv.

Sledile so številne raziskave, ki so bile usmerjene v podrobnejše proučevanje onesnaženosti okolja (Vrščaj in sod., 2002; Žibert in Šajn 2006), v preučevanje povezav med vsebnostjo kovin v tleh in vsebnostjo kovin v rastlinah (Zupan in sod. 1994 in 1997; Klavs, 2004), določitev vsebnosti kovin v rastlinah (Eržen, 2005) in ocen tveganja za zdravje, predvsem otrok (Eržen, 2010). V preglednici 1 so zbrane povprečne vsebnosti kovin na območju Celja. Razvidno je, da so povprečne vsebnosti kadmija v tleh med 1,1 in 5,5 mg/kg s. s..

Preglednica 1: Povprečne vsebnosti kovin v zgornjem sloju tal (0-5 cm oz. vrtovi 0-20cm) na območju Celja, kot so jih navedli Lobnik in sod. (2010)

Table 1: Mean concentrations of metals in the upper soil layer (0-5 cm or. gardens 0-20cm) in the Celje area, as reported by Lobnik et al. (2010)

$\bar{X}$ (mg/kg s. s.)							
As	Cd	Cu	Pb	Zn	Raba	Območje	Avtor
6,4	2,5	24,8	99,5	337	vse (n = 117)	Bivša občina Celje	Lobnik in sod. (1989)
	5,5	43,4	123,4	603	vrtovi (n = 7)	Obrobje mesta	Zupan in sod. (1994)
	4,8				vrtovi (n = 53)	MOC (brez Teharj in Medloga)	Klavs (2004)
	3,5		236,0	991	travniki in zelenice (n = 50)	Ožje območje	Zupan in sod. (1997)
12,3	1,1	30,7	73,0	129	vse (n = 243-288)	Območje Slovenije	SLO, ROTS (1989-2007)

Iz preglednice 2 pa so razvidne vsebnosti kadmija v vrtninah na območju MOC (Zupan in sod., 1996, Klavs, 2004 in Eržen in sod., 2005). Največjo vsebnost kadmija v vrtninah so določili v špinači, korenju in solati. Najmanjše vsebnosti pa so določili v zelju, kumarah in fižolu. Eržen in sod., (2005) so ugotovili, da so vsebnosti kadmija v vrtninah z območja MOC precej večje kot v vrtninah, pridelanih v Sloveniji.

Preglednica 2: Povprečne vsebnosti kadmija (mg/kg sv.s.) v vrtninah (Zupan in sod., 1996; Klavs, 2001, Eržen in sod., 2005)

Table 2: Mean concentrations of cadmium (mg/kg FW) in vegetables (Zupan et al., 1996; Klavs, 2001, Eržen et al., 2005)

Vrtnina	Zupan in sod. (1996)				Klavs (2004)		Eržen in sod. (2005)					
	Kontrolna lokacija izven MOC		Medlog	Oblakova	MOC		KS Teharje		KS Medlog		Slovenija	
	n	$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{X}$	n	$\bar{X}$	n	$\bar{X}$	n	$\bar{X}$	n	$\bar{X}$
Endivija	3	0,007	0,108	0,552	16	0,114						
Radič					22	0,111						
Solata	3	0,010	0,047	0,074			12	0,375	7	0,128	68	0,026
Šinača	3	0,051	0,249	0,648								
Zelje	3	< 0,010	< 0,010	0,014			12	0,037	7	0,012	54	0,005
Korenje	3	0,022	0,216	0,241	29	0,143	14	0,261	6	0,121	63	0,021
Rdeča pesa	3	< 0,013	0,048	0,234			12	0,282	7	0,184	59	0,015
Redkev	3	< 0,006	0,037	0,062								
Paradižnik	3	< 0,007	0,028	0,074	28	0,034	9	0,061	4	0,029	55	0,007
Kumare					20	0,006	9	0,026	3	0,006	61	0,004
Krompir	3	0,024	0,029	0,103			9	0,121	4	0,087	60	0,022
Koleraba	3	< 0,022	< 0,022	< 0,022								
Fižol	3	< 0,022					13	0,015	4	0,016	57	0,007

Najbolj onesnažen del MOC predstavlja območje, kjer je v preteklosti delovala t.i. »Stara cinkarna« (slika 3) s proizvodnjo praženja cinkove rude in talilnico cinka (Grilc in sod., 2005). Ob tem so tudi nastajali novi industrijski objekti, ki so nudili podporo osnovni proizvodnji in uporabi osnovnih stranskih produktov proizvodnje cinka. Tla območja so predvsem onesnažena z bakrom, s cinkom, kadmijem in svincem, na določenih predelih pa tudi z arzenom in s kromom. Kritične imisijske vrednosti so presežene tudi za faktor 100 (Vovk Korže, 2009). Žibert in Šajn (2006) sta vplivno območje Stare cinkarne, kot

onesnaževalca, ocenila med 15-60 km za podstrešni prah in med 7-20 km za tla, odvisno od katere strani neba se oddaljujemo od topilnice. Zaključila sta, da je najbolj obremenjen vzhodni del kotline, najmanj pa severni del.



Slika 3: Območje, kjer je v preteklosti delovala Stara cinkarna (foto: 2008)
Figure 3: The site where Old Cinkarna used to produce (photo: 2008)

Za MOC velja prehodno podnebje. Kaže se izrazit prehod med alpskimi, celinskimi in sredozemskimi vremenskimi vplivi. Pozimi, zaradi lege v kotlini in ker je polovica dni brez vetra, prihaja do temperaturne inverzije (temperatura zraka z višino narašča). Pri tem hladnejši zrak, ki je težji, ostane na dnu kotline, kar še dodatno stopnjuje onesnaženost zraka v Celjski kotlini (Špes, 1998). Onesnaženost zraka v Celju se spremlja v okviru državne in občinske merilne mreže ter dopolnilne merilne mreže, kjer se izvajajo meritve prašnih usedlin in nekaterih težkih kovin v prašnih usedlinah – kadmij, svinec, cink in titan. Dopolnilna merilna mreža se spremlja na sedmih lokacijah. V letu 2007 so bile le povprečne letne količine kadmija večje na merilnem mestu Bukovžlak ($3,6 \mu\text{g}/\text{m}^2$ dan) kot pa na drugih merilnih mestih (med $0,3$ in $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^2$ dan) (Vovk Korže, 2009). Pri tem velja opozoriti, da je bila vrednost za merilno mesto Bukovžlak podana le za štirimesečno (od septembra do decembra) spremljanje, saj je bilo to merilno mesto vključeno v merilno mrežo šele septembra 2007.

Na območju MOC se 98 % prebivalcev oskrbuje s pitno vodo iz javnega vodovodnega omrežja. Pitno vodo iz lastnih vodnjakov, zajetij ali kapnic uporablja preostalih 2 %

prebivalcev. Prebivalci so večinoma oskrbovani s pitno vodo iz osrednjega vodovodnega sistema Celje. Vodovodni sistem Košnica-Tremerje oskrbuje območje Košnice in Tremerje, vodovodni sistem Svetina pa del naselja Pečovnik s hotelom Celjska koča (Vovk Korže). V letu 2008 so bile opravljene štiri preiskave pitne vode iz javnega omrežja na prisotnost težkih kovin. Vsi analizirani parametri so bili pod dopustno mejo ($5 \mu\text{g/l}$), ki jo predpisuje Pravilnik o pitni vodi (2004) (Kakovost pitne vode ..., 2008).

Konec Juričič in Škornik Tovornik (2010) sta naredili prikaz zdravstvenega stanja prebivalcev v regiji Celje in Upravni enoti Celje (UE Celje). Ugotovili sta, da je v UE Celje nižja celotna umrljivost in višja povprečna starost umrlih kot v regiji Celje. Obenem pa sta tudi opazili višje zbolevanje in umrljivost zaradi rakavih obolenj v UE Celje v primerjavi z regijo Celje. Izpostavili sta, da za pridobitev objektivnih podatkov o zdravstvenem stanju posameznika in skupnosti o vplivu okoljskih in drugih dejavnikov na zdravje, zbolevanje in umiranje ljudi, potrebujemo dodatne raziskave in razvoj objektivnih meril za določanje stanja zdravja in obolevnosti. Podobno sta razlike v umrljivosti, motnjah rodnosti, obolevanju zaradi bolezni dihal in srčno-žilnih bolezni ter obolevanju za rakom med prebivalci Celja, prebivalci v celjski regiji ter v Sloveniji proučevala Eržen in Zaletel Kragelj (2012). Ugotovila sta, da je tveganje za zbolevanjem za rakom v UE Celje primerljivo povprečnemu slovenskemu tveganju ter da je v primerjavi s Slovenijo v MOC 1,2-krat večje tveganje za raka dojke in prostate. Ugotovila sta tudi, da se je med raki, ki jih lahko povzroča izpostavljenost toksičnim kovinam, pokazala večja ogroženost za ledvičnim rakom v občini Vojnik ter na območju naselij Proseniško, Bukovžlak, Vrhe, Slance in Teharje. Poudarila sta, da pregled obolevnosti za rakom po posameznih območjih omogoča oblikovanje domnev o vzrokih za obolevnost, ni pa mogoče ugotavljati vzročne povezanosti, saj ni podatkov o dejanski izpostavljenosti obolelih za rakom delovanju škodljivosti. Zaključila sta, da »življenje na določenih območjih UE Celje lahko predstavlja povečano tveganje za pojav določenih bolezni, zlasti obolenj dihal in morda tudi nekaterih rakastih bolezni«. Glede na številne raziskave o onesnaženosti okolja in njihovo javno obravnavo je tudi zelo aktivna civilna iniciativa Celje, ki javno opozarja na perečo problematiko v okolju.

2.3 KADMIJ

Kadmij (slika 4) je mehka, modrikasto-bela, toksična, prehodna kovina, ki se uvršča v IIB skupino periodnega sistema. Oksidacijsko število je +2, v redkih primerih tudi +1. Slednjega je mogoče doseči z raztapljanjem kadmija v mešanici kadmijevega klorida in aluminijevega klorida (Holleman in sod., 1985). Gostota kadmija je $8,65 \text{ g/cm}^3$, kar ga uvršča med težke kovine. Izraz težke kovine se uporablja za elemente, katerih specifična teža je večja od 5 g/cm^3 oziroma imajo atomsko število nad 20 (Barcelo in Poschenrieder, 1990). Kadmij je topen v kislini in netopen v vodi (Stokinger, 1981; Sittig, 1985).



Slika 4: Kadmij (Cadmium ore ..., 2012)

Figure 4: Cadmium (Cadmium ore ..., 2012)

V naravi je relativno redek element in ga tudi redko najdemo v elementarni obliki (Toxicological profile ..., 2012; Cadmium ..., 2000). Navadno se veže s klorom (kadmijev klorid), žveplom (kadmijev sulfat, kadmijev sulfid) ali kisikom (kadmijev oksid) in spremlja cink v njegovih rudah. Skupaj z njim se nahaja v številnih naravnih oblikah, saj imata podobne kemijske in fizikalne lastnosti (Stokinger, 1981; Sittig, 1985). Glavne karakteristike kadmija so podane v preglednici 3.

Preglednica 3: Splošne, fizikalne - kemijske in strukturne lastnosti kadmija (Toxnet, 2008; European Union ..., 2007)

Table 3: General, physical - chemical and structural properties of cadmium (Toxnet, 2008; European Union ..., 2007)

SIMBOL – slo. ime / ang. ime	Cd – Kadmij / Cadmium
Število CAS	7440-43-9
EINECS število:	231-152-8
Vrstno število	48
Molska masa	112,41g/mol
Skupina / Perioda	II. S. (stranska)/5.P.
Agregatno stanje	trden
Opis izgleda	mehka, kositrno bela kovina
Vonj	brez vonja
Gostota	8,65 g/cm ³
T tališče	320,9°C
Parni tlak	1 Pa pri 257 °C
T vrelišče	765°C
Topnost	netopen v vodi
Korozivnost	visoka odpornost proti koroziji
Oksidacijsko stanje	+2 (redko +1)
Kristalna struktura	heksagonalna
Kislinsko – bazične lastnosti	močno bazične
Gorljivost	majhna požarna nevarnost

Naravni izvori kadmija v okolju so postopni procesi erozije in preperevanje kamnin in tal ter enkratni dogodki, kot so gozdni požari in vulkanski izbruhi (ICdA, 2012). Slednji so tudi največji naravni izvor kadmija. Svetovna zdravstvena organizacija (2000) je navedla, da približno 85 – 90 % skupnih emisij kadmija v zraku izvira iz antropogenih virov (npr. taljenje in rafiniranje neželeznih kovin, komunalni odpadki, fosfatna mineralna gnojila, sežiganje, izgorevanje fosilnih goriv). Ker je kadmij naravno prisoten v rudah skupaj s cinkom, svincem in bakrom, nastaja kot stranski proizvod pri njihovem pridobivanju, taljenju in prečiščevanju.

Kadmij se je predvsem uporabljal za izdelavo Ni-Cd baterij. Ostale uporabe so še (Järup, 2003):

- ✓ kot stabilizatorji v plastičnih izdelkih,
- ✓ kot barvni pigmenti
- ✓ za zaščitne prevleke kovin (npr. železo, aluminij, jeklo),
- ✓ v zlitinah,
- ✓ pri elektrogalvaniziranju in
- ✓ kot antikorozivno sredstvo.

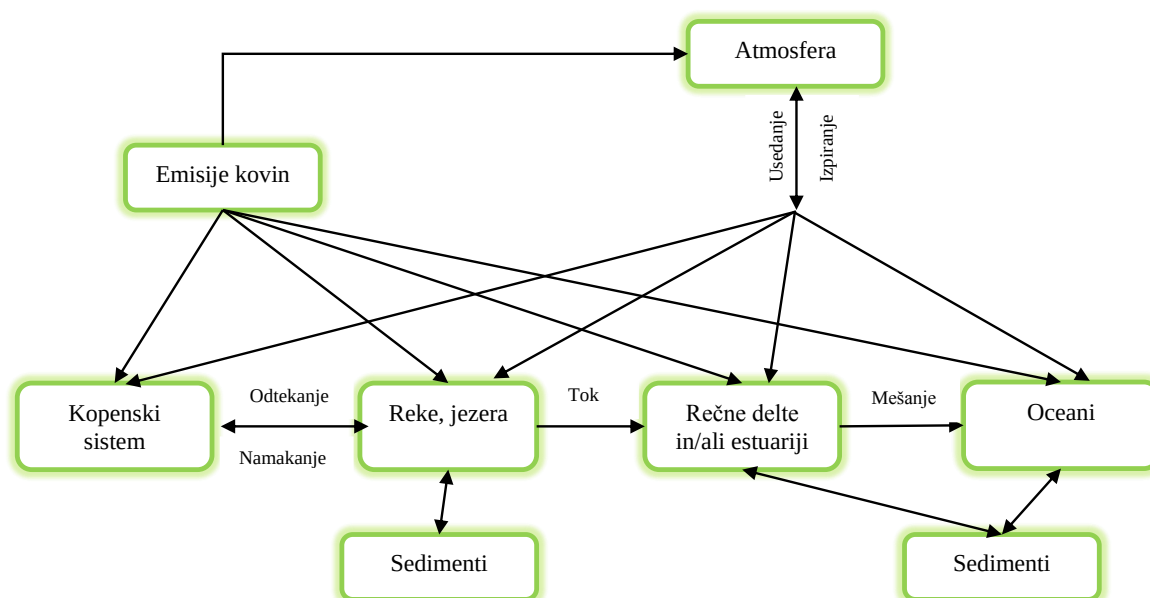
Kadmij je kot nečistoča prisoten še v fosfatnih mineralnih gnojilih, fosilnih gorivih (npr. premog, nafta, les), cementu in tobačnih izdelkih (ICdA, 2012).

Uporaba kadmija v Evropski skupnosti je upadla v 90-ih letih prejšnjega stoletja predvsem zaradi postopnega opuščanja kadmija v izdelkih (razen Ni-Cd baterij) in strožje zakonodaje (Direktiva sveta 91/338/EGS), vendar pa se je v svetu proizvodnja in uporaba kadmija in njegovih emisij v 20. stoletju drastično povečala. Izdelki, ki vsebujejo kadmij, se redko reciklirajo in se v glavnem odlagajo z ostalimi gospodinjstskimi odpadki. Tako lahko onesnažujejo okolje, še posebej, če se takšni odpadki sežgejo (Järup, 2003).

2.3.1 Usoda kadmija v okolju

V okolju je kadmij del bioloških in geoloških ciklov, ki ga po naravni poti tudi prerazporejajo (slika 5). Biološki cikel vključuje biokoncentriranje kadmija v živalih in rastlinah ter vključevanje v prehranske verige. Industrijske aktivnosti in ostalo onesnaževanje lahko posegajo v te naravne cikle (Goyer in Clarkson, 2001):

- ✓ s skrajševanjem časa zadrževanja kovin v rudah,
- ✓ z oblikovanjem novih spojin,
- ✓ s povečanjem distribucije po vsem svetu (npr. z izpusti v zrak, vodo in tla).



Slika 5: Transportne poti kovin v okolju (Beijer in Jernelov, 1986)

Figure 5: Transport routes of metals in the environment (Beijer and Jernelov, 1986)

V okolju lahko kadmij spreminja obliko. Močno se veže na talne delce in se raztaplja v vodi (Toxicological profile ..., 2012). V zraku se hitro oksidira v kadmijev oksid in se v glavnem veže s trdnimi delci v respiratornem območju (premer 0,1-1 μm). V prisotnosti hlapov in reaktivnih plinov (npr. vodni hlapi, hidrogen klorid, ogljikov dioksid, žveplov dioksid ali žveplov trioksid) tvori kadmijev hidroksid, kadmijev klorid, kadmijev karbonat, kadmijev sulfit ali kadmijev sulfat. Čeprav je zadrževalni čas kadmija v zraku kratek (dan do teden), pa omogoča daljinski transport po zraku (Cadmium ..., 2000).

V rastlinah, živalih in ljudeh nima biološke funkcije. V živalih je toksičen že pri nizkih koncentracijah. Povišane vsebnosti kadmija v tleh lahko vodijo v zmanjšano mikrobiološko aktivnost in fitotoksične učinke.

2.3.1.1 Kadmij v zraku

Vsebnost kadmija v zraku je večinoma majhna. Glavni vir sproščanja kadmija v zrak so industrijske aktivnosti. Emisije iz antropogenih virov so večje kot iz naravnih virov (Toxicological profile ..., 2012). Največji vir antropogenih virov v zraku predstavlja proizvodnja neželezovih kovin, ki prispeva približno 75 % vseh antropogenih emisij kadmija (Pacyna in Pacyna, 2001). Na podeželskih območjih so letne povprečne vsebnosti kadmija v zraku med 0,1 in 0,5 ng/m^3 (Air quality ..., 2000), na urbanih območjih Evropske skupnosti pa so vsebnosti kadmija v zraku med 1 in 10 ng/m^3 (Cadmium in food, 2009). V bližini virov onesnaževanja s kadmijem pa so lahko vsebnosti tudi do 100 ng/m^3 (Hellström in sod., 2007).

Pomemben vir kadmija za človeka je kajenje cigaret, ki lahko preseže celo vsebnosti iz živil. Cigarete vsebujejo približno 0,5-2,0 µg Cd/g tobaka (s. s.), od katerega se ga lahko 10 % absorbira (Goyer in Clarkson, 2001; Cadmium ..., 2000). Drug pomemben vir izpostavljenosti kadmiju iz zraka je poklicna izpostavljenost (kadmijevi hlapi in kadmij v zraku).

Kadmij je v zraku v obliki delcev, ki so lahko zelo majhni (<10 µm). Takšni delci se lahko tvorijo pri procesih izgorevanja. Kadmijeva primarna oblika v zraku je kadmijev oksid. V zraku se lahko pojavijo tudi nekatere kadmijeve soli (npr. kadmijev klorid), predvsem med procesi sežiganja (Beryllium, cadmium ..., 1993). To so stabilne spojine, ki se pomembneje kemično ne spreminjajo (Cadmium in food, 2009).

Kadmij v zraku se lahko prenaša od sto pa do nekaj tisoč kilometrov. Čas zadrževanja v zraku je okoli 1-10 dni, preden se z mokrimi in suhimi procesi deponira na površino tal in vode (Elinder, 1985; Toxicological profile ..., 2012).

2.3.1.2 Kadmij v vodi

Kadmij se sprošča v vodo iz naravnih procesov preperevanja, izpustov iz industrije ali čistilnih naprav, iz fosfatnih gnojil, depozicije iz zraka ter izpiranja z odlagališč in tal (Cadmium contamination ..., 1985; Morrow, 2001). V zaloge pitne vode lahko prehaja iz cevi distribucijskega sistema (Elinder, 1985).

V vodnem okolju ima kadmij relativno dolg zadrževalni čas. Wester in sod. (1992) so določili, da je bil njegov povprečni zadrževalni čas v jezeru Michigan 4-10 let.

V površinskih in podzemnih vodah je kadmij lahko v obliki prostega iona ali pa tvori ionske komplekse z ostalimi anorganskimi in organskimi snovmi. Medtem ko topne oblike lahko migrirajo v vodo, je kadmij relativno nemobilen v netopnih kompleksih, ali ko je absorbiran na sedimente. V morski vodi je najpogostejše v obliki klorovih ionskih kompleksov, v sladki vodi pa je najpogostejše v obliki prostih hidratiziranih ali karbonatnih ionov (odvisno od pH-vrednosti vode) (Cadmium in food, 2009).

Iz poročila Svetovne zdravstvene organizacije je razvidno, da so v pitni vodi občasno zasledili vrednosti kadmija do 5 µg/l, redko pa so bile vrednosti 10 µg/l. Povprečno so bile vsebnosti kadmija v pitni vodi zelo nizke (0,01-1 µg/l) in zato pomembneje niso prispevale k celotnemu vnosu kadmija v človeka (Air quality ..., 2000). Podobno je ugotovil tudi Eržen (2010); ker je vsebnost kadmija v pitni vodi iz celjskega javnega vodovodnega omrežja zelo nizka (<0,1 µg/l) je tudi prispevek pitne vode k skupni zaužiti količini kadmija majhen. Mejna vrednost kadmija v pitni vodi je 5 µg/l (Pravilnik o pitni vodi, 2004).

2.3.1.3 Kadmij v tleh

Tla so sestavljena iz trdne, tekoče in plinaste faze. Trdna faza tal je sestavljena iz mineralnih delcev (pesek, melj, glina) različnih velikosti in organske snovi. Slednja je večinoma sestavljena iz odmrlih rastlinskih ostankov ter žive in mrtve mikrobne biomase in humusa. Sestava tal glede na odstotek mineralnih delcev različnih velikostnih skupin, pa predstavlja teksturo tal. Največji so delci peska (2 – 0,05 mm), sledijo delci melja (0,05 – 0,002 mm) in glinasti delci (<0,002 mm). Med delci peska so velike pore, zato lahko voda zaradi gravitacije hitro odteče. Tla z velikim odstotkom peska so zato lahka, topla, revna s hranili in podvržena suši. Transport snovi v takšnih tleh je veliko hitrejši kot v glinastih. Med delci gline je veliko drobnih por, zato lahko tla z velikim odstotkom gline dobro vežejo hranila in druge snovi ter dobro zadržujejo vodo. Ugodno teksturo imajo tla, ki imajo približno enake deleže peska, melja in gline (Zupan in sod., 2008).

Tla so tisti del biosfere, kjer je kadmij najmanj mobilni in se tudi najdlje zadržuje v primerjavi z zrakom in vodo (ICdA, 2012). V tleh se kadmij akumulira, kar pomeni, da v tleh ostaja tudi po tem, ko se onesnaževanje prekine. S spiranjem v podtalnico, erozijo in prehodom v rastline se kadmij počasi premešča v tleh. Pri tem se odvijajo različni fizikalni in kemijski procesi: sorpcija, desorpcija, raztapljanje, imobilizacija in kelatizacija. V tleh se kadmij nahaja v različnih oblikah, od katerih je odvisna njegova dostopnost rastlinam in talnim mikroorganizmom. Dostopnost narašča po spodaj zapisanem zaporedju glavnih oblik kadmija v tleh (Thornton, 1995):

- ✓ nedostopna – kristalno vezan v primarnih materialih (matična podlaga, skelet, pesek),
- ✓ vezana – močno vezan na okside železa in mangana ter na sekundarne minerale (glineni minerali),
- ✓ izmenljiva – adsorbiran na površini glinenih mineralov oziroma vezan v komplekse z netopnimi organskimi spojinami (humusni koloidi) in
- ✓ topna – prosti Cd ioni (Cd^{+2}) v talni raztopini oziroma kot topni kompleksi z organskimi in anorganskimi ligandi.

V povprečju so potrebna leta za izmenjavo med nedostopno in vezano obliko, meseci za izmenjavo med vezano in izmenljivo obliko ter dnevi med izmenljivo in topno obliko (Thornton, 1995).

Najpomembnejše talne lastnosti, ki vplivajo na dostopnost rastlinam in mikroorganizmom in s tem na mobilnost kadmija v tleh, so (Alloway, 2004):

- ✓ pH-vrednost: vpliva na kemijsko obliko oziroma speciacijo kadmija in njegovih kompleksov v talni raztopini. Na splošno je v kislem okolju dostopnost večja, saj je na voljo manj negativnih mest za adsorpcijo (Evans, 1989). Kadmij je bolj topen v območju pH-vrednosti tal med 4-5 kot pa v območju pH 5-7 (Brummer in Herms, 1983). Na manjši sprejem kadmija v rastline v nevtralnih in rahlo bazičnih tleh

vpliva tudi večja aktivnost Ca^{2+} kationa, ki tekmuje s Cd^{2+} ionom na površini korenin (Adriano, 1986).

- ✓ Vsebnost organske snovi: vpliv na zadrževanje (vezavo), saj ima veliko kationsko izmenjalno kapaciteto ter omogoča tvorbo bolj ali manj mobilnih kompleksov (izvor nižje molekularnih organskih kislin). Za dostopnost kadmija in vsebnost organske snovi v tleh velja negativna korelacija (Street in sod., 1977).
- ✓ Vsebnost kalcijevega karbonata: prosti CaCO_3 vzdržuje pH-vrednost tal nad 7, tako postane kadmij manj dostopen.
- ✓ Kationska izmenjalna kapaciteta: omogoča bolj ali manj močno vezavo kadmijevih spojin v tleh).
- ✓ Redoks potencial: vpliva na kemijsko obliko oziroma speciacijo kadmija in njegovih kompleksov v talni raztopini.
- ✓ Vsebnost ostalih elementov: antagonistični ali sinergistični učinki na sorbcijo/desorbcijo, prevzem v rastlino in toksičnost za rastline ali živali. Dobro je poznano, da povečanje cinka v tleh zmanjša dostopnost kadmija rastlinam (Risk assessment..., 2005), ker cink zavira sprejem kadmija v rastlino in njegovo translokacijo iz korenin v poganjke rastline (Chaney in Ryan, 1994).

Relativna afiniteta kovinskih kationov v tleh oziroma v sorptivnem delu tal je različna in kadmij v talni raztopini tekmuje z drugimi kationi za vezavo na prosta negativna mesta (adsorpcijo) (Ross, 1994). V preglednici 4 je povzet vrstni red adsorpcije kovin glede na tla oziroma sestavni del trdne faze tal. Na podlagi podatkov iz preglednice je razvidno, da se bolje adsorbirata svinec in baker kot pa kadmij in cink.

Preglednica 4: Vrstni red adsorpcije kovinskih kationov v tleh glede na različne avtorje, kot sta jih navedla McLean in Bledsoe (1992)

Table 4: The order of adsorption of metal cations in the soil by different authors, as stated by McLean and Bledsoe (1992)

Tla	Vrstni red adsorpcije	Avtor
Tla	$\text{Pb} > \text{Cu} > \text{Zn} > \text{Cd} > \text{Ni}$	Biddappa in sod. (1981)
Tla	$\text{Zn} > \text{Ni} > \text{Cd}$	Tiller in sod. (1984)
Mineralna tla	$\text{Pb} > \text{Cu} > \text{Zn} > \text{Cd}$	Elliott in sod. (1986)
Organska tla	$\text{Pb} > \text{Cu} > \text{Cd} > \text{Zn}$	Elliott in sod. (1986)

Tla, ki vsebujejo veliko oksidov železa in mangana, imajo dobro adsorpcijsko sposobnost za kadmij (Adriano, 1986).

Največ kadmija v tleh bo na območjih, kjer je (Meeus in sod., 2002):

- ✓ velik vnos kadmija v tla;
- ✓ veliko glinenih mineralov;
- ✓ visoka vsebnost humusa;
- ✓ matična kamnina, bogata s kadmijem.

Tla, ki slabo vežejo kadmij imajo nizko pH-vrednost, malo glinastih delcev in nizko vsebnost organske snovi. V takšnih tleh, ga je več na razpolago v talni raztopini, ki lahko prehaja v rastline ali v podzemno vodo (Meeus in sod., 2002; Alloway, 2004).

Največje vsebnosti kadmija v tleh se navadno nahajajo v zgornjem sloju tal (do globine 15 cm), kjer je tudi največ organske snovi, ki mu omogoča daljše zadrževanje (Alloway, 2004). K temu prispevajo tudi aktivnosti procesov površinskega onesnaževanja in dogajanja v tleh (npr. preperevanje kamnin).

Vsebnost kadmija v neonesnaženih in neobdelanih tleh je odvisna od izvora matične kamnine (Page in Bingham, 1973):

- ✓ magmatske kamnine: 0,1-0,3 mg/kg s. s.
- ✓ metamorfne kamnine: 0,1-1,0 mg/kg s. s.
- ✓ sedimentne kamnine: 0,3-11 mg/kg s. s.

V neonesnaženih tleh so navadno vsebnosti kadmija med 0,1 in 0,5 mg/kg (Kabata-Pendias in Pendias, 1984; Sparks, 2003). Večje vsebnosti kadmija v tleh so bile večinoma določene v neposredni bližini tališč in rudišč, industrijskih (npr. toplarne, cementarne) in urbanih središč, ob prometnih cestah in na kmetijskih zemljiščih. Na kmetijskih zemljiščih so glavni viri onesnaževanja atmosfersko onesnaževanje, fosfatna gnojila ter uporaba blata iz čistilnih naprav in kompostov (Cadmium in food, 2009; Kibble in Saunders, 2001). Vendar pa imajo emisije v zrak v zadnjem času manjši vpliv na vsebnost kadmija v tleh (ICdA, 2012). V preglednici 5 so povzete vrednosti kadmija v tleh v nekaterih evropskih državah (Final review ..., 2010). Povprečne vsebnosti kadmija v tleh niso presegle 1 mg/kg, razen na območjih blizu topilnice v Kanadi (5,2 mg/kg).

Preglednica 5: Vsebnosti kadmija v tleh različnih držav (Final review ..., 2010)

Table 5: Concentrations of cadmium in soils of different countries (Final review ..., 2010)

Tla oziroma območje	Država	Cd (mg/kg)		
		Min	$\bar{x}$	Maks
Okolica 25-43 km od topilnice Cu	Kanada	5,50		7,80
Vrtovi v okolici topilnice Cu in Zn (12,8 km)	Kanada	3,20	5,20	13,00
Kmetijska zemljišča	Češka		0,24	
Kmetijska zemljišča	Danska	0,05	0,25	0,60
Kmetijska zemljišča	Poljska	0,01	0,21	49,73
Kmetijska zemljišča	ZDA	0,01	0,27	2,00
Kmetijska zemljišča	Finska	0,01	0,06	0,23
Kmetijska zemljišča	Norveška	0,03	0,22	1,80
Kmetijska zemljišča	Švica	0,01	0,43	23,00
Vrhnja plast	Danska	0,10		0,70
Vrhnja plast	Moldavija	0,28	0,40	0,81
Vrhnja plast	Norveška	0,02	0,57	3,70
Vrhnja plast	Švedska	0,03	0,22	2,30
Vrhnja plast	Anglija	0,27	0,63	1,04

Tudi Alloway (2004) je povzel podatke iz literature o celokupni vsebnosti kadmija, svinca in cinka na kmetijskih zemljiščih in na vrtovih. Ugotovil je, da sicer ni večjih razlik med vsebnostjo kadmija na vrtovih in kmetijskih zemljiščih, imajo pa tla na vrtovih večje vsebnosti svinca in cinka. Vsebnosti težkih kovin so prikazane v preglednici 6.

Preglednica 6: Celokupna vsebnost težkih kovin na vrtovih in kmetijskih zemljiščih, kot jih navaja Alloway (2004)

Table 6: The total concentrations of heavy metals in gardens and agricultural land, as reported by the Alloway (2004)

Tla	Cd (mg/kg s. s.)	Cu (mg/kg s. s.)	Pb (mg/kg s. s.)	Zn (mg/kg s. s.)
105 vrtov v Franciji ¹				
Povprečna vrednost	1,0	27	59	138
Maksimalna vrednost	5,3	1841	340	518
3624 vrtov v Nemčiji ²				
Povprečna vrednost	0,5	24	65	151
Maksimalna vrednost	7,3	196	627	1035
4127 vrtov v Angliji ³				
Geometrična sredina	1,2	/	266	278
Maksimalna vrednost	40,0	/	14 100	14 600
18 000 kmetijskih zemljišč v Nemčiji				
Povprečna vrednost	0,4	15	36	67
5692 talnih vzorcev v Angliji				
Mediana	0,9	23	74	97

1. Schwartz in sod. (2000)

2. Grössman in Wusterman (1992)

3. McGrath in Loveland (1992)

Različne države so zaradi toksičnosti nekaterih težkih kovin omejile pridelavo živil na onesnaženih območjih in določile njihove mejne vrednosti v tleh. Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (1996), definira sledeče imisijske vrednosti:

- ✓ Mejna vrednost: »Gostota posamezne nevarne snovi v tleh, ki pomeni takšno obremenitev tal, da se zagotavljajo življenjske razmere za rastline in živali, in pri kateri se ne poslabšuje kakovost podzemne vode ter rodovitnost tal. Pri tej vrednosti so učinki ali vplivi na zdravje človeka ali okolje še sprejemljivi.«
- ✓ Opozorilna vrednost: »Gostota posamezne nevarne snovi v tleh, ki pomeni pri določenih vrstah rabe tal verjetnost škodljivih učinkov ali vplivov na zdravje človeka ali okolje.«
- ✓ Kritična vrednost: »Gostota posamezne nevarne snovi v tleh, pri kateri zaradi škodljivih učinkov ali vplivov na človeka in okolje onesnažena tla niso primerna za pridelavo rastlin, namenjenih prehrani ljudi ali živali ter za zadrževanje ali filtriranje vode.«

Za vsebnost kadmija v tleh je določena (preglednica 7):

- ✓ mejna vrednost: 1 mg/kg s. s.,
- ✓ opozorilna vrednost: 2 mg/kg s. s. in
- ✓ kritična vrednost: 12 mg/kg s. s.

Preglednica 7: Zakonodajne mejne, opozorilne in kritične imisijske vrednosti (mg/kg s.s.) v tleh (Uredba o mejnih ..., 1996)

Table 7: The legislative limit, warning and critical immission levels (mg /kg DW) in the soil (Uredba o mejnih ..., 1996)

Nevarna snov in njene spojine	Mejna vrednost	Opozorilna vrednost	Kritična vrednost
Cu	60	100	300
Cd	1	2	12
Pb	85	100	530
Zn	200	300	720

Slovenska zakonodaja ne omejuje vsebnosti mangana v tleh.

2.3.1.4 Kadmij v rastlinah

Kadmij je toksičen za rastline, živali in ljudi. Ko je spuščen v okolje, se akumulira v sedimentih in v tleh, s tem pa je potencialno dostopen rastlinam. Rastline ga ne potrebujejo in je torej zanje neesencialen element. Predmet številnih raziskav je predvsem zaradi svoje akumulacije in toksičnosti v živih bitjih (McLaughlin in Sing, 1999).

Eden večjih problemov za rastline predstavljajo povečane vsebnosti kovin v tleh (Alloway, 1990), saj je vsebnost kadmija v rastlinah v tesni povezanosti z vsebnostjo kadmija v tleh.

Kadmij se dobro razporeja po rastlini (Streit in Stumm, 1993). Adriano (1986) je na podlagi premeščanja težkih kovin po rastlini uvrstil kadmij v skupino, kjer je več kovin v koreninah kot v nadzemnem delu rastline. Alloway (1990) navaja, da korenje, krompir, solata in tobak vsebujejo večje vsebnosti kadmija v listih kot pa v koreninah. Adriano (1986) pa je zaključil, da se na splošno največ kadmija akumulira v koreninah oziroma korenih in zelenih delih listnatih rastlin, manj pa v gomoljih, plodovih in semenih.

Na vsebnost kadmija v rastlini vplivata dva procesa (Air quality ..., 2000):

- ✓ foliarna absorpcija kadmija iz onesnaženega zraka (pomembna dinamika onesnaževanja, stopnja suhega/mokrega usedanja, čas izpostavljenosti onesnaževanju, habitus rastline) ter
- ✓ koreninski sprejem kadmija iz tal.

Rastline različno sprejemajo in akumulirajo kadmij iz tal. Številni avtorji so opisali zaporedja akumuliranja kadmija v rastlinah. Kuboi in sod. (1986; cit po. Alexander, 2006) so klasificirali rastlinske družine glede akumuliranja kadmija v rastlino v tri vrste:

- ✓ nizka akumulacija: Leguminosae
- ✓ srednja akumulacija: Gramineae, Liliaceae, Cucurbitaceae in Umbelliferae
- ✓ visoka akumulacija: Chenopodiaceae, Cruciferae, Solanaceae in Compositae

Zaporedja akumulacije kadmija v rastlinah iz literature so povzeta v preglednici 8.

Preglednica 8: Zaporedja akumuliranja kadmija v rastline, po literarnih podatkih
Table 8: Order of cadmium accumulation in plants, according to literature data

Zaporedje akumuliranja Cd v rastlini	Avtor
solata > špinača > čebula > korenje > grah > fižol	Alexander in sod. (2006)
pšenica > solata > rdeča pesa > korenje > krompir > paradižnik > koruza > zelje > kumare > fižol	Eržen in sod. (2005)
listnata zelenjava > korenovke > zrnati pridelki	He in Singh. (1994)
korenje > petršilj > radič > endivija > paradižnik > kumare	Klavs (2004)
listnata zelenjava > razhudnikovke > križnice > korenovke > čebulnice > bučnice > stročnice	Yang in sod. (2010)
špinača > endivija > korenje > rdeča pesa > solata > redkev > paradižnik > krompir > grah > brstični ohrovt > zelje > koleraba	Zupan in sod. (1996)

Kloke in sod. (1984) so razvrstili užitne dele rastlin glede akumulacije težkih kovin (npr. kadmij) v štiri skupine (preglednica 9): visoka, srednja, nizka in zelo nizka akumulacija. V prvo skupino so med drugim razvrstili solato, špinačo, endivijo in korenje. V skupino z najbolj nizko akumulacijo pa fižol, grah, paradižnik in papriko.

Preglednica 9: Relativna akumulacija težkih kovin v užitnih delih rastlin (Kloke in sod., 1984)
Table 9: Relative accumulation of heavy metals in edible parts of plants (Kloke et al., 1984)

Visoka	Srednja	Nizka	Zelo nizka
solata	ohrovt	zelje	fižol
špinača	pesa-koren	sladka koruza	grah
blitva	repa-koren	brokoli	melone
endivija	redkvica	cvetača	paradižnik
kreša	gorčica	brstični ohrovt	paprika
repa-zeleni del	krompir	zelena	jajčevcevec
pesa-zeleni del		jagodičevje	sadje
korenje			

Različna je tudi akumulacija kadmija v rastline med sortami iste rastlinske vrste (npr. soja, pšenica, ječmen, solata) (Adriano, 1986). Vendar pa je o tem manj podatkov (Alexander, 2006).

Povezave med vsebnostjo kadmija v tleh in v rastlinah so težko določljive, ker je mobilnost kadmija v tleh in naprej v rastlino odvisna od različnih dejavnikov. McLaughlin in Sing (1999) sta vplive na sprejem kadmija v rastline razdelila na biotske in abiotske dejavnike, ki so podrobneje predstavljeni v preglednici 10.

Preglednica 10: Biotski in abiotski dejavniki v tleh, ki vplivajo na sprejem kadmija v rastlino (McLaughlin in Sing, 1999)
Table 10: Biotic and non.biotic factors affecting cadmium uptake by plants (McLaughlin and Sing, 1999)

Biotski dejavniki	Abiotski dejavniki
vrsta rastline	pH-vrednost
sorta rastline	vsebnost glinenih delcev
tkivo rastline	karbonati
starost listov	oksidi kovin Fe in Mn
aktivnost korenin	redoks potencial
razvejanost koreninskega sistema	vrsta in količina organske snovi
mikroorganizmi na koreninah in v rizosferi (npr. mikorizne glive)	ligandi
	topne soli
	načini upravljanja s tlemi (npr: namakanje, apnenje, obdelava tal, uporaba fosfornih gnojil, hlevskega gnoja ali blata iz čistilnih naprav)

Chaney in Horak (1978, cit. po Streit in Stumm (1993)) sta opisala sprejem kadmija v rastline s pasivnim in aktivnim sprejemom. Pasivni sprejem velja v primerih, ko je kadmij v talni raztopini v obliki dvovalentnega kationa (Cd^{2+}) in tvori različne topne komplekse in kelate različnih nabojev. Pri tem jih rastline lahko sprejemajo z difuzijo bodisi s pomočjo nosilcev skozi membrane ali pa neposredno preko por, zapolnjenih z vodo (Clarkson, 1977; cit. po Marschner 1998). Aktivni sprejem kadmija v rastline pa se nanaša na adsorpcijsko vezan kadmij v tleh, ki je dovolj dobro izmenljiv, da ga rastline lahko metabolno (aktivno) sprejmejo.

Cosio in sod. (2005) so obravnavali skladiščenje kadmija v hiperakumulatorski rastlini *Thlaspi caerulescens* (slika 6). Hiperakumulatorske rastline imajo izjemno visoko sposobnost absorpcije kovin (Wang in sod., 2006). Zaključili so, da se kovine skladiščijo na različnih mestih v rastlini in da se kadmij primarno skladišči v manj metabolično aktivnih predelih listnih celic. Kinetične raziskave sprejema kadmija v *Thlaspi caerulescens* so pokazale, da se kadmij nahaja tako v apoplastih (celična stena in medcelični prostor) kot tudi v vakuolah (Va'zquez in sod., 1992; Boominathan in Doran, 2003).



Slika 6: *Thlaspi caerulescens* (Hlasek, 2013)
Figure 6: *Thlaspi caerulescens* (Hlasek, 2013)

Pretekle študije so pokazale, da se fitokemija transporta in skladiščenja kovin precej razlikuje med rastlinskimi vrstami (Brooks in sod., 1998). Literatura navaja sledeča mesta skladiščenja kadmija v rastlinah:

- ✓ vakuole listov – npr. tobak (*Nicotiana rustica*) (Vögeli-Lange in Wagner, 1990).
- ✓ celična stena – npr. poganjki koruze (*Zea mays*) (Khan in sod., 1984; Lozano-Rodriguez in sod., 1997)
- ✓ epidermis listov – npr. gorčica (*Brassica juncea*) in pokalica (*Silene vulgaris*) (Salt in sod., 1995; Chardonnens in sod., 1998),
- ✓ mezofil – npr. *Arabidopsis halleri* in *B. napus* (Küpper in sod., 2000; Carrier in sod., 2003).

Številne rastline imajo razvite obrambne mehanizme, ki pri povečanih vsebnostih težkih kovin v tleh preprečujejo njihov sprejem v rastlinska tkiva. Eden od obrambnih mehanizmov rastline so tudi fitokelatini, ki so oligomeri glutationa. Proizvaja jih encim fitokelatin sintaza. Delujejo kot kelatorji (torej s kadmijem tvorijo komplekse) in so pomembni pri razstrupljanju težkih kovin (Ha in sod., 1999). Odzivi rastline na povečane vsebnosti kadmija v tleh so različni. Pri občutljivih vrstah (npr. špinaca in nekatere vrste solate) se pri vsebnosti kadmija 15 mg/kg tal lahko pridelek zmanjša do 25 %. Za bolj

tolerantne rastline (npr. bučke, paradižnik, zelje) je za podobno zmanjšanje pridelka potrebna 10-krat večja vsebnost kadmija v tleh. Toksičnost kadmija na rastline se odraža v klorozi zaradi manjšega sprejema železa, ki nato prehaja v nekrozo. Rastline dobijo uvel izgled, tudi rdeče-oranžno obarvane liste in zmanjšano rast korenin (Adriano, 1986). Ostali toksični simptomi so še indukcija in inhibicija encimov, spremenjeno delovanje listnih rež, upočasnitev rasti, zmanjšan sprejem mineralov, zaviranje fotosinteze, poškodbe membrane, izločanje kationov in proizvodnja prostih radikalov (Prasad, 1995).

Za proučevanje povezav med vsebnostjo kadmija v rastlini ter vsebnostjo kadmija v tleh in ostalimi lastnostmi tal se lahko uporabljajo matematični modeli. Jackson in Alloway (1992) sta opredelila dva pristopa k modeliranju akumulacije kovin v rastlinah, na podlagi:

- ✓ teoretičnih zakonitosti se naredi model, ki se ga preveri z merjenimi podatki in
- ✓ dovolj velikega števila meritev se oblikuje empirični model.

Za oblikovanje empiričnih modelov je zelo pomembna pridobitev reprezentativnih podatkov o akumulaciji kadmija v rastlini in dejavnikih, ki na akumulacijo vplivajo. Sicer velja splošno pravilo, da so za grobo napoved akumulacije kovin v rastlini že zadovoljivi dobri enostavni modeli in vključitev velikega števila parametrov ne zagotavlja izboljšanja modela (McBride, 2002).

V literaturi lahko zasledimo različne regresijske modele za izračun kadmija v rastlini. Največkrat poleg celokupne vsebnosti kadmija v tleh nastopa kot neodvisna spremenljivka tudi pH-vrednost tal. Za nekatere vrste rastlin pa ni mogoče oblikovati regresijskih modelov. Na primer Zupan (2003) je za paradižnik ugotovil, da ni statistično značilnega vpliva med vsebnostjo kadmija v rastlini in vsebnostjo kadmija v tleh in pH-vrednostjo tal. Nekateri regresijski modeli so zbrani v preglednici 11.

Preglednica 11: Regresijski modeli za napoved vsebnosti kadmija v različnih rastlinah, ki so bili objavljeni v literaturi

Table 11: Regression models for predicting the concentration of Cd in various vegetables based on the literature data

Rastlina	n	Regresijski model	R ²	Avtor
Solata	36	$\log [\text{Cd}]_{\text{solata}} = 2,72 - 0,53 \log [\text{Cd}]_{\text{tla}} - 2,74 \log \text{pH}$	0,590	Alloway in sod. (1990)
Blitva	6	$\log [\text{Cd}]_{\text{blitva}} = 4,36 + 0,67 \log [\text{Cd}]_{\text{tla}} - 0,667 \text{pH}$	0,897	McBride (2002)
	6	$\log [\text{Cd}]_{\text{blitva}} = 4,11 + 1,19 \log [\text{Cd}]_{\text{tla}} - 0,524 \text{pH}$	0,991	
Solata	40	$\log [\text{Cd}]_{\text{solata}} = 2,35 + 1,17 \log [\text{Cd}]_{\text{tla}} - 0,340 \text{pH}$	0,929	McBride (2002)
	12	$\log [\text{Cd}]_{\text{solata}} = 2,23 + 1,29 \log [\text{Cd}]_{\text{tla}} - 0,248 \text{pH}$	0,887	
Koruza	40	$\log [\text{Cd}]_{\text{koruza}} = 1,26 + 1,00 \log [\text{Cd}]_{\text{tla}} - 0,193 \text{pH}$	0,937	McBride (2002)
Endivija	14	$[\text{Cd}]_{\text{endivija}} = 1,19 + 1,12 [\text{Cd}]_{\text{tla}}$	0,830	Zupan (2003)
	14	$[\text{Cd}]_{\text{endivija}} = 8,73 + 1,13 [\text{Cd}]_{\text{tla}} - 1,440 \text{pH}$	0,870	
Paradižnik	14	Statistično neznačilen		Zupan (2003)

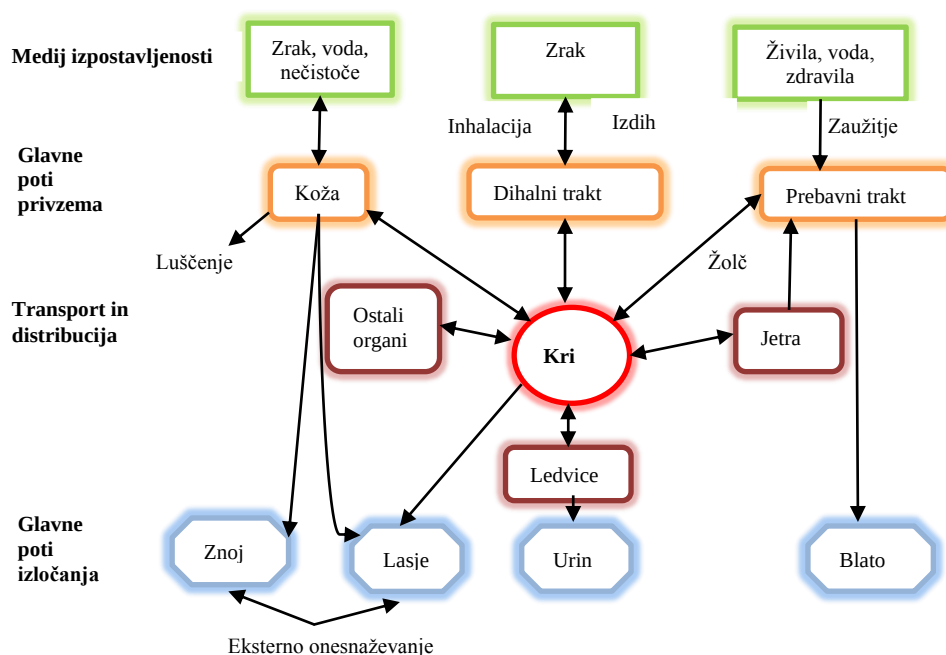
kjer je: n-število vzorcev R² – koeficient determinacije

2.3.2 Vplivi in učinki kadmija na človeka

Vpliv kadmija na človeka se kaže na sledečih treh nivojih (Osnove toksikologije, 2008):

- ✓ izpostavljenost, ko se izpostavi prvi stik med kadmijem in človekom,
- ✓ toksikokinetika, ko vstopi kadmij v krvni sistem, njegovo gibanje po telesu ter razporeditev v tkiva in na koncu izločanje kadmija iz telesa,
- ✓ toksikodinamika, ki predstavlja vpliv kadmija na ciljne celice človeka.

V grobem bi lahko prevzem in pot kadmija v človeškem telesu po izpostavljenosti kadmiju iz okolice povzeli na podlagi slike 7. Kadmij vstopi v človeka preko dveh poti bodisi z dihanjem ali pa z zaužitjem živil in pijač. Ker je absorpcija kadmija preko kože zelo majhna (0,5 %), je ta vstop manj pomemben (Toxicological profile ..., 2012). V telesu se kadmij transportira in distribuira s krvjo, predvsem do jeter in ledvic. Iz telesa se izloča preko urina in blata.



Slika 7: Presnova kovin po izpostavljenosti z absorpcijo preko kože, inhalacije in zaužitjem (Elinder in sod., 1994)

Figure 7: Metabolism after exposure to metals via skin absorption, inhalation and ingestion (Elinder et al., 1994)

Preko inhalacije se lahko absorbira 7-50 % kadmija (Friberg in sod., 1974; Boisset in sod., 1978; Nordberg in sod., 1985; cit po. Cadmium in food, 2009). Količina inhaliranega kadmija, ki se zadrži v telesu, je odvisna od velikosti delcev. 50-60 % izredno majhnih delcev se zadrži, preostali del pa se izločil z izdihom (Chiba in Masironi, 1992; Morawska in sod., 2005).

Absorpcija kadmija iz prehrane je večinoma nizka (okoli 3-5 %). Poveča se lahko zaradi prehranskih dejavnikov (npr. prehrana, ki vsebuje malo beljakovin, kalcija, vitamina D, železa, cinka in bakra), večkratnih nosečnosti, že obstoječe bolezni ali zdravstvenega stanja (Cadmium, 2000; Goyer in Clarkson, 2001, Godt in sod., 2006; Cadmium in food, 2009). Večinoma imajo moški nižje vsebnosti kadmija v krvi kot ženske, saj je pri ženskah večja absorpcija kadmija v prebavilih zaradi manjših zalog železa v rodni dobi (Goyer in Clarkson, 2001).

Na splošno velja, da absorpcija kadmija iz živil v prebavilih ni odvisna od kemijske tvorbe kompleksov (razen vezava z metalotioneinom). Njegova biološka dostopnost je odvisna od različnih dejavnikov, kot so (Toxicological profile ..., 2012; Reeves in Chaney, 2008) :

- ✓ vir in vsebnost kadmija: npr. absorpcija kadmija iz vode (5 %) je večja kot iz hrane (2,5 %) ter kadmij, ki je vezan na riž, se bolje absorbira kot iz drugih virov (European Union Risk ..., 2008),
- ✓ prehranjenost, spol in starost posameznika,
- ✓ kajenje,
- ✓ prisotnost dvovalentnih in trovalentnih ionov (npr. cink, železo in kalcij) v živilu, ki tekmujejo s kadmijem za absorpcijo.

2.3.2.1 Pomembnost različnih poti izpostavljenosti kadmiju

Pri predpostavki, da je povprečna absorpcija kadmija preko inhalacije 15 % in če izključimo posebne okoliščine (npr. kajenje cigaret, življenje blizu vira emisij kadmija), je dnevna absorbirana količina kadmija preko pljuč manjša od 0,06 µg na industrijskih območjih, 0,03 µg v mestih in 0,0015 µg na podeželju. Te vrednosti so precej manjše kot tipične vrednosti, ki se absorbirajo preko živil (1 µg) ali kajenja enega paketa cigaret na dan (1,4 µg) (Air quality ..., 2000). Na splošno velja, da je najpomembnejša pot vnosa kadmija v odraslega nekadilca preko zaužitih živil. Na posebej onesnaženih območjih pa ima manjši potencial vnosa tudi hišni prah (preglednica 12).

Preglednica 12: Pregled ocen povprečnih tedenskih vnosov za različne poti izpostavljenosti kadmiju (Cadmium in food, 2009)

Table 12: Overview of mean weekly cadmium exposure estimates for the different exposure pathways (Cadmium in food, 2009)

Izpostavljenost	Vir	Pot	Razpon izračunane ali poročane izpostavljenosti (µg/kg t. t./teden)
prehranska	živila s povprečno vsebnostjo Cd	zaužitje	1,85-2,96
	živila z visoko vsebnostjo Cd		2,54-3,91
	živila z industrijskih območij		3,3-5,8
	ekstremne diete		2,87-4,64
	vegetarijanci		5,47
neprehranska	hišni prah	zaužitje	0,076
	zrak	inhalacija	0,0024
	kajenje	inhalacija	0,35-0,70

Pri tem je potrebno opozoriti, da je pri primerjavi odmerka kadmija prispevek preko kajenja podoben prehranskemu (Cadmium in food, 2009), ker je absorpcija inhaliranega kadmija večja kot absorpcija zaužitega (European Union Risk ..., 2008).

2.3.2.2 Prehranska izpostavljenost kadmiju

Kot že omenjeno, so živila glavni vir izpostavljenosti kadmiju za nekadilce. Meeus in sod. (2002) so razdelili živila v tri kategorije glede na njihovo občutljivost sprejema kadmija:

- ✓ občutljive: krompir, žita, korenovke, listna zelenjava;
- ✓ vmesne: stročnice in mlečni izdelki;
- ✓ »puferske«: pijače, sladkor, sadje, meso, ribe, olja in maščobe.

Galal-Gorchev (1991) je poročala o visokih vsebnosti kadmija (0,2-1,0 mg/kg sv. s.) v školjkah (npr. ostrige, pokrovače in klapavice) in drobovini sesalcev (npr. ledvice in jetra). Žita so povprečno vsebovala 0,025 mg/kg sv. s., meso, ribe in sadje pa manj kot 0,01 mg/kg sv. s.

Leta 2009 je Evropska agencija za varnost hrane (EFSA) na podlagi podatkov, pridobljenih iz držav Evropske skupnosti, ocenjevala tveganje na zdravje ljudi zaradi prisotnosti kadmija v živilih. Pri tem so tudi določili povprečne vsebnosti kadmija glede na petnajst kategorij živil (preglednica 13). Največjo povprečno vsebnost kadmija so določili v kategoriji živil »Meso in mesni izdelki ter drobovina« (0,0974 mg/kg sv. s.). Podobno vsebnost sta imeli kategoriji »Ribe in morski sadeži« (0,0923 mg/kg sv. s.) ter »Ostalo in živila za posebne namene« (0,0941 mg/kg sv. s.). Kategorija »Zelenjava, oreščki in suho sadje« je povprečno vsebovala 0,0670 mg/kg sv. s. kadmija. Najmanjšo povprečno vsebnost kadmija na območju Evropske skupnosti so določili za vodo iz javnega vodovoda (0,0004 mg/kg sv. s.) in za kategorijo »Sadni in zelenjavni sokovi, brezalkoholne pijače in ustekleničena voda« (0,0016 mg/kg sv. s.). Povprečne vsebnosti kadmija v posamični kategoriji živil so zbrane v preglednici 13.

Preglednica 13: Povprečne vsebnosti kadmija ($\bar{X}$) v živilih, v različnih članicah Evropske skupnosti (Cadmium in food, 2009)

Table 13: Mean concentrations of cadmium ($\bar{X}$) in foodstuff of various European countries (Cadmium in food, 2009)

Kategorija živil	$\bar{X}$ (mg/kg sv. s.)
Žita in žitni izdelki	0,0231
Sladkor in sladkorni izdelki, vključno s čokolado	0,0312
Maščobe (rastlinske in živalske)	0,0062
Zelenjava, oreški in suho sadje	0,0670
Škrobnate korenovke ali krompir	0,0211
Sadje	0,0039
Sadni in zelenjavni sokovi, brezalkoholne pijače in ustekleničena voda	0,0016
Kava, čaj in kakav (izraženo kot tekočina)	0,0041
Alkoholne pijače	0,0021
Meso in mesni izdelki, drobovina:	0,0974
✓ meso in mesni izdelki ter nadomestki,	0,0173
✓ užitna drobovina in izdelki iz drobovine	0,2057
✓ mesni pripravki	0,0076
Ribe in morski sadeži	0,0923
Jajca	0,0030
Mleko in mlečni izdelki	0,0046
Ostalo in živila za posebne prehranske namene	0,0941
Voda iz javnega vodovoda	0,0004

EFSA (Cadmium in food, 2009) je v svojem poročilu tudi navedla sledeče skupine živil, ki prispevajo največ k prehranski izpostavljenosti kadmiju, predvsem zaradi njihove velike porabe:

- ✓ žita in žitni izdelki,
- ✓ zelenjava,
- ✓ škrobnate korenovke ali krompir ter
- ✓ meso in mesni izdelki.

Za odraslega človeka so ocenili povprečno prehransko izpostavljenost kadmiju med 1,9 in 3,0 $\mu\text{g/kg t. t./teden}$. Za odrasle, ki zaužijejo večje količine živil, je bila ocena med 2,5 in 3,9 $\mu\text{g/kg t. t./teden}$.

V letu 2012 je EFSA nadgradila poročilo in ga med drugim dopolnila s prehransko izpostavljenostjo evropske populacije kadmiju, in sicer glede na starostne skupine. Najbolj so bili kadmiju izpostavljeni malčki (4,85 $\mu\text{g/kg t. t./teden}$), najmanj pa starejši (1,56 $\mu\text{g/kg t. t./teden}$). Za odrasle so ocenili prehransko izpostavljenost kadmiju 1,70 $\mu\text{g/kg t. t. na teden}$. Povprečno doživljenjsko izpostavljenost kadmiju so opredelili s tako imenovanim prilagojenim povprečjem. Nanašalo se je na izpostavljenost kadmiju preko povprečne življenjske dobe (77 let) in s tehtanjem prispevkov posamične starostne skupine. Prilagojeno povprečje so ocenili na okoli 2,04 $\mu\text{g/kg t. t./teden}$. 95. percentil prehranske

izpostavljenost kadmiju je izražal vrednost, pri kateri je bilo kadmiju izpostavljenih 95 % ljudi. V preglednici 14 so podrobneje predstavljene izpostavljenosti kadmiju za različne starostne skupine.

Preglednica 14: Povprečna vrednost ($\bar{X}$) in 95. percentil (P_{95}) prehranske izpostavljenosti kadmiju ($\mu\text{g/kg t. t. na teden}$) za različne starostne skupine ljudi Evropske skupnosti (Cadmium dietary exposure ..., 2012)

Table 14: Mean ($\bar{X}$) and 95th percentile (P_{95}) of dietary cadmium exposure ($\mu\text{g/kg bw/week}$) for different age groups of people of the European Countries (Cadmium dietary exposure ..., 2012)

Starostna skupina	n	$\bar{X}$ ($\mu\text{g/kg t. t./teden}$)	P_{95} ($\mu\text{g/kg t. t./teden}$)
Dojenčki (< 1 leto)	876	2,74	6,56
Malčki (1 – < 3 leta)	1.597	4,85	8,19
Ostali otroci (3 – < 10 let)	8.468	3,96	6,58
Mladostniki (10 – < 18 let)	6.329	2,20	4,17
Odrasli (18 – < 65 let)	30.788	1,70	3,09
Starejši (65 – < 75 leta)	4.056	1,56	2,82
Ostareli ($\geq$ 75 let)	1.614	1,63	2,87
Prilagojeno povprečje		2,04	3,66

EFSA (Cadmium dietary exposure ..., 2012) je tudi podrobneje ocenila relativne prispevke posamične kategorije živil k prehranski izpostavljenosti kadmiju (preglednica 15). Med kategorije živil, ki največ prispevajo k izpostavljenosti kadmiju za odrasle, so uvrstili žita in izdelke, ki temeljijo na žitih (26,6 %), zelenjavo in njihove izdelke (17,4 %) ter škrobaste korenovke in gomolje (12,3 %).

Preglednica 15: Relativni prispevki (%) živila k prehranski izpostavljenosti kadmiju za odrasle, izračunani za spodnjo mejo povprečne izpostavljenosti (Cadmium dietary exposure ..., 2012)

Table 15: Relative contribution (%) of foodstuff to dietary cadmium exposure for an adults, calculated for lower bound mean exposure (Cadmium dietary exposure ..., 2012)

Živilo	Relativni prispevek (%) k prehranski izpostavljenosti Cd za odrasle
Žita in izdelki, ki temeljijo na žitih	26,6
Zelenjava in njihovi izdelki	17,4
✓ korenovke	15,2
✓ čebulnice	4,3
✓ plodovke	14,4
✓ kapusnice	2,6
✓ listnata zelenjava	27,8
✓ metuljnice	0,3
✓ sveža stebelna zelenjava	4,6
✓ izdelki iz zelenjave	3,3
✓ ostalo	27,5
Škrobaste korenovke in gomolji	12,3
✓ krompir in njegovi izdelki	99,9
✓ ostalo	0,1
Stročnice, oreščki in oljna semena	2,1
Sadje in izdelki iz sadja	2,9
Meso in užitna drobovina	8,7
Ribe in ostali morski sadeži	8,9
Mleko in mlečni izdelki	2,3
Jajca in njihovi izdelki	0,1
Sladkor in slaščice	4,3
Živalske in rastlinske maščobe in olja	0,6
Sadni in zelenjavni sokovi	1,6
Brezalkoholne pijače	3,6
Alkoholne pijače	0,9
Pitna voda	0,8
✓ ustekleničena voda	70,0
✓ voda iz javnega vodovoda	21,4
✓ ostalo	8,6
Zelišča, začimbe in dišave	1,8
Izdelki za posebne prehranske namene	0,4
Sestavljena živila	3,5
Prigrizki, sladice in ostala hrana	0,9

Na podlagi podatkov Statističnega urada Republike Slovenije je bila v Sloveniji med vrtninami največja potrošnja krompirja (31,8 kg), zelene solate (9,4 kg) in paradižnika (8,3 kg). V okviru lastne proizvodnje je bila pridelana približno enaka količina zelene solate (4,5 kg), zelja in ohrovt (2,5 kg); fižola, suhega graha, boba in leče (0,6 kg) ter krompirja (16,0 kg), kot je bila kupljena količina. Več so dokupili, kot pa lastno pridelali paradižnika (5,3 kg), paprike (2,8 kg), korenčka (2,2 kg) ter česna in čebule (5,6 kg). Podrobnejše količine vrtnin, ki so bile porabljene na člana gospodinjstva, so zbrane v preglednici 16.

Preglednica 16: Povprečna letna količina porabljenih vrtnin na člana gospodinjstva (kg) (Količina porabljenih živil ..., 2013)

Table 16: The mean annual amount of vegetables consumed per household member (kg) (Količina porabljenih živil ..., 2013)

Vrtnina	Iz lastne proizvodnje	Kupljene	Skupaj
Zelena solata	4,5	4,9	9,4
Zelje in ohrovt	2,5	2,3	4,9
Paradižnik	3,0	5,3	8,3
Grah in stročji fižol -sveža	1,4	0,2	1,6
Paprika	0,9	2,8	3,7
Korenje	1,1	2,2	3,3
Česen in čebula	1,9	5,6	7,5
Fižol, suh grah, bob in leča	0,6	0,8	1,4
Krompir	16,0	15,8	31,8

Vsebnost kadmija se v živili lahko zmanjša med pripravo živil. Večinoma so kemikalije občutljive na vplive priprave živil, zato ga je pri ocenjevanju izpostavljenosti na zdravje potrebno upoštevati. Neupoštevanje tega vpliva lahko bodisi vodi v pretirano oceno izpostavljenosti ali pa včasih tudi podceni vsebnost snovi v zaužitih živilih. Priprava živil večinoma pomeni odstranitev neužitnih delov (npr. lupljenje), čiščenje, kuhanje in ostala termična obdelava živil. Vključuje lahko tudi dodajanje aditivov, kot je kis, ki lahko pomagajo uničiti pH-občutljive snovi. Večina okoljskih onesnažil, kot je kadmij, ki so bila tekom pridelave uporabljena na živilih (npr. škropljenje citrusov, krompirja), se delno odstrani z lupljenjem ali s čiščenjem. Skratka, vsebnosti onesnažil v živilu se ponavadi zmanjšajo tekom predelave (Petersen in sod., 1996; Pesticide Residues ..., 1999). Lahko pa se tudi povečajo zaradi odstranitve vode (npr. priprava paradižnikove mezge, cvrtje krompirja). Številne raziskave so pokazale, da so izgube snovi med kuhanjem posledica kemične spremembe in/ali sproščanja tekočine iz matrice živila (Kroesa in sod., 2002). Linnman in sod. (1973) so zaključili, da se vsebnost kadmija v vrtninah sicer zmanjša med pripravo, vendar je to zmanjšanje relativno majhno. Še najbolj se vsebnost kadmija zmanjša kasneje v pripravljenem obroku zaradi razredčitve z vodo.

Za ohranjanja javnega zdravja in zmanjšanje prehranske izpostavljenosti onesnaževalom (npr. kadmiju) je Uredba Komisije (ES) št. 1881/2006, določila mejne vrednosti onesnažil za užitne dele živil. Mejne vrednosti, ki se nanašajo na zelenjavo, so med 0,05 in 0,20 (preglednica 17). Kasneje je bila Uredba spremenjena z Uredbo Komisije (ES) št. 629/2008, vendar se mejne vrednosti, ki se nanašajo na zelenjavo, niso spremenile.

Preglednica 17: Mejne vrednosti kadmija v zelenjavi na podlagi Uredbe Komisije (ES) št. 1881/2006
Table 17: The maximum levels for cadmium in vegetables according to Commission Regulation No. 1881/2006

Živilo	Mejna vrednost (mg/kg sv. s.)
Zelenjava in sadje razen listnate zelenjave, svežih zelišč, gob, stebelne zelenjave, korenovk in krompirja	0,05
Stebelna zelenjava, korenovke in krompir razen gomoljne zelene. Pri krompirju se mejna vrednost uporablja za olupljeni krompir.	0,10
Listnata zelenjava, sveža zelišča, gomolja zelena	0,20

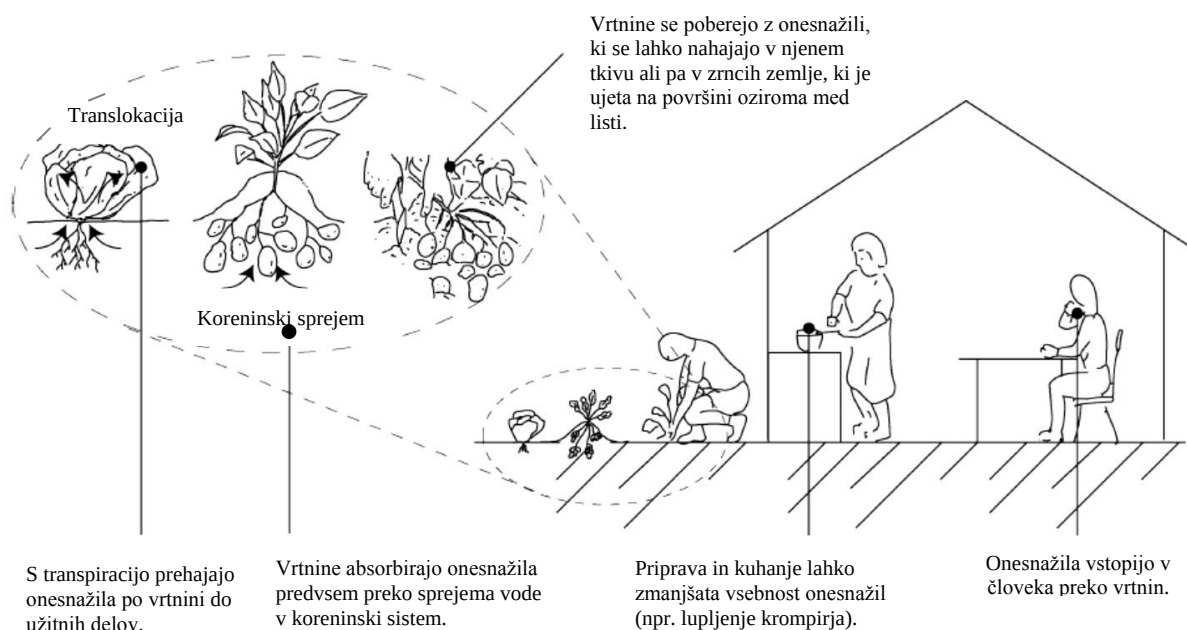
Najbolj ogroženi, zaradi izpostavljenosti kadmiju, so otroci, ki so bolj občutljivi, hkrati pa tudi bolj izpostavljeni, ker (Kibble in Saunders, 2001):

- ✓ se njihov sistem še razvija (npr. rast, nezreli telesni organi in tkiva, razvoj, občutljiv imunski sistem),
- ✓ so radovedni in raziskujejo svojo okolico,
- ✓ večino svojega časa preživijo na prostem,
- ✓ vdihnejo več zraka in zaužijejo več hrane in pijače na telesno težo kot odrasli,
- ✓ so zaradi svojega vedenja in navad (npr. plazenje, zaužitje zemlje, igralne aktivnosti, higiena) izpostavljeni večjemu okoljskemu tveganju kot odrasli.

Bolj izpostavljena skupina ljudi so tudi kadilci ter lastniki in najemniki vrtov. Zadnji so lahko kadmiju izpostavljeni preko zaužitja pridelanih vrtnin in nenamernega zaužitja zemlje, ki je na vrtnini. Ker pridelane vrtnine lahko predstavljajo pomemben prispevek k človekovi prehrani, je lahko vnos kadmija visok (Kibble in Saunders, 2001; Meeus in sod., 2002). Ocena izpostavljenosti človeka kadmiju iz tal preko zaužitja doma pridelanih vrtnin je v glavnem odvisna od treh dejavnikov (The Contaminated Land ..., 2002):

- ✓ potencialne vsebnosti kadmija, ki se lahko akumulira v vrtnino iz tal;
- ✓ najbolj verjetne količine zaužitih vrtnin, posameznika v gospodinjstvu in
- ✓ koliko kadmija iz vrtnin se absorbira v človeškem telesu.

Ključne značilnosti te ocene so predstavljene na sliki 8.



Slika 8: Ilustracija poti vnosa kadmija v človeka preko zaužitja vrtnin (The Contaminated Land ..., 2002)
Figure 8: Illustration of cadmium pathway into human via the consumption of garden vegetables (The Contaminated Land ..., 2002)

Ostale bolj izpostavljene skupine ljudi so še poklicno izpostavljeni delavci, potrošniki živil z visoko vsebnostjo kadmija, ekstremni potrošniki enoličnih živil in ženske z nizkimi zalogami železa.

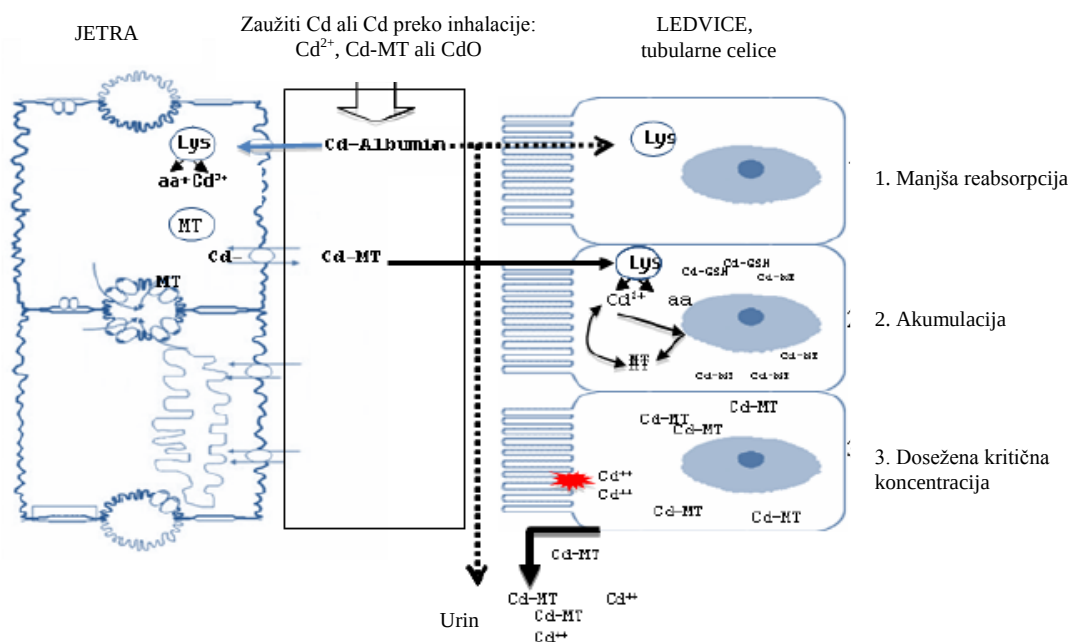
Meeus in sod. (2002) so predlagali za odraslo populacijo sledeč kriterij za opredelitev skupin visoke izpostavljenosti kadmiju:

- ✓ okoljska izpostavljenost – npr. ljudje, ki živijo na onesnaženem območju;
- ✓ prehranske navade – prehranski vnos kadmija je odvisen od pogostosti zaužitja onesnaženega živila. Vegetarijanska prehrana predstavlja večji vnos kadmija kot pa mešana prehrana;
- ✓ prehranski dejavniki – npr. železo;
- ✓ vrste živil – npr. školjke, drobovina lahko vsebujejo visoke vsebnosti kadmija;
- ✓ diabetiki in ljudje z obolenji ledvic;
- ✓ kajenje;
- ✓ ženske – imajo večje vsebnosti kadmija v ledvicah, urinu in krvi kot moški zaradi razlik v kinetiki kadmija in manjših zalog železa.

2.3.2.3 Transport kadmija v telesu

V krvi se kadmij najpogosteje nahaja v eritrocitih, kjer je večinoma vezan na metalotioniin (MT), beljakovino nizke molekularne teže, ki močno veže kadmij na njene s cisteinom (žveplov SH) bogate skupine (Nordberg in sod., 1971; cit. po Cadmium in food, 2009). Kadmij se lahko veže tudi z ostalimi peptidi in amino kislinami nizke molekularne mase, ki imajo SH-skupine, kot sta glutation in cistein (Zalups in Ahmad, 2003). Po absorpciji se kadmij za kratek čas zadržuje v plazmi, kjer je verjetno vezan na albumine, ki so prav tako beljakovine nizke molekularne mase. Metalotionein je tudi prisoten v plazmi, kjer zaradi njegove nizke molekularne mase predstavlja glavni transport kadmija v ledvice (Nordberg in Nordberg, 2000). Vsebnosti kadmija v plazmi so nizke.

Kadmij, ki je vezan na albumin, je v precejšnji meri sprejet v jetrih, kjer se kompleks razdeli in le majhna količina doseže ledvične proksimalne tubule. V jetrnih celicah kadmij inducira sintezo metalotionina. V jetrih pride tudi do prerazporeditve. Kadmij se bodisi izloči v žolč, kjer je vezan na glutation (GSH), ali pa se sprošča v plazmo kot Cd-MT. Kompleks Cd-MT se filtrira skozi ledvične glomerule in se ponovno absorbira s proksimalnimi tubularnimi celicami, dokler ni dosežena kritična koncentracija. Kritična koncentracija predstavlja obremenitev s kadmijem, pri kateri tubularne celice ne zmorejo več sintetizirati dovolj metalotionina (MT) za nevtralizacijo prostih kadmijevih ionov (Cd^{2+}), proizvedenih z lizosomsko razgradnjo Cd-MT. Ko je kritična koncentracija presežena, poškodba tubulov povzroči povečano izločanje encimov in beljakovin z urinom ter povečano izločanje kadmija bodisi kot Cd-MT ali pa tudi kot Cd^{2+} (Cadmium in food, 2009). Slika 9 shematično ponazarja presnovo kadmija in nefrotoksičnost.



Slika 9: Presnova kadmija in nefrotoksičnost (Cadmium in food, 2009)

Figure 9: Cadmium metabolism and nephrotoxicity (Cadmium in food, 2009)

2.3.2.4 Porazdelitev kadmija v telesu

Najbolj se kadmij akumulira v ledvicah in jetrih (Kotsonis in Klaassen, 1978; cit. po Cadmium in food, 2009), ki vsebujeta približno 40-80 % obremenitve telesa (Air quality ..., 2000). Po kratkotrajni izpostavljenosti kadmiju so vsebnosti v jetrih in ledvicah primerljive (Andersen in sod., 1988). Po dolgotrajnejši izpostavljenosti pa je vsebnost kadmija v ledvicah večja kot v jetrih, razen pri zelo visokih izpostavljenostih (Bernard in sod., 1990). Pomanjkanje cinka in kalcija v telesu lahko povzroči povečano akumulacijo kadmija na črevesno steno, v jetrih in ledvicah (Reeves in Chaney, 2008). Povprečne vsebnosti kadmija v človeških ledvicah so ob rojstvu blizu nič in rastejo skoraj linearno s starostjo do viška (okoli 40-50 mg/kg sv. s.), ki ga dosežejo med 50-im in 60-im letom starosti. Potem vsebnosti v ledvicah začnejo upadati. Prav tako so vsebnosti kadmija v jetrih ob rojstvu nič. Na tipično vrednost 1-2 mg/kg sv. s. se povečajo med 20-im in 25-im letom starosti. Potem vsebnost narašča zelo počasi (Chung in sod., 1986).

Pri ljudeh, ki so bili izpostavljeni običajnim ravnom kadmija, so našli približno 50 % celotne obremenjenosti telesa s kadmijem v ledvicah, 15 % v jetrih. Relativno majhen del je bil skladiščen v kosteh (Nordberg in sod., 2007).

2.3.2.5 Izločanje kadmija iz telesa

Absorbirani kadmij se izloča iz telesa zelo počasi, z urinom in blatom. Po zaužitju kadmija je izločanje z urinom odvisno od njegove vsebnosti v krvi in ledvicah. Celokupno izločanje se domnevno približuje dnevnomu vnosu pri dinamičnem ravnotežju. Pri teh predpostavkah je bilo ocenjeno, da se dnevno izloči preko blata 0,007 % in preko urina 0,009 % obremenjenosti telesa s kadmijem (Nordberg in sod., 1985). V splošni populaciji so glavni dejavniki za izločanje kadmija (Air quality ..., 2000):

- ✓ kadilske navade,
- ✓ kraj bivanja,
- ✓ starost in
- ✓ spol (višji za ženske).

2.3.2.6 Toksičnost kadmija

Ena od najpomembnejših karakteristik kadmija je njegova dolga biološka razpolovna doba (okoli 30 let) (Goyer in Clarkson, 2001), kar vodi v učinkovito kopičenje kadmija v telesu preko celega življenja. Na podlagi pregleda literature in kinetičnih modelov so Nordberg in sod. (1985) izračunali razpolovno dobo za kadmij, v človeških ledvicah 6-38 let in za jetra 4-19 let.

Kadmij je zelo strupena težka kovina (Staessen in sod., 1999). Prehranski vnos visokih vsebnosti kadmija preko živil in pijače lahko vodi v akutno toksičnost. Okrevanje je

običajno hitro in brez očitnih dolgoročnih učinkov (Nordberg, 1972). Akutni toksični učinki zaradi zaužitega kadmija se razlikujejo glede na odmere. Glavni akutni toksični učinki so sledeči (Toxicological Profile ..., 2012; Cadmium, health effects ..., 2007):

- ✓ 0,07 mg/kg t. t. – emetični odmerek;
- ✓ 15 mg/kg t. t. – trebušni krči (gastrointestinalni simptomi), driska, bruhanje;
- ✓ 20-30 mg/kg t. t. – hipotenzija, oligurija, šok, obsežna izguba tekočine, pljučni edem, odpoved organov, smrt.

Primarno je kadmij toksičen za ledvice, še posebej za proksimalne tubularne celice, kjer se s časom akumulira v skorji. Daljša in/ali visoka izpostavljenost kadmiju lahko povzroči okvaro tubulov, kar lahko vodi v okvaro ledvic z zmanjšano stopnjo glomerularne filtracije in sčasoma pride do odpovedi ledvic. V primerih, ko kadmij povzroči nefropatijo, se pri ljudeh lahko pojavijo ledvični kamni, kalciurija (izločanje kalcija v urin) in proteinurija (izločanje beljakovin v urin) (Staessen in sod., 1999; Noël in sod., 2004).

Kadmij lahko vpliva tudi na skelet. Demineralizacijo kosti lahko povzroči bodisi z direktno poškodbo kosti ali indirektno z motenim delovanjem ledvic (Cadmium in food, 2009). Spremembe v kostnem tkivu so verjetno posledica sprememb presnove kovin (npr. železa), ki so vključene v mineralizacijo in vplivajo na presnovo kalcija (izgube). Pojavijo se lahko osteoporoza, osteomalacija in/ali bolečine v kosteh. Poleg tega lahko spremembe na kosteh vodijo v tako imenovano bolezen »Itai-Itai« (slika 10), katere simptomi vključujejo: kronično ledvično bolezen, dihalno stisko, poškodbe ledvic, gastrointestinalne bolečine, driska, slabost, hipertenzija (Onianwal in sod., 2000) in deformacije kosti. Itai-Itai se pojavi predvsem pri podhranjenih ljudeh in pri ženskah po menopavzi (Staessen in sod., 1999).



Slika 10: Simptomi bolezni Itai- Itai zaradi zastrupitve s kadmijem (Environmental Health Impacts ..., 2005)
Figure 10: Symptoms of Itai-Itai disease from cadmium poisoning (Environmental Health Impacts ..., 2005)

Kadmij ne vpliva direktno na deoksiribonukleinsko kislino (DNK). Genotoksičen je zaradi indukcije oksidativnega stresa in inhibicije popravila DNK. Povzroči lahko pljučnega raka v podganah, po inhalaciji. Mednarodna agencija za raziskovanje raka je klasificirala kadmij kot rakotvorno snov za ljudi (Skupina 1) na podlagi študij poklicne izpostavljenosti. Novejše študije o izpostavljenosti kadmiju (splošna populacija) so pokazale statistično značilne povezave s povečanim tveganjem za raka na pljučih, maternici, mehurju in dojkah (Cadmium in food, 2009).

Ostali toksični učinki kadmija so (Goyer in Clarkson, 2001):

- ✓ kronična bolezen pljuč in evfizem – toksičnost na dihalni sistem,
- ✓ hipertenzija in kardiovaskularni učinki,
- ✓ nevrološke motnje – motnje vedenja in/ali zmanjšana inteligenca.

2.3.2.7 Referenčni odmerek

V letu 1988 in nato še v letu 2003 je Skupni strokovni odbor FAO/WHO za aditive v živilih (JECFA) določil in potrdil začasni dopustni tedenski vnos (PTWI) za kadmij 7 $\mu\text{g/kg}$ telesne teže (Evaluation of certain ..., 2004). Začasni dopustni tedenski vnos predstavlja dovoljeno tedensko izpostavljenost ljudi onesnažilom, ki so neizogibno prisotni v živilih. Izračunani so na podlagi laboratorijskih toksikoloških podatkov pri upoštevanju faktorjev negotovosti. Dopustni tedenski vnos je torej ocena količine onesnažila v živilu ali pitni vodi, ki se lahko tedensko zaužije brez občutnega tveganja na zdravje (Duffus, 2000). V kolikor onesnažila (npr. kadmij), ki imajo dolgo razpolovno dobo, za kratek čas prekoračijo PTWI, nimajo večjega vpliva na obremenitve telesa (Larsen, 2006).

V letu 2009 je Evropska agencija za varnost hrane (EFSA) izdala mnenje, v katerem je priporočila, da bi se PTWI zmanjšal na dopustni tedenski vnos (TWI) 2,5 $\mu\text{g/kg t. t.}$, z namenom zagotavljanja visoke stopnje varstva potrošnikov, vključno vseh podskupin prebivalstva, kot so otroci, vegetarijanci in ljudje, ki živijo na zelo onesnaženih območjih (Cadmium in food, 2009). Naslednje leto je JECFA (2010) pregledala svojo prejšnjo oceno o kadmiju. Upoštevajoč dolgo razpolovno dobo kadmija in majhen ali celo zanemarljiv vpliv dnevnega zaužitja kadmija z živili na celotno izpostavljenost kadmiju, se je JECFA odločila, da se mora za oceno dolgoročnega in kratkoročnega tveganja na zdravje ljudi, zaradi izpostavljenosti kadmiju, prehranski vnos oceniti za več mesecev. Poleg tega bi se moral dopustni vnos oceniti v časovnem obdobju najmanj enega meseca. Zato se je Odbor odločil izraziti dopustni vnos kot mesečno vrednost v obliki začasnega dopustnega mesečnega vnosa (PTMI). Odbor je določil, da je PTMI 25 $\mu\text{g/kg t. t.}$ (Summary report ..., 2010), kar ustreza tedenskemu vnosu 5,8 $\mu\text{g/kg t. t.}$ (EFSA, 2012). V letu 2011 je EFSA ponovno potrdila dopustni tedenski vnos (TWI) 2,5 $\mu\text{g/kg t. t.}$ (Statement on tolerable ..., 2011).

3 MATERIAL IN METODE

V nadaljevanju je opisan način priprave vprašalnika za pridelovalce vrtnin in izbor pridelovalcev vrtnin v Mestni občini Celje. Podrobneje so opisani postopki pridobivanja in priprave tako talnih kot tudi rastlinskih vzorcev, ter katere analize in statistične metode so bile uporabljene za pridobitev vhodnih parametrov za model. Na koncu je predstavljen uporabljeni model za izračun vnosa kadmija v človeka.

3.1 KONCEPTUALNI MODEL IZPOSTAVLJENOSTI

Za načrtovanje priprave ocene tveganja in zbiranja relevantnih podatkov smo pripravili konceptualni model izpostavljenosti, ki predstavlja dejansko stanje problematike izpostavljenosti kadmiju preko zaužitja vrtnin z vrta, s predvidenimi razmerji med virom kadmija – potjo – receptorjem. Razmerja in povezave smo oblikovali na podlagi pregleda literature.

3.2 PRIPRAVA ANKETNEGA VPRAŠALNIKA

Glavni namen vprašalnika (priloga A) je bil raziskati ciljno populacijo in pridobitev nekaterih vhodnih parametrov za model. Ciljna populacija so bili pridelovalci vrtnin v Mestni občini Celje. V raziskavo smo vključili 123 pridelovalcev, ki so se prostovoljno javili na naš poziv v časopisu in radiu. Izbor lokacij vzorčenja smo naredili na podlagi:

- ✓ enakomerne razporeditve lokacij vrtov glede na površino Mestne občine Celje,
- ✓ gostote vrtov na območju in
- ✓ potencialne onesnaženosti območja občine, določene na podlagi obstoječih podatkov.

Z vprašalnikom smo želeli pridobiti informacije o:

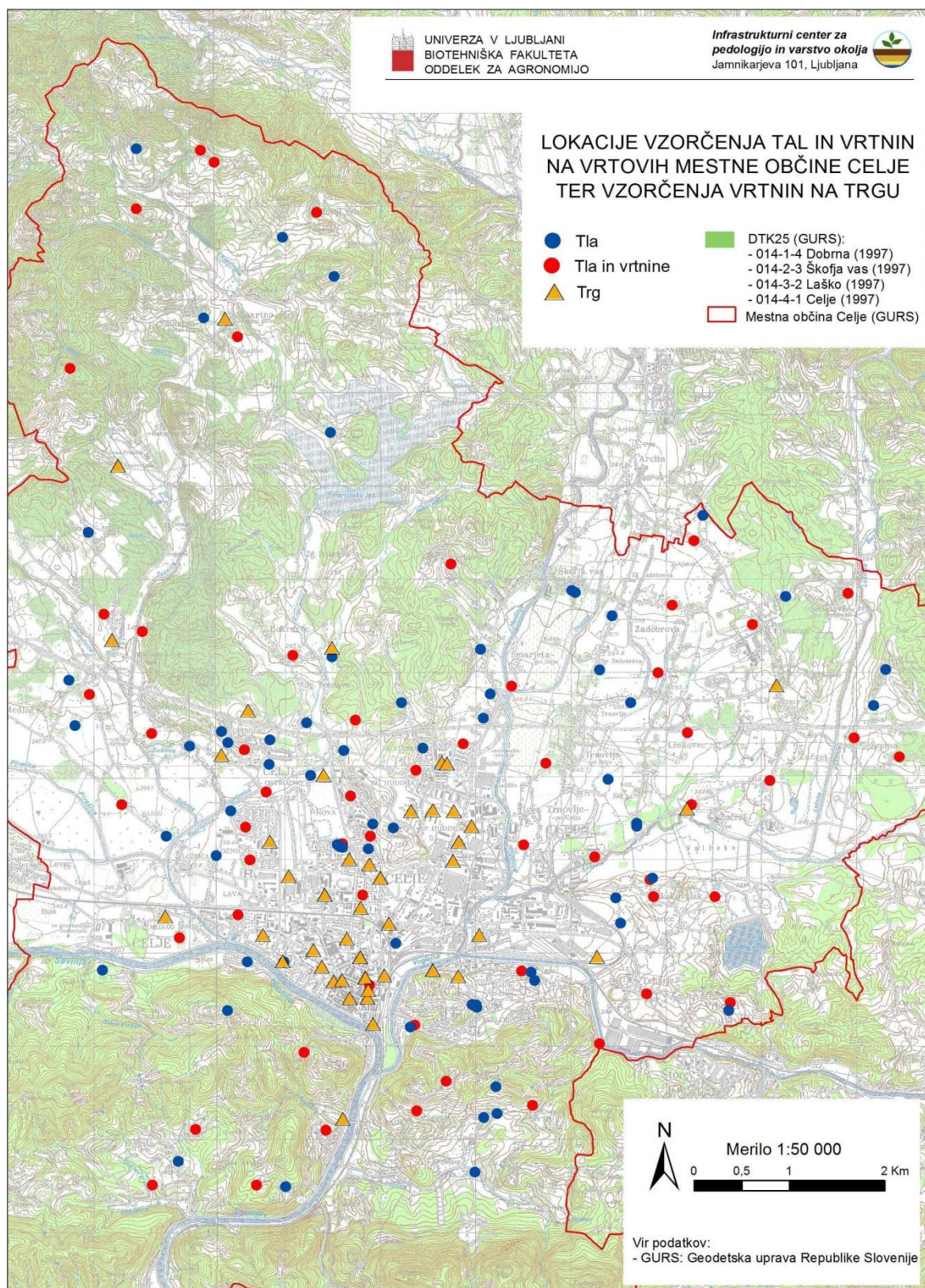
- ✓ prehranskih navadah ljudi,
- ✓ količini zaužitih vrtnin in vode,
- ✓ količini pridelanih in dokupljenih vrtnin,
- ✓ kje najpogosteje pridelovalci kupujejo vrtnine,
- ✓ načinu pridelave in predelave vrtnin,
- ✓ mnenju pridelovalcev vrtnin o onesnaženosti tal na vrtovih,
- ✓ demografskih podatkih (npr. spol, starost).

Vprašanja so bila kombinacija zaprtega in odprtega tipa. Začetna vprašanja so bila enostavnejša, nato sestavljena in težja vprašanja. Zaključili smo z demografskimi vprašanji in se tako izognili vtisu dolgočasnega vprašalnika. Sorodna vprašanja smo grupirali v logične sklope. Postavili smo jih z namenom, da bi lažje ugotovili pravilnost tistih odgovorov, ki znatno vplivajo na oceno tveganja ali pri katerih je največja verjetnost napačnega podajanja odgovora. Pridelovalcem vrtnin smo postavili vprašanja na njihovem vrtu ob tem, ko smo vzorčili tla vrtov. S tem so tako pridelovalci kot tudi mi imeli boljšo

predstavo o določenih vprašanjih (npr. velikost vrta, količina pridelane vrtnine na leto). Zaradi pridobitve čim bolj kakovostnih podatkov in kompleksnosti vprašalnika smo osebno tj. ustno postavili vprašanja pridelovalcem, na katera so prav tako ustno odgovorili. Pri tem smo bili nevtralni, objektivni in nismo vplivali na odgovore vprašanih. Zapis odgovorov na vprašanja je bil sproten. Vpisana so bila tudi druga pomembna opažanja, npr. sum o neiskrenosti odgovorov. V kolikor se je pojavil sum o nepravilnosti odgovora, smo takšen odgovor označili z zvezdico in ga izločili iz nadaljnje obdelave podatkov. Takšnih anketnih vprašalnikov je bilo osem.

3.3 VZORČENJE IN ANALIZA TALNIH VZORCEV

Vzorčenje tal in anketiranje je potekalo hkrati, julija in avgusta leta 2008. Tla smo vzorčili na 123-ih vrtovih. Njihove lokacije so prikazane na sliki 11. Na nekaterih lokacijah so pridelovalci vrtnin bodisi v celoti ali pa delno zamenjali tla na vrtovih oziroma so bili vrtovi v celoti/delno poplavljeni. V kolikor so bila tla na vrtovih delno zamenjana ali poplavljena, smo odvzeli dva ločena vzorca, tj. avtohtona tla in zamenjana oziroma poplavljena tla. Tako je bilo skupno zbranih 141 talnih vzorcev.



Slika 11: Prostorski prikaz vzorčenja tal in vrtnin na vrtovih vprašanih ter lokacije nakupov vrtnin v Mestni občini Celje (kart. podl. MOC, 1997)
Figure 11: Spatial display of the soil and vegetable sampling on the gardens and markets of the Municipality of Celje (char. basis of MOC, 1997)

Pred vsakim vzorčenjem tal na vrtovih smo izpolnili evidenčni list (priloga B), na katerem smo narisali skico vrta in popisali potencialne vire onesnaženja iz okolja. Tla na vrtovih smo vzorčili s koničasto sondo, vedno smo odvzeli združeni talni vzorec iz globine od 0 do 20 cm oz. globine obdelave tal. Število vbodov na posameznem vrtu smo prilagodili velikosti vrta. Povprečno smo naredili 15 vbodov in nikoli manj kot 7 vbodov. Sondo smo pred vsakim vzorčenjem očistili in naredili vsaj 4 vbode v tla pred dejanskim vzorčenjem, da bi preprečili navzkrižne kontaminacije vzorcev tal. Vzorce smo dali v papirnate vrečke, ki smo jih označili. Vrečke smo nato dali v sušilnik, v katerem temperatura ni presegla 40°C. Zračno suhe talne vzorce smo zdrobili in presejali, najprej skozi 2 mm sito in nato skozi 0,125 mm sito (SIST ISO 10381-5, 2005; SIST ISO 11464, 2006). V pripravljenih vzorcih smo določili:

- ✓ vsebnost elementov (Cd, Cu, Mn, Pb in Zn)
- ✓ pH-vrednost,
- ✓ teksturo in
- ✓ vsebnost organske snovi.

3.3.1 Določitev vsebnosti elementov v talnih vzorcih

Vsebnost elementov v talnih vzorcih je bila določena po kislinem razklopu vzorca z zlatotopko, z masno spektrometrijo, z induktivno sklopljeno plazmo (ICP-MS). Vsebnost težkih kovin je bila določena v kanadskem laboratoriju »Acme Analytical Laboratories Ltd«.

V zaporedja analiziranih vzorcev so bili vključeni prazni (blank) vzorci, podvojeni vzorci in standardni referenčni materiali. Poleg laboratorijskega lastnega zagotavljanja kakovosti analiznega postopka smo v analizo poslali 12 enakih vzorcev pod različno zaporedno številko ter vzorec iz krožne analize ALVA 2008, Boden 2. Ugotovljena točnost in natančnost laboratorija je bila zadovoljiva, saj pri obravnavanih elementih povprečno nismo zabeležili večjega odstopanja kot 10 % od geokemičnih standardnih materialov oziroma med ponovitvami analiz.

Pri oddaji vzorcev v laboratorij smo pripravili seznam potencialnih vsebnosti kadmija v tleh, določenih na osnovi podatkov iz literature (Lobnik in sod. 1989; Zupan, 2008; Klavs, 2004). Spodnja meja detekcije za kadmij, baker in svinec je bila 0,1 mg/kg s. s. ter za mangan in cink 1 mg/kg s. s.

Zaradi nazornejše interpretacije in nadaljnje obdelave analiznih rezultatov smo razvrstili talne vzorce v kategorije na podlagi slovenske zakonodaje (Uredba o mejnih ..., 1996). Ker je razpon med opozorilno (2 mg/kg s. s.) in kritično zakonodajno vrednostjo (12 mg/kg s.s.) precej velik, smo ga dodatno razdelili in tako dobili bolj postopen prehod od malo onesnaženih do kritično onesnaženih tal območja MOC. Kategorije tal glede na vsebnost kadmija (mg/kg s. s.) so sledeče (Zupan in sod., 2009):

- ✓ N – neonesnažena (< 1),
- ✓ MO – malo onesnažena (1-1,9),
- ✓ ZM. O – zmerno onesnažena (2-3,9),

- ✓ O – onesnažena (4-7,9),
- ✓ ZO – zelo onesnažena (8-11,9),
- ✓ KO – kritično onesnažena (≥ 12).

3.3.2 Določevanje pH-vrednosti v talnih vzorcih

Reakcijo tal, ki jo izražamo s pH-vrednostjo, smo določili v laboratoriju Centra za pedologijo in varstvo okolja Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani, v nadaljevanju CPVO. Vrednost pH smo določili elektrometrično v suspenziji, ki smo jo pripravili tako, da smo 7,5 ml talnega vzorca prelili s 37,5 ml 0,01 M CaCl_2 (SIST ISO 10390, 1996).

3.3.3 Določanje teksture talnih vzorcev

Tekstura tal je bila določena v laboratoriju CPVO s sedimentacijsko pipetno metodo (Janitzky, 1986; Soil survey manual, 1993). Stehtali smo 10 g tal, jih dali v plastenko, prelili s 25 ml Na – pirofosfata (0,4 mol/L) in stresali na stresalniku 4 ure. Nato smo suspenzijo kvantitativno prenesli na sito s premerom 0,2 mm in z mokrim sejanjem izločili delce grobega peska. Suspenzijo, ki je šla skozi sito, smo prenesli v valj z volumnom 1000 ml in dolili deionizirano vodo do oznake. Valj smo zamašili, stresali 3 minute in postavili na podlago, da so se delci začeli usedati. Po 44 sekundah smo odpipetirali 10 ml suspenzije iz globine 10 cm in s tem zajeli delce, ki so manjši od 0,05 mm, to so grobi in fini melj ter glina. Maso odpipetirane suspenzije smo določili po izparevanju na peščenih kopeli in sušenju pri 105°C. Valj smo ponovno stresali 3 minute in na enak način po 4 minutah in 27 sekundah določili delce, ki so manjši od 0,02 mm, to sta fini melj in glina. Valj smo ponovno stresali 3 minute in na enak način po 7 urah in 35 minutah določili delce, ki so manjši od 0,002 mm. Ti delci so gline.

3.3.4 Določitev organske snovi v talnih vzorcih

Organsko snov v talnih vzorcih smo prav tako določili v laboratoriju CPVO. Določili smo jo posredno preko določanja organskega ogljika v tleh. Delež ogljika v organski snovi je relativno konstanten (55-58 % organske snovi). Organski ogljik smo določili po oksidaciji v krom žvepleni kislino z merjenjem CO_2 (SIST ISO 14235, 1999).

3.4 VZORČENJE IN ANALIZA VRTNIN

Vzorčili (leto 2008) in analizirali smo vrtnine, ki jih pridelujejo lokalni prebivalci MOC na svojih vrtovih, in vrtnine, ki jih lahko kupijo na trgu. Poleg tega smo v letu 2012 posadili tri izbrane vrste vrtnin (krompir, korenček in rdeča pesa) z namenom ugotavljanja vpliva kuhanja na vsebnost kadmija v vrtnini po pripravi za uživanje.

3.4.1 Vzorčenje in analiza vrtnin z vrtov

Izbor vzorčenih vrtnin smo naredili na podlagi odgovorov na anketni vprašalnik in glede na sposobnost akumulacije kadmija v užitne dele vrtnin. Lokacije vzorčenja vrtnin smo določili na podlagi enakih kriterijev, kot pri anketiranju in vzorčenju tal, s tem da smo vključili le lokacije opazovane populacije. Izbranih je bilo 59 lokacij (slika 11).

Vzorčili smo sledeče vrtnine:

- ✓ paradižnik (*Lycopersicum esculentum* Mill.),
- ✓ radič (*Cichorium intybus* L. var. *foliosum* L.) ali endivija (*Cichorium endivia* L.),
- ✓ korenček (*Daucus carota* L.),
- ✓ rdeča pesa (*Beta vulgaris* L. var. *rubra* L.),
- ✓ čebula (*Allium cepa* L.),
- ✓ bučke (*Cucurbita pepo* L.),
- ✓ zelje (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*),
- ✓ zgodnji krompir (*Solanum tuberosum* L.).

Vzorčenje vrtnin je potekalo avgusta 2008. Pred vzorčenjem smo zopet izpolnili evidenčni list (priloga C). Vrtnine smo vzorčili ročno oziroma smo jih odrezali z nožem iz nerjavnega jekla, ki smo ga predhodno očistili z deionizirano vodo in nato z etilnim alkoholom (70 %). Pred vsakim vzorčenjem smo si temeljito očistili roke. Število vzorčenih vrtnin smo prilagodili velikosti gredice. Mesto vzorčenja smo razporedili enakomerno po celi gredici. Ob tem smo se izogibali robu gredice ali vrta. Vzorce vrtnin smo shranili v vrečke za živila in jih pripeljali v laboratorij CPVO, kjer smo jih očistili in razrezali z nožem iz nerjavnega jekla. Tako pripravljene vzorce smo liofilizirali. Liofilizate smo nato zmleli na mlinu »Retsch ZM 100« na 0,25 mm (velikost delcev). V preglednici 18 je podrobneje opisan postopek vzorčenja in priprave vrtnin za analizo določanja vsebnosti kadmija v vzorcih.

Preglednica 18: Postopek vzorčenja vrtnin na vrtovih in njihova priprava do določanja vsebnosti kadmija (Zupan in sod., 2005)

Table 18: A description of vegetable sampling in the gardens and their preparation till determination of the cadmium concentration in vegetables (Zupan et al., 2005)

Vrtnina	Velikost /zrelost	Št. vrtnin	Postopek odvzema	Postopek priprave
Paradižnik	Zrel plod	6-8 plodov	Iz različnih rastlin smo nabrali 6-8 srednje velikih plodov in jih shranili v vrečke.	Odstranili smo peclje, liste in druge morebitne nečistoče. Paradižnike smo temeljito očistili, splaknili z deionizirano vodo in narezali na rezine. Povprečen vzorec smo pripravili tako, da smo zavrgli vsako drugo rezino. Vzorec smo nato dali v vrečko za živila ter ga shranili v zamrzovalniku do liofilizacije. Po liofilizaciji smo paradižnik zmleli v mlinu »Retsch ZM 100« na 0,25 mm (velikost delcev) ter ga shranili v polipropilenski steklenički.
Endivija ali radič	Glava oz. rozeta	1-5 glavi	Izbrali smo primerno razvite in približno enako velike glave z različnih delov gredice. Odrezali in odstranili smo gnile, poškodovane in spodnje, od tal umazane liste.	Glave smo razstavili na liste, ki smo jih dobro očistili s tekočo vodo in splaknili z deionizirano vodo. Od vsake vrtnine smo vzeli polovico glave oziroma listov (od starih zunanjih do notranjih). Vzorec smo dali v papirnate vrečke, jih zamrznili s tekočim dušikom in shranili v zamrzovalniku do nadaljnjega poteka liofilizacije. Po liofilizaciji smo vzorec zmleli v mlinu »Retsch ZM 100« (0,25mm) ter ga shranili v polipropilenski steklenički.
Korenček	Koren: cca. 10-15 cm	3-15 korenov	Izpulili smo korenček z dovolj razvitim korencom. Z nožem smo odrezali zeleni del tik ob korenu.	Korene smo temeljito očistili s tekočo vodo in splaknili z deionizirano vodo. Vzorec smo razrezali na kolute. Povprečen vzorec smo pripravili tako, da smo zavrgli vsak drugi kolut. Vzorec smo nato dali v papirnato vrečko, ga zamrznili v tekočem dušiku in shranili v zamrzovalniku do nadaljnjega poteka liofilizacije. Po liofilizaciji smo vzorec zmleli v mlinu »Retsch ZM 100« (0,25mm) ter ga shranili v polipropilenski steklenički.
Bučka	Zrel plod: >10 cm	1-4 zrelih plodov	Odtrgali smo zrele bučke dolžine cca. 10-20 cm. Nismo izbirali največjih ali najmanjših, razen v primeru, ko je bilo na razpolago zelo malo plodov.	Bučke smo temeljito očistili z vodo in splaknili z deionizirano vodo. Nadaljnji postopek je potekal enako kot v primeru korenčka.
Rdeča pesa	Koren	5-10 korenov	Izbrali smo enakomerno velike korene, odstranili liste in zemljo s korenin.	Korene rdeče pese smo dobro očistili s tekočo vodo in splaknili z deionizirano vodo. Popolnoma smo odstranili liste in korenine ter vrtnino razrezali na kolute. Nadaljnji postopek je potekal enako kot v primeru korenčka.
Čebula	Dozorela	3-11 čebul	Izbrali smo enakomerno velike čebule (>5 cm) in odstranili liste, ki so se delno držali čebule.	Popolnoma smo odstranili korenine in liste ter čebulo narezali na tanke rezine. Nadaljnji postopek je potekal enako kot v primeru korenčka.
Krompir	Gomolj	4-11 gomoljev	Izbrali smo enakomerno velike gomolje.	Gomolje smo očistili s tekočo vodo, olupili in splaknili z deionizirano vodo. Razrezali smo jih na kocke. Nadaljnji postopek je potekal enako kot v primeru korenčka.
Zelje	Glava	1 glava	Izbrali smo zelje, ki je imelo razvito glavo. Odrezali in odstranili smo zunanje liste.	Glavo smo razdelili na 4 dele, odstranili kocen in liste razrezali na rezine. Nadaljnji postopek je potekal enako kot pri korenčku.

3.4.2 Vzorčenje vrtnin na trgu

Vzorčili smo tudi vrtnine, ki jih lokalni prebivalci lahko kupijo na trgu; torej v trgovinah, na tržnici in kioskih. Lokacije vzorčenja vrtnin na trgu smo določili na podlagi odgovorov v vprašalniku, glede na gostoto trgovin na določenem območju in ponudbo trgovine. Lokacije vzorčenja vrtnin so prikazane na sliki 11. Na trgu smo vzorčili sledečih pet vrst vrtnin:

- ✓ paradižnik (5-6 plodov),
- ✓ radič ali endivija (2 glavi),
- ✓ korenček (3-7 korenov),
- ✓ čebula (3-11 plodov),
- ✓ bučke (2-3 plodov).

Vrtnine smo shranili v vrečke za živila. V laboratoriju CPVO smo jih pripravili za analizo določanja kadmija v vrtninah, po enakem postopku kot vrtnine, ki smo jih vzorčili na vrtovih (preglednica 18).

3.4.3 Priprava (kuhanje) krompirja, korenčka in rdeče pese

V letu 2012 smo na izbrani lokaciji, ki je že bila vključena v vzorčenje v letu 2008, posadili tri vrste vrtnin:

- ✓ krompir, sorte *Mirabel*,
- ✓ korenček sorte *Nantes* in
- ✓ rdečo peso sorte *Bikor*.

Vzorčenje in priprava vrtnin je potekala enako, kot je opisano v preglednici 18. Priprava vzorca za analizo je bila popolnoma enaka za vrtnine, v katerih smo določili vsebnost kadmija pred kuhanjem. Za vzorce, v katerih smo določali vsebnost kadmija po kuhanju, pa smo vrtnine, pred postopkom liofilizacije, kuhali v emajlirani posodi na indukcijskem kuhalniku v sledečih medijih:

- ✓ nevtralnem: v enem litru destilirane vode;
- ✓ bazičnem: enemu litru destilirane vode smo dodali 30 g sode bikarbone (NaHCO_3);
- ✓ kislem: enemu litru destilirane vode smo dodali 3 % očetno kislino.

Po kuhanju smo vsak vzorec razdelili na tri paralelke in jih dali v liofilizator. Pri rezanju smo vedno uporabljali keramični nož. Kuhanje je potekalo po sledečih postopkih za:

- ✓ krompir: približno 1,8 kg neolupljenega, celega krompirja smo razdelili na tri enake dele in jih kuhali v zgoraj opisanih medijih. Po polurnem vretju smo kuhan krompir olupili, narezali na kocke in ga dali v vrečke za živila in nato v liofilizator. Krompir smo tudi pripravili na način, pri katerem smo surov krompir (enako 1,8 kg) najprej olupili in nato narezali na kocke. Enako smo ga, po polurnem vrenju, ohladili, dali v vrečke in v liofilizator.

- ✓ korenček: okoli 0,6 kg korenčka smo olupili in v prvem poskusu celega kuhali v nevtralnem, bazičnem in kislem mediju, v drugem poskusu pa smo korenček olupili in narezali na koščke ter kuhali. Po polurnem vretju smo korenček ohladili, dali v vrečke in liofilizator.
- ✓ rdeča pesa: 2,4 kg neolupljene rdeče pese smo razdelili na tri enake dele in jo kuhali v treh različnih medijih. Po približno polurnem vrenju, ko je bila pesa kuhana, smo jo ohladili, olupili in narezali na tanke rezine. Del rdeče pese smo dali v vrečke in v liofilizator, preostali del pa smo dali v steklene kozarce in rdečo peso prelili s 3 % raztopino očetne kisline. Po treh mesecih smo vzorce vložene rdeče pese dali v liofilizator.

3.4.4 Določitev vsebnosti kadmija v rastlinskih vzorcih

Vsebnost kadmija v vzorcih vrtnin je bila določena v kanadskem laboratoriju »Acme Analytical Laboratories, Vancouver, Ltd« po kislinskem razklopu z zlatotopko z ICP-MS metodo.

Točnost in natančnost laboratorija je bila zopet kontrolirana na podlagi analiz rastlinskih referenčnih materialov, podvojenih analizah in analizi praznih vzorcev. Zanesljivost laboratorija je bila zadovoljiva, saj je bilo povprečno odstopanje za:

- ✓ pridelane vrtnine od referenčnih materialov manjše od 4 %; razlike med ponovitvami analiz pa so bile povprečno manjše od 7 %;
- ✓ kupljene vrtnine od referenčnih materialov manjše od 7 %; razlike med ponovitvami analiz pa so bile povprečno manjše od 20 %;
- ✓ vrtnine, ki so bile vključene v pripravo vrtnin za uživanje, od referenčnih materialov manjše od 16 %; razlike med ponovitvami analiz so bile povprečno manjše od 4 %;

Spodnja meja detekcije za kadmij v vzorcih vrtnin je bila 0,01 mg/kg s. s. Pri oddaji vzorcev v analizo smo pripravili seznam s pojasnilom, katera številka predstavlja določeno vrsto vrtnine (npr. 1 - rdeča pesa, 2 - čebula) in potencialno onesnaženost tal s kadmijem, na katerem se je pridelovala vrtnina. Ker so bili analizni podatki o vsebnosti kadmija v vrtnini podani na suho snov, smo naredili preračun na svežo snov na podlagi obratnega sorazmerja:

$$C_{\text{vrtnina}} \text{ (mg/kg sv. s.)} = \frac{C_i \text{ (mg/kg s. s.)} * (100 \% - C_{\text{voda}} \%) }{100 \%} \quad \dots(1)$$

Kjer je :

C_i vsebnost kadmija v i-ti vrtnini
 C_{voda} vsebnost vode v vrtnini (%)

V preglednici 19 so prikazane vsebnosti vode v vrtninah, ki so bile upoštevane v enačbi 1.

Preglednica 19: Vsebnost vode (%) v vrtninah na podlagi podatkov iz literature
Table 19: The water content (%) of selected vegetables based on literature review

Vrtnina	Vsebnost vode (%)					
	Paul in Southgate (1978)	Haenel (1979)	Souci in sod. (1981)	Favier in sod. (1995)	National Nutrient... (2012)	$\bar{x}$
Bučka	94,7	91,0	91,3	94,0	91,6	92,5
Paradižnik	93,4	94,0	94,2	93,8	94,5	94,0
Zelje	90,3	90,0	92,1	/	92,2	91,1
Čebula	92,8	88,0	87,6	89,0	89,1	89,3
Zg. krompir	/	78,0	77,8	/	77,3	78,0
Korenje	89,9	90,0	89,7	89,2	88,3	89,4
Rdeča pesa	87,1	89,0	88,8	/	87,6	88,1
Endivija	93,7	94,0	94,3	93,8	93,8	93,9
Radič	96,2	94,0	94,4	94,7	94,5	94,8

V primeru, ko je bila vsebnost kadmija v vrtnini določena pod spodnjo mejo detekcije, smo v izračunih upoštevali polovično vrednost meje detekcije (0,01 kg/mg s. s.), torej vrednost 0,005 mg/kg s. s. (Cadmium in food, 2009; Sand in Becker, 2012). Pri vzorcih vrtnin z vrtov je bil takšen en vzorec bučke, pri kupljenih vzorcih pa trije vzorci paradižnika.

3.5 OBDELAVA REZULTATOV

V sledečem podpoglavju so opisani postopki statistične obdelave anketnih vprašalnikov ter analiznih podatkov, izračun izpostavljenosti kadmiju in karakterizacija tveganja za pojav neželenih učinkov zaradi zaužitja vrtnin, pridelanih na domačem vrtu.

3.5.1 Statistična analiza podatkov

Anketne vprašalnike in analizne podatke vzorcev smo obdelali ter grafično prikazali s pomočjo Microsoft Excel-a 2010 in dveh statističnih programov »Statistica 7« in »R«. Velikost linearne povezanosti med vsebnostjo kadmija v tleh in ostalimi talnimi lastnostmi smo določili s Pearsonovim koeficientom korelacije.

Za napovedovanje vsebnosti kadmija v vrtnini, na podlagi talnih lastnosti, smo oblikovali regresijske modele. Sledeče talne lastnosti so bile upoštevane kot neodvisne spremenljivke pri oblikovanju modelov: pH-vrednost, vsebnost organske snovi, vsebnosti As, Ca, Cd, Cu, Mn, Pb, Zn. V doktorski disertaciji so podrobneje predstavljene le neodvisne spremenljivke, ki so relevantne za regresijske modele. »Regresija je prilagajanje ustrezne matematične funkcije empiričnim podatkom« (Košmelj, 2007). Linearno funkcijo smo priredili vsebnostim kadmija v paradižniku, čebuli, endiviji, radiču, rdeči pesi, korenčku in zgodnjem krompirju.

Kakovost modelov smo ovrednotili s/z:

- ✓ koeficientom determinacije (R^2), ki izraža odstotek variabilnosti vsebnosti kadmija v vrtnini, ki je pojasnjen z regresijskim modelom;
- ✓ analizo porazdelitve regresijskih ostankov in
- ✓ analizo vplivnih točk.

Delni F-test smo uporabili za primerjavo statistično značilnih razlik med modeli. Velja opozoriti, da so regresijski modeli veljavni le na območju, ki ga določajo vrednosti neodvisne spremenljivke (tj. vsebnost onesnažila v tleh) (Košmelj, 2007).

Za prostorski prikaz mnenj pridelovalcev vrtnin o onesnaženosti vrta, na katerem pridelujejo vrtnine, in za prikaz ocenjenega tedenskega vnosa, smo uporabili interpolirano karto vsebnosti kadmija v zgornjem sloju tal (0-20 cm). V prvem primeru smo za pripravo interpolirane karte uporabili javno dostopne podatke o vsebnosti kadmija v MOC, saj na mnenja opazovane populacije večinoma vplivajo javno dostopni podatki o onesnaženosti tal v občini. V drugem primeru pa smo za pripravo uporabili le podatke o vsebnosti kadmija na vzorčenih vrtovih te raziskave. Pri tem smo izločili vrtove, na katerih so bila tla zamenjana, saj ne odražajo onesnaženosti njihove okolice. Torej, uporabili smo le podatke vrtov, na katerih smo vzorčili avtohtona tla.

3.5.2 Izračun ocene izpostavljenosti kadmiju preko vrtnin

V Smernicah za oceno izpostavljenosti (Guidelines for Exposure ..., 1992) je zapisana sledeča splošna enačba (2) za izračun povprečnega potencialnega dnevnega odmerka (ADD) preko vnosa (t.j. inhalacija in zaužitje):

$$ADD_{pot} = \frac{\bar{C} * \bar{IR} * ED}{BW * AT} \quad \dots(2)$$

kjer je:

ADD_{pot}	povprečni potencialni dnevni odmerek
$\bar{C}$	srednja vrednost koncentracije snovi v mediju
$\bar{IR}$	srednja vrednost stopnje vnosa medija
ED	trajanje izpostavljenosti
BW	telesna teža
AT	časovno obdobje, v katerem se izračuna povprečje odmerka (pretvorjen v dneve)

Za namene naše raziskave smo enačbo 2 modificirali glede na vhodne podatke, ki so bili pridobljeni z anketnim vprašalnikom. Dobili smo sledečo enačbo (3) za izračun ocenjenega tedenskega vnosa (EWI):

$$EWI = \frac{\sum_i (C_i * Y_i * f_h * f_p) * ED}{BW * AT} \quad \dots (3)$$

kjer je:

EWI	ocenjeni tedenski vnos kadmija ($\mu\text{g}/\text{kg t. t./ teden}$)
C_i	vsebnost kadmija v i-ti vrtnini ($\mu\text{g}/\text{kg sv. s.}$)
Y_i	povprečna letna količina pridelka i-te vrtnine na vrtu (kg/leto)
f_h	povprečni delež porabe letnega pridelka vrtnin v gospodinjstvu
f_p	povprečni delež zaužite količine pridelanih vrtnin osebe, glede na ostale člane v gospodinjstvu
ED	trajanje izpostavljenosti (leto)
BW	telesna teža (kg)
AT	časovno obdobje, v katerem se izračuna povprečje vnosa kadmija (teden); za eno leto smo upoštevali 52 tednov

V primeru, ko smo izračunali ocenjeni mesečni vnos kadmija (EMI), smo za časovno obdobje, v katerem se izračuna povprečje vnosa kadmija (AT), upoštevali 12 mesecev.

Ocenjeni vnos smo izračunali tudi glede na spol, tj. za ženske in moške ter za tri različne scenarije:

- ✓ **Scenarij 1:** Izpostavljenost kadmiju na podlagi mediane telesne teže (74 kg), zaužite količine vrtnin in vsebnosti kadmija v vrtninah. V kolikor pri vrtninah ni bilo podatka o mediani vsebnosti kadmija, smo upoštevali mediano napovedanih vrednosti oziroma največjo izmerjeno vrednost kadmija v vrtnini znotraj posamične kategorije onesnaženosti tal.
- ✓ **Scenarij 2:** Izračun ocenjenega vnosa kadmija preko izbranih vrtnin, pri upoštevanju vpliva pridelave vrtnin za uživanje. Pri tem smo upoštevali kuhanje narezanega krompirja v vodi (mediana zmanjšanja vsebnosti kadmija je bila 7,4 %), kuhanje narezanega korenčka v vodi (mediana zmanjšanja vsebnosti kadmija je bila 31 %), saj se narezani bolj pogosto kuha kot celi in kuhanje cele rdeče pese v vodi (mediana povečanja 55,8 %).
- ✓ **Scenarij 3:** najslabši možni scenarij – ženska, 5. percentil za telesno težo, 95. percentil zaužitja vrtnine in vsebnosti kadmija v vrtnini. V primerih, ko nismo imeli podatkov, smo upoštevali zadnjo največjo znano vsebnost kadmija v vrtnini glede na kategorijo onesnaženosti tal.

3.5.3 Karakterizacija tveganja pojava neželenih učinkov

Tveganje smo okarakterizirali s koeficientom tveganja (HQ), ki je razmerje med ocenjenim tedenskim/mesečnim vnosom (EWI/EMI) in referenčnim odmerkom (RfD) (Risk Characterization, 2012). Za kadmij sta določena dva različna referenčna odmerka. Skupni strokovni odbor FAO/WHO za aditive je določil začasni dopustni mesečni vnos (PTMI) 25 µg/kg t.t (Summary report ..., 2010). Evropska agencija za varnost hrane pa je določila dopustni tedenski vnos (TWI) 2,5 µg/kg t.t (Cadmium in food, 2009).

Pri karakterizaciji tveganja smo upoštevali oba dopustna vnosa. Torej je enačba (4) za izračun koeficient tveganja sledeča:

$$HQ = \frac{EWI}{TWI} \quad \text{oziroma} \quad HQ = \frac{EMI}{PTMI} \quad \dots(4)$$

kjer je:

HQ	koeficient tveganja
EWI	ocenjeni tedenski vnos (µg/kg t. t./teden)
EMI	ocenjeni mesečni vnos (µg/kg t. t./mesec)
TWI	dopustni tedenski vnos (µg/kg t. t./teden)
PTMI	začasni dopustni mesečni vnos (µg/kg t. t./mesec)

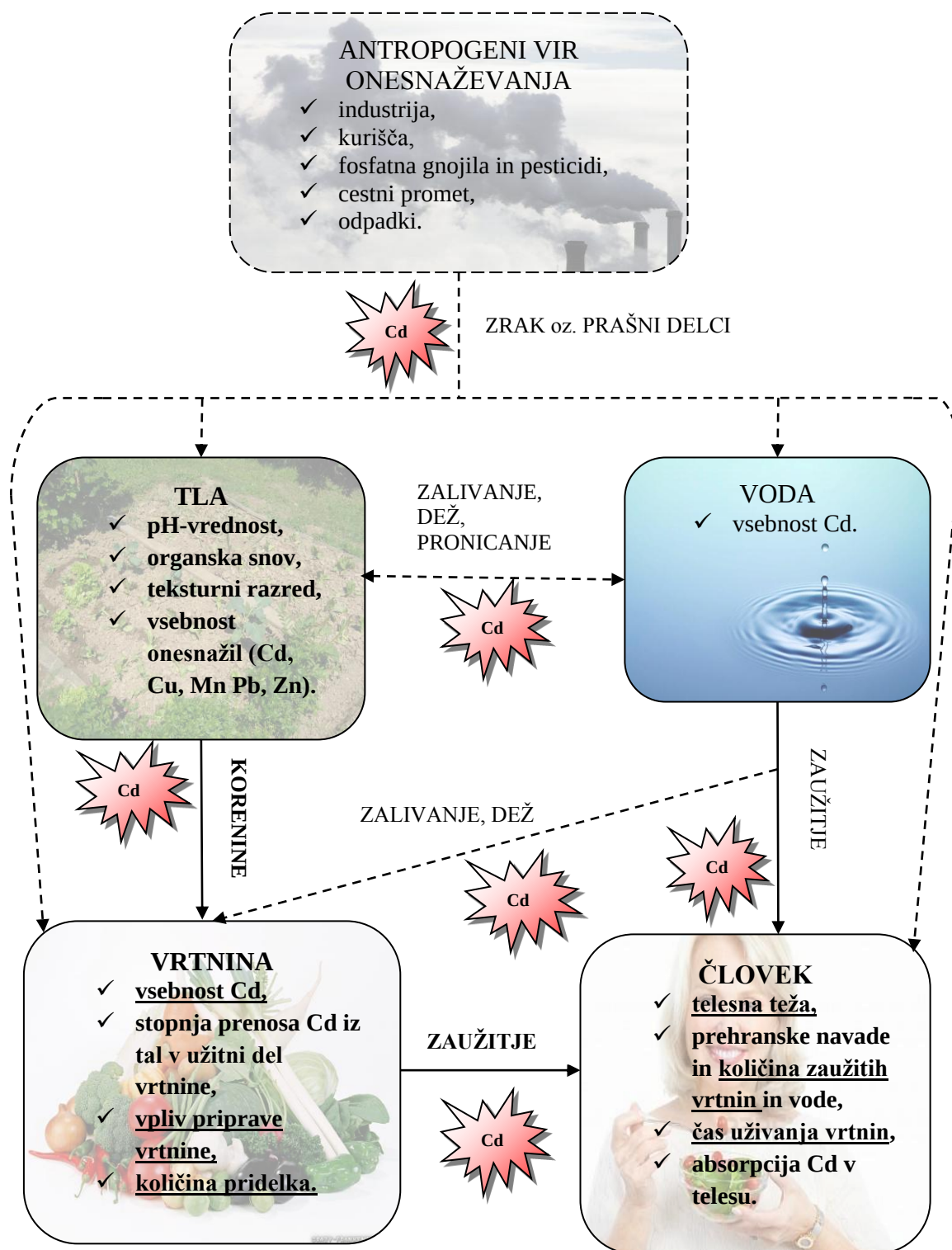
Tveganje smo okarakterizirali tudi za vse tri scenarije, ki so opisani v poglavju 3.5.2. Izračun ocene izpostavljenosti kadmiju preko vrtnin.

4 REZULTATI RAZISKOVANJA

V okviru rezultatov je najprej prikazan konceptualni model izpostavljenosti, ki ilustrira razsežnosti vnosa kadmija preko vrtnin v človeka. Nadalje so predstavljeni rezultati anketnega vprašalnika, lastnosti tal in njihovih interakcij z vsebnostjo kadmija v vrtnini. Na koncu so prikazani izračuni za oceno izpostavljenosti kadmiju preko vrtnin in karakterizacija tveganja.

4.1 KONCEPTUALNI MODEL IZPOSTAVLJENOSTI

Dejansko stanje problematike izpostavljenosti kadmiju preko zaužitja vode in vrtnin, ki rastejo na onesnaženih vrtovih v Mestni občini Celje, smo ponazorili s konceptualnim modelom (slika 12). S celo črto so označene najpomembnejše poti prenosa kadmija od vira onesnaževanja preko kritičnih medijev do človeka (sprejem kadmija iz tal v korenine vrtnin in zaužitje vrtnin). Podčrtani so ključni parametri, ki so uporabljeni v izračunu ocene dnevnega vnosa kadmija (vsebnost kadmija v vrtnini, količina pridelka in zaužitih vrtnin, čas uživanja vrtnin). Odebeljen zapis ponazarja pot kadmija, ki smo ga v raziskavi obravnavali analitsko.



Slika 12: Konceptualni model izpostavljenosti kadmiju preko zaužitja vrtnin z onesnaženega vrta, ki smo ga pripravili za načrtovanje ocene tveganja
Figure 12: Conceptual model of exposure to cadmium from consumption of home-produced vegetables, prepared for the planning of risk assessment

4.2 REZULTATI ANKETNEGA VPRAŠALNIKA

Podatki anketnega vprašalnika so zaradi večje preglednosti razdeljeni v tri sklope:

- ✓ splošni podatki opazovane populacije,
- ✓ lastnosti vrta in navade ljudi pri gojenju vrtnin,
- ✓ pridelava vrtnin in prehranske navade ljudi.

4.2.1 Splošni podatki opazovane populacije

V raziskavo je bilo vključenih 64,2 % žensk in 35,8 % moških. Povprečna starost anketirancev je bila 58,2 let. Polovica vprašanih je bila mlajših oziroma starejših od 61 let. Ženske so bile povprečno stare 57 let, moški pa 60,5 let. Iz preglednice 20 je razvidno, da ni bistvenih razlik med starostjo glede na spol. Najmlajša oseba (ženska) je bila stara 22 let, najstarejša pa 86 let (prav tako ženska). Povprečna telesna teža opazovane populacije je bila 76,1 kg, za ženske 72,3 kg in za moške 83 kg. Polovica vprašanih je imela telesno težo manjšo od 74 kg. Povprečno so bile ženske za 10,7 kg lažje od moških. Najtežja oseba je imela 125 kg (ženska), najlažja pa 50 kg (prav tako ženska).

Preglednica 20: Opisne statistike za starost in telesno težo pridelovalcev vrtnin ter primerjava glede na spol
Table 20: Descriptive statistics for age and body mass of garden owners and comparison based on gender

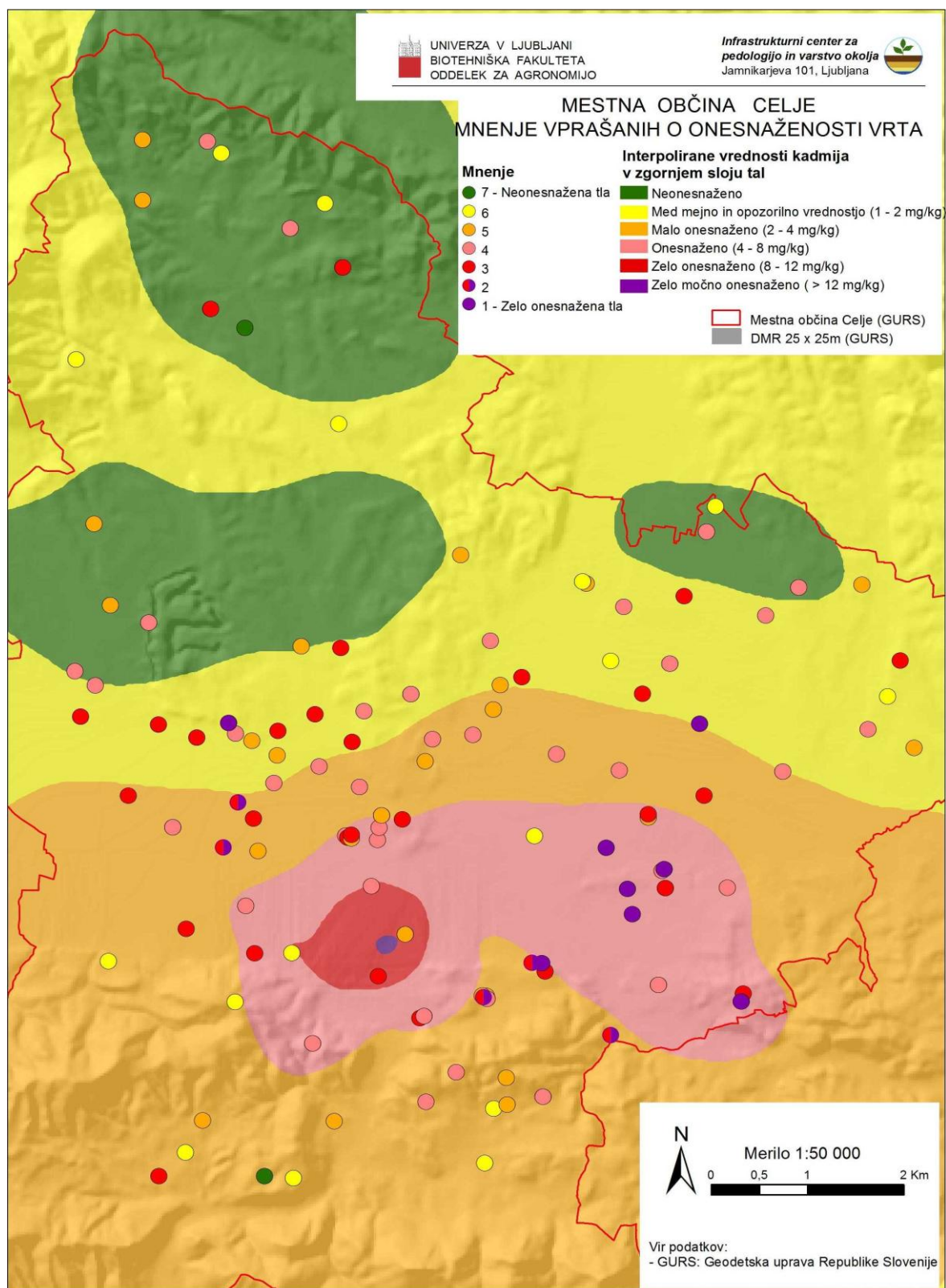
	n	$\bar{x}$	SE	Me	Min	Maks	Q ₁	Q ₃	P ₅	P ₉₅
Starost (leta)	123	58,2	1,3	61,0	22,0	86,0	49,0	69,0	30,0	79,0
-Ženska	79	57,0	1,5	59,0	22,0	86,0	48,0	67,0	29,0	78,0
-Moški	44	60,5	2,2	63,0	25,0	84,0	50,5	70,5	32,0	80,0
Telesna teža (kg)	123	76,1	1,3	74,0	50,0	125,0	65,0	85,0	58,0	100,0
-Ženska	79	72,3	1,5	70,0	50,0	125,0	62,0	80,0	56,0	100,0
- Moški	44	83,0	1,9	81,0	59,0	117,0	74,0	89,0	67,0	108,0

Dve tretjini vprašanih (66,7 %) je bilo nekadilcev, slaba četrtina (22,8 %) pa je opustila kajenje. Dobra desetina (10,6 %) je bila kadilcev, med katerimi so prevladovala ženske (61,5 %).

Od rojstva je v občini živelo 46,3 % vprašanih, več kot polovica (52 %) pa se jih je preselila v MOC. Le 1,6 % ljudi se je priselilo nazaj v občino po tem, ko so dlje časa (20 oz. 33 let) živeli drugje (tujina oz. Ljubljana).

Povprečno so vprašani ocenili onesnaženost domačega vrta s težkimi kovinami z oceno 4 (enake vrednosti je tudi mediana). Ocena 1 je pomenila, da so tla na vrtu zelo onesnažena. Nasprotno pa je pomenila ocena 7, in sicer da so tla neonesnažena. Četrtna vprašanih je ocenila onesnaženost s številko manjšo od tri, četrtina pa s številko večjo od 5. Ženske in moški so imeli podobno mnenje o onesnaženosti vrta, na katerem so pridelovali vrtnine.

Na podlagi slike 13, ki predstavlja prostorsko porazdelitev mnenj o onesnaženosti vrtov, je razvidno, da je na splošno bilo mnenje pridelovalcev vrtnin bolj kritično, kot je dejansko stanje. Najbolj kritična mnenja so bila v okolici Stare cinkarne.



Slika 13: Interpolirana karta prikaza vsebnosti kadmija v zgornjem sloju tal in mnenja opazovane populacije o onesnaženosti vrta, na katerem pridelujejo vrtnine

Figure 13: The map of interpolated spatial display of cadmium concentration in the upper layer of the soil and the opinions of the study population on the contamination of the gardens, where vegetables were grown

4.2.2 Lastnosti vrta in navade ljudi pri gojenju vrtnin

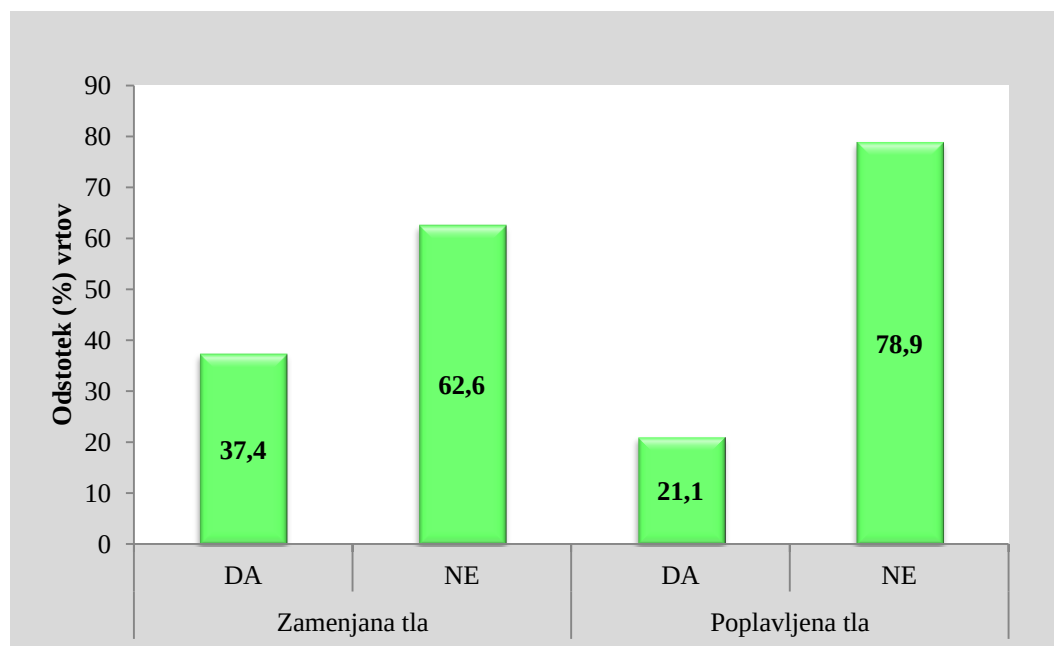
Povprečna površina vrta, na katerem so se gojile vrtnine, je bila 118,6 m². Polovica površine vrtov je bila manjših oziroma večjih od 75 m². Povprečen čas gojenja vrtnin na vrtu je bil 30,5 leta. Mediana časa pridelave vrtnin (30,0) je skoraj enaka povprečnemu času. Na 25 % vrtov pridelujejo vrtnine manj kot 16 let. Enak odstotek ljudi prideluje vrtnine na svojem vrtu že več kot 41 let (preglednica 21).

Preglednica 21: Opisne statistike za površino vrta (m²), na katerem opazovana populacija prideluje vrtnine in število let pridelovanja vrtnin

Table 21: Descriptive statistics for the area of garden (m²) and for the number of years, garden owners were producing selected vegetables

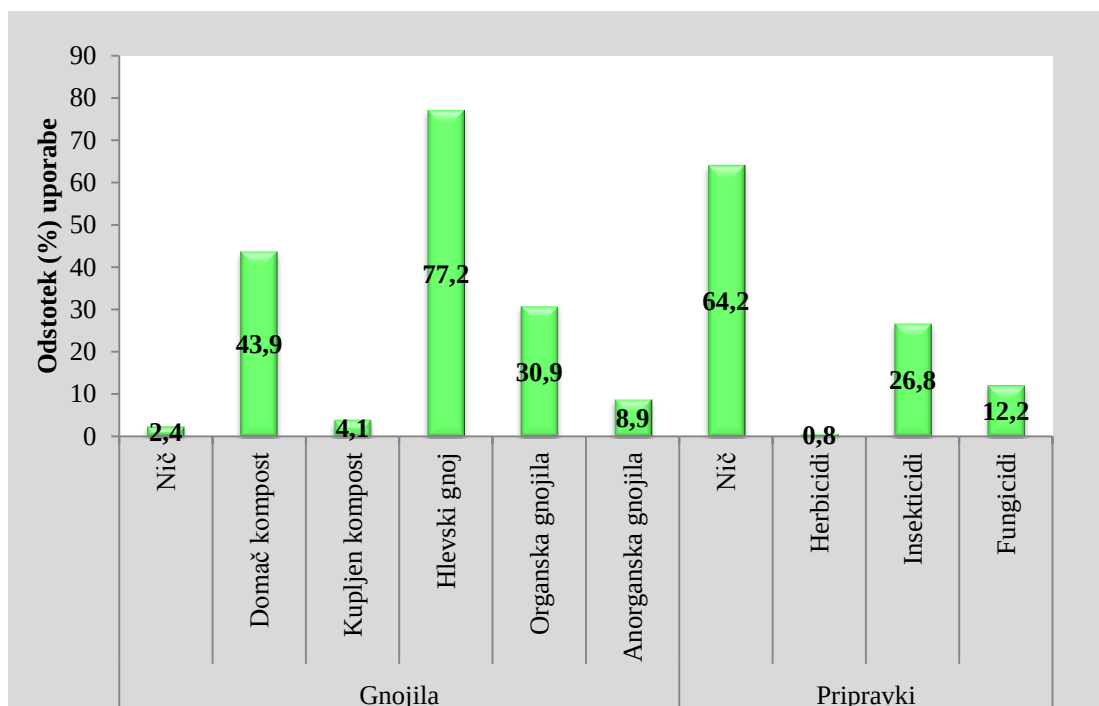
	n	$\bar{X}$	Me	SE	Min	Maks	Q ₁	Q ₃
Površina vrta (m ²)	123	118,6	75,0	12,8	3,0	800,0	42,5	131,0
Čas pridelave (leta)	123	30,5	30,0	1,7	1,0	75,0	16,0	41,0

Na 37,4 % vrtov so tla zamenjali, 21,1 % vrtov pa je bilo poplavljenih (slika 14).



Slika 14: Odstotki (%) vrtov, kjer so lastniki zamenjali tla in odstotek (%) vrtov, kjer je prišlo do poplav
Figure 14: Percentage (%) of gardens, where soil in the garden was replaced or was flooded

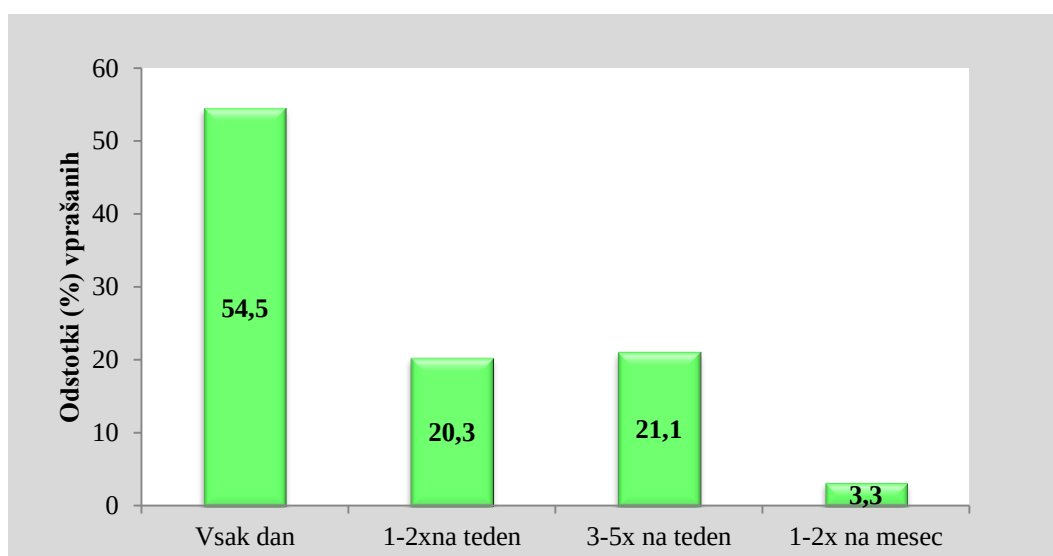
Za gnojenje vrta vprašani najpogosteje (77,2 %) uporabljajo hlevski gnoj (slika 15). Sledita domači kompost (43,9 %) in organska gnojila (30,9 %). Gnojil na vrtu ne uporablja 2,4 % anketirancev. Prav tako 64,2 % ljudi ne uporablja pripravkov za varstvo rastlin. Najpogosteje (26,8 %) uporabljajo insekticide, sledijo fungicidi (12,2 %) in herbicidi (0,8 %).



Slika 15: Odstotki (%) uporabe gnojil in pripravkov za varstvo rastlin na vrtu
Figure 15: Percentages (%) of applied fertilisers or plant protection products in the garden

Pri delu na vrtu redno uporablja rokavice, škornje ali zaščitno obleko 29,3 % ljudi, občasno pa 43,1 %. Brez zaščitnih sredstev dela na vrtu 27,6 % vprašanih.

Med letom za delo na vrtu vprašani povprečno porabijo 151 dni. Vsak dan je na vrtu 54,5 % ljudi, tri- do petkrat na teden pa 21,1 % ljudi. Podoben delež (20,3 %) preživi na vrtu od enkrat do dvakrat na teden. Najmanj (3,3 %) vprašanih je na vrtu od enkrat do dvakrat na mesec (slika 16).

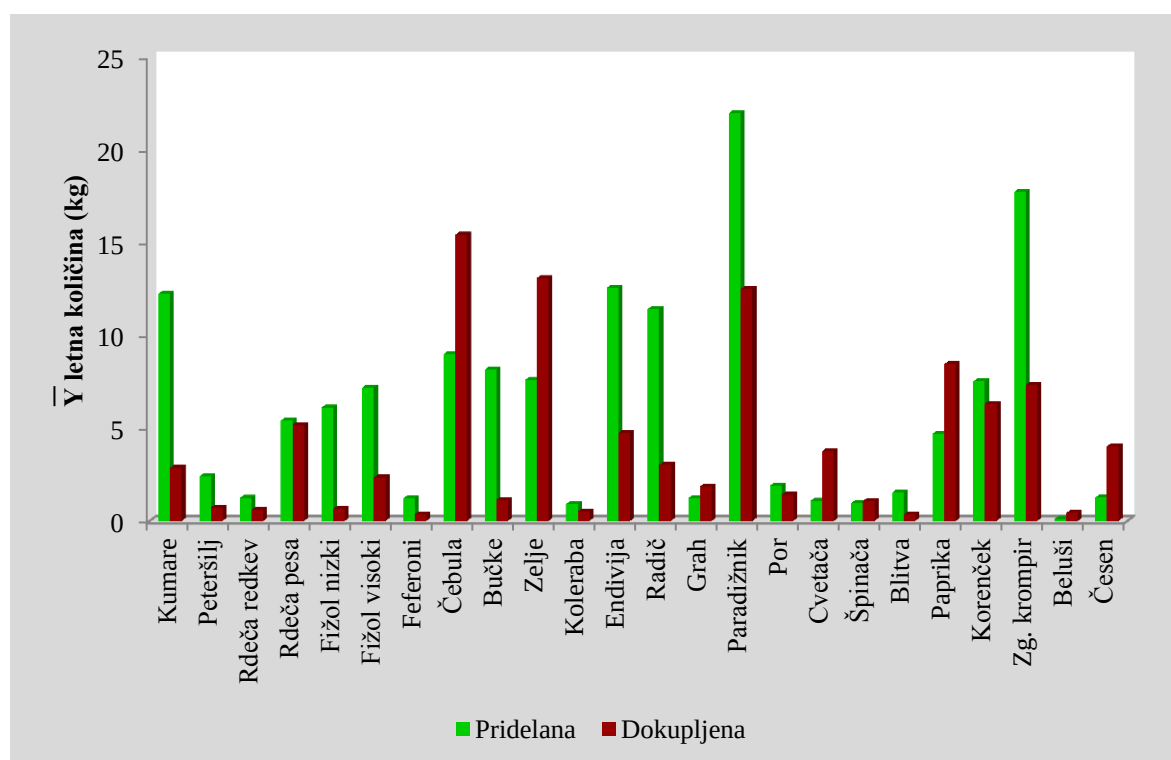


Slika 16: Odstotki (%) časa, ki so ga vprašani preživeli na vrtu tekom leta
Figure 16: Percentages (%) of time, garden owners spent in the garden, during the year

4.2.3 Pridelava vrtnin in prehranske navade ljudi

Ljudje se najpogosteje (80,5 %) odločajo za pridelavo vrtnin na vrtu zato, da pridelajo domačo, bolj »zdravo« hrano. Sledi preživljanje prostega časa (59,3 %), drugo (npr. tradicija; 48 %), ekonomski razlogi (15,4 %) in socialni stiki (7,3 %).

Pridelovalci vrtnin so povprečno ocenili, da 56,9 % vrtnin, ki so namenjene za porabo v gospodinjstvu, pridelajo na domačem vrtu, 43,1 % vrtnin pa dokupijo na trgu. Povprečno so vprašani letno pridelali 145,44 kg vrtnin, od tega je bilo 101,36 kg (69,7 %) izbranih vrtnin, ki so vključene v raziskavo. Povprečno so na vrtu letno pridelali 22,1 kg paradižnika, 17,8 kg zgodnjega krompirja, 12,7 kg endivije, 12,3 kg kumar, 11,5 kg radiča, 9,1 kg čebule, 8,2 kg bučk, 7,7 kg zelja, 7,6 korenčka in 5,5 kg rdeče pese. Največ so vprašani dokupili čebule (15,4 kg) in zelja (13,1 kg). Sledijo paradižnik (12,5 kg), paprika (8,5 kg), zgodnji krompir (7,3 kg) in korenček (6,3 kg). Podrobnejši prikaz povprečnih letnih količin pridelanih in dokupljenih vrtnin je prikazan na sliki 17.



Slika 17: Povprečne letne količine (kg) pridelanih vrtnin na vrtu in dokupljenih vrtnin na trgu
Figure 17: Average annual quantities (kg) of grown and purchased vegetables

V preglednici 22 so zbrani osnovni statistični parametri za povprečni letni pridelek izbranih vrtnin z vrta in glede na kategorije onesnaženosti tal. Primerjava povprečnega letnega pridelka izbranih vrtnin glede na spol je prikazana v prilogi E.

Preglednica 22: Opisne statistike za povprečni letni pridelek (kg/leto) izbranih vrtnin (Y_{vrtina}) z vseh vrtov, kot so ga ocenili pridelovalci vrtnin, in primerjava glede na kategorije onesnaženosti tal

Table 22: Descriptive statistics for an average annual yield (kg/year) of selected vegetables (Y_{vrtina}) from all gardens, estimated by garden owners and comparison based on category of soil contamination

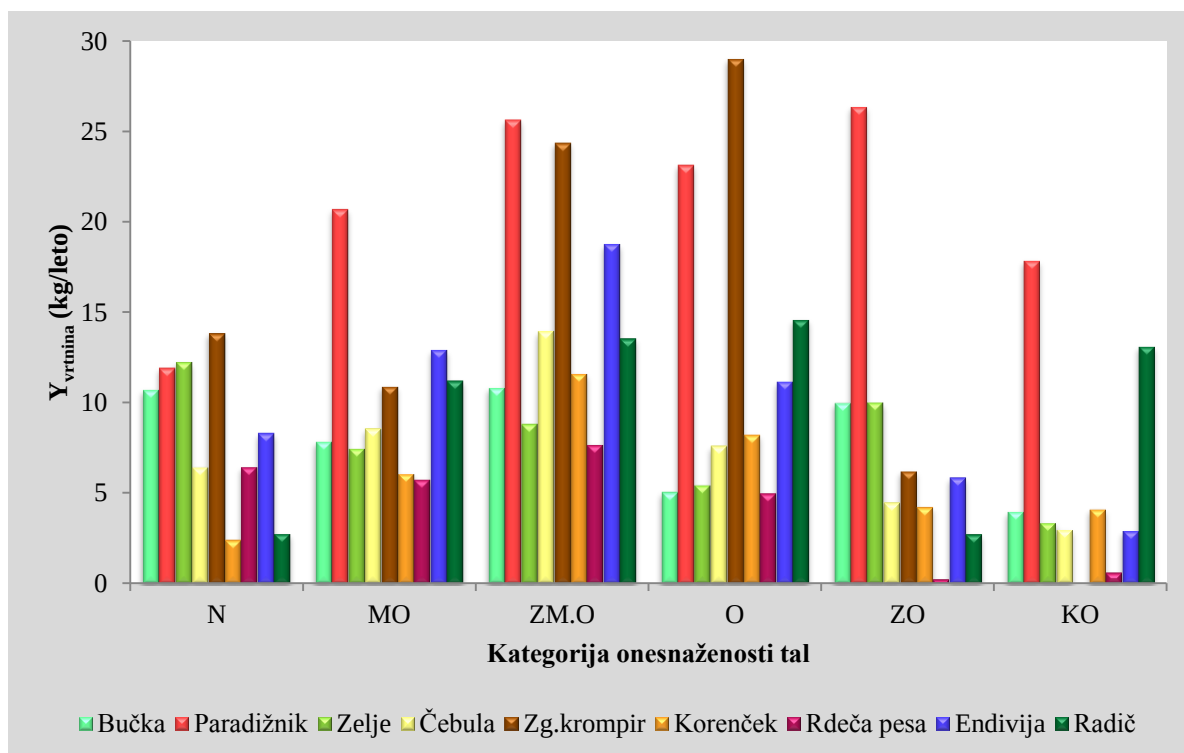
Y_{vrtina} (kg/leto)	n	$\bar{X}$	SE	Me	Min	Maks	Q ₁	Q ₃	P ₉₅
VSIVRTOVI									
Rdeča pesa	115	5,45	0,88	0,00	0,00	60,00	0,00	6,00	20,00
Čebula	115	9,07	1,03	5,00	0,00	75,00	2,00	15,00	30,00
Bučka	115	8,21	1,50	0,00	0,00	100,00	0,00	10,00	30,00
Zelje	115	7,67	1,81	0,00	0,00	130,00	0,00	8,00	35,00
Endivija	115	12,67	1,39	10,00	0,00	80,00	3,00	15,00	50,00
Radič	115	11,51	1,50	5,00	0,00	92,00	0,00	15,00	50,00
Paradižnik	115	22,18	2,25	20,00	0,00	200,00	10,00	30,00	50,00
Korenček	115	7,59	1,29	5,00	0,00	100,00	2,00	10,00	20,00
Zg.krompir	115	17,87	3,05	0,00	0,00	200,00	0,00	20,00	100,00
NEONESNAŽENA ($[Cd]_{\text{ta}} < 1 \text{ mg/kg s. s.}$)									
Rdeča pesa	9	6,44	2,47	5,00	0,00	20,00	0,00	10,00	20,00
Čebula	9	6,44	3,11	4,00	0,00	30,00	2,00	5,00	30,00
Bučka	9	10,72	5,15	10,00	0,00	50,00	0,00	10,00	50,00
Zelje	9	12,22	11,00	0,00	0,00	100,00	0,00	5,00	100,00
Endivija	9	8,33	4,33	5,00	0,00	40,00	0,00	10,00	40,00
Radič	9	2,78	1,14	2,00	0,00	10,00	0,00	5,00	10,00
Paradižnik	9	11,94	4,29	10,00	0,00	40,00	5,00	10,00	40,00
Korenček	9	2,44	0,80	2,00	0,00	7,00	0,00	3,00	7,00
Zg.krompir	9	13,89	11,11	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00
MALO ONESNAŽENA ($[Cd]_{\text{ta}} = 1-1,9 \text{ mg/kg s. s.}$)									
Rdeča pesa	32	5,75	1,36	4,50	0,00	35,00	0,00	9,00	20,00
Čebula	32	8,58	1,49	6,75	0,00	30,00	3,00	10,00	30,00
Bučka	32	7,86	2,04	5,00	0,00	50,00	0,00	8,50	30,00
Zelje	32	7,45	3,37	0,00	0,00	100,00	0,00	5,75	40,00
Endivija	32	12,92	2,45	10,00	0,00	60,00	5,00	17,50	50,00
Radič	32	11,23	2,47	5,00	0,00	59,00	3,00	10,00	50,00
Paradižnik	32	20,72	6,15	11,00	0,00	200,00	4,50	25,00	50,00
Korenček	32	6,08	0,77	5,00	0,00	20,00	3,50	10,00	15,00
Zg.krompir	32	10,94	3,01	1,00	0,00	66,00	0,00	17,50	50,00
ZMerno ONESNAŽENA ($[Cd]_{\text{ta}} = 2-3,9 \text{ mg/kg s. s.}$)									
Rdeča pesa	33	7,67	1,84	3,00	0,00	40,00	0,00	10,00	30,00
Čebula	33	13,95	2,57	10,00	0,00	75,00	3,00	20,00	35,00
Bučka	33	10,83	4,31	0,00	0,00	100,00	0,00	10,00	100,00
Zelje	33	8,82	4,10	0,00	0,00	130,00	0,00	8,00	35,00
Endivija	33	18,76	3,06	10,00	0,00	80,00	8,00	28,00	50,00
Radič	33	13,56	2,85	8,00	0,00	70,00	3,00	20,00	50,00
Paradižnik	33	25,67	3,87	20,00	0,00	80,00	10,00	30,00	80,00
Korenček	33	11,60	3,17	7,00	0,00	100,00	3,00	10,00	40,00
Zg.krompir	33	24,39	5,22	15,00	0,00	100,00	0,00	40,00	100,00

se nadaljuje

nadaljevanje

Y _{vrtnina} (kg/leto)	n	$\bar{X}$	SE	Me	Min	Maks	Q ₁	Q ₃	P ₉₅
ONESNAŽENA ($[Cd]_{da} = 4-7,9$ mg/kg s. s.)									
Rdeča pesa	25	5,00	2,50	0,00	0,00	60,00	0,00	5,00	20,00
Čebula	25	7,62	1,89	4,00	0,00	40,00	2,00	10,00	20,00
Bučka	25	5,08	1,56	0,00	0,00	25,00	0,00	6,00	20,00
Zelje	25	5,44	2,29	0,00	0,00	50,00	0,00	5,00	22,00
Endivija	25	11,18	2,85	5,50	0,00	55,00	0,00	15,00	46,00
Radič	25	14,60	4,24	8,00	0,00	92,00	0,00	20,00	55,00
Paradižnik	25	23,16	2,92	20,00	0,00	50,00	13,00	30,00	50,00
Korenček	25	8,24	3,89	5,00	0,00	100,00	1,50	8,00	13,00
Zg.krompir	25	29,02	10,35	5,50	0,00	200,00	0,00	25,00	150,00
ZELO ONESNAŽENA ($[Cd]_{da} = 8-11,9$ mg/kg s. s.)									
Rdeča pesa	8	0,25	0,25	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	2,00
Čebula	8	4,50	2,32	2,50	0,00	20,00	0,50	5,00	20,00
Bučka	8	10,00	4,23	5,00	0,00	30,00	0,00	20,00	30,00
Zelje	8	10,00	4,23	5,00	0,00	30,00	0,00	20,00	30,00
Endivija	8	5,88	2,68	3,50	0,00	20,00	0,00	10,00	20,00
Radič	8	2,75	1,84	0,00	0,00	15,00	0,00	3,50	15,00
Paradižnik	8	26,38	8,23	20,00	10,00	80,00	10,00	30,50	80,00
Korenček	8	4,25	2,35	2,50	0,00	20,00	0,00	4,50	20,00
Zg.krompir	8	6,25	4,98	0,00	0,00	40,00	0,00	5,00	40,00
KRITIČNO ONESNAŽENA ($[Cd]_{da} \geq 12$ mg/kg s. s.)									
Rdeča pesa	8	0,63	0,63	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00
Čebula	8	3,00	1,86	0,00	0,00	15,00	0,00	4,50	15,00
Bučka	8	4,00	3,72	0,00	0,00	30,00	0,00	1,00	30,00
Zelje	8	3,38	3,10	0,00	0,00	25,00	0,00	1,00	25,00
Endivija	8	2,94	1,28	2,00	0,00	10,00	0,00	4,75	10,00
Radič	8	13,13	5,90	10,00	0,00	50,00	0,00	17,50	50,00
Paradižnik	8	17,88	4,58	17,50	2,00	40,00	7,00	26,00	40,00
Korenček	8	4,13	1,95	2,00	0,00	15,00	0,00	7,00	15,00
Zg.krompir	8	/	/	/	/	/	/	/	/

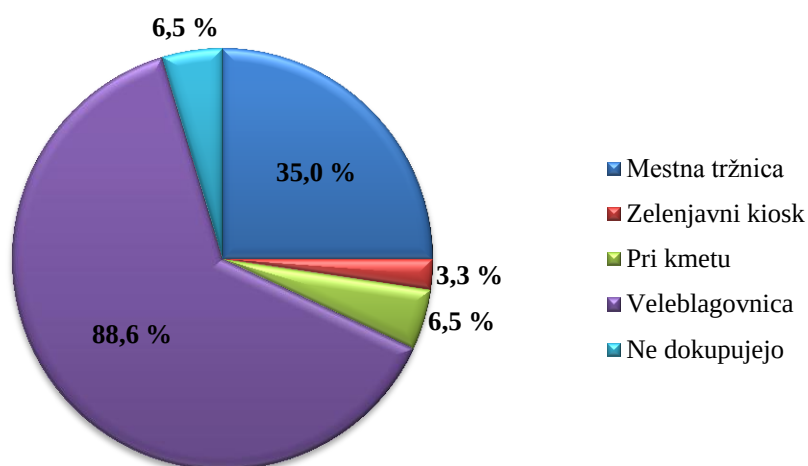
S slike 18 je razvidno, da glede na kategorije onesnaženosti tal vprašani največ na leto pridelajo zg. krompirja na onesnaženih vrtovih (29,0 kg), obenem pa iste vrtnine ne pridelujejo na kritično onesnaženem območju. Največ rdeče pese na leto pridelajo na zmerno onesnaženih vrtovih (7,7 kg), prav tako tudi čebule (14,0 kg), bučk (10,8 kg), endivije (18,8 kg) in korenčka (11,6 kg). Največ zelja pridelajo na neonesnaženih vrtovih (12,2 kg), radiča pa na onesnaženih vrtovih (14,6). Na zelo onesnaženem območju pridelajo največ paradižnika (17,9 kg). Slika 18 tudi nakazuje, da se največ izbranih vrtnin pridelata na zmerno onesnaženih vrtovih, najmanj pa na kritično onesnaženih vrtovih.



Slika 18: Prikaz povprečnega letnega pridelka (kg/leto) izbranih vrtnin glede na kategorije onesnaženosti vrtov

Figure 18: Illustration of the average annual yield (kg/year) of selected vegetables, based on categories of garden contamination

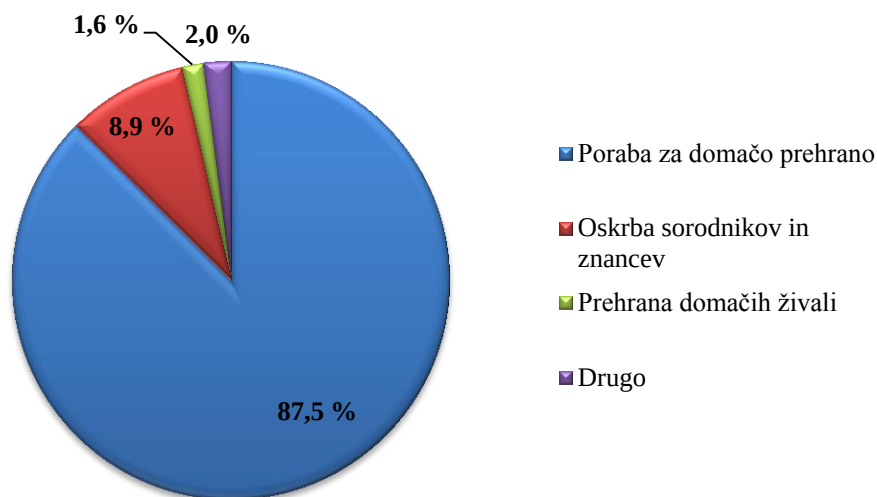
Najpogostejše pridelovalci vrtnin dokupujejo vrtnine v veleblagovnicah (88,6 %), najredkeje (3,3 %) pa v zelenjavnih kioskih (slika 19).



Slika 19: Odstotki (%) lokacij, kjer so ljudje dokupovali vrtnine

Figure 19: Percentages (%) of locations where vegetables were purchased

Vrtnine, ki jih pridelajo na domačem vrtu, anketiranci najpogosteje porabijo za (slika 20) domačo prehrano (87,5 %), delno oskrbujejo z domačimi vrtninami sorodnike in znance (8,9 %), ostalo po porabijo bodisi kot hrano za domače živali (1,6 %) ali pa kot kompost oziroma seme (2,0 %).



Slika 20: Odstotki (%) distribucije vrtnin, ki so pridelane na domačem vrtu
Figure 20: Percentages (%) of home-produced vegetable distribution

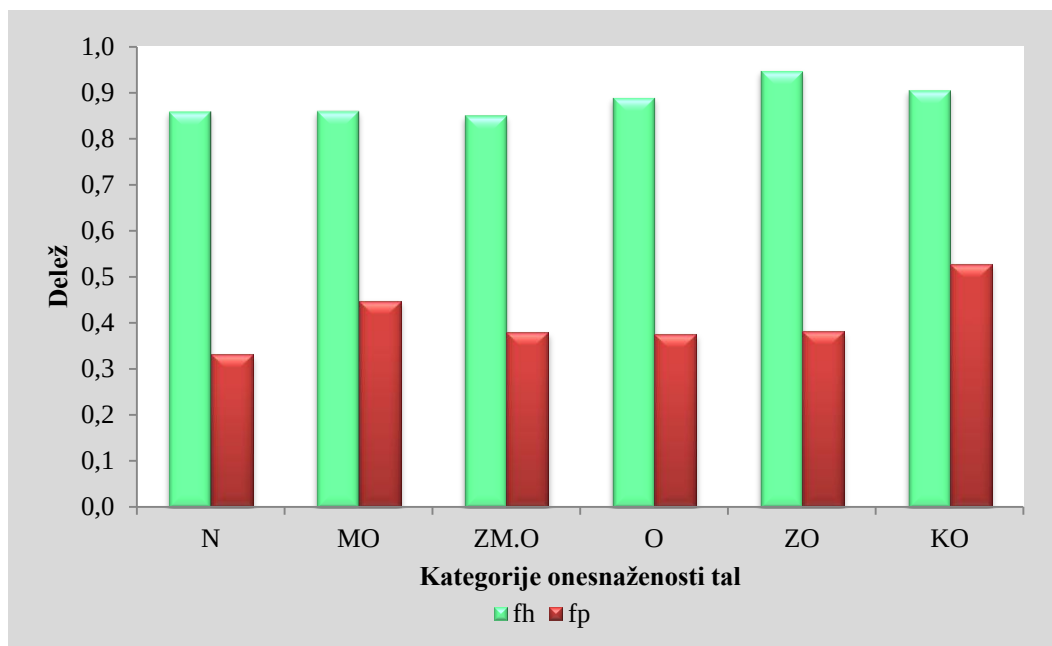
V preglednici 23 so zbrane opisne statistike za delež pridelka izbranih vrtnin, ki ga vprašani porabijo v domačem gospodinjstvu (f_h), in delež, ki ga zaužije anketiranec (f_p) v primerjavi z ostalimi člani v gospodinjstvu. Prav tako so prikazane vrednosti tudi glede na kategorije onesnaženosti tal s kadmijem in glede na spol. Povprečno je bilo 3,5 članov v gospodinjstvu oziroma trije člani so bili v polovici gospodinjstev. Delež povprečno zaužitih vrtnin ženske je 0,39, moškega pa 0,44. Ne glede na spol v opazovani populaciji povprečno zaužijejo 0,40 vrtnin v primerjavi z ostalimi člani v gospodinjstvu.

Preglednica 23: Opisne statistike za delež pridelka, ki ga vsi vprašani porabijo kot živilo v domačem gospodinjstvu (f_h), in delež zaužitih vrtnin vprašanih (f_p) glede na ostale člane v gospodinjstvu ter primerjava glede na kategorije onesnaženosti tal in spol

Table 23: Descriptive statistics for an yield share, which was consumed in all household (f_h) and a share of vegetables which was consumed by garden owners (f_p) with regard to other members of the household and comparison based on the categories of garden contamination and gender

Delež porabe pridelka	n	$\bar{X}$	SE	Me	Min	Maks	Q_1	Q_3	P_{95}
VSI VRTOVI									
f_h	115	0,87	0,02	0,95	0,10	1,00	0,80	1,00	1,00
- ženska	75	0,87	0,02	0,94	0,30	1,00	0,80	1,00	1,00
- moški	40	0,88	0,03	0,98	0,10	1,00	0,80	1,00	1,00
f_p	115	0,40	0,02	0,33	0,05	1,00	0,25	0,50	1,00
- ženska	75	0,39	0,02	0,33	0,05	1,00	0,25	0,50	1,00
- moški	40	0,44	0,04	0,35	0,14	1,00	0,24	0,55	1,00
NEONESNAŽENA ($[Cd]_{da} < 1$ mg/kg s. s.)									
f_h	9	0,86	0,06	0,94	0,55	1,00	0,75	1,00	1,00
- ženska	6	0,85	0,07	0,92	0,55	1,00	0,75	0,95	1,00
- moški	3	0,88	0,12	1,00	0,65	1,00	0,65	1,00	1,00
f_p	9	0,33	0,10	0,25	0,05	1,00	0,20	0,30	1,00
- ženska	6	0,20	0,04	0,23	0,05	0,30	0,09	0,30	0,30
- moški	3	0,60	0,23	0,60	0,20	1,00	0,20	1,00	1,00
MALO ONESNAŽENA ($[Cd]_{da} = 1-1,9$ mg/kg s. s.)									
f_h	32	0,86	0,04	0,95	0,10	1,00	0,80	1,00	1,00
- ženska	21	0,86	0,04	0,93	0,40	1,00	0,80	0,98	1,00
- moški	11	0,86	0,08	1,00	0,10	1,00	0,80	1,00	1,00
f_p	32	0,45	0,04	0,38	0,11	1,00	0,25	0,55	1,00
- ženska	21	0,43	0,05	0,40	0,11	1,00	0,25	0,50	0,75
- moški	11	0,48	0,09	0,35	0,20	1,00	0,25	0,75	1,00
ZMerno ONESNAŽENA ($[Cd]_{da} = 2-3,9$ mg/kg s. s.)									
f_h	33	0,85	0,03	0,90	0,45	1,00	0,79	0,98	1,00
- ženska	23	0,85	0,03	0,90	0,45	1,00	0,75	1,00	1,00
- moški	10	0,85	0,05	0,88	0,55	1,00	0,79	0,97	1,00
f_p	33	0,38	0,04	0,33	0,09	1,00	0,25	0,50	1,00
- ženska	23	0,37	0,04	0,33	0,09	1,00	0,25	0,50	0,60
- moški	10	0,40	0,08	0,34	0,15	1,00	0,23	0,40	1,00
ONESNAŽENA ($[Cd]_{da} = 4-7,9$ mg/kg s. s.)									
f_h	25	0,89	0,04	0,99	0,30	1,00	0,80	1,00	1,00
- ženska	16	0,89	0,05	0,98	0,30	1,00	0,85	1,00	1,00
- moški	9	0,89	0,06	1,00	0,50	1,00	0,80	1,00	1,00
f_p	25	0,38	0,04	0,33	0,10	0,80	0,25	0,50	0,70
- ženska	16	0,35	0,04	0,33	0,10	0,70	0,23	0,45	0,70
- moški	9	0,43	0,07	0,50	0,14	0,80	0,25	0,50	0,80
ZELO ONESNAŽENA ($[Cd]_{da} = 8-11,9$ mg/kg s. s.)									
f_h	8	0,95	0,04	0,99	0,70	1,00	0,95	1,00	1,00
- ženska	4	0,98	0,01	0,99	0,95	1,00	0,97	1,00	1,00
- moški	4	0,91	0,07	0,98	0,70	1,00	0,83	1,00	1,00
f_p	8	0,38	0,06	0,33	0,20	0,70	0,23	0,53	0,70
- ženska	4	0,43	0,06	0,42	0,33	0,55	0,33	0,53	0,55
- moški	4	0,34	0,12	0,23	0,20	0,70	0,20	0,48	0,70
KRITIČNO ONESNAŽENA ($[Cd]_{da} \geq 12$ mg/kg s. s.)									
f_h	8	0,91	0,06	0,98	0,50	1,00	0,90	1,00	1,00
- ženska	5	0,85	0,09	0,90	0,50	1,00	0,90	0,95	1,00
- moški	3	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
f_p	8	0,53	0,11	0,40	0,30	1,00	0,32	0,75	1,00
- ženska	5	0,61	0,16	0,45	0,30	1,00	0,30	1,00	1,00
- moški	3	0,39	0,05	0,35	0,33	0,50	0,33	0,50	0,50

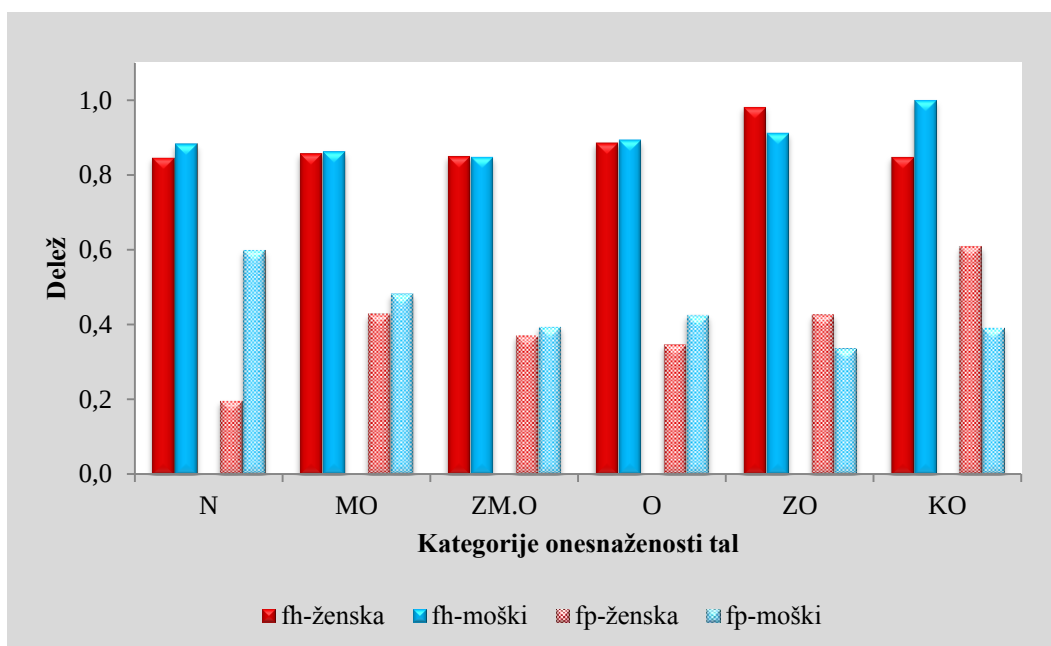
Zelo onesnaženo (0,95) in kritično onesnaženo območje (0,91) malo odstopata od ostalih območij onesnaženosti (cca. 0,86) v deležu pridelanih vrtnin, ki se uporabljajo za domačo potrošnjo, glede na kategorije onesnaženosti tal s kadmijem. Prav tako kritično območje malo odstopa (0,53) od ostalih območij (cca. 0,38) v deležu zaužitih vrtnin vprašanega v primerjavi z ostalimi člani v gospodinjstvu (slika 21).



Slika 21: Povprečni delež izbranih pridelanih vrtnin, ki ga vprašani porabijo v domačem gospodinjstvu (f_h), in delež, ki ga zaužije vprašani (f_p) v primerjavi z ostalimi člani v gospodinjstvu, glede na kategorije onesnaženosti tal

Figure 21: An average share of selected vegetables, which was consumed in household (f_h) and a share of vegetables which was consumed by garden owners (f_p) with regard to other members of the household, based on categories of garden contamination

Slika 22 prikazuje primerjavo deležev pridelanih živil, ki so namenjeni za potrošnjo v lastnem gospodinjstvu, in delež, ki ga zaužije vprašani v primerjavi z ostalimi člani v gospodinjstvu, glede na spol v posamezni kategoriji onesnaženosti tal. Najbolj očitne razlike med spoloma so na neonesnaženem območju in kritičnem območju. Pri prvem je delež, ki ga zaužije moški (0,60), v primerjavi z ostalimi člani, večji kot za žensko (0,20). Obratno velja za kritično območje, kjer je delež za moškega (0,39) manjši kot za žensko (0,61). S slike je tudi razvidno, da na kritičnem območju moški ves pridelek (1,0) potrošijo v lastnem gospodinjstvu; za žensko je ta delež 0,85. Na ostalih kategorijah onesnaženosti tal ni večjih razlik med spoloma v deležih pridelanih živil, namenjenih za porabo v gospodinjstvu.

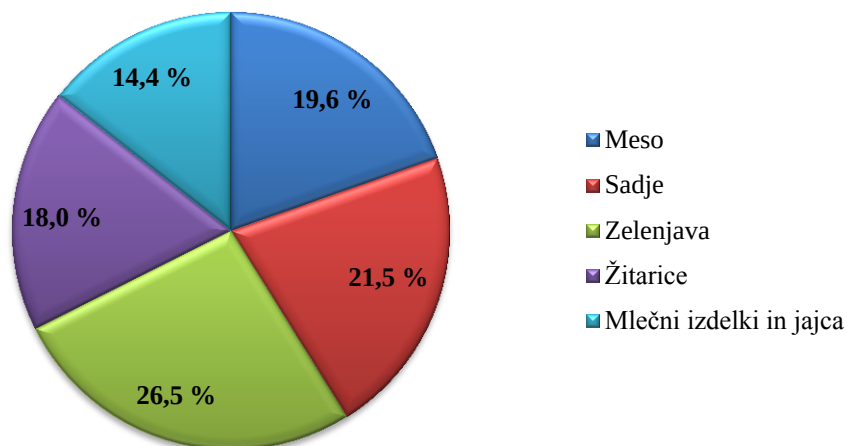


Slika 22: Delež izbranih pridelanih vrtnin, ki ga vprašani porabijo za zaužitje v domačem gospodinjstvu (f_h), in delež, ki ga zaužije anketiranec (f_p) v primerjavi z ostalimi člani v gospodinjstvu, glede na spol in kategorije onesnaženosti tal

Figure 22: An average share of selected vegetables, which was consumed in household (fh) and a share of vegetables which was consumed by garden owners (fp) with regard to other members of the household, based on gender and categories of garden contamination

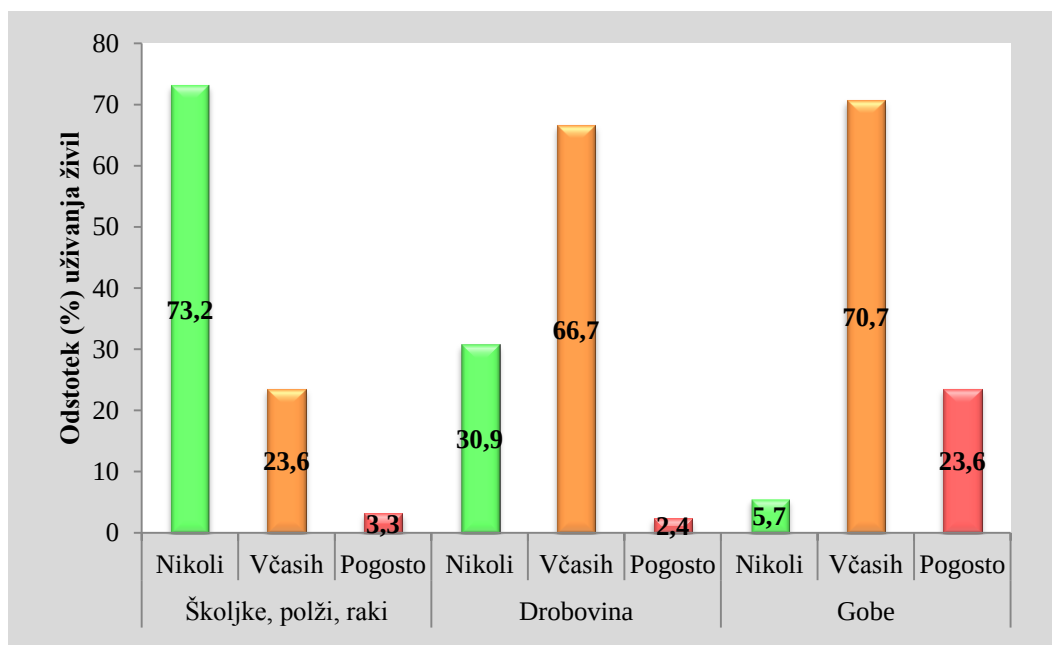
Vprašani na dan povprečno popijejo 1,2 l pitne vode iz javnega vodovoda. Ženske povprečno popijejo 0,4 l vode več kot moški (1,0 l/dan). Največja količina popite vode je 4 l/dan (ženska). Devet ljudi je odgovorilo, da ne pijejo vode iz javnega vodovoda.

S slike 23 je razvidno, da imajo anketiranci večinoma uravnoteženo prehrano in povprečno ni večjih odstopanj med uživanjem različnih vrst živil. Najbolj pogosto uživajo zelenjavo (26,5 %) in sadje (21,5 %). Sledijo meso (19,6 %), žitni izdelki (18,0 %) ter mlečni izdelki in jajca (14,4 %). V primeru uživanja mesa in žitnih izdelkov so trije odgovorili, da jih ne uživajo, šest anketirancev pa v svoji prehrani nimajo vključenih mlečnih izdelkov in jajc.



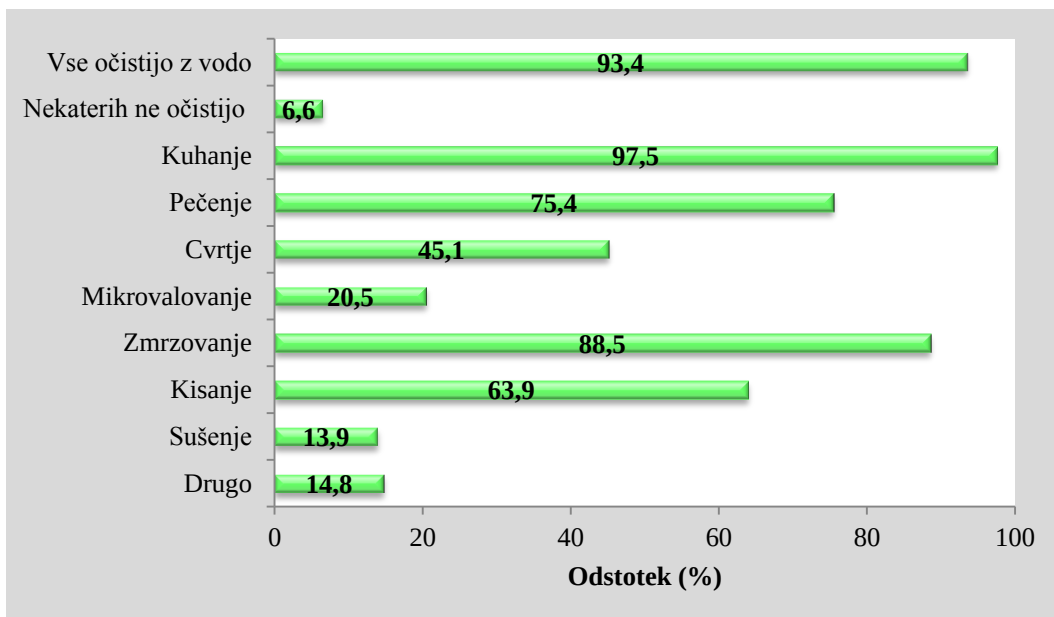
Slika 23: Odstotek (%) zaužitih živil vsakodnevne prehrane
Figure 23: Percentage (%) of consumed food in daily diet

V opazovani populaciji se je 73,2 % ljudi opredelilo, da nikoli ne uživajo školjk, polžev in rakov (slika 24). Drobovino uživajo včasih (66,7 %) ali je ne uživajo (30,9 %). Gobe so najbolj pogosto vključene v prehrano v primerjavi z drobovino ter školjkami, polži in raki. Včasih gobe zaužije 70,7 % vprašanih, pogosto pa 23,6 %.



Slika 24: Odstotek (%) pogostosti uživanja drobovine, gob in školjk, polžev, rakov v opazovani populaciji
Figure 24: Percentage (%) of frequency of consumption of offal, mushrooms, and shellfish, snails, crabs in the observed population

S slike 25 je razvidno, da vprašani večinoma pridelane vrtnine pred zaužitjem očistijo z vodo (93,4 %). Preostalih 6,6 % vprašanih je odgovorilo, da večinoma očistijo vse vrtnine, le nekaterih, t.j. grah, redkvica, paradižnik, ne očistijo z vodo (6,6 %). Najpogostejše vrtnine kuhajo (97,5 %), zmrzujejo (88,5 %), pečejo (75,4 %) in kisajo (63,9 %). Slaba polovica (45,1 %) uporablja cvrtje za predelavo vrtnin pred zaužitjem. Mikrovalovanje (20,5 %) uporabljajo predvsem za pogrevanje hrane. Redkeje uporabljajo druge (npr. priprava mezge) načine predelave (14,8 %) in sušenje vrtnin (13,9 %).



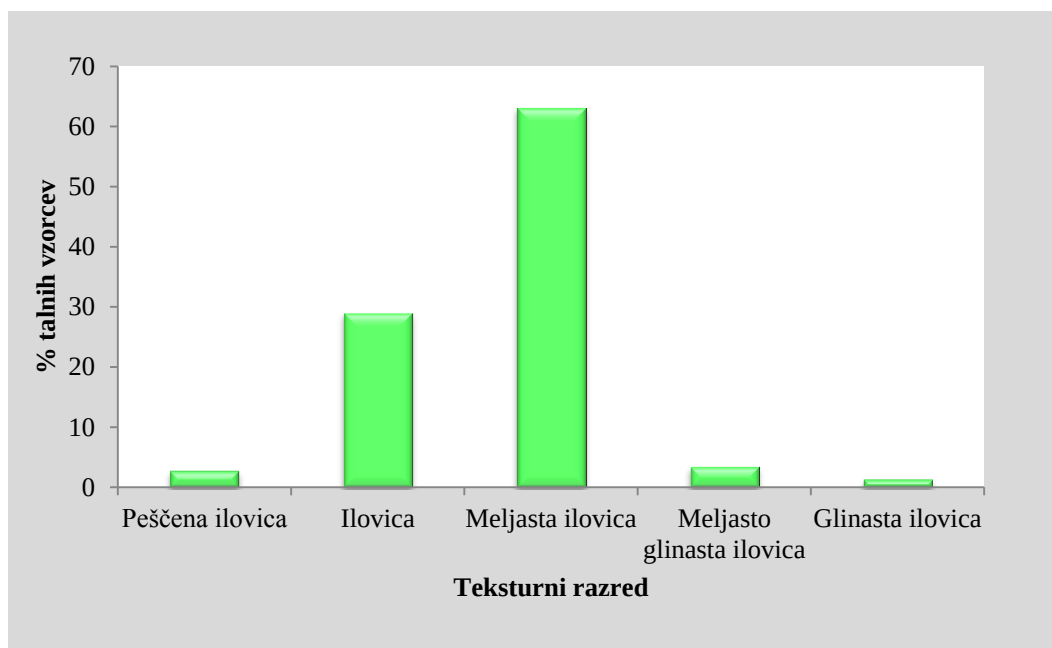
Slika 25: Odstotek (%) načinov priprave pridelanih vrtnin preden jih ljudje zaužijejo
Figure 25: Percentage (%) of vegetable preparations before consumption

4.3 REZULTATI MERITEV TALNIH VZORCEV

V pričujočem poglavju so obravnavani osnovni pedološki parametri (delež organske snovi, pH-vrednost, delež gline in teksturni razred) talnih vzorcev z vrtov opazovane populacije in vsebnosti elementov (kadmij, svinec, cink, mangan in baker). Velja opozoriti, da smo v primeru, ko je bila na delu vrta izvedena zamenjava tal oz. so bila poplavljenjena, vzeli dva ločena vzorca, tj. avtohtona tla in zamenjana oziroma poplavljenjena tla. Posledično je bilo število vseh talnih vzorcev z vrtov 141.

4.3.1 Osnovni pedološki parametri in vsebnost onesnažil

Slika 26 opisuje odstotek talnih vzorcev v posameznem teksturnem razredu glede na ameriško teksturno klasifikacijo (Soil Survey..., 1992). Največji odstotek vzorcev (63,1 %) se uvršča med meljasto ilovico in ilovico (29,1 %). V manjšem delu se talni vzorci uvrščajo med meljasto glinasto ilovico (3,5 %), peščeno ilovico (2,8 %) in glinasto ilovico (1,4 %).



Slika 26: Odstotek (%) talnih vzorcev z vrtov (n=141) v posameznem teksturnem razredu glede na ameriško teksturno klasifikacijo (Soil Survey ..., 1992)

Figure 26: Percentages of soil samples from gardens (n=141) according to the texture class, using American Soil Classification (Soil Survey ..., 1992)

Osnovni pedološki parametri in vsebnost elementov za 141 talnih vzorcev so podani v preglednici 24. Povprečna pH-vrednost v talnih vzorcih je bila 6,8. Najmanjša izmerjena pH-vrednost tal je bila 6,0, največja pa 7,5. Povprečni odstotek organske snovi in mediana sta identična (6,4 %). Polovica talnih vzorcev variira med 5,3 in 7,4 % organske snovi.

Povprečna vsebnost glin v talnih vzorcih je bila 17,6 %. Polovica vzorcev je imela odstotek glin večji od 16,6.

Povprečni vsebnosti kadmija (4,5 mg/kg s. s.) in svinca (158,8 mg/kg s. s.) sta presegli zakonodajni opozorilni vrednosti (Uredba o mejnih ..., 1996), povprečna vsebnost cinka (736,7 mg/kg s. s.) pa je presegla tudi zakonodajno kritično vrednost. Povprečna vsebnost bakra (47,1 mg/kg s. s.) je bila pod zakonodajno mejno vrednostjo.

Polovica izmerjenih vsebnosti kadmija je bila večja oziroma manjša od 2,6 mg/kg s. s.. Vrednosti so variirale med 1,5 in 5,5 mg/kg s. s.. Najmanjša izmerjena vsebnost kadmija v talnih vzorcih je bila 0,2 mg/kg s. s., največja pa 43,0 mg/kg s. s., kar je skoraj štirikrat več, kot je kritična imisijska vrednost (Uredba o mejnih ..., 1996).

Bistvenih razlik med povprečno vsebnostjo bakra in mediano ni. Največja izmerjena vsebnost bakra presega zakonodajno opozorilno vrednost. Največji izmerjeni vsebnosti svinca in cinka pa močno presegata zakonodajno kritično vrednost. Na primeru cinka je največja vsebnost presežena za osemkrat. Posledično je tudi velika razlika med povprečno vsebnostjo cinka in mediano.

Preglednica 24: Opisne statistike za osnovne pedološke parametre in elemente v talnih vzorcih ter pripadajoče zakonodajne vrednosti za onesnažila glede na Uredbo o mejnih ..., 1996

Table 24: Descriptive statistics for soil characteristics and elements in soil samples and associated legislative levels for contaminants (Uredba o mejnih ..., 1996)

Talne lastnosti	n	$\bar{X}$	Me	Min	Maks	Q ₁	Q ₃	Mejna vrednost	Opozorilna vrednost	Kritična vrednost
pH-vrednost	141	6,8	6,9	6,0	7,5	6,7	7,0			
OS (%)	141	6,4	6,4	1,3	13,8	5,3	7,4			
Glina (%)	141	17,6	16,6	7,9	38,9	14,1	20,4			
[Cd] (mg/kg s. s.)	141	4,5	2,6	0,2	43,0	1,5	5,5	1	2	12
[Cu] (mg/kg s. s.)	141	47,1	43,1	11,3	178,9	31,3	58,9	60	100	300
[Pb] (mg/kg s. s.)	141	158,8	113,9	18,0	975,7	64,2	173,4	85	100	530
[Zn] (mg/kg s. s.)	141	736,7	489,0	69,0	5898,0	266,0	887,0	200	300	720
[Mn] (mg/kg s.s.)	141	743,6	649,0	275,0	2608,0	546,0	841,0			

Kjer je: presežena mejna vrednost presežena opozorilna vrednost presežena kritična vrednost

Pearsonov koeficient korelacije (preglednica 25) med talnimi lastnostmi je pokazal močno linearno korelacijo med vsebnostjo kadmija in vsebnostjo bakra (0,64), cinka (0,92) in svinca (0,76). Šibka korelacija je bila med vsebnostmi kadmija in organske snovi (0,28). Linearne korelacije ni bilo med vsebnostjo kadmija ter vsebnostjo mangana (0,00), glino (-0,09) in pH-vrednostjo (-0,25) tal.

Preglednica 25: Pearson-ov koeficient korelacije med vsebnostjo kadmija v tleh in nekaterimi talnimi lastnostmi v vzorcih tal z vrtov (n=141)

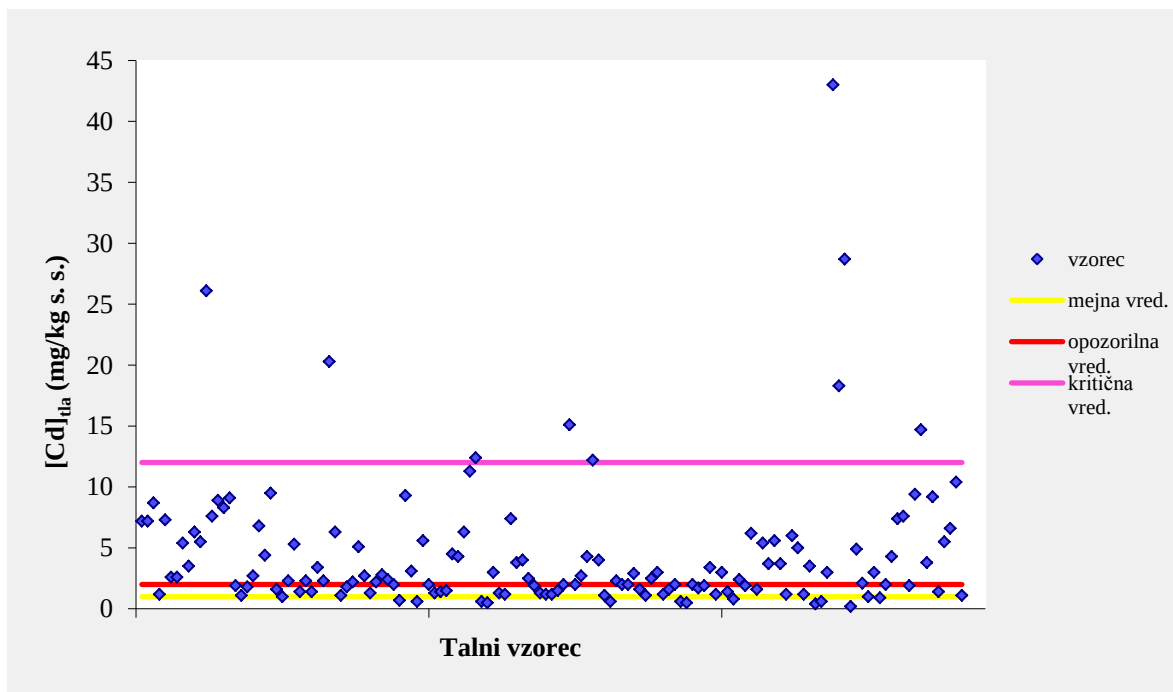
Table 25: Pearson's correlation coefficients between Cd in soil and selected soil properties (n=141)

	[Cu] _{tl}	[Zn] _{tl}	[Mn] _{tl}	[Pb] _{tl}	Glina	OS	pH-vrednost
[Cd] _{tl}	0,64***	0,92***	0,00	0,76***	-0,09	0,28*	-0,25

p < 0,001 ***; p < 0,01 **; p < 0,05 *

4.3.1.1 Vsebnost kadmija v talnih vzorcih

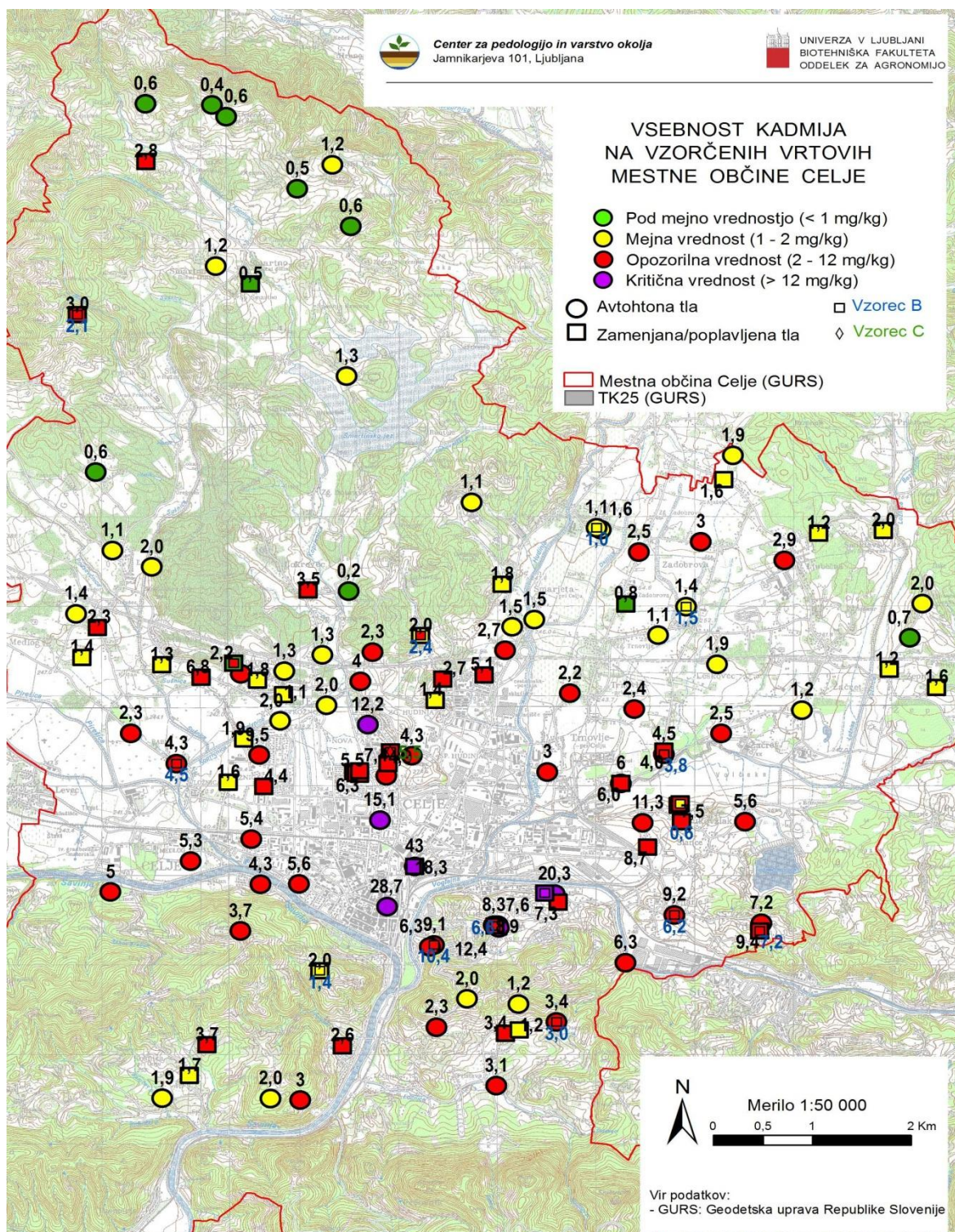
V 9-ih primerih od 141-ih talnih vzorcev je bila izmerjena vsebnost kadmija večja, kot je določena kritična vrednost (12 mg/kg s. s.) za kadmij v tleh v slovenski zakonodaji (Uredba o mejnih ..., 1996). Najpogosteje so se vsebnosti kadmija v vzorcih gibale med opozorilno in kritično vrednostjo (73 vzorcev). Med mejno in opozorilno vrednostjo je imelo vsebnost kadmija 47 vzorcev. Neonesnaženih vzorcev je bilo 12 (slika 27).



Slika 27: Vsebnost kadmija (mg/kg s.s.) v talnih vzorcih z vrtov glede na Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (1996)

Figure 27: The concentration of cadmium (mg/kg DW) in garden soil samples, according to Decree on limit values, alert thresholds and critical levels of dangerous substances into the soil (1996)

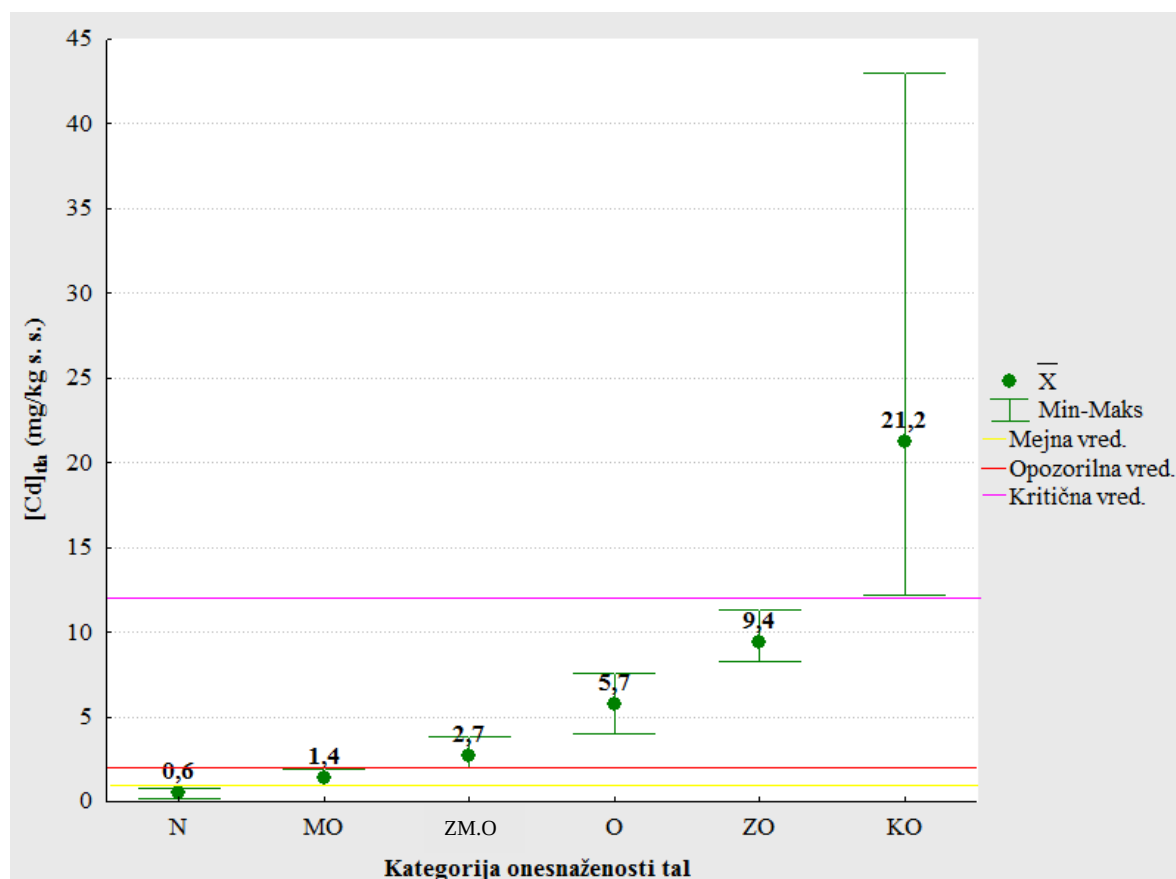
Prostorski prikaz vsebnosti kadmija (mg/kg s. s.) v talnih vzorcih glede na zakonodajne vrednosti (Uredba o mejnih ..., 1996) je ilustriran na sliki 28. Na severu MOC prevladujejo vsebnosti kadmija v tleh pod mejno vrednostjo (<1 mg/kg s. s.). Vsebnosti kadmija v tleh se ob avtocesti in na jugu občine gibljejo med mejno (1 mg/kg s. s.) in opozorilno vrednostjo (2 mg/kg s. s.), vendar pod kritično vrednostjo (≥ 12 mg/kg s. s.). Slednja se najpogosteje pojavlja v mestnem jedru in na območju, kjer je v preteklosti delovala topilnica cinka.



Slika 28: Prostorski prikaz vsebnosti kadmija (mg/kg s. s.) v talnih vzorcih vrtov na območju MOC. Vzorec B ali C se nanaša na vrtove, kjer so bila na delu vrta tla zamenjana/poplavljenja in smo zato vzorčili dodatne dele vrta (kart. podl. MOC, 1997)

Figure 28: Spatial display of cadmium concentration (mg/kg DW) in garden soil samples in the Municipality of Celje. Samples B and C refers to soil samples which were collected on gardens where one part of garden was flooded or soil was replaced and therefore additional parts of the garden was sampled (char. basis of MOC, 1997)

Slika 29 prikazuje povprečno vsebnost kadmija v talnih vzorcih glede na kategorije onesnaženosti tal, ki so opredeljene v tretjem poglavju Material in metode, podpoglavje 3.3.1 Določitev vsebnosti kadmija v talnih vzorcih. Z ozirom na kategorije onesnaženosti tal je bila povprečna vsebnost kadmija v tleh v skladu z zakonodajo le v neonesnaženih tleh (0,6 mg/kg s. s.). Ostale kategorije onesnaženosti tal so bodisi presegle mejno vrednost (malo onesnažena tla – 1,4 mg/kg s. s.), opozorilno (zmerno onesnažena – 2,7 mg/kg s. s.; onesnažena – 5,7 mg/kg s. s. in zelo onesnažena tla – 9,4 mg/kg s. s.) ali pa kritično vrednost (kritično onesnažena tla – 21,2 mg/kg s. s.).



Slika 29: Povprečne vsebnosti kadmija (mg/kg s. s.) v 141 talnih vzorcih z zakonodajnimi vrednostmi (Uredba o mejnih ..., 1996) glede na postavljene kategorije onesnaženosti tal

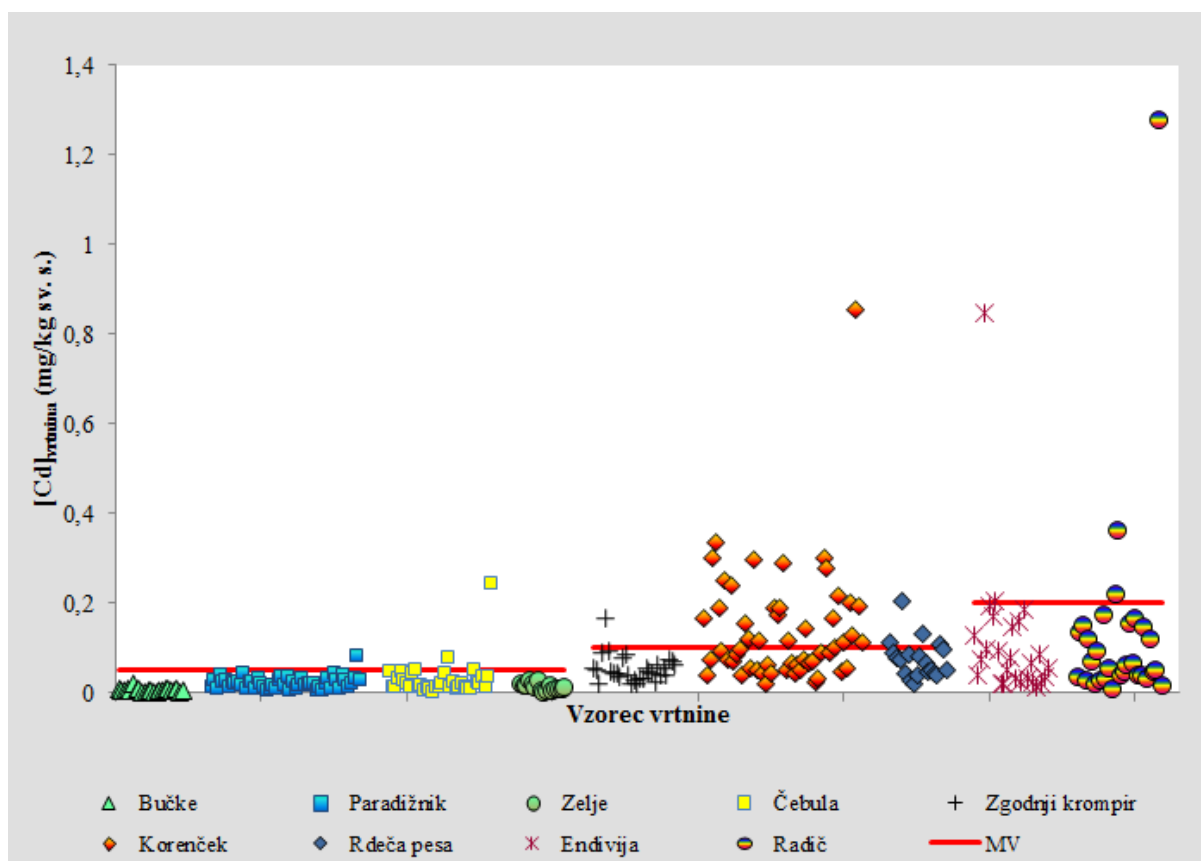
Figure 29: The average concentrations of cadmium (mg/kg DW) in 141 soil samples, with legislative levels (Uredba o mejnih ..., 1996), based on categories of soil contamination

4.4 VSEBNOST KADMIJA V VZORCIH VRTNIN

V sledečem poglavju so predstavljeni rezultati analiz vzorcev vrtnin, ki smo jih vzorčili bodisi neposredno na vrtu opazovane populacije ali pa kupili tam, kjer jih na podlagi anketnega vprašalnika najpogosteje kupijo vprašani. Nadalje je tabelarično prikazana primerjava med vsebnostjo kadmija v kupljenih vrtninah, vrtninah z vrtov in glede na kategorije onesnaženosti vrtov s kadmijem. Na koncu so prikazani še vplivi kuhanja na krompir, korenček in rdečo peso na vsebnost kadmija.

4.4.1 Rezultati meritev vzorcev vrtnin z vrtov in s trga

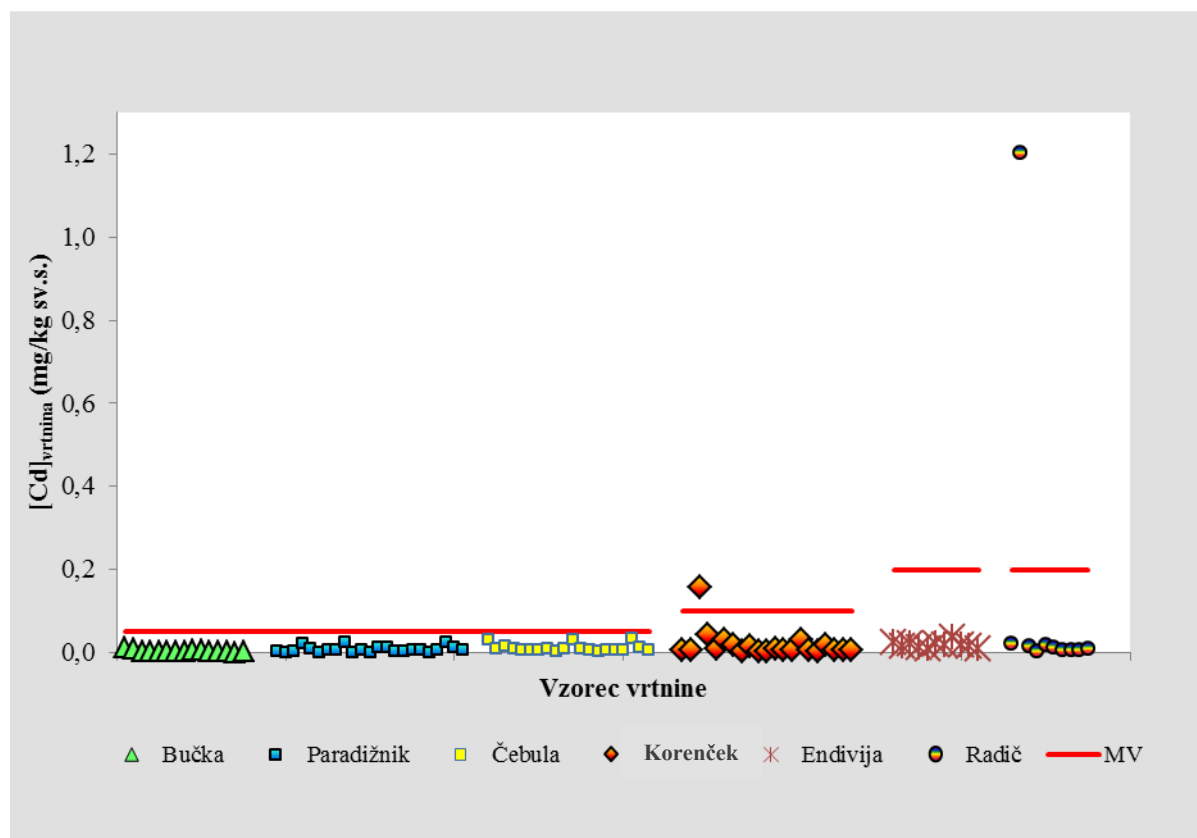
Slika 30 prikazuje število in vrsto vrtnin, ki najpogosteje presegajo mejne vrednosti za kadmij (Uredba komisije ..., 2006). Najpogosteje presežena vsebnost kadmija je bila v korenčku (27-krat). Sledita rdeča pesa in čebula (4-krat), radič (3-krat), endivija (2-krat) ter paradižnik in zgodnji krompir (1-krat). Mejna vrednost ni bila presežena v vzorcih bučk in zelja.



Slika 30: Vsebnosti kadmija (mg/kg sv. s.) v 287-ih izbranih vzorcih vrtnin in mejne vrednosti (MV) kadmija (mg/kg sv. s.) v vrtninah, ki so določene v Uredbi komisije (2006)

Figure 30: The concentration of cadmium (mg/kg FW) in 287 vegetable samples, with legislation maximum levels (MV) of cadmium in vegetables (Uredba komisije ..., 2006)

V kupljenih vrtninah je bila presežena mejna vrednost le enkrat v korenčku in enkrat v radiču (slika 31). Obe vrtnini sta bili vzorčeni na mestni tržnici (Karo Bešter in sod., 2013a).



Slika 31: Vsebnost kadmija (mg/kg sv. s.) v 100-tih vzorcih vrtnin, kupljenih na trgu in mejne vrednosti (MV) vsebnosti Cd (mg/kg sv. s.) v vrtninah, ki so določene v Uredbi komisije (2006) (Karo Bešter in sod., 2013a)

Figure 31: The concentration of cadmium (mg/kg FW) in 100 purchased vegetable sample, with legislation maximum levels (MV) of cadmium concentrations in vegetables (Uredba komisije ..., 2006) (Karo Bešter et al., 2013a)

V preglednici 26 ter sliki 32 so prikazani osnovni statistični parametri (za kupljene vzorce vrtnin in z vrto) s pripadajočimi mejnimi vrednostmi. V vrtninah je le povprečna vsebnost kadmija (0,139 mg/kg sv. s.) v korenčku z vrto presegla mejno vrednost. Najmanjša vsebnost kadmija je bila pri kupljenem paradižniku (0,0003 mg/kg sv. s.) oziroma pri bučki (0,0008 mg/kg sv. s.) z vrta, največja pa je bila v radiču; tako v kupljenem (1,20 mg/kg sv. s.) kot tudi z vrta (1,28 mg/kg sv. s.). Vrednost 95. percentila je bila presežena v čebuli (0,08 mg/kg sv. s.), korenčku (0,30 mg/kg sv. s.), rdeči pesi (0,17 mg/kg sv. s.), endiviji (0,21 mg/kg sv. s.) in radiču (0,36 mg/kg sv. s.) z vrta. Pri slednjem je bila vrednost presežena (1,20 mg/kg sv. s.) tudi pri kupljenem.

Preglednica 26: Opisne statistike za vsebnost kadmija (mg/kg sv. s.) v vrtninah, z vrtov in s trga ter glede na onesnaženost vrta s kadmijem

Table 26: Descriptive statistics for the concentration of cadmium (mg/kg FW) in home-produced and purchased vegetables and based on the categories of soil contamination with cadmium

$\bar{x}$										Mejna vrednost
	n	(mg/kg sv. s.)	SE	Me	Min	Maks	Q_1	Q_2	P_{95}	(mg/kg sv. s.)
Bučka										
TRG	15	0,003	0,001	0,002	0,001	0,011	0,002	0,005	0,011	0,05
VRT	23	0,006	0,001	0,005	0,000	0,020	0,004	0,008	0,011	
Kategorija onesnaženosti tal (mg/kg s.s.)										
N (< 1)	1	/	/	/	/	/	/	/	/	
MO (1-1,9)	6	0,004	0,001	0,005	0,001	0,010	0,002	0,005	0,010	
ZM.O (2-3,9)	9	0,004	0,001	0,004	0,002	0,008	0,003	0,005	0,008	
O (4-7,9)	6	0,009	0,002	0,008	0,004	0,020	0,005	0,011	0,020	
ZO (8-11,9)	0	/	/	/	/	/	/	/	/	
KO (≥12)	1	/	/	/	/	/	/	/	/	
Paradižnik										
TRG	23	0,007	0,002	0,006	0,000	0,026	0,002	0,011	0,023	0,05
VRT	52	0,023	0,002	0,021	0,006	0,080	0,013	0,029	0,044	
Kategorija onesnaženosti tal (mg/kg s.s.)										
N (< 1)	3	0,012	0,005	0,007	0,006	0,022	0,006	0,022	0,022	
MO (1-1,9)	13	0,015	0,002	0,013	0,006	0,029	0,009	0,019	0,029	
ZM.O (2-3,9)	20	0,020	0,002	0,021	0,008	0,033	0,013	0,026	0,033	
O (4-7,9)	10	0,032	0,003	0,031	0,014	0,046	0,025	0,041	0,046	
ZO (8-11,9)	1	/	/	/	/	/	/	/	/	
KO (≥12)	5	0,041	0,010	0,035	0,024	0,080	0,028	0,036	0,080	
Zelje										
TRG	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,05
VRT	16	0,014	0,002	0,013	0,002	0,030	0,007	0,018	0,030	
Kategorija onesnaženosti tal (mg/kg s.s.)										
N (< 1)	1	/	/	/	/	/	/	/	/	
MO (1-1,9)	6	0,011	0,003	0,012	0,002	0,020	0,004	0,016	0,020	
ZM.O (2-3,9)	4	0,009	0,002	0,008	0,004	0,015	0,005	0,012	0,015	
O (4-7,9)	4	0,020	0,004	0,020	0,010	0,029	0,013	0,026	0,029	
ZO (8-11,9)	1	/	/	/	/	/	/	/	/	
KO (≥12)	0	/	/	/	/	/	/	/	/	
Čebula										
TRG	20	0,010	0,002	0,007	0,003	0,034	0,004	0,010	0,032	0,05
VRT	36	0,030	0,007	0,019	0,003	0,243	0,013	0,036	0,077	
Kategorija onesnaženosti tal (mg/kg s.s.)										
N (< 1)	3	0,009	0,001	0,011	0,006	0,011	0,006	0,011	0,011	
MO (1-1,9)	10	0,015	0,002	0,013	0,003	0,029	0,011	0,021	0,029	
ZM.O (2-3,9)	14	0,022	0,003	0,016	0,012	0,051	0,015	0,024	0,051	
O (4-7,9)	6	0,041	0,003	0,041	0,031	0,051	0,034	0,046	0,051	
ZO (8-11,9)	0	/	/	/	/	/	/	/	/	
KO (≥12)	2	/	/	/	/	/	/	/	/	

se nadaljuje

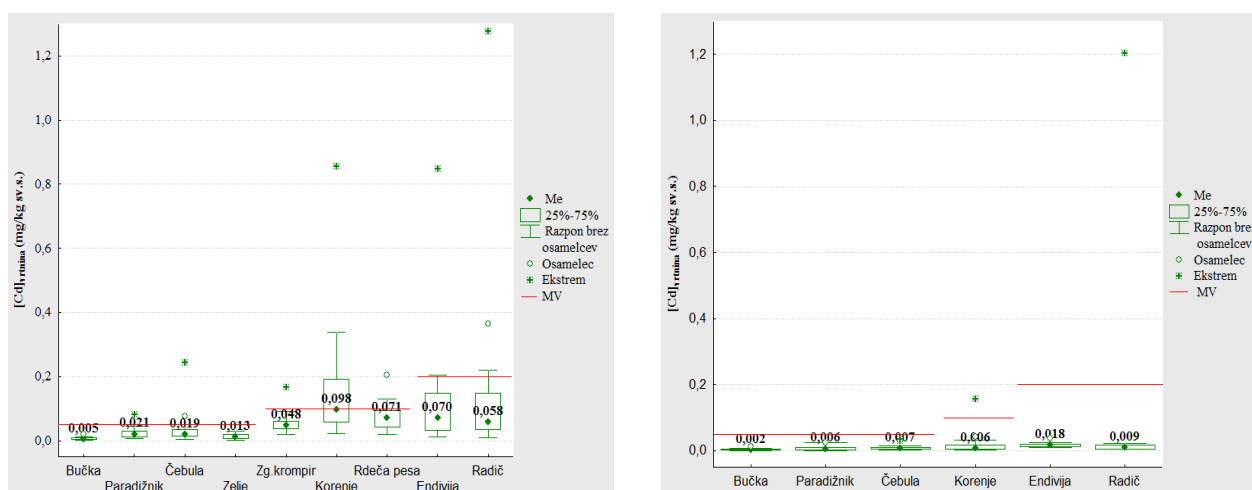
nadaljevanje

$\bar{X}$										Mejna vrednost (mg/kg sv.s.)
	n	(mg/kg sv.s)	SE	Me	Min	Maks	Q ₁	Q ₂	P ₉₅	
Zgodnji krompir										
TRG	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,10
VRT	29	0,054	0,006	0,048	0,020	0,167	0,037	0,062	0,092	
Kategorija onesnaženosti tal (mg/kg s.s.)										
N (< 1)	1	/	/	/	/	/	/	/	/	
MO (1-1,9)	8	0,038	0,004	0,035	0,024	0,062	0,030	0,045	0,062	
ZM.O (2-3,9)	12	0,046	0,005	0,044	0,020	0,075	0,039	0,056	0,075	
O (4-7,9)	6	0,070	0,007	0,069	0,048	0,090	0,055	0,088	0,090	
ZO (8-11,9)	1	/	/	/	/	/	/	/	/	
KO (≥12)	1	/	/	/	/	/	/	/	/	
Korenček										
TRG	21	0,018	0,007	0,006	0,002	0,157	0,004	0,017	0,041	0,10
VRT	55	0,139	0,017	0,098	0,022	0,854	0,057	0,191	0,300	
Kategorija onesnaženosti tal (mg/kg s.s.)										
N (< 1)	4	0,045	0,008	0,050	0,023	0,057	0,034	0,056	0,057	
MO (1-1,9)	13	0,065	0,007	0,064	0,022	0,118	0,047	0,090	0,118	
ZM.O (2-3,9)	21	0,118	0,016	0,102	0,032	0,300	0,066	0,142	0,279	
O (4-7,9)	9	0,170	0,024	0,165	0,073	0,298	0,113	0,216	0,298	
ZO (8-11,9)	3	0,259	0,042	0,250	0,191	0,337	0,191	0,337	0,337	
KO (≥12)	5	0,362	0,126	0,290	0,174	0,854	0,193	0,300	0,854	
Rdeča pesa										
TRG	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,10
VRT	20	0,075	0,010	0,071	0,020	0,205	0,043	0,095	0,168	
Kategorija onesnaženosti tal (mg/kg s.s.)										
N (< 1)	3	0,041	0,007	0,043	0,029	0,051	0,029	0,051	0,051	
MO (1-1,9)	5	0,039	0,005	0,042	0,020	0,050	0,038	0,046	0,050	
ZM.O (2-3,9)	10	0,086	0,008	0,084	0,044	0,131	0,074	0,099	0,131	
O (4-7,9)	2	/	/	/	/	/	/	/	/	
ZO (8-11,9)	0	/	/	/	/	/	/	/	/	
KO (≥12)	0	/	/	/	/	/	/	/	/	
Endivija										
TRG	11	0,019	0,002	0,018	0,010	0,038	0,012	0,021	0,038	0,20
VRT	26	0,112	0,032	0,070	0,013	0,847	0,032	0,147	0,206	
Kategorija onesnaženosti tal (mg/kg s.s.)										
N (< 1)	3	0,046	0,023	0,025	0,021	0,092	0,021	0,092	0,092	
MO (1-1,9)	7	0,038	0,006	0,033	0,021	0,066	0,023	0,052	0,066	
ZM.O (2-3,9)	10	0,098	0,021	0,081	0,013	0,193	0,040	0,161	0,193	
O (4-7,9)	5	0,135	0,024	0,127	0,074	0,206	0,096	0,172	0,206	
ZO (8-11,9)	0	/	/	/	/	/	/	/	/	
KO (≥12)	1	/	/	/	/	/	/	/	/	
Radič										
TRG	10	0,129	0,119	0,009	0,004	1,203	0,005	0,017	1,203	0,20
VRT	30	0,128	0,042	0,058	0,010	1,276	0,035	0,148	0,363	
Kategorija onesnaženosti tal (mg/kg s.s.)										
N (< 1)	0	/	/	/	/	/	/	/	/	
MO (1-1,9)	8	0,038	0,006	0,037	0,010	0,067	0,025	0,052	0,067	
ZM.O (2-3,9)	11	0,071	0,014	0,050	0,029	0,166	0,034	0,094	0,166	
O (4-7,9)	7	0,108	0,022	0,122	0,018	0,173	0,040	0,148	0,173	
ZO (8-11,9)	1	/	/	/	/	/	/	/	/	
KO (≥12)	3	0,620	0,331	0,363	0,220	1,276	0,220	1,276	1,276	

■ - presežena mejna vrednost kadmija v vrtnini glede na Uredbo (2006)

Povprečna vsebnost kadmija (mg/kg sv. s.) v vrtnini z vrtov, je naraščala po sledečem zaporedju: bučka (0,006) < zelje (0,014) < paradižnik (0,023) < čebula (0,030) < zgodnji krompir (0,054) < rdeča pesa (0,075) < endivija (0,112) < radič (0,128) < korenček (0,139). Glede vrednosti mediane (slika 32) pa je vrstni red sledeč: bučka (0,005) < zelje (0,013) < čebula (0,019) < paradižnik (0,021) < zgodnji krompir (0,048) < radič (0,058) < endivija (0,070) < rdeča pesa (0,071) < korenček (0,098).

Povprečna vsebnost kadmija (mg/kg sv. s.) v kupljenih vrtninah pa je naraščala v sledečem zaporedju: bučka (0,003) < paradižnik (0,007) < čebula (0,010) < korenček (0,018) < endivija (0,019) < radič (0,129). Drugačen pa je vrstni red s stališča vrednosti mediane (slika 32): bučka (0,002) < paradižnik, korenček (0,006) < čebula (0,007) < radič (0,009) < endivija (0,018) (Karo Bešter in sod., 2013a).



Slika 32: Mediana vsebnosti kadmija (mg/kg sv. s.) v izbranih vrtninah, ki so bile vzorčene na vrtu in trgu ter pripadajoča mejna vrednost (MV) glede na Uredbo komisije (2006)

Figure 32: Median of cadmium concentration (mg/kg FW) in selected vegetables which were produced in home garden or were purchased in a market, with legislation maximum levels of cadmium concentrations in vegetables (Uredba komisije ..., 2006)

4.4.2 Vpliv kuhanja na vsebnost kadmija v krompirju, korenčku in rdeči pesi

V preglednici 27 so zbrane opisne statistike za vsebnost kadmija v surovi vrtnini in po njeni pripravi. Iz preglednice so tudi razvidni odstotki bodisi zmanjšanja ali pa povečanja vsebnosti kadmija po pripravi vrtnine. Grafično so odstotki prikazani na sliki 33.

Preglednica 27: Opisne statistike za vsebnost kadmija (mg/kg s. s.) v surovem krompirju, korenčku in rdeči pesi ter vsebnost kadmija po kuhanju vrtnin z odstotkom zmanjšanja oziroma povečanja vsebnosti kadmija v vrtnini po pripravi

Table 27: Descriptive statistics for the concentration of cadmium (mg/kg DW) in raw and cooked potato, carrot and red beet, with the percentage of decrease/increase of cadmium concentration in vegetable after the method of preparation

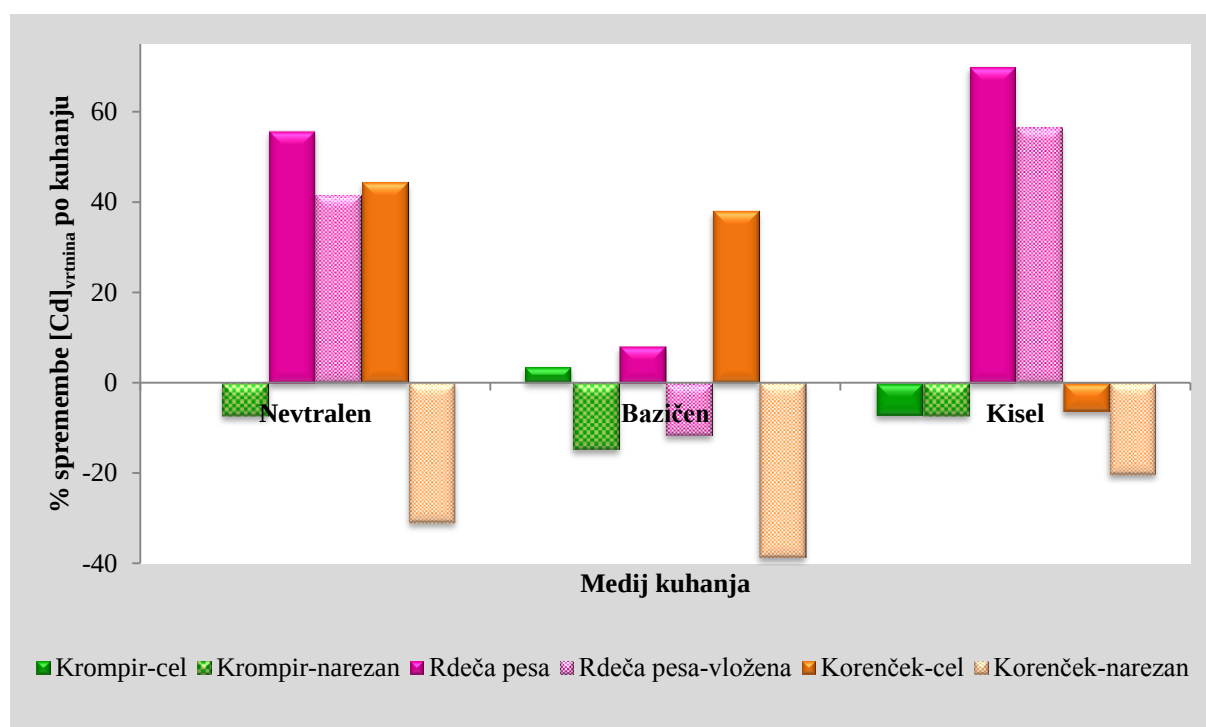
Vrtnina/Postopek priprave	n	[Cd] _{vrtnina} mg/kg s. s.									% spremembe [Cd] _{vrtnina} po pripravi
		$\bar{X}$	SE	SD	Me	Min	Maks	Q ₁	Q ₃	P ₉₅	
Surov, neolupljen, cel krompir	3	0,29	0,01	0,01	0,28	0,28	0,30	0,28	0,30	0,30	
kuhan v vodi	3	0,29	0,04	0,07	0,28	0,22	0,36	0,22	0,36	0,36	0,00
kuhan v bazičnem mediju	3	0,30	0,02	0,04	0,29	0,27	0,35	0,27	0,35	0,35	3,57
kuhan v kislem mediju	3	0,32	0,06	0,10	0,26	0,26	0,43	0,26	0,43	0,43	-7,14
Surov, narezan krompir	3	0,27	0,01	0,02	0,27	0,25	0,29	0,25	0,29	0,29	
kuhan v vodi	3	0,25	0,02	0,04	0,25	0,22	0,29	0,22	0,29	0,29	-7,41
kuhan v bazičnem mediju	3	0,23	0,01	0,01	0,23	0,22	0,24	0,22	0,24	0,24	-14,81
kuhan v kislem mediju	3	0,25	0,00	0,00	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	-7,41
Surova, cela rdeča pesa	3	1,19	0,02	0,03	1,20	1,16	1,22	1,16	1,22	1,22	
kuhana v vodi	3	2,10	0,35	0,61	1,87	1,64	2,80	1,64	2,80	2,80	55,83
kuhana v bazičnem mediju	3	1,26	0,08	0,14	1,30	1,10	1,37	1,10	1,37	1,37	8,33
kuhana v kislem mediju	3	1,88	0,24	0,42	2,04	1,41	2,20	1,41	2,20	2,20	70,00
kuhana v vodi in vložena	3	1,70	0,00	0,01	1,70	1,70	1,71	1,70	1,71	1,71	41,67
kuhana v bazičnem mediju in vložena	3	1,05	0,03	0,05	1,06	0,99	1,09	0,99	1,09	1,09	-11,67
kuhana v kislem mediju in vložena	3	1,75	0,41	0,71	1,88	0,98	2,39	0,98	2,39	2,39	56,67
Surov korenček	3	1,50	0,10	0,18	1,42	1,38	1,71	1,38	1,71	1,71	
cel, kuhan v vodi	3	1,83	0,45	0,78	2,05	0,97	2,48	0,97	2,48	2,48	44,37
cel, kuhan v bazičnem mediju	3	1,89	0,08	0,13	1,96	1,74	1,97	1,74	1,97	1,97	38,03
cel, kuhan v kislem mediju	3	1,48	0,28	0,49	1,33	1,08	2,02	1,08	2,02	2,02	-6,34
narezan in kuhan v vodi	3	0,98	0,02	0,04	0,98	0,95	1,02	0,95	1,02	1,02	-30,99
narezan in kuhan v bazičnem mediju	3	0,86	0,05	0,09	0,87	0,77	0,95	0,77	0,95	0,95	-38,73
narezan in kuhan v kislem mediju	3	1,13	0,05	0,10	1,13	1,03	1,22	1,03	1,22	1,22	-20,42

Kuhanje celega, neolupljenega, krompirja v vodi ni vplivalo na končno vsebnost kadmija; medtem ko se je vsebnost kadmija v celim, neolupljenem krompirju, ki je bil kuhan v bazičnem mediju, povečala (3,6 %), v kislem mediju pa zmanjšala (7,1 %). Kuhanje narezanega krompirja v vodi in kislem mediju je povzročilo identično zmanjšanje (7,4 %) vsebnosti kadmija v končnem izdelku. Enako je tudi kuhanje krompirja v bazičnem mediju vplivalo na zmanjšanje vsebnosti kadmija v narezanem krompirju (14,8 %).

S kuhanjem cele rdeče pese se je vsebnost kadmija v vrtnini povečala. Najbolj v kislem mediju (70,0 %) in vodi (55,8 %). Malo manj se je vsebnost kadmija povečala s kuhanjem v nevtralnem mediju (8,3 %). Pri kuhanju v vodi oziroma kislem mediju in vlaganju rdeče pese je bilo povečanje vsebnosti kadmija v rdeči pesi manjše (41,7 % oziroma 56,7 %) kot le pri

kuhanju. Pri kuhanju v bazičnem mediju in vlaganju pa se je vsebnost kadmija v vrtnini celo zmanjšala za 11,7 %.

S kuhanjem celega korenčka v vodi in v bazičnem mediju se je vsebnost kadmija povečala (44,4 % oziroma 38,0 %), s kuhanjem v kislem mediju pa zmanjšala (6,3 %). Kuhanje narezanega korenčka v vseh treh medijih je zmanjšalo vsebnost kadmija od 20 – 39 %.



Slika 33: Prikaz odstotka (%) spremembe vsebnosti kadmija v vrtnini po kuhanju v različnih medijih glede na vsebnost kadmija v surovi vrtnini

Figure 33: Illustration the percentage (%) of changes in the concentration of cadmium in vegetables after cooking in various media, with regard to the concentration of cadmium in raw vegetables

4.4.3 Regresijski modeli za napovedovanje vsebnosti kadmija v vrtnini

Regresijska analiza podatkov talnih vzorcev in vzorcev pridelanih vrtnin je pokazala, da je vrt z največjo vsebnostjo kadmija v tleh (43 mg/kg s. s.) predstavljal vzvodno točko in zelo vplivno regresijsko točko v večini regresijskih modelov. Zaradi pomanjkanja podatkov o talnih lastnostih in vsebnostih kadmija v vrtninah v podobnem koncentracijskem območju, se korektna napoved za razmerje med talnimi lastnostmi in vsebnostjo kadmija v vrtnini ne more izvesti. Posledično so bili podatki, ki se navezujejo na vrt z največjo vsebnostjo kadmija v tleh, izključeni iz oblikovanja regresijskih modelov. Iz podobnega razloga smo iz nabora podatkov za paradižnik in korenček izločili po dve točki z vrtoz z visoko vsebnostjo kadmija v tleh (Karo Bešter in sod., 2013b).

Enostavni linearni regresijski model je bil oblikovan za zelje, zgodnji krompir, rdečo peso in endivijo ter multipli regresijski model za paradižnik, čebulo, korenček in endivijo. Za bučko

ni bilo statistično značilne povezave med talnimi lastnostmi in njeno vsebnostjo kadmija, zato za bučko nismo oblikovali modela. Regresijski modeli so predstavljeni v preglednici 28.

Regresijski model za endivijo je pojasnil največji odstotek variabilnosti (90 %), sledili so mu čebula (85 %), zgodnji krompir (75 %), rdeča pesa (67 %), radič (60 %), korenček (47 %), zelje (44 %) in paradižnik. Regresijski model za endivijo je bil uporaben na najširšem koncentracijskem območju za vsebnost kadmija v tleh [0,6, 26,1 mg/kg s. s.], za rdečo peso pa na najožjem območju [0,4, 5,5 mg/kg s. s.]. V kolikor se je vsebnost kadmija povečala za eno enoto, se je najbolj povečala napovedana vsebnost kadmija v endiviji (0,032 mg/kg sv. s.) pri konstantni vrednosti organske snovi v tleh. Najmanj pa se je povečala napovedana vsebnost kadmija v zelju in zgodnjem krompirju (0,007 mg/kg sv. s.) (Karo Bešter in sod., 2013b).

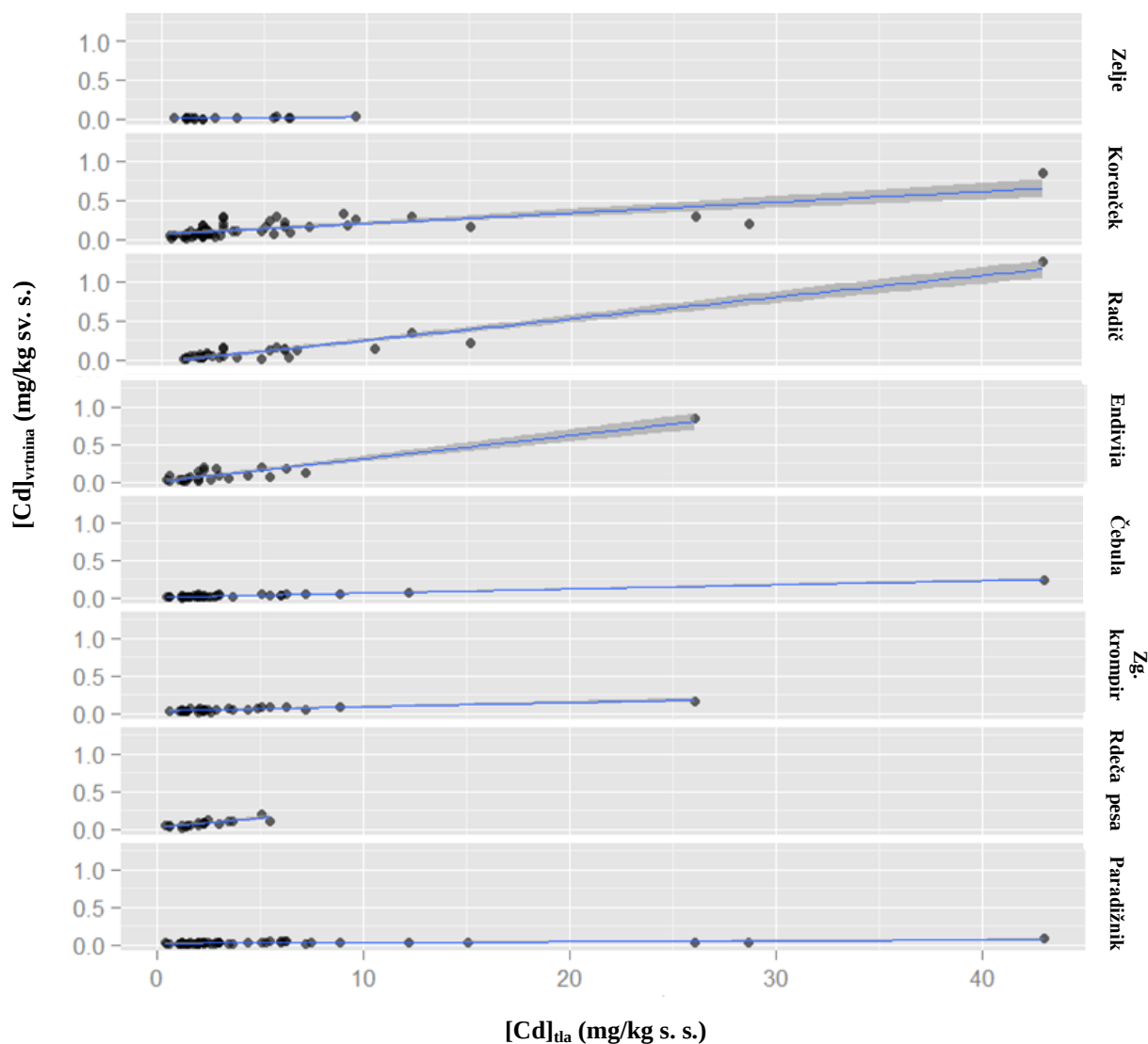
Preglednica 28: Regresijski modeli za napovedovanje vsebnosti kadmija v vrtnini (mg/kg sv. s.) glede na talne lastnosti (Karo Bešter in sod., 2013b)

Table 28: Regression models for predicting the concentration of cadmium in vegetables (mg/kg FW) based on soil properties (Karo Bešter et.al., 2013b)

Vrtnina (mg/kg sv. s.)	n	Regresijski model	R ²	Interval veljavnosti modela
Bučka	23	/	/	/
Paradižnik	51	$[Cd]_{\text{paradižnik}} = 0,020 + 0,002 [Cd]_{\text{tla}} - 0,000008 [Mn]_{\text{tla}}$	0,41	$[Cd]_{\text{tla}} = [0,4, 15,1 \text{ mg/kg s. s.}]$ $[Mn]_{\text{tla}} = [377, 2543 \text{ mg/kg s. s.}]$
Zelje	16	$[Cd]_{\text{zelje}} = 0,007 + 0,002 [Cd]_{\text{tla}}$	0,44	$[Cd]_{\text{tla}} = [0,6, 9,5 \text{ mg/kg s. s.}]$
Čebula	35	$[Cd]_{\text{čebula}} = 0,208 + 0,005 [Cd]_{\text{tla}} - 0,028 \text{ pH} - 0,002 \text{ OS}$	0,85	$[Cd]_{\text{tla}} = [0,5, 12,2 \text{ mg/kg s. s.}]$ $\text{pH} = [6,2, 7,3]$ $\text{OS} = [3,3 \%, 13,8 \%,]$
Zg.krompir	29	$[Cd]_{\text{zg. krompir}} = 0,042 + 0,007 [Cd]_{\text{tla}}$	0,76	$[Cd]_{\text{tla}} = [0,6, 26,1 \text{ mg/kg s. s.}]$
Korenček	54	$[Cd]_{\text{korenček}} = 0,107 + 0,017 [Cd]_{\text{tla}} - 0,00007 [Mn]_{\text{tla}}$	0,47	$[Cd]_{\text{tla}} = [0,4, 15,1 \text{ mg/kg s. s.}]$ $[Mn]_{\text{tla}} = [356, 2543 \text{ mg/kg s. s.}]$
Rdeča pesa	20	$[Cd]_{\text{rdeča pesa}} = 0,017 + 0,026 [Cd]_{\text{tla}}$	0,67	$[Cd]_{\text{tla}} = [0,4, 5,5 \text{ mg/kg s. s.}]$
Endivija	26	$[Cd]_{\text{endivija}} = 0,089 + 0,032 [Cd]_{\text{tla}} - 0,014 \text{ OS}$	0,90	$[Cd]_{\text{tla}} = [0,5, 26,1 \text{ mg/kg s. s.}]$ $\text{OS} = [2,9 \%, 10,1 \%,]$
Radič	29	$[Cd]_{\text{radič}} = 0,016 + 0,017 [Cd]_{\text{tla}}$	0,60	$[Cd]_{\text{tla}} = [1,1, 15,1 \text{ mg/kg s. s.}]$

Kjer je: n – število vzorcev; OS – organska snov; R² – koeficient determinacije

Na sliki 34 je prikazana odvisnost vsebnosti kadmija v izbrani vrtnini od vsebnosti kadmija v tleh. Na podlagi linearnih regresijskih modelov so prikazane napovedane vsebnosti kadmija v vrtnini (modra črta) z intervali zaupanja za povprečno napoved in izmerjene vsebnosti.



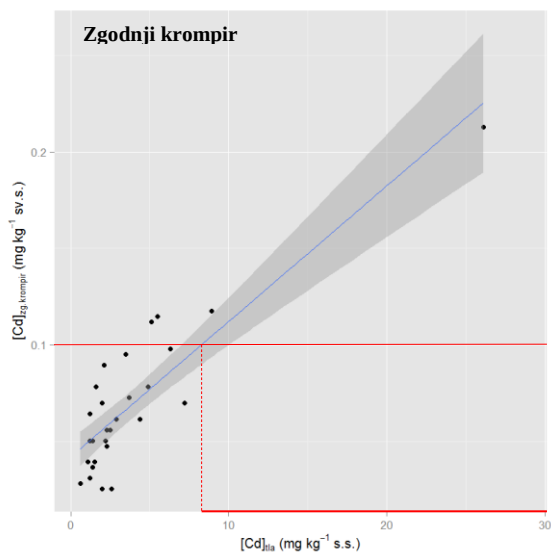
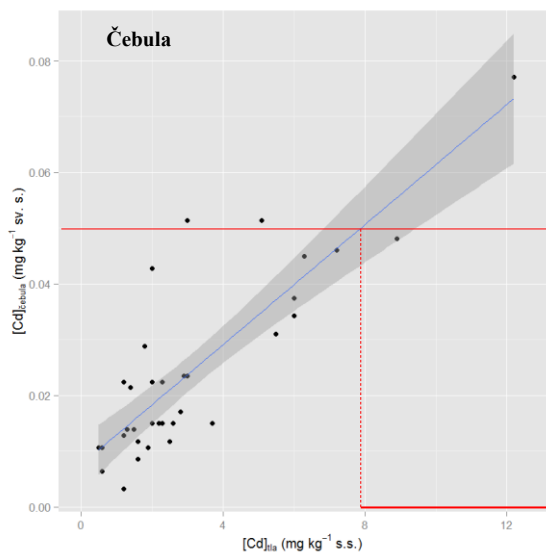
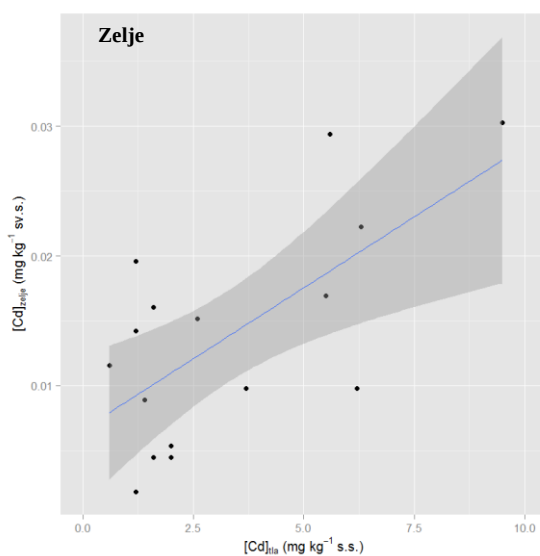
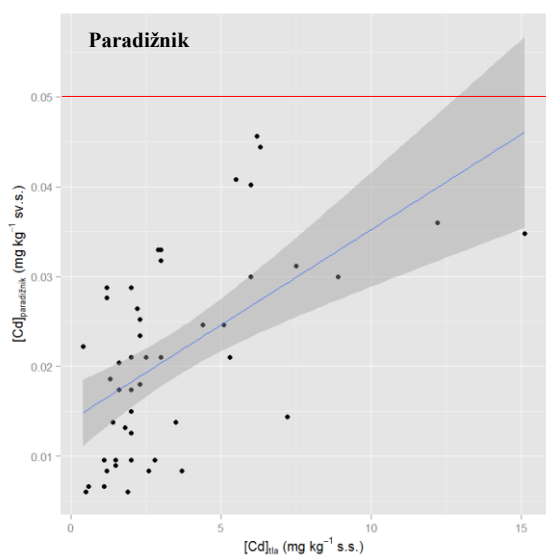
Slika 34: Vsebnosti kadmija (mg/kg sv. s.) v izbranih vrtninah v odvisnosti od vsebnosti kadmija v tleh z linearnim regresijskim modelom napovedanimi vrednostmi (modra črta) kadmija v vrtnini in intervali zaupanja za povprečno napoved (sivo območje) (Karo Bešter in sod., 2013b)

Figure 34: Dependence of cadmium concentrations in vegetables (mg/kg FW) on the cadmium concentrations in soil (mg/kg DW) with predicted values (blue line) on the basis of linear regression models with confidence intervals for average prediction (grey area) (Karo Bešter et al., 2013b)

Slika 35 ponazarja rezultate regresijske analize z zakonodajnimi mejnimi vrednostmi kadmija v izbranih vrtninah (Uredba komisije ..., 2006). Velja opozoriti, da so skale na abscisni in ordinatni osi različne med grafi izbranih vrtnin. S slike je razvidno, da na podlagi regresijskih modelov lahko vsebnost kadmija v večini vrtnin prekorači zakonodajno vrednost v okviru intervala veljavnosti modela. Izjemi sta zelje in paradiznik.

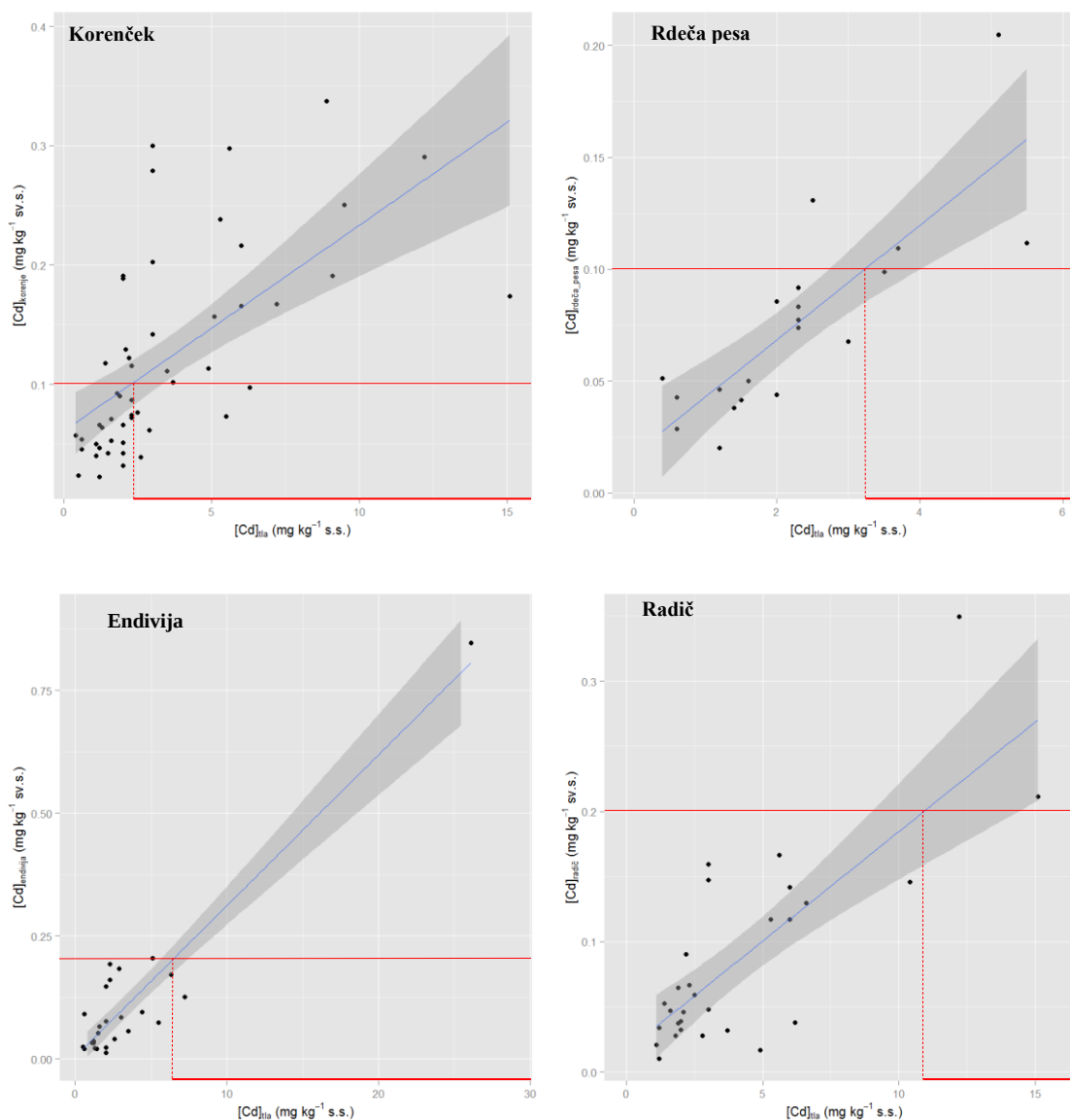
Prekoračene vsebnosti kadmija lahko pridelovalci vrtnin pričakujejo na vrtovih, ki imajo vsebnost kadmija v tleh več kot (mg/kg s.s.) (Karo Bešter in sod., 2013b):

- ✓ 2,4 za korenček;
- ✓ 3,2 za rdečo peso;
- ✓ 6,3 za endivijo;
- ✓ 7,9 za čebulo;
- ✓ 8,3 za zgodnji krompir in
- ✓ 10,9 za radič.



se nadaljuje

nadaljevanje



Slika 35: Rezultati napovedanih vrednosti (modra črta) za vsebnost kadmija v vrtnini na podlagi regresijskih modelov iz preglednice 28, intervali zaupanja za povprečno napoved (sivo območje) in mejne vrednosti (Uredba komisije ..., 2006) (Karo Bešter in sod., 2013b)

Figure 35: Results of regression analysis of selected vegetables with predicted values (blue line) of cadmium concentrations in vegetables and confidence intervals for average prediction (grey area), with maximum levels (Uredba komisije ..., 2006) (Karo Bešter et al., 2013b)

4.5 IZRAČUN OCENE IZPOSTAVLJENOSTI KADMIJU PREKO ZAUŽITJA VRTNIN IN KARAKTERIZACIJA TVEGANJA

V nadaljevanju so podani rezultati ocene izpostavljenosti kadmiju preko zaužitja doma pridelanih vrtnin. Vnos kadmija preko izbranih vrtnin, ki predstavljajo malo manj kot 70 % vseh pridelanih vrtnin, smo ocenili za opazovano populacijo na podlagi odgovorov vprašanih in glede na spol. Dodatno smo oblikovali in ocenili vnos za tri scenarije, ki so podrobneje opisani v poglavju 3 Metode in materiali, podpoglavje 3.5.2, glede na:

- ✓ srednje vrednosti parametrov,
- ✓ upoštevanje priprave vrtnin,
- ✓ najslabši možni scenarij.

Na slikah, ki ponazarjajo oceno izpostavljenosti, je grafično prikazana tudi meja dopustnega vnosa. V kolikor ocenjeni povprečni tedenski vnos ne presega dopustnega tedenskega vnosa, ki ga je določila EFSA (2,5 µg/kg t. t.), prav tako tudi ne presega začasnega dopustnega mesečnega vnosa, določenega s strani JECFA (25 µg/kg t. t.), saj je vrednost slednjega večja. Posledično v teh primerih PTMI ni posebej grafično prikazan.

Poglavje se zaključi s karakterizacijo tveganja na podlagi izračuna koeficienta tveganja za opazovano populacijo in za scenarije.

4.5.1 Ocena izpostavljenosti kadmiju človeka preko vrtnin

Koliko je opazovana populacija ljudi izpostavljena kadmiju preko zaužitja vrtnin, ki so pridelane na domačem vrtu, smo določili z ocenjenim tedenskim/mesečnim vnosom:

$$EWI = \frac{\sum_i (C_i * Y_i * f_h * f_p) * ED}{BW * AT} \quad \text{oziroma} \quad EMI = \frac{\sum_i (C_i * Y_i * f_h * f_p) * ED}{BW * AT} \quad \dots (3)$$

V preglednici 29 so zbrane opisne statistike za ocenjeni tedenski in mesečni vnos kadmija preko zaužitja vrtnin za opazovano populacijo in glede na kategorijo onesnaženosti tal. V kolikor na določeni lokaciji nismo imeli podatkov o vsebnosti kadmija v vrtnini, smo jo izračunali na podlagi oblikovanih regresijskih modelov (preglednica 28). Na območjih, kjer regresijski modeli niso bili veljavni, smo upoštevali bodisi mediano vsebnosti kadmija v vrtnini ali pa največjo izmerjeno vrednost v posamični kategoriji onesnaženosti tal. Za bučke smo prav tako upoštevali mediano za vsebnost kadmija.

Iz preglednice 29 je razvidno, da povprečni ocenjeni tedenski vnos (0,5 µg/kg t. t./teden) ne presega TWI (2,5 µg/kg t. t./teden). Prav tako tudi EMI (2,0 µg/kg t. t./mesec) ne presega PTMI (25 µg/kg t. t./mesec). Primerjava glede na spol pokaže, da povprečna ocenjena vnosa ne presegata kriterija. EWI za žensko (0,5 µg/kg t. t./teden) je za 0,1 µg/kg t. t. večji kot za moškega (0,4 µg/kg t. t./teden) oziroma je EMI za žensko (2,2 µg/kg t. t./mesec) za 0,6 µg/kg t. t./mesec večji kot za moškega (1,6 µg/kg t. t./mesec). Kvartilni razmik vrednosti ocenjenih vnosov kadmija je pri ženskah (0,6 oziroma 2,4) večji kot pri moških (0,4 oziroma 1,6).

Iz preglednice 29 je tudi razvidno, da so izračunane povprečne vrednosti ocenjenih vnosov večje kot mediane. V skladu s TWI je tudi 95. percentil vrednosti ocenjenih vnosov, tako za osebo ($1,4 \mu\text{g/kg t. t./teden}$) kot tudi za žensko ($1,4 \mu\text{g/kg t. t./teden}$) in moškega ($1,0 \mu\text{g/kg t.t./teden}$). Prekoračena je le maksimalna vrednost EWI, ki je ženska ($3,8 \mu\text{g/kg t.t./teden}$). Glede na kategorije onesnaženosti tal so ženske manj izpostavljene kadmiju kot moških na neonesnaženih ($0,05 \mu\text{g/kg t. t./teden}$), malo onesnaženem ($0,2 \mu\text{g/kg t. t./teden}$) in zelo onesnaženem območju ($0,4 \mu\text{g/kg t. t./teden}$). Večje vnose kadmija preko vrtnin za žensko v primerjavi z moškimi smo določili na zmerno onesnaženih ($0,6 \mu\text{g/kg t. t./teden}$), onesnaženih ($0,6 \mu\text{g/kg t. t./teden}$) in kritično onesnaženih ($1,6 \mu\text{g/kg t. t./teden}$) območjih. Le maksimalna vrednost in 95. percentil ($3,8 \mu\text{g/kg t. t./teden}$) ocenjenega tedenskega vnosa za žensko sta na kritično onesnaženem območju presegla dopustni tedenski vnos ($2,5 \mu\text{g/kg t.t./teden}$).

Preglednica 29: Opisne statistike za ocenjeni tedenski/mesečni vnos kadmija preko izbranih vrtnin v človeka z vseh vrstov ter primerjava glede na stopnjo onesnaženosti tal in spol. Z rdečo so označene vrednosti, ki presežejo dopustni tedenski vnos (EFSA)/začasni dopustni mesečni vnos (WHO)

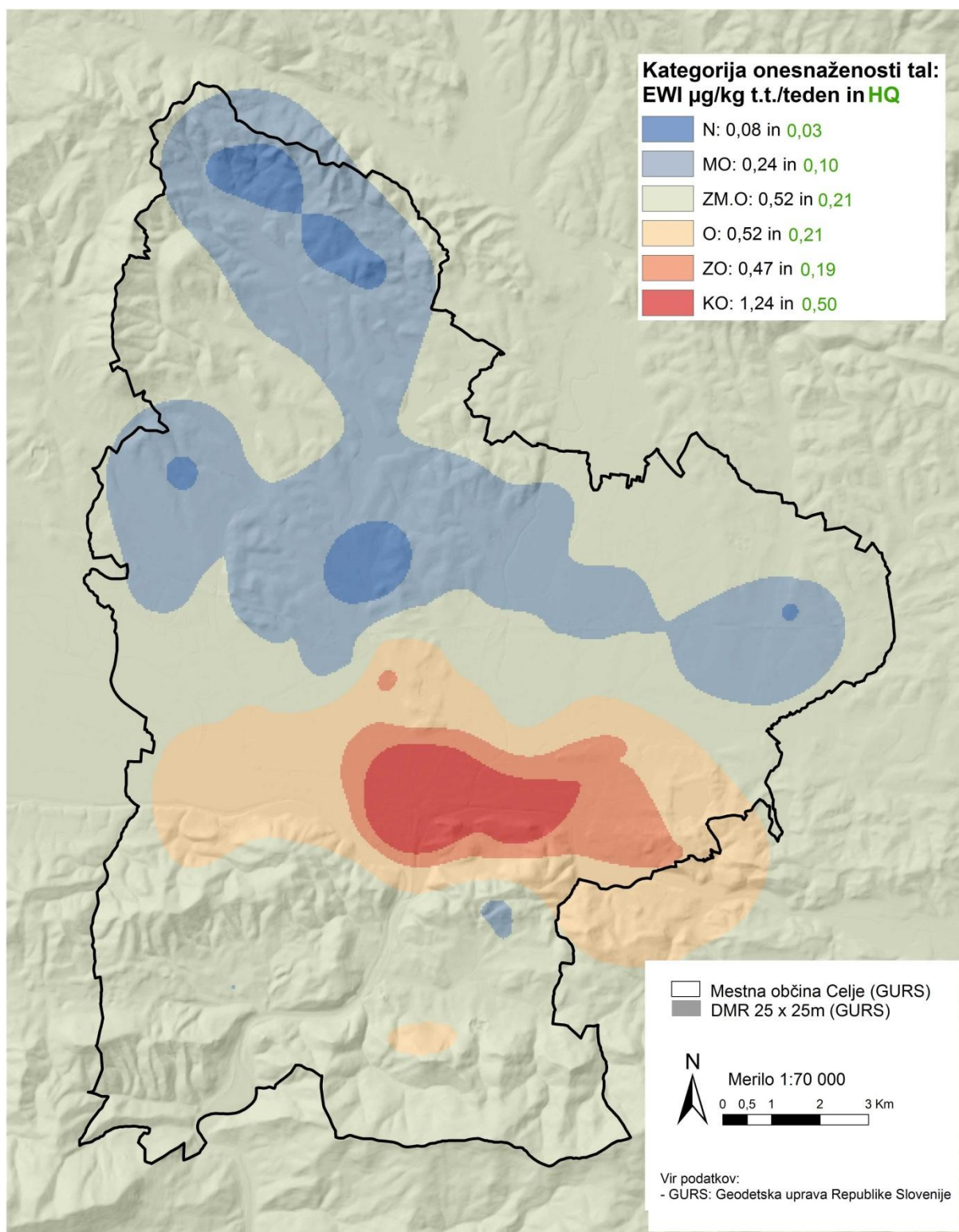
Table 29: Descriptive statistics for estimated weekly/monthly intake of cadmium via selected vegetables in human from all gardens and comparison based on categories of soil contamination and gender. Values which exceeded the tolerable weekly intake (EFSA)/provisional tolerable monthly intake (WHO) are marked with red

Ocenjeni vnos	n	$\bar{X}$	SE	Me	Min	Maks	Q ₁	Q ₃	P ₉₅	TWI/PTMI
VSI VRTOVI										
EWI (μg/kg/t. t./teden)	115	0,45	0,05	0,27	0,01	3,81	0,12	0,65	1,38	2,5
Ženska	75	0,50	0,07	0,32	0,01	3,81	0,14	0,72	1,39	
Moški	40	0,36	0,05	0,26	0,01	1,39	0,12	0,47	1,00	
EMI (μg/kg/t. t./mesec)	115	2,00	0,21	1,19	0,03	16,89	0,55	2,90	6,10	25,0
Ženska	75	2,21	0,30	1,42	0,05	16,89	0,63	3,02	6,13	
Moški	40	1,60	0,22	1,16	0,03	6,15	0,52	2,07	4,43	
NEONESNAŽENO ([Cd]_{ta} < 1mg/kg s. s.)										
EWI (μg/kg/t. t./teden)	9	0,08	0,03	0,05	0,01	0,27	0,04	0,09	0,27	2,5
Ženska	6	0,05	0,01	0,05	0,01	0,09	0,03	0,08	0,09	
Moški	3	0,14	0,07	0,12	0,04	0,27	0,04	0,27	0,27	
EMI (μg/kg/t. t./mesec)	9	0,37	0,11	0,23	0,06	1,17	0,18	0,40	1,17	25,0
Ženska	6	0,23	0,05	0,22	0,05	0,40	0,14	0,37	0,40	
Moški	3	0,63	0,29	0,55	0,18	1,17	0,18	1,17	1,17	
MALO ONESNAŽENO ([Cd]_{ta} = 1-1,9 mg/kg s. s.)										
EWI (μg/kg/t. t./teden)	32	0,24	0,03	0,19	0,01	0,76	0,12	0,31	0,71	2,5
Ženska	21	0,24	0,04	0,16	0,02	0,76	0,12	0,21	0,71	
Moški	11	0,24	0,04	0,25	0,01	0,70	0,08	0,38	0,70	
EMI (μg/kg/t. t./mesec)	32	1,07	0,15	0,86	0,03	3,37	0,54	1,38	3,13	25,0
Ženska	21	1,04	0,19	0,71	0,10	3,37	0,54	0,93	3,13	
Moški	11	1,12	0,26	1,09	0,03	3,09	0,37	1,68	3,09	
ZMerno ONESNAŽENO ([Cd]_{ta} = 2-3,9 mg/kg s. s.)										
EWI (μg/kg/t. t./teden)	33	0,52	0,07	0,41	0,05	1,38	0,20	0,87	1,21	2,5
Ženska	23	0,58	0,08	0,42	0,06	1,38	0,24	0,88	1,21	
Moški	10	0,35	0,09	0,26	0,05	0,91	0,10	0,48	0,91	
EMI (μg/kg/t. t./mesec)	33	2,27	0,29	1,83	0,23	6,10	0,87	3,86	5,37	25,0
Ženska	23	2,59	0,37	1,85	0,25	6,10	1,06	3,88	5,37	
Moški	10	1,54	0,41	1,17	0,23	4,04	0,45	2,13	4,03	
ONESNAŽENO ([Cd]_{ta} = 4-7,9 mg/kg s. s.)										
EWI (μg/kg/t. t./teden)	25	0,52	0,08	0,40	0,02	1,39	0,22	0,72	1,28	2,5
Ženska	16	0,57	0,11	0,47	0,02	1,39	0,22	0,92	1,39	
Moški	9	0,43	0,10	0,40	0,10	0,97	0,25	0,66	0,97	
EMI (μg/kg/t. t./mesec)	25	2,31	0,36	1,76	0,10	6,13	0,97	3,18	5,68	25,0
Ženska	16	2,54	0,50	2,07	0,10	6,13	0,96	4,09	6,13	
Moški	9	1,91	0,44	1,76	0,43	4,28	1,11	2,91	4,28	
ZELO ONESNAŽENO ([Cd]_{ta} = 8-11,9 mg/kg s. s.)										
EWI (μg/kg/t. t./teden)	8	0,47	0,12	0,33	0,06	1,04	0,24	0,76	1,04	2,5
Ženska	4	0,44	0,16	0,33	0,21	0,90	0,26	0,62	0,90	
Moški	4	0,49	0,21	0,44	0,06	1,04	0,17	0,82	1,04	
EMI (μg/kg/t. t./mesec)	8	2,08	0,54	1,46	0,29	4,59	1,06	3,35	4,59	25,0
Ženska	4	1,96	0,69	1,46	0,92	4,01	1,17	2,75	4,01	
Moški	4	2,19	0,94	1,94	0,29	4,59	0,74	3,64	4,59	
KRITIČNO ONESNAŽENO ([Cd]_{ta} ≥ 12 mg/kg s. s.)										
EWI (μg/kg/t. t./teden)	8	1,24	0,45	0,95	0,01	3,81	0,25	1,86	3,81	2,5
Ženska	5	1,55	0,66	1,39	0,01	3,81	0,51	2,00	3,81	
Moški	3	0,74	0,49	0,30	0,20	1,72	0,20	1,72	1,72	
EMI (μg/kg/t. t./mesec)	8	5,51	2,00	4,20	0,06	16,89	1,11	8,24	16,89	25,0
Ženska	5	6,85	2,94	6,16	0,06	16,89	2,25	8,88	16,89	
Moški	3	3,27	2,17	1,34	0,88	7,60	0,88	7,60	7,60	

■ - presežen dopustni tedenski vnos

Prostorski prikaz porazdelitve ocenjenih tedenskih vnosov kadmija zaradi zaužitja pridelanih vrtnin glede na kategorije onesnaženosti tal je ponazorjen na sliki 36. Najmanjši EWI (0,1 μg/kg t. t./teden) smo določili na neonesnaženem območju. Sledi malo onesnaženo območje (0,2 μg/kg t. t./teden). Večjih razlik ni med ocenjenimi tedenskimi vnosi na zmerno onesnaženem (0,52 μg/kg t. t./teden), onesnaženem (0,52 μg/kg t. t./teden) in zelo

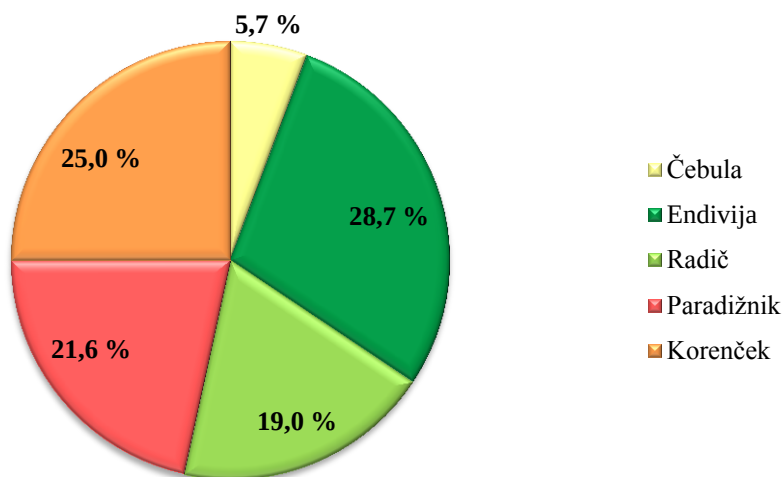
onesnaženem ($0,47 \mu\text{g/kg t. t./teden}$) območju. Največji EWI ($1,2 \mu\text{g/kg t. t./teden}$) smo določili za kritično onesnaženo območje.



Slika 36: Interpolirana karta prostorskega prikaza vsebnosti kadmija v zgornjem sloju tal in ocenjeni tedenski vnosi ($\mu\text{g/kg t. t./teden}$) ter koeficienti tveganja glede na kategorije onesnaženosti tal, ki so opredeljene v podpoglavju 3.3.1

Figure 36: The interpolated map of space display of cadmium concentration in the upper layer of the soil and the estimated weekly intakes ($\mu\text{g/kg bw/week}$) and hazard quotient, based on categories of soil contamination, which are defined in subchapter 3.3.1

V polovici primerov sta imela največji prispevek k ocenjenemu tedenskemu/mesečnemu vnosu endivija (28,7 %) in korenček (25,0 %). Sledili so paradižnik (21,6 %), radič (19,0 %) in čebula (5,7 %). Bučka, zelje, zgodnji krompir in rdeča pesa v polovici primerov niso prispevali k prehranskemu vnosu kadmija, predvsem zaradi majhne zaužite količine vrtnine (slika 37).



Slika 37: Prikaz odstotkov (%) mediane prispevka izbranih vrtnin k prehranski izpostavljenosti kadmiju preko pridelanih vrtnin

Figure 37: Illustration of median percentages (%) of the contribution selected vegetables to dietary exposure to cadmium via home-produced vegetables

4.5.1.1 Ocena izpostavljenosti kadmiju človeka preko vrtnin glede na scenarije

Poleg ocene tveganja za opazovano populacijo smo ocenili tudi vnos kadmija preko izbranih vrtnin za tri scenarije.

S Scenarijem 1 smo želeli oceniti vnos kadmija v človeka na podlagi srednje vrednosti (mediane) telesne teže in zaužite količine vrtnin glede na različne stopnje onesnaženosti tal. V preglednici 30 so zbrane opisne statistike za letno količino zaužitih vrtnin, ki so se uporabile za izračun ocenjenega vnosa za ta scenarij. Polovica pridelovalcev vrtnin je na leto največ, od izbranih vrtnin, zaužila paradižnika (5,0 kg) in endivije (2,0 kg), nič pa niso zaužili rdeče pese, bučk, zelja in zgodnjega krompirja. Na splošno ženske povprečno zaužijejo večjo količino vrtnin kot moški.

Preglednica 30: Opisne statistike za letno zaužito količino izbranih vrtnin (kg/leto) na osebo (IR) in primerjava glede na spol

Table 30: Descriptive statistics for annual consumption of selected vegetables (kg/year) per person (IR) and comparison based on the gender

IR (kg/leto/osebo)	n	$\bar{X}$	SE	Me	Min	Maks	Q ₁	Q ₃	P ₉₅
Rdeča pesa	115	1,50	0,25	0,00	0,00	14,30	0,00	2,00	7,20
Ženska	75	1,66	0,31	0,33	0,00	11,64	0,00	2,00	7,20
Moški	40	1,19	0,41	0,00	0,00	14,30	0,00	1,61	5,50
Čebula	115	2,75	0,36	1,44	0,00	26,81	0,45	3,60	10,50
Ženska	75	2,96	0,40	1,63	0,00	14,48	0,54	4,20	11,64
Moški	40	2,36	0,71	1,32	0,00	26,81	0,07	2,05	8,25
Bučka	115	3,24	0,83	0,00	0,00	80,00	0,00	2,70	17,46
Ženska	75	3,57	1,18	0,00	0,00	80,00	0,00	2,50	17,46
Moški	40	2,62	0,95	0,65	0,00	32,50	0,00	3,00	13,50
Zelje	115	1,90	0,36	0,00	0,00	20,00	0,00	2,10	9,89
Ženska	75	1,65	0,39	0,00	0,00	16,06	0,00	1,65	9,89
Moški	40	2,36	0,73	0,00	0,00	20,00	0,00	3,25	13,50
Endivija	115	3,54	0,38	2,00	0,00	20,00	0,66	5,00	10,63
Ženska	75	3,74	0,47	2,55	0,00	20,00	1,18	4,80	10,63
Moški	40	3,16	0,64	1,59	0,00	17,50	0,00	5,00	11,08
Radič	115	3,55	0,43	1,60	0,00	23,28	0,00	4,85	13,50
Ženska	75	3,47	0,55	1,49	0,00	23,28	0,00	3,85	14,25
Moški	40	3,70	0,69	1,90	0,00	17,88	0,00	5,94	11,50
Paradižnik	115	7,03	0,62	5,00	0,00	30,00	2,23	10,00	21,70
Ženska	75	6,25	0,70	4,93	0,00	29,10	2,00	8,00	20,00
Moški	40	8,49	1,17	6,33	0,00	30,00	3,22	13,25	23,85
Korenček	115	2,08	0,23	1,25	0,00	12,35	0,45	2,70	7,00
Ženska	75	2,37	0,31	1,50	0,00	12,35	0,59	2,97	9,00
Moški	40	1,53	0,28	0,79	0,00	7,00	0,00	2,50	5,00
Zg.krompir	115	4,89	0,80	0,00	0,00	58,20	0,00	7,52	21,00
Ženska	75	5,45	1,09	0,65	0,00	58,20	0,00	8,00	22,32
Moški	40	3,84	1,07	0,00	0,00	28,00	0,00	4,50	18,30

Pri izračunu ocene tedenskega oziroma mesečnega vnosa smo upoštevali srednjo vrednost telesne teže, 74 kg. Iz preglednice 31 je razvidno, da ocenjeni tedenski (0,1 µg/kg t. t./teden) oziroma mesečni vnos (0,6 µg/kg t. t./mesec) za Scenarij 1 ne presega dopustnega tedenskega vnosa oziroma začasnega dopustnega mesečnega vnosa. Enako velja tudi za primerjavo glede na kategorije onesnaženosti tal.

Preglednica 31: Ocenjeni tedenski/mesečni vnos kadmija v prehransko verigo človeka z vseh vrtov in primerjava glede na kategorije onesnaženosti tal za Scenarij 1

Table 31: Estimated weekly/monthly intake of cadmium in human food chain and comparison based on the categories of soil contamination for Scenario 1

Kategorija onesnaženosti tal ([Cd] _{tl} mg/kg s. s.)	EWI (µg/kg t. t./teden)	TWI (EFSA) (µg/kg t. t. /teden)	EMI (µg/kg t. t./mesec)	PTMI (WHO) (µg/kg t. t./teden)
VSI VRTOVI	0,13		0,56	
N (< 1)	0,05		0,23	
MO (1-1,9)	0,08		0,33	
ZM.O (2-3,9)	0,13	2,5	0,57	25,0
O (4-7,9)	0,23		1,00	
ZO (8-11,9)	0,36		1,59	
KO (≥12)	0,63		2,77	

Namen Scenarija 2 je bil ugotoviti, kakšen je vpliv kuhanja krompirja, korenčka in rdeče pese na vsebnost kadmija v živilih, ki so pripravljena za zauživanje. Pri korenčku in krompirju se je vsebnost kadmija zmanjšala (31,0 % oziroma 7,4 %), za rdečo peso pa se je povečala (za 55,8 %). V preglednici 32 so zbrane opisne statistike za Scenarij 2. Povprečni tedenski/mesečni vnosi niso presegli dopustnega tedenskega vnosa (Cadmium in food, 2009) kot tudi ne začasnega dopustnega mesečnega vnosa (Summary report ..., 2010). Presežena je bila le maksimalna vrednost pri povprečni onesnaženosti tal ter maksimalna vrednost in 95. percentil ocenjenega tedenskega vnosa na kritično onesnaženem območju.

Preglednica 32: Opisne statistike za ocenjeni tedenski/mesečni vnos kadmija preko izbranih vrtnin v človeka za Scenarij 2 z vseh vrtov in primerjava glede na onesnaženost tal

Table 32: Descriptive statistics for estimated weekly/monthly intake of cadmium via selected vegetables in human from all gardens and comparison based on the categories of soil contamination for Scenario 2

Ocenjeni vnos	n	$\bar{X}$	SE	Me	Min	Maks	Q ₁	Q ₃	P ₉₅	TWI/PTMI
VSIVRTOVI										
EWI (μg/kg t. t./teden)	115	0,44	0,05	0,26	0,01	3,70	0,13	0,67	1,35	2,5
EMI (μg/kg t. t./mesec)	115	1,96	0,21	1,16	0,02	16,4	0,57	2,95	5,96	25,0
NEONESNAŽENA ([Cd]_{tda} < 1mg/kg s. s.)										
EWI (μg/kg t. t./teden)	9	0,08	0,02	0,05	0,01	0,25	0,04	0,09	0,25	2,5
EMI (μg/kg t. t./mesec)	9	0,37	0,11	0,24	0,05	1,11	0,18	0,42	1,11	25,0
MALO ONESNAŽENA ([Cd]_{tda} = 1-1,9 mg/kg s. s.)										
EWI (μg/kg t. t./teden)	32	0,24	0,03	0,19	0,01	0,76	0,13	0,30	0,70	2,5
EMI (μg/kg t. t./mesec)	32	1,05	0,15	0,83	0,02	3,35	0,56	1,34	3,11	25,0
ZMerno ONESNAŽENA ([Cd]_{tda} = 2-3,9 mg/kg s. s.)										
EWI (μg/kg t. t./teden)	33	0,51	0,07	0,46	0,05	1,36	0,19	0,80	1,35	2,5
EMI (μg/kg t. t./mesec)	33	2,26	0,30	2,03	0,23	6,01	0,82	3,53	5,96	25,0
ONESNAŽENA ([Cd]_{tda} = 4-7,9 mg/kg s. s.)										
EWI (μg/kg t. t./teden)	25	0,52	0,08	0,37	0,02	1,53	0,21	0,68	1,23	2,5
EMI (μg/kg t. t./mesec)	25	2,29	0,37	1,64	0,07	6,75	0,91	3,02	5,45	25,0
ZELO ONESNAŽENA ([Cd]_{tda} = 8-11,9 mg/kg s. s.)										
EWI (μg/kg t. t./teden)	8	0,44	0,11	0,32	0,06	0,90	0,23	0,74	0,90	2,5
EMI (μg/kg t. t./mesec)	8	1,95	0,49	1,40	0,29	3,98	1,02	3,26	3,98	25,0
KRITIČNO ONESNAŽENA ([Cd]_{tda} ≥ 12 mg/kg s. s.)										
EWI (μg/kg t. t./teden)	8	1,16	0,43	0,87	0,01	3,70	0,24	1,67	3,70	2,5
EMI (μg/kg t. t./mesec)	8	5,15	1,92	3,87	0,06	16,4	1,08	7,41	16,4	25,0

 -presežen dopustni tedenski vnos (EFSA) oziroma začasni dopustni mesečni vnos (WHO)

Namen Scenarija 3 je bil oceniti vnos kadmija v primeru najslabšega možnega scenarija. Upoštevani so bili naslednji kriteriji: 95. percentil vrednosti posameznih parametrov oziroma 5. percentil za telesno težo ženske (56 kg). 95. percentil za zaužito letno količino vrtnin za žensko so razvidni iz preglednice 33. Razvidno je tudi, da je povprečni ocenjeni tedenski vnos (4,9 μg/kg t. t./teden) presegel dopustni tedenski vnos (2,5 μg/kg t. t./teden), prav tako tudi ocenjeni tedenski vnos na zmerno onesnaženih (3,7 μg/kg t. t./teden), onesnaženih (4,3 μg/kg t. t./teden), zelo onesnaženih (5,7 μg/kg t. t./teden) in kritično onesnaženih (15,2 μg/kg t. t./teden) območjih.

V primerjavi z začasnim dopustnim mesečnim vnosom (25 μg/kg t. t./mesec) pa je bil ocenjeni mesečni vnos presežen na zelo onesnaženem (25,4 μg/kg t. t./mesec) in kritično onesnaženem (67,1 μg/kg t. t./mesec) območju. Kljub temu povprečni ocenjeni mesečni vnos (21,5 μg/kg t. t./mesec) kadmija v človeka ni presegel začasnega dopustnega mesečnega vnosa.

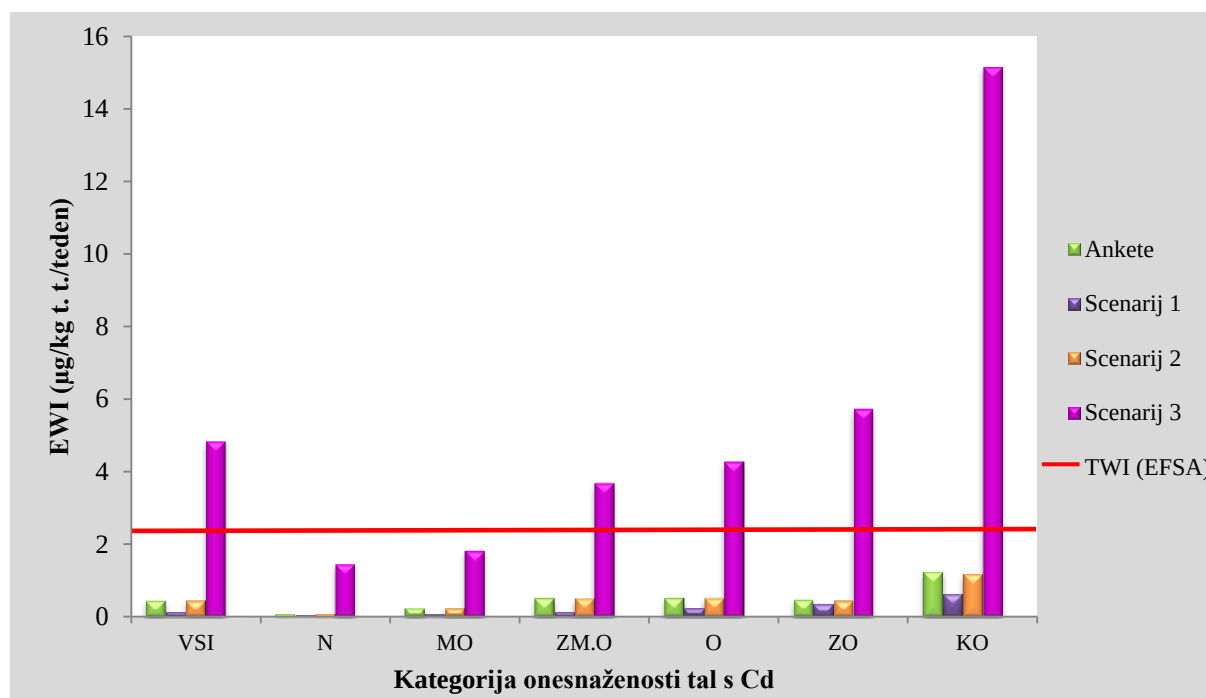
Preglednica 33: Ocenjeni tedenski/mesečni vnos kadmija v prehransko verigo človeka z vseh vrtov in glede na kategorije onesnaženosti tal za Scenarij 3

Table 33: Estimated weekly/monthly intake of cadmium in human food chain from all gardens and comparison based on the categories of soil contamination for Scenario 3

Kategorija onesnaženosti tal ([Cd] _{tila} mg/kg s. s.)	EWI ($\mu\text{g/kg t. t./teden}$)	EMI ($\mu\text{g/kg t. t./mesec}$)
VSI VRTOVI	4,85	21,47
N (< 1)	1,47	6,51
MO (1-1,9)	1,83	8,08
ZM.O (2-3,9)	3,70	16,37
O (4-7,9)	4,29	18,98
ZO (8-11,9)	5,74	25,41
KO (≥ 12)	15,16	67,14

-presežen TWI (EFSA) = 2,5 $\mu\text{g/kg t. t./teden}$ oziroma PTMI (WHO) = 25 $\mu\text{g/kg t. t./teden}$

Na sliki 38 je prikazana primerjava med ocenjenimi tedenskimi vnosi za opazovano populacijo ter Scenarijem 1, 2 in 3. Večjih razlik ni med opazovano populacijo in Scenarijem 2. Najmanjši ocenjeni tedenski vnosi veljajo za Scenarij 1. Po pričakovanjih najbolj odstopa najslabši možni scenarij (Scenarij 3), katerega ocenjeni tedenski vnosi tudi presegajo dopustni tedenski vnos na območjih, kjer je vsebnost kadmija v tleh večja od 2 mg/kg s. s.. Primerjava ocenjenih mesečnih vnosov z upoštevanjem začasnega dopustnega mesečnega vnosa je prikazana v prilogi J.



Slika 38: Primerjava ocenjenega tedenskega vnosa ($\mu\text{g/kg t. t./teden}$) kadmija v človeka preko izbranih vrtnin za opazovano populacijo in Scenarije 1, 2 in 3 glede na onesnaženost tal s kadmijem, z dopustnim tedenskim vnosom za kadmij (Cadmium in food, 2009)

Figure 38: Comparison of estimated weekly intake ($\mu\text{g/kg bw/week}$) of cadmium in human via selected vegetables for garden owners and for Scenario 1, 2 and 3, according to the categories of soil contamination, with tolerable weekly intake of cadmium (Cadmium in food, 2009)

4.5.2 Karakterizacija tveganja zaužitja doma pridelanih vrtnin

Tveganje smo okarakterizirali s koeficientom tveganja na podlagi enačbe 4:

$$HQ = \frac{EWI}{TWI} \quad \text{oziroma} \quad HQ = \frac{EMI}{PTMI} \quad \dots(4)$$

Če je koeficient tveganja večji od ena, obstaja možnost pojava neželenih učinkov na zdravje ljudi.

Iz preglednice 34 so razvidne opisne statistike za koeficient tveganja za pojav neželenih učinkov na zdravje ljudi zaradi zaužitja izbranih vrtnin, ki jih ljudje pridelajo na vrtu. Koeficient tveganja ni presegel meje, pri kateri bi se lahko pojavili neželeni učinki (1); tako za osebo (0,18), kot tudi ne za moškega (0,15) in žensko (0,20). Z drugimi besedami, pridelane vrtnine so povprečno prispevale 18 % k celokupni prehranski izpostavljenosti kadmiju. Glede na spol so za moškega prispevale 15 %, za žensko pa 20 %.

Mediana in 95. percentil prav tako nista presegla kriterija. Koeficient tveganja je bil večji od 1 le za maksimalno vrednost osebe (1,53) pri upoštevanju dopustnega tedenskega vnosa (Cadmium in food, 2009). Primerjava glede na spol pokaže, da je ta vrednost presežena pri ženski.

Koeficient tveganja, določenega na podlagi dopustnega vnosa (Cadmium in food, 2009), tudi ni bi presežen na območjih, razdeljenih glede na kategorije onesnaženosti tal s kadmijem. Najmanjši HQ (za povprečno osebo) smo določili za neonesnaženo območje (0,03). Sledi malo onesnaženo (0,10) območje. Koeficienti tveganja so bili podobni na zmerno onesnaženem (0,21), onesnaženem (0,21) in zelo onesnaženem (0,19) območju. Največji HQ smo ocenili za kritično onesnaženo območje (0,50). Na kritičnih območjih imajo ženske (0,62) večji HQ kot moški (0,30). Prav tako imajo ženske večji HQ kot moški na zmerno onesnaženem (0,24) in onesnaženem (0,23) območju. Manjši HQ imajo ženske na neonesnaženem (0,02), malo onesnaženem (0,09) in zelo onesnaženem (0,18) območju v primerjavi z moškimi (0,06, 0,10 oziroma 0,20).

Glede na kategorije onesnaženosti tal sta maksimalna vrednost (1,53) in 95. percentil koeficienta tveganja (1,53) na kritično onesnaženem območju presegla 1, pri upoštevanju dopustnega tedenskega vnosa (Cadmium in food, 2009).

Preglednica 34: Opisne statistike za koeficient tveganja vnosa kadmija preko izbranih vrtnin v prehransko verigo človeka in primerjava glede na stopnje onesnaženosti tal in spol

Table 34: Descriptive statistics for hazard quotient of cadmium intake via selected vegetables in human food chain and comparison based on the categories of soil contamination and gender

Koeficient tveganja	n	$\bar{X}$	SE	Me	Min	Maks	Q ₁	Q ₃	P ₉₅	Kriterij
VSI VRTOVI										
HQ (EFSA)	115	0,18	0,02	0,11	0,00	1,53	0,05	0,26	0,55	1
Ženska	75	0,20	0,03	0,13	0,00	1,53	0,06	0,29	0,55	
Moški	40	0,14	0,02	0,10	0,00	0,56	0,05	0,19	0,40	
HQ (WHO)	115	0,08	0,01	0,05	0,00	0,68	0,02	0,12	0,24	
Ženska	75	0,09	0,01	0,06	0,00	0,68	0,03	0,13	0,25	
Moški	40	0,06	0,01	0,05	0,00	0,25	0,02	0,08	0,18	
NEONESNAŽENO ([Cd] _{ta} < 1mg/kg s. s.)										
HQ (EFSA)	9	0,03	0,01	0,02	0,00	0,11	0,02	0,04	0,11	1
Ženska	6	0,02	0,00	0,02	0,00	0,04	0,01	0,03	0,04	
Moški	3	0,06	0,03	0,05	0,02	0,11	0,02	0,11	0,11	
HQ (WHO)	9	0,01	0,00	0,01	0,00	0,05	0,01	0,02	0,05	
Ženska	6	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,02	
Moški	3	0,03	0,01	0,02	0,01	0,05	0,01	0,05	0,05	
MALO ONESNAŽENO ([Cd] _{ta} = 1-1,9 mg/kg s. s.)										
HQ (EFSA)	32	0,10	0,01	0,08	0,00	0,30	0,05	0,12	0,28	1
Ženska	21	0,09	0,01	0,06	0,01	0,30	0,05	0,08	0,28	
Moški	11	0,10	0,02	0,10	0,00	0,28	0,03	0,15	0,28	
HQ (WHO)	32	0,04	0,01	0,03	0,00	0,13	0,02	0,06	0,13	
Ženska	21	0,04	0,01	0,03	0,00	0,13	0,02	0,04	0,13	
Moški	11	0,04	0,01	0,04	0,00	0,12	0,01	0,07	0,12	
ZMerno ONESNAŽENO ([Cd] _{ta} = 2-3,9 mg/kg s. s.)										
HQ (EFSA)	33	0,20	0,03	0,17	0,02	0,55	0,08	0,35	0,48	1
Ženska	23	0,23	0,03	0,17	0,02	0,55	0,10	0,35	0,48	
Moški	10	0,14	0,04	0,11	0,02	0,36	0,04	0,19	0,36	
HQ (WHO)	33	0,09	0,01	0,07	0,01	0,24	0,03	0,15	0,21	
Ženska	23	0,10	0,01	0,07	0,01	0,24	0,04	0,16	0,21	
Moški	10	0,06	0,02	0,05	0,01	0,16	0,02	0,09	0,16	
ONESNAŽENO ([Cd] _{ta} = 4-7,9 mg/kg s. s.)										
HQ (EFSA)	25	0,21	0,03	0,16	0,01	0,55	0,09	0,29	0,51	1
Ženska	16	0,23	0,04	0,19	0,01	0,55	0,09	0,37	0,55	
Moški	9	0,17	0,04	0,16	0,04	0,39	0,10	0,26	0,39	
HQ (WHO)	25	0,09	0,01	0,07	0,00	0,25	0,04	0,13	0,23	
Ženska	16	0,10	0,02	0,08	0,00	0,25	0,04	0,16	0,25	
Moški	9	0,08	0,02	0,07	0,02	0,17	0,04	0,12	0,17	
ZELO ONESNAŽENO ([Cd] _{ta} = 8-11,9 mg/kg s. s.)										
HQ (EFSA)	8	0,19	0,05	0,13	0,03	0,41	0,10	0,30	0,41	1
Ženska	4	0,18	0,06	0,13	0,08	0,36	0,11	0,25	0,36	
Moški	4	0,20	0,08	0,18	0,03	0,41	0,07	0,33	0,41	
HQ (WHO)	8	0,08	0,02	0,06	0,01	0,18	0,04	0,13	0,18	
Ženska	4	0,08	0,03	0,06	0,04	0,16	0,05	0,11	0,16	
Moški	4	0,09	0,04	0,08	0,01	0,18	0,03	0,15	0,18	
KRITIČNO ONESNAŽENO ([Cd] _{ta} ≥ 12 mg/kg s. s.)										
HQ (EFSA)	8	0,48	0,18	0,38	0,01	1,53	0,10	0,68	1,53	1
Ženska	5	0,62	0,27	0,56	0,01	1,53	0,20	0,80	1,53	
Moški	3	0,25	0,15	0,12	0,08	0,56	0,08	0,56	0,56	
HQ (WHO)	8	0,21	0,08	0,17	0,00	0,68	0,04	0,30	0,68	
Ženska	5	0,27	0,12	0,25	0,00	0,68	0,09	0,36	0,68	
Moški	3	0,11	0,07	0,05	0,03	0,25	0,03	0,25	0,25	

■ - presežena vrednost glede na kriterij

4.5.2.1 Koeficient tveganja za vnos kadmija v prehransko verigo človeka preko vrtnin glede na scenarije

Koeficienti tveganja za Scenarij 1 ne presegajo 1 (preglednica 35) in je tveganje v splošnem zelo majhno. Koeficient tveganja je enak 0,1 pri upoštevanju dopustnega tedenskega vnosa (Cadmium in food, 2009) oziroma ga ni pri upoštevanju začasnega dopustnega mesečnega vnosa (Summary report ..., 2010). Prav tako ni tveganja na malo in neonesnaženem območju (0,0). Največji koeficient tveganja smo določili na kritično onesnaženem območju (0,3 oziroma 0,1).

Preglednica 35: Koeficient tveganja za pojav neželenih učinkov na zdravje ljudi z vseh vrtov ter primerjava glede na kategorije onesnaženosti tal za Scenarij 1

Table 35: The hazard quotient for the risk of adverse health effects from all gardens and comparison based on the categories of soil contamination, for Scenario 1

Kategorija onesnaženosti tal ([Cd] _{tl} mg/kg s. s.)	HQ (EFSA)	HQ (WHO)	Kriterij
VSI VRTOVI	0,1	0,0	1
N (< 1)	0,0	0,0	
MO (1-1,9)	0,0	0,0	
ZM.O (2-3,9)	0,1	0,0	
O (4-7,9)	0,1	0,0	
ZO (8-11,9)	0,1	0,1	
KO (≥12)	0,3	0,1	

Na splošno tudi za Scenarij 2 ni povečanega tveganja za pojav neželenih učinkov (preglednica 36). Povprečen koeficient tveganja in njegova mediana ne presegata 1. Največja povprečna vrednost je bila določena za kritično območje (0,46 oziroma 0,21). Mediana koeficienta tveganja na kritično onesnaženem območju je bila 0,35 oziroma 0,15. Na kritično onesnaženem območju sta največja ocenjena vrednost koeficienta tveganja in njegov 95. percentil presegla 1, kar pomeni, da se lahko pri 5 % opazovane populacije, glede na Scenarij 2, pojavijo neželeni učinki.

Preglednica 36: Koeficient tveganja za pojav neželenih učinkov z vseh vrtov ter glede na kategorije onesnaženosti tal za Scenarij 2

Table 36: The hazard quotient for the risk of adverse health effects from all gardens and comparison based on the categories of soil contamination for Scenario 2

Koeficient tveganja	n	$\bar{X}$	SE	Me	Min	Maks	Q ₁	Q ₃	P ₉₅	Kriterij
VSI VRTOVI										
HQ (EFSA)	115	0,18	0,02	0,10	0,00	1,5	0,05	0,27	0,54	1
HQ (WHO)	115	0,08	0,01	0,05	0,00	0,7	0,02	0,12	0,24	
NEONESNAŽENA ($[Cd]_{tla} < 1 \text{ mg/kg s. s.}$)										
HQ (EFSA)	9	0,03	0,01	0,02	0,00	0,10	0,02	0,04	0,10	1
HQ (WHO)	9	0,01	0,00	0,01	0,00	0,04	0,01	0,02	0,04	
MALO ONESNAŽENA ($[Cd]_{tla} = 1-1,9 \text{ mg/kg s. s.}$)										
HQ (EFSA)	32	0,09	0,01	0,07	0,00	0,30	0,05	0,12	0,28	1
HQ (WHO)	32	0,04	0,01	0,03	0,00	0,13	0,02	0,05	0,12	
ZMerno ONESNAŽENA ($[Cd]_{tla} = 2-3,9 \text{ mg/kg s. s.}$)										
HQ (EFSA)	33	0,20	0,03	0,18	0,02	0,54	0,07	0,32	0,54	1
HQ (WHO)	33	0,09	0,01	0,08	0,01	0,24	0,03	0,14	0,24	
ONESNAŽENA ($[Cd]_{tla} = 4-7,9 \text{ mg/kg s. s.}$)										
HQ (EFSA)	25	0,21	0,03	0,15	0,01	0,61	0,08	0,27	0,49	1
HQ (WHO)	25	0,09	0,01	0,07	0,00	0,27	0,04	0,12	0,22	
ZELO ONESNAŽENA ($[Cd]_{tla} = 8-11,9 \text{ mg/kg s. s.}$)										
HQ (EFSA)	8	0,18	0,04	0,13	0,03	0,36	0,09	0,29	0,36	1
HQ (WHO)	8	0,08	0,02	0,06	0,01	0,16	0,04	0,13	0,16	
KRITIČNO ONESNAŽENA ($[Cd]_{tla} \geq 12 \text{ mg/kg s. s.}$)										
HQ (EFSA)	8	0,46	0,17	0,35	0,01	1,5	0,10	0,67	1,5	1
HQ (WHO)	8	0,21	0,08	0,15	0,00	0,7	0,04	0,30	0,7	

■ - presežena vrednost glede na kriterij za HQ < 1

Tveganje za najslabši možni scenarij (Scenarij 3) je opredeljeno v preglednici 37. S stališča dopustnega tedenskega vnosa (Cadmium in food, 2009) obstaja tveganje (1,9) za pojav neželenih učinkov zaradi zaužitja izbranih vrtnin z vrtov. Tveganje se nanaša na zmerno onesnažena (1,5), onesnažena (1,7), zelo onesnažena (2,3) in kritično onesnažena območja (6,1). S stališča začasnega dopustnega mesečnega vnosa (Summary report ..., 2010) je povprečni koeficient tveganja blizu 1 (0,9). Tveganje obstaja na zelo onesnaženem (1,3) in kritično onesnaženem območju (2,6).

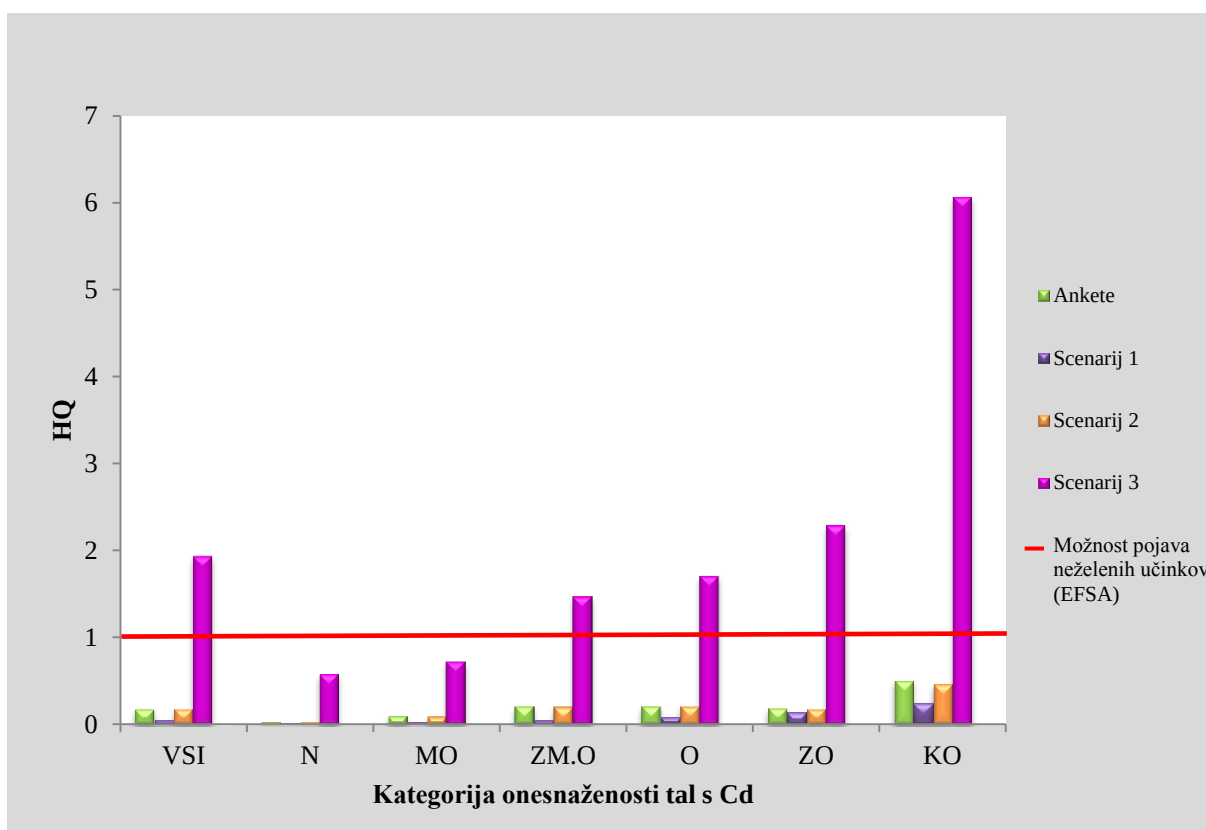
Preglednica 37: Koeficient tveganja za pojav neželenih učinkov z vseh vrtov ter glede na kategorije onesnaženosti tal za Scenarij 3

Table 37: The hazard quotient for the risk of adverse health effects from all gardens and comparison based on the categories of soil contamination, for Scenario 3

Kategorija onesnaženosti tal ($[Cd]_{tla} \text{ mg/kg s. s.}$)	HQ (EFSA)	HQ (WHO)	Kriterij
VSI VRTOVI	1,9	0,9	
N (< 1)	0,6	0,3	
MO (1-1,9)	0,7	0,3	
ZM.O (2-3,9)	1,5	0,7	1
O (4-7,9)	1,7	0,8	
ZO (8-11,9)	2,3	1,0	
KO (≥ 12)	6,1	2,7	

■ -presežena vrednost glede na kriterij za HQ < 1

Slika 39 prikazuje primerjavo koeficientov tveganja, vnosov kadmija v prehransko verigo človeka med opazovano populacijo in Scenariji 1, 2 in 3. Največje tveganje obstaja v primeru najslabšega možnega scenarije (Scenarij 3), ki tudi najbolj vidno odstopa od opazovane populacije in Scenarijev 1 in 2. Pri slednjih ni tveganja prekomernega vnosa kadmija v človeka preko zaužitja izbranih vrtnin in so na splošno primerljivi. Koeficienti tveganja za opazovano populacijo in Scenarij 2 so zelo podobni in večji od koeficientov tveganja za Scenarij 1. Primerjava koeficientov tveganja za pojav neželenih učinkov na zdravje ljudi na podlagi začasnega dopustnega mesečnega vnosa (Summary report ..., 2010) je prikazana v prilogi K.



Slika 39: Primerjava opazovane populacije in Scenarijev 1, 2 in 3 za koeficient tveganja vnosa kadmija v človeka preko izbranih vrtnin na podlagi dopustnega tedenskega vnosa za kadmij (Cadmium in food, 2009) in primerjava kategorij onesnaženosti tal s kadmijem z mejo, ki predstavlja možnost pojava neželenih učinkov
Figure 39: Comparison of hazard quotients for the risk of adverse health effects on garden owners and for Scenarios 1,2 and 3, based on tolerable weekly intake for cadmium (Cadmium in food, 2009) and the categories of soil contamination, with the limit which presents the possibility of adverse health effects

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

V zadnjem poglavju smo povzeli ugotovitve in zaključke raziskovanja ter jih primerjali s podatki iz literature. Opisali smo, kako smo z raziskavo izpolnili namen in cilje doktorske disertacije ter katere hipoteze smo potrdili in katere ovrgli. Poglavje smo zaključili z glavnimi sklepi doktorske disertacije.

5.1 RAZPRAVA

V doktorski disertaciji smo ocenjevali, ali na območju Mestne občine Celje obstaja verjetnost pojava neželenih učinkov na zdravje pridelovalcev vrtnin zaradi vnosa kadmija preko zaužitja vrtnin, ki so pridelane na domačem vrtu. Mesto Celje se zaradi kotlinske lege in pester industrijske aktivnosti uvršča med najbolj onesnažena slovenska mesta. Glavno onesnaževanje okolja s kadmijem se je zgodilo v preteklosti, zato se je največ tega elementa akumuliralo v tleh in je potencialno dostopen rastlinam. Z zaužitjem užitnih delov rastlin tako kadmij lahko prehaja v človeka. Predvsem v ljudi, ki pridelujejo vrtnine, na s kadmijem onesnaženih vrtovih. Različni avtorji (Kibble in Saunders, 2001, *The Contaminated Land ...*, 2002; Meeus in sod., 2002) so prav pridelovalce vrtnin in najemnike vrtov opredelili kot eno od bolj izpostavljenih skupin prebivalstva, ki je zaradi zaužitja vrtnin, ki so pridelane na onesnaženih vrtovih, izpostavljena povečanemu tveganju za pojav bolezni.

Na začetku raziskovalnega dela smo z anketnim vprašalnikom podrobno preučili opazovano populacijo. Metoda z vprašalnikom je imela več praktičnih prednosti. Vprašanja smo pridelovalcem vrtnin postavili ob njihovem vrtu. Tako so pridelovalci imeli tudi boljšo predstavbo o nekaterih vprašanjih (npr. velikost vrta, količina pridelane vrtnine na leto) in lahko smo opazili, ali vprašani podaja neiskrene odgovore, ki smo jih nato izločili iz nadaljnje obdelave. Prav tako je metoda malo obremenjevala anketiranega. Pomanjkljivost metode je v tem, da je zanesljivost odvisna od spomina pridelovalca vrtnin, njegove iskrenosti in ocenjevanja količin pridelanih vrtnin. Anketirani so lahko imeli težave z izražanjem količin v standardnih enotah (npr. letni pridelek vrtnin v kg). Metodo bil lahko nadgradili s tem, da bi pridelovalci vrtnin tehtali pridelano količino vrtnin z vrta, vendar bi bil to bolj dolgotrajen postopek, ki bi tudi bolj obremenjeval vprašane. V raziskavo je bilo vključenih 123 pridelovalcev vrtnin. Na podlagi anketnega vprašalnika smo ugotovili, da je bilo v raziskavo vključenih več žensk (64,2 %) kot moških (35,8 %). Tudi iz podatkov Statističnega urada Republike Slovenije je razvidno, da v MOC živi več žensk kot moških (Popis prebivalstva ..., 2012). Starost pridelovalcev vrtnin je bila med 22 in 86 let. Prevladovala je starejša populacija ljudi, saj je bila povprečna starost 58 let. Povprečna telesna teža vprašanih je bila 76,1 kg, kar je podobno kot je povprečna teža v Sloveniji – 74,5 kg (Health and Food, 2006) in nekoliko več v primerjavi s povprečno težo v Evropi (70,8 kg) (Walpole in sod., 2012).

Dobra desetina (10,6 %) opazovane populacije je bila kadilcev, kar je precej manj, kot je bil povprečni odstotek (29,3 %) kadilcev v Sloveniji (Delež kadilcev ..., 2013) in v Evropski

skupnosti (32 %) (Attitudes of Europeans ..., 2007). Večinoma (66,7 %) so bili pridelovalci vrtnin nekadilci, zato je zanje prehrana predstavljala glavni vir (90 %) izpostavljenosti kadmiju (Cadmium in food, 2009). Preostala (10 %) izpostavljenost kadmiju predstavlja inhalacija okoliškega zraka (npr. prašni delci in hišni prah) ter pitna voda (Vahter in sod., 1991, Olsson in sod., 2002). Eržen (2010) je ugotovil, da je prispevek kadmija iz pitne vode celjskega javnega vodovodnega omrežja majhen zaradi zelo nizke ($<0,1 \mu\text{g/l}$) vsebnosti kadmija v vodi. Tudi EFSA (Cadmium dietary exposure ..., 2012) je ocenila, da je majhen prispevek pitne vode za odraslega k celokupni prehranski izpostavljenosti kadmiju 0,17 % (Preglednica 15). Prav tako je WHO zaključila, da so povprečno vsebnosti kadmija v pitni vodi zelo nizke ($0,01 - 1 \mu\text{g/l}$) in zato pomembneje ne prispevajo k celotnemu vnosu kadmija v človeka (Air quality ..., 2000). Povprečno pridelovalci vrtnin zaužijejo 1,2 l vode iz celjskega javnega vodovodnega omrežja, kar je še enkrat večja zaužita količina ($0,6 \text{ l}$) vode, kot so jo navedli Petrovič in sod. (2011) za populacijo v Sloveniji. Glede na zgornje ugotovitve WHO (Air quality ..., 2000), Eržena (2010) in EFSA (Cadmium dietary exposure ..., 2012) ter količine zaužite pitne vode za opazovano populacijo smo tudi mi zaključili, da je prehranska izpostavljenost kadmiju, zaradi pitja vode iz javnega vodovodnega omrežja majhna in da so pridelovalci vrtnin izpostavljeni kadmiju predvsem preko zaužitja živil.

Malo manj kot polovica (46,3 %) vprašanih je živela v MOC že od rojstva. Zato so zanje vplivi iz okolja eden od ključnih dejavnikov izpostavljenosti kadmiju, saj na vprašane delujejo že celo življenje. To je še posebej pomembno za kadmij, saj je onesnažilo, ki se v daljšem časovnem obdobju akumulira v telesu in ima dolgo razpolovno dobo (Goyer in Clarkson, 2001). Poleg tega ljudje povprečno 30 let pridelujejo vrtnine na vrtu in se 151 dni v letu posvečajo delu na vrtu. Pri tem slaba polovica (43,1 %) ljudi občasno uporablja zaščitna sredstva (rokavice, škornje ali zaščitno obleko), dobra četrtina (27,6 %) pa ne uporablja zaščitnih sredstev. S tem, ko ne uporabljajo zaščitnih sredstev, so lahko dodatno izpostavljeni kadmiju preko nenamernega zaužitja delcev zemlje iz nečistih rok in vnosa delcev zemlje v bivalno okolje preko obleke. Ker vprašani večinoma (93,4 %) očistijo pridelane vrtnine pred zaužitjem, je zelo malo verjetno, da bodo dodatno izpostavljeni kadmiju tudi preko nenamernega zaužitja delcev zemlje, ki so na vrtnini. Preostalih 6,6 % ljudi je sicer odgovorilo, da tudi očistijo vrtnine, le nekatere zaužijejo brez predhodnega čiščenja, kot so na primer, grah, redkvice in paradižnik. Le v primeru redkvice in paradižnika obstaja verjetnost, da poleg vrtnin zaužijejo še delčke onesnažene zemlje in so s tem dodatno izpostavljeni kadmiju. Najpogostejši postopek priprave vrtnin, ki je sledil čiščenju vrtnin, je bilo kuhanje (97,5 %). Zato smo se tudi odločil, da ugotovimo, kakšen je vpliv kuhanja na vsebnost kadmija v vrtnini.

Povprečno so pridelovalci vrtnin ocenili onesnaženost vrta z oceno 4, ki predstavlja srednjo vrednost na lestvici od 1 (zelo onesnažena tla) do 7 (neonesnažena tla), kar nakazuje, da pridelovalci vrtnin večinoma smatrajo, da so tla na njihovem vrtu srednje onesnažena. Zanimivo je, da je kljub temu 80,5 % pridelovalcev vrtnin odgovorilo, da pridelujejo vrtnine na vrtu tudi zato, da pridelajo domačo, bolj »zdravo« hrano.

Prostorska analiza razporeditve mnenj o onesnaženosti vrtov (Slika 13) je pokazala, da so bili pridelovalci vrtnin večinoma bolj kritični o onesnaženosti njihovih vrtov, kot je bilo dejansko stanje. Najbolj kritični so bili tisti, ki so živeli na območju, kjer je v preteklosti delovala Stara cinkarna. Eden od možnih razlogov, zakaj so bili pridelovalci vrtnin bolj kritični, kot je bilo dejansko stanje onesnaženosti vrtov, je lahko v tem, da so bili v raziskavo vključeni ljudje, ki so se sami javili na naš oglas po radiu in časopisu. Zato smo pričakovali, da bodo mnenja o onesnaženosti večja, kot bi bila sicer, saj so verjetno tisti, ki menijo, da pridelujejo vrtnine na neonesnaženih tleh, manj zainteresirani za sodelovanje v raziskavah kot tisti, ki menijo, da so tla na njihovih vrtovih onesnažena in želijo ugotoviti, do katere mere so tla na vrtovih onesnažena in posledično pridelane vrtnine.

Velikost vrtov, na katerih so ljudje pridelovali vrtnine, je bila zelo različna, od 3 m² do 800 m². Večinoma (62,6 %) pridelovalci vrtnin niso zamenjali tal na vrtovih oziroma tla na vrtovih niso bila poplavljenjena (72,9 %). S tem, ko so pridelovalci vrtnin zamenjali tla na vrtovih, so lahko bodisi zmanjšali onesnaženost tal na vrtu ali pa povečali onesnaženost tal na vrtu, v kolikor je bila zamenjana zemlja bolj onesnažena kot avtohtona tla. Slednje je bilo najbolj očitno razvidno iz slike 28, ko sta dva pridelovalca vrtnin, na severu občine, zamenjala tla zaradi boljše strukture (več humusa in hranil ter bolj ustrezna pH-vrednost), pri čemer pa niso bili pozorni na izvor zemlje, saj je bila z onesnaženega območja MOC. Onesnaženost tal na vrtovih se je lahko tudi zmanjšala s poplavo vrta, ko je voda odnašala zgornji (najbolj onesnažen) del tal z vrta oziroma se je onesnaženost lahko povečala s tem, ko je voda prinašala sediment na vrt.

Velika večina vprašanih (97,6 %) na vrtove vnaša gnojila (hlevski gnoj, domači in kupljeni kompost ter organska in anorganska gnojila). Poleg tega 35,5 % ljudi uporablja pripravke, kot so insekticidi, fungicidi in herbicidi. Odstotek vprašanih, ki uporabljajo zaščitna sredstva, je za 7,5 % višji od odstotka ljudi v Sloveniji, ki uporabljajo kupljena zaščitna sredstva pri pridelavi zelenjave (Tivadar, 2009). Tako gnojenje kot tudi pripravki lahko predstavljajo dodaten vir vnosa kadmija v tla.

Na domačih vrtovih so ljudje povprečno največ pridelali paradižnika (22,1 kg) in zgodnjega krompirja (17,8 kg), najmanj pa belušev (0,11 kg), kolerabe (0,91 kg) in špinače (0,97 kg). Najpogosteje so dokupili čebulo (15,4 kg) in zelje (13,1 kg), najmanj pa blitve (0,34) in feferonov (0,36 kg). Na splošno so pridelovalci vrtnin, ki so bili vključeni v našo raziskavo, pridelali na člana gospodinjstva večjo povprečno letno količino solate, zelja, paradižnika, korenčka in čebule, kot so jih povprečno letno pridelali v Sloveniji (Preglednica 16).

Glede na kategorije onesnaženosti tal so od izbranih vrtnin največ pridelali na:

- ✓ neonesnaženih vrtovih: zgodnjega krompirja (13,9 kg) in zelja (12,2 kg);
- ✓ malo onesnaženih: paradižnika (20,7 kg) in endivije (12,9 kg);
- ✓ zmerno onesnaženih: paradižnika (25,7 kg) in zgodnjega krompirja (24,4 kg);
- ✓ onesnaženih: zgodnjega krompirja (29,0 kg) in paradižnika (23,2 kg);

- ✓ zelo onesnaženih: paradižnika (26,4 kg) ter bučk in zelja (10,0 kg)
- ✓ kritično onesnaženih: paradižnika (17,9 kg) in radiča (13,1 kg).

Na zelo onesnaženih in kritično onesnaženih območjih so vprašani pridelali največ paradižnika, zelja in bučk, za katere je značilno, da je relativna akumulacija težkih kovin v užitnih delih rastlin (Kloke in sod., 1984) nizka. Največ izbranih vrtnin so vprašani pridelali na zmerno onesnaženih vrtovih, najmanj pa na kritično onesnaženih vrtovih (Slika 18). Kar bi lahko bila tudi posledica odzivov rastline na povečane vsebnosti kadmija v tleh; npr. zmanjšanje pridelka, upočasnitev rasti, uvel izgled in zaviranje fotosinteze (Adriano, 1986; Prasad, 1995), s tem pa se tudi zmanjša kakovost pridelanih vrtnin.

Vprašani celotne letne količine pridelanih vrtnin ne porabijo v lastnem gospodinjstvu. Za lastno gospodinjstvo namenijo 87,5 % pridelanih vrtnin, ostali del pridelka so namenili za oskrbovanje sorodnikov in znancev, za domače živali ali kot kompost ali seme. Prav tako tudi člani v gospodinjstvu zaužijejo različne količine pridelanih vrtnin. Povprečen delež zaužitega pridelka vrtnin vprašanega v gospodinjstvu je bil 0,40. Povprečni delež zaužitega pridelka, glede na ostale člane v gospodinjstvu, je bil za moškega večji (0,44) kot za žensko (0,39). Kar pomeni, da so moški v gospodinjstvu povprečno zaužili večjo količino pridelanih vrtnin kot ženske.

Pridelovalci vrtnin so imeli pretežno uravnoteženo prehrano (slika 23), zato je povečanje absorpcije kadmija v telesu ljudi zaradi prehranskih dejavnikov, kot so prehrana, ki vsebuje malo beljakovin, kalcija, vitamina D, železa, cinka in bakra (Air quality ..., 2000; Goyer in Clarkson, 2001, Godt in sod., 2006; Cadmium in Food, 2009) malo verjetno. Le za devet ljudi, ki so se opredelili, da ne uživajo mesa, žitnih izdelkov ali mlečnih izdelkov in jajc, obstaja možnost povečanja absorpcije kadmija v telesu. Zelenjava predstavlja 26,7 % zaužitih živil vsakodnevne prehrane vprašanih. Od tega je slabih 60 % pridelanih vrtnin, preostali odstotek vrtnin dokupijo na trgu. Iz tega lahko sklepamo, da za vprašane ljudi vrtnine, ki so pridelane na domačem vrtu, predstavljajo pomemben odstotek zaužitih živil.

Živila, ki predstavljajo pomembnejši vir k prehranski izpostavljenosti kadmiju zaradi visoke vsebnosti tega elementa, so drobovina sesalcev, školjke in gobe (Galal-Gorchev, 1991; Cadmium in food, 2009). Ker se je 73,2 % vprašanih opredelilo, da nikoli ne uživajo školjk, polžev in rakov oziroma le majhen odstotek (3,3 %) ljudi je reklo, da jih pogosto uživajo, smo presodili, da ne predstavljajo pomembnega vira prehranske izpostavljenosti kadmiju. V primerjavi z ljudmi iz Slovenije, pridelovalci vrtnin zaužijejo manj školjk in rakov, saj 54,3 % Slovencev nikoli ne uživa morskih sadežev, 37,7 % jih uživa 1 do 3-krat na mesec in 0,2 % 4-6-krat na teden (Koch in Kostanjevec, 2009). Drobovino ne uživa slabih 31 % ljudi. Več kot polovica (66,7 %) pa je odgovorila, da drobovino uživa včasih oziroma majhen odstotek (2,4 %) ljudi je odgovorilo, da jo uživa pogosto. Zato bi lahko zanje drobovina predstavljala pomembnejši vir vnosa kadmija. Vprašani so bolj pogosto uživali drobovino kot ljudje v

Sloveniji, saj pri slednjih 64 % nikoli ne uživa drobovine, 30,9 % jo uživa 1-3-krat na mesec in 0,1 % 4-6-krat na teden (Koch in Kostanjevec, 2009). Gobe za opazovano populacijo predstavljajo pomemben vir kadmija, saj se je majhen odstotek (5,3 %) ljudi opredelil, da jih ne uživajo. Preostali jih uživajo bodisi včasih (70,7 %) ali pa pogosto (23,6 %).

Po preučitvi pridelovalcev vrtnin je sledilo raziskovanje glavnega vira onesnaževanja vrtnin – tla. Rezultati so pokazali, da se je 63,1 % talnih vzorcev uvrščalo med meljasto ilovico, ki so srednje težka tla in najprimernejša za rast kulturnih rastlin. Povprečno so bila na vrtovih nevtralna, humozna tla, kar do neke mere zavira prehod kadmija v vrtnine. V dokaj ozkem razponu smo določili pH-vrednost tal (med 6,0 in 7,5), kar je verjetno posledica načinov upravljanja s tlemi, saj pridelovalci vrtnin vzdržujejo dobre pogoje za pridelavo vrtnin. Analiza elementov v talnih vzorcih je pokazala, da so bila tla na splošno onesnažena. Med povprečnimi vsebnostmi elementov v tleh in njihovo mediano je bila znatna razlika, zato je bila mediana primernejša mera za centralno tendenco. V polovici vzorcev je bila le vsebnost bakra (43,1 mg/kg s. s.) v skladu z zakonodajo, vsebnost kadmija (2,6 mg/kg s. s.), svineca (113,9 mg/kg s. s.) in cinka (489 mg/kg s. s.) pa je presegla zakonodajno opozorilno vrednost (Uredba o mejnih ..., 1996). S stališča vsebnosti onesnažil v vzorcih tal je bil najbolj kritičen element cink, saj je četrtnina vzorcev presegla kritično vrednost, kar 75 % vzorcev pa je presegla mejno vrednost za cink. Poleg tega je največja izmerjena vrednost presegla kritično mejo za približno osemkrat (Karo Bešter in sod., 2013b).

Na splošno so bila tla na severu občine najmanj onesnažena s kadmijem (slika 28). Najbolj onesnažena območja s kadmijem so bila med avtocesto A1 na severu in hribovjem na jugu (Anski vrh, Stari grad, Jelovški hrib), pri čemer so najbolj kritično onesnaženi vrtovi v mestnem jedru in v bližini, kjer je v preteklosti delovala topilnica cinka (Stara cinkarna). Zanimiva je bila ugotovitev, da so nekateri pridelovalci vrtnin zamenjali tla na vrtu z bolj onesnaženo zemljo. S tem so povečali tveganje za vnos kadmija v človeka preko vrtnin.

Vsebnost elementov v tleh (in kasneje tudi v vrtninah) smo določili po kislinskem razklopu vzorca z zlatotopko, z induktivno sklopljeno plazmo z masno spektrometrijo (ICP-MS). Metoda je omogočala veliko občutljivost oziroma nizko mejo zaznavnosti. Spodnja meja detekcije za kadmij, baker in svinec je bila 0,1 mg/kg s. s. ter za mangan in cink 1 mg/kg s. s. Ostale prednosti metode so še na primer, da je hitra multi-elementna kvantitativna analiza ter da za analizo potrebujemo majhno količino vzorca. Slabosti metode so sledeče: molekulska prekrivanja, prekrivanja spektrov izobarov, ni primerna za vzorce, ki imajo vsebnost soli večjo od 3 % (Palonta, 2009), za sprejemljivo delovanje inštrumenta je potrebno dosledno in redno čiščenje vmesnega stožca, ki je postavljen med ICP izvorom in masnim spektrometrom (Rajh, 2011).

Primerjava povprečnih vsebnosti elementov z vsebnostmi elementov, ki so bili objavljeni v literaturi na območju MOC (preglednica 1) je pokazala, da so vsebnosti elementov večje na vrtovih, kot pa na območjih, kjer je bila upoštevana vsa raba (Lobnik in sod., 1989) oziroma travniki in zelenice (Zupan in sod., 1997). To je bilo pričakovati, saj pridelovalci vrtnin z gnojenjem in s pripravki za varstvo rastlin dodatno vnašajo različne elemente v tla. Povprečna vsebnost kadmija (4,5 mg/kg s. s.) v talnih vzorcih je bila podobna povprečni vsebnosti kadmija (4,8 mg/kg s. s.), ki jo je določila Klavs (2003) in za 1 mg/kg s. s. manjša, kot so jo določili Zupan in sod. (1994). Slednji so določili manjše povprečne vsebnosti za baker (43,4 mg/kg.s. s), svinec (123,4 mg/kg s. s.) in cink (603 mg/kg s. s.), v primerjavi s talnimi vzorci opazovane populacije, kar lahko pripišemo tudi različnemu številu odvzetih vzorcev. Prav tako je bila povprečna vsebnost elementov v talnih vzorcih pridelovalcev vrtnin na območju MOC večja, kot je bila povprečna vsebnost elementov v tleh na območju Slovenije. Povprečna vsebnost kadmija v talnih vzorcih je bila tudi precej večja, kot so bile povprečne vsebnosti kadmija v tleh nekaterih evropskih držav (preglednica 5) ter vrtovih in kmetijskih zemljiščih v Angliji, Franciji in Nemčiji (preglednica 6). Primerljiva je bila le z vsebnostjo kadmija na kanadskih vrtovih, ki so bili locirani v bližini topilnice bakra in cinka (5,2 mg/kg s. s.). Tudi vsebnosti bakra, svinca in cinka v talnih vzorcih opazovane populacije so bile precej večje kot so bile vsebnosti na nemških in francoskih vrtovih in kmetijskih zemljiščih (preglednica 6). Vendar moramo poudariti, da se večina vrtov, vključenih v raziskavo, nahaja v območju vpliva emisij pretekla oziroma sedanje industrije in prometa .

Na podlagi Pearsonovega koeficienta korelacije smo ugotovili, da je bila dobra linearna povezanost med vsebnostjo kadmija v tleh in bakrom 0,64, cinkom 0,92 in svincem 0,76, kar nakazuje, da imajo vsi ti elementi skupen/podoben izvor onesnaževanja. Močno linearno povezanost smo pričakovali, saj je kadmij naravno prisoten v rudah ter skupaj s cinkom, svincem in bakrom nastaja kot stranski proizvod pri njihovem pridobivanju, taljenju in prečiščevanju. Šibka linearna povezanost med vsebnostjo kadmija v tleh in vsebnostjo organske snovi (0,28) v tleh je bila verjetno odraz že omenjenega ozkega razpona vsebnosti organske snovi, ki smo jo določili v talnih vzorci. Enako velja tudi za pH-vrednost, kjer ni bilo linearne korelacije (-0,25) z vsebnostjo kadmija v tleh (Karo Bešter in sod., 2013b).

Na podlagi rezultatov vsebnosti kadmija v izbranih vrtninah smo zaključili, da so bile največje vsebnosti kadmija določene v korenčku in rdeči pesi (korenovke) ter radiču in endiviji (listnata zelenjava). Približno polovica vzorcev korenčka je imelo vsebnost kadmija (0,098 mg/kg sv. s.) večjo kot je predpisana mejna vrednost (Uredba komisije ..., 2006) za korenček (0,1 mg/kg sv. s.). V naborih podatkov o vsebnosti kadmija v pridelanih vrtninah so se pojavljali osamelci in ekstremiti, zato je bila mediana zopet primernejša mera za centralno tendenco, razen v primeru, ko smo razvrstili vrtnine glede na kategorije onesnaženosti tal. Mediana vsebnosti kadmija v vrtninah (mg/kg sv. s.) je naraščala po sledečem zaporedju: bučka (0,005) < zelje (0,013) < čebula (0,019) < paradižnik (0,021) < zgodnji krompir (0,048) < radič (0,058) < endivija (0,070) < rdeča pesa (0,071) < korenček (0,098) (Karo Bešter in sod., 2013b).

Vsebnosti kadmija v izbranih vrtninah so pokazale, da različne rastline akumulirajo kadmij v različnih koncentracijah (He in Singh, 1994; Alexander in sod., 2006; Yang in sod., 2010; Zupan in sod., 1996; Klavs, 2004; Eržen in sod., 2005). Zaporedje akumuliranja povprečne vsebnosti kadmija v raziskovanih vrtninah je bilo podobno zaporedju, ki ga je objavila Klavs (2004) ter primerljivo z rezultati Zupana in sod. (1996) in Eržena in sod. (2005) (Preglednica 2). Zadnji so določili le večje vsebnosti kadmija v krompirju (0,121 in 0,087 mg/kg sv. s.) in rdeči pesi (0,282 in 0,184 mg/kg sv. s.) (Karo Bešter in sod., 2013b).

Vsebnosti kadmija v pridelanih vrtninah smo želeli tudi primerjati z vsebnostmi kadmija v kupljenih vrtninah in ugotoviti, ali je na določenih območjih primerneje kupovati vrtnine, kot pa jih pridelati na domačem vrtu. Le v dveh kupljenih vzorcih (korenček in radič) smo zasledili večje vsebnosti kadmija, kot je predpisana zakonodajna mejna vrednost (Uredba komisije ..., 2006). Oba vzorca sta bila kupljena na mestni tržnici, pri pridelovalcu vrtnin iz okolice mesta Celja. Vse vsebnosti kadmija v kupljenih vrtninah so bile v skladu z mejno vrednostjo za kadmij v vrtninah (Uredba komisije..., 2006) (Karo Bešter in sod., 2013a).

Primerjava median vsebnosti kadmija med vrtninami z vrta in s trga je pokazala, da je vsebnost kadmija v vrtninah z vrta nekajkrat večja kot v kupljenih vrtninah (preglednica 26) (Karo Bešter in sod., 2013a):

- ✓ v bučki: 2-krat
- ✓ v paradižniku: 3,5-krat
- ✓ v čebuli: 2,8-krat;
- ✓ v endiviji: 3,8-krat
- ✓ v radiču: 6,2-krat in
- ✓ v korenčku: 15,3-krat.

Tudi glede na kategorije onesnaženosti tal je bila mediana vsebnost kadmija v pridelanih vrtninah večja, kot je bila mediana vsebnosti kadmija v kupljenih vrtninah. S stališča vsebnosti kadmija v vrtninah so bile pridelane vrtnine slabše kakovosti kot kupljene vrtnine. S primerjavo vsebnosti kadmija v pridelanih vrtninah in kupljenih vrtninah smo torej potrdili prvo hipotezo doktorske disertacije, da vrtnine, ki so pridelane na vrtovih območja MOC, vsebujejo večje vsebnosti kadmija, kot vrtnine, ki jih je možno kupiti na tržišču občine. Ker so tla v MOC v splošnem onesnažena s kadmijem, smo pričakovali, da bodo tudi pridelane vrtnine vsebovale večje vsebnosti kadmija kot kupljene vrtnine. Slednje morajo biti pred vstopom na trg v skladu z različnimi normativi (npr. vsebnost kadmija v vrtnini mora biti pod zakonodajno mejno vrednostjo).

V javno dostopni literaturi je zelo malo podatkov o vsebnosti kadmija pred in po kuhanju krompirja, korenčka in rdeče pese ter na splošno vrtnin. Zato smo izvedli raziskavo vpliva kuhanja na vsebnost kadmija pred in po pripravi za uživanje. Na podlagi rezultatov raziskovanja smo zaključili (slika 33), da se je vsebnost kadmija v narezanem krompirju malo zmanjšala s kuhanjem v vseh treh medijih (nevtralnem, bazičnem in kislem). Prav tako se je

vsebnost kadmija malo zmanjšala s kuhanjem neolupljenega, celega krompirja v kislem mediju (7,14 %), nasprotno pa se je vsebnost malo povečala (3,6 %) pri kuhanju v bazičnem mediju. Kuhanje v vodi ni imelo vpliva na vsebnost kadmija v celem, neolupljenem krompirju.

Kuhanje rdeče pese je večinoma povečalo vsebnost kadmija v končnem izdelku. S kuhanjem rdeče pese v vodi se je vsebnost kadmija v vrtnini povečala za 55,8 %, pri kuhanju rdeče pese v vodi in z vlaganjem pa se je vsebnost kadmija povečala 41,7 %. Kuhanje narezanega korenčka je ugodneje vplivalo na zmanjšanje vsebnosti kadmija v končnem izdelku kot kuhanje celega korenčka. Pri kuhanju celega korenčka v vodi in bazičnem mediju se je vsebnost kadmija povečala za 44,4 % oziroma za 38,0 %, medtem ko je kuhanje narezanega korenčka v enakih medijih zmanjšalo vsebnost kadmija v vrtnini. Vsebnost kadmija v korenčku se je zmanjšala tudi s kuhanjem korenčka v kislem mediju, tako celega kot tudi narezanega. Pri slednjem je bilo zmanjšanje vsebnosti kadmija (20,4 %) večje kot pri kuhanju celega korenčka (6,3 %). Rezanje obravnavanih vrtnin je večinoma zmanjšalo vsebnost kadmija po kuhanju. Iz tega lahko sklepamo, da smo z rezanjem povečali površino vrtnine, s katere se je kadmij v dotiku z vodo lažje izločil iz vrtnine. Na splošno so rezultati vpliva kuhanja krompirja na vsebnost kadmija potrdili drugo hipotezo doktorske disertacije, da priprava živil pomembneje ne vpliva na vsebnost kadmija v izbranih vrtninah. Nasprotno pa so drugo hipotezo ovrgli rezultati priprave rdeče pese in korenčka.

Regresijske modele za napovedovanje vsebnosti kadmija v vrtninah smo oblikovali za skoraj vse izbrane vrtnine, razen za bučko. Na osnovi nabora podatkov, regresijske analize in odvisnosti vsebnosti kadmija v vrtnini od talnih lastnosti smo določili sledeče pojasnjevalne spremenljivke talnih lastnosti za vrtnine (Karo Bešter in sod., 2013b):

- ✓ zelje, zgodnji krompir, rdeča pesa in endivija: vsebnost kadmija;
- ✓ paradižnik in korenček: vsebnost kadmija in mangana;
- ✓ čebula: vsebnost kadmija in organske snovi, pH-vrednost;
- ✓ radič: vsebnost kadmija in organske snovi.

Pričakovano je bila vsebnost kadmija najpomembnejša neodvisna spremenljivka talnih lastnosti za napovedovanje vsebnosti kadmija v izbranih vrtninah. Vključena je bila v vse regresijske modele (v polovici regresijskih modelov je bila edina neodvisna spremenljivka) in je imela sinergistični učinek. Torej s povečanjem vsebnosti kadmija v tleh se je povečala tudi napovedana vsebnost kadmija v vrtnini. Naslednji pomembni neodvisni spremenljivki tal, pH-vrednost in vsebnost organske snovi, sta imeli antagonistični učinek na napovedano vsebnost kadmija v čebuli. Z njunim povečanjem se je zmanjšala napovedana vsebnost kadmija v čebuli. Vsebnost organske snovi je predstavljala pomembno talno lastnost tudi v endiviji, kjer se je prav tako z večanjem organske snovi v tleh zmanjšala napovedana vsebnost kadmija v endiviji. Na napovedano vsebnost kadmija v paradižniku in korenčku pa je imela vpliv tudi vsebnost mangana. Z večanjem vsebnosti mangana v tleh se je zmanjševala napovedana vsebnost kadmija v teh dveh vrtninah. Za vse omenjene talne lastnosti, ki so nastopale v regresijskih modelih kot neodvisne spremenljivke, je dobro poznano, da imajo vpliv na

vsebnost kadmija v rastlinah (Alloway, 1990; McLaughlin in Sing, 1999; Meeus in sod., 2002). Glede na podatke iz literature (Alloway, 1990; McLaughlin in Sing, 1999; Meeus in sod., 2002) smo pričakovali večjo vključenost pH-vrednosti tal v regresijske modele, a se je manj izrazila. Verjetno zato, ker je bila njena vrednost v talnih vzorcih v majhnem razponu, med 6,0 in 7,5 (Karo Bešter in sod., 2013b).

Regresijski modeli so bili sprejemljivi za napovedovanje povprečne vsebnosti kadmija v vrtnini v okviru intervala veljavnosti modela. Večji kot je bil koeficient determinacije regresijskih modelov, ožji je bil interval zaupanja za povprečno napoved. Posledično je bila napoved bolj točna. Intervali zaupanja za povprečno napoved vsebnosti kadmija v izbrani vrtnini so bili tudi odvisni od vrednosti neodvisnih spremenljivk znotraj intervala veljavnosti modela. Na primer pri napovedovanju vsebnosti kadmija v vrtnini pri povprečni vsebnosti kadmija v tleh je bila točnost napovedi višja kot pa pri napovedovanju pri zelo majhni oziroma pri zelo veliki vsebnosti kadmija v tleh. Regresijska modela za napovedovanje vsebnosti kadmija v zgodnem krompirju in endiviji sta veljala na najširšem koncentracijskem intervalu za vsebnost kadmija v tleh [0,6, 26,1 mg/kg s. s.]. Nasprotno je regresijski model za rdečo peso veljal na zelo omejenem koncentracijskem območju za vsebnost kadmija v tleh [0,4, 5,5 mg/kg s. s.] (Karo Bešter in sod., 2013b).

Pridelovalci vrtnin lahko na podlagi regresijskih modelov (slika 35) pričakujejo prekoračene vsebnosti kadmija v vrtninah glede na zakonodajne mejne vrednosti v (Karo Bešter in sod., 2013b):

- ✓ korenčku, ki je bil pridelan na vrtovih z večjo vsebnostjo kadmija v tleh, kot je 2,4 mg/kg s. s.,
- ✓ rdeči pesi na vrtovih z več kot 3,2 mg/kg s. s.,
- ✓ endiviji na vrtu z več kot 6,3 mg/kg s. s.,
- ✓ čebuli na vrtu z več kot 7,9 mg/kg s. s.,
- ✓ zgodnjem krompirju na vrtu z več kot 8,3 mg/kg s. s. in
- ✓ radiču, ki ga pridelajo na vrtu z vsebnostjo kadmija v tleh večjo od 10,9 mg/kg s. s..

Vrtnine, v katerih so vsebnosti kadmija v užitnih delih prekoračile zakonodajno mejno vrednost (Uredba komisije..., 2006), imajo lahko pomemben prispevek k celokupni prehranski izpostavljenosti kadmiju. Zato je na zgoraj omenjenih območjih primerneje kupovati določeno vrtnino, kot pa jo pridelovati na vrtu (Karo Bešter in sod., 2013b).

Glavne prednosti uporabe regresijskih modelov v okviru ocen tveganja za zdravje ljudi so v tem, da se zmanjša število podatkov za pripravo ocene, opredelijo se statistično pomembne lastnosti tal, ki imajo vpliv na vsebnost kadmija v vrtnini ter so stroškovno in časovno učinkoviti. Z drugimi besedami, določitev vsebnosti kadmija v tleh je večinoma cenejša in hitrejša kot določitev vsebnosti kadmija v vrtnini. Poleg tega ni potrebno čakati na primerno fiziološko zrelost vrtnine. Po drugi strani pa je opredelitev statistično pomembnih lastnosti tal lahko zavajajoča, saj so v regresijske modele vključene le statistično pomembne neodvisne spremenljivke. To ne pomeni, da ostale talne lastnosti niso pomembne za prevzem kadmija v

vrtnino, saj so povezave med talnimi lastnostmi in njihovimi interakcijami ter med vsebnostjo kadmija v rastlini težko določljive (McLaughlin in Sing, 1999), le v regresijskem modelu se niso izrazile kot statistično pomembne neodvisne spremenljivke. Zato je potrebna pravilna interpretacija rezultatov regresijskih modelov. Druga pomembnejša pomanjkljivost regresijskih modelov je njihova omejena uporaba, ker so veljavni le na območju, ki ga določajo vrednosti neodvisne spremenljivke (npr. vsebnost kovine v tleh, pH-vrednost tal) v podatkih (Košmelj, 2007). Za bolj široko uporabo regresijskih modelov izbranih vrtni bi morali dodatno vzorčiti na zelo onesnaženem območju. S tem bi pridobili dodatne podatke tako o talnih lastnostih kot tudi o vsebnosti kadmija v vrtninah (Karo Bešter in sod., 2013b).

Prehransko izpostavljenost ljudi kadmiju zaradi zaužitja vrtnin, ki so pridelane na vrtovih MOC, smo ocenili preko tedenskih in mesečnih vnosov. Velja opozoriti, da se ocena vnosa nanaša le na izbrane vrtnine in ne na vse vrtnine, ki jih pridelava opazovana populacija. Tako smo z oceno vnosov kadmija obravnavali slabih 70 % vseh pridelanih vrtnin, preostalih 30 % pridelanih vrtnin pa nismo upoštevali.

V povprečju opazovana populacija ni bila prekomerno izpostavljena kadmiju preko uživanja izbranih vrtnin. Povprečni ocenjeni vnos ($0,5 \mu\text{g/kg t. t./teden}$) in njegova mediana ($0,3 \mu\text{g/kg t. t./teden}$) nista presegla dopustnega tedenskega vnosa ($2,5 \mu\text{g/kg t. t./teden}$) (Cadmium in food, 2009) in začasnega dopustnega mesečnega vnosa ($25 \mu\text{g/kg t. t./mesec}$) (Summary report ..., 2010) za kadmij. S tem smo ovrgli četrto hipotezo doktorske disertacije, da je povprečni ocenjeni tedenski/mesečni vnos kadmija v človeka preko vrtnin, ki so pridelane na območju MOC, višji, kot je predpisani dopustni tedenski vnos oziroma začasni dopustni mesečni vnos za kadmij. Glavni trije razlogi, zakaj povprečni ocenjeni vnos kadmija preko vrtnin v človeka ni presegal referenčna odmerka, so sledeči:

- ✓ pri postavitvi referenčnega odmerka so upoštevana vsa živila in ne le vrtnine;
- ✓ vrtovi na območju MOC so različno onesnaženi s kadmijem, od neonesnaženih do kritično onesnaženih;
- ✓ najmanj izbranih vrtnin so vprašani pridelali na kritično onesnaženem območju.

Prav tako tudi 95. percentil za ocenjeni vnos ($1,4 \mu\text{g/kg t. t./teden}$) ni presegel referenčnega odmerka. Le maksimalen ocenjeni tedenski vnos ($3,8 \mu\text{g/kg t. t./teden}$), ki je bil določen na enem vrtu, z največjo vsebnostjo kadmija (43 mg/kg s. s.) v tleh, je presegel dopustni tedenski vnos ($2,5 \mu\text{g/kg t. t./teden}$).

Ker so območja MOC različno obremenjena z vsebnostjo kadmija v tleh, so tudi vnosi kadmija v človeka, preko zaužitja vrtnin, na posameznih območjih občine različni. Po pričakovanju so bili najmanjši ocenjeni vnosi kadmija v človeka na neonesnaženih tleh ($0,08 \mu\text{g/kg t. t./teden}$) in največji ocenjeni vnos na kritično onesnaženem območju ($1,2 \mu\text{g/kg t.t./teden}$). Bistvenih razlik ni bilo med ocenjenimi vnosi na zmerno onesnaženih, onesnaženih in zelo onesnaženih območjih. Ocenjeni vnos na zelo onesnaženem območju je bil sicer neznatno manjši ($0,45 \mu\text{g/kg t. t./teden}$) kot na zmerno onesnaženem in onesnaženem območju ($0,52 \mu\text{g/kg t. t./teden}$), ker je bil tudi letni pridelek na tem območju manjši. Iz tega lahko

sklepamo, da je bil tudi manjši vnos vrtnin in s tem kadmija v človeka. To so tudi območja, kjer je vsebnost kadmija v tleh med 2 in 12 mg/kg s. s. Ti dve vrednosti vsebnosti kadmija v tleh sta v Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (1996) opredeljeni kot opozorilna in kritična mejna vrednost. Ocenjeni vnosi in njihovi 95. percentili, glede na kategorije onesnaženosti tal, niso presegli referenčnega odmerka. Le maksimalen ocenjeni tedenski vnos (3,8 µg/kg t. t./teden) na zelo onesnaženem območju je presegel dopustni tedenski vnos (2,5 µg/kg t. t./teden).

Prostorska razporeditev ocenjenih tedenskih vnosov (slika 36) kadmija v človeka preko vrtnin je pokazala, da na območju MOC prevladuje ocenjeni tedenski vnos 0,5 µg/kg t. t./teden. Najmanjše ocenjene vnose (0,08 µg/kg t. t./teden) smo določili za severni del občine. Na splošno smo manjše ocenjene vnose (od 0,1 do 0,5 µg/kg t. t./teden) določili za območja severno od avtoceste A1. Največji ocenjeni tedenski vnos kadmija (1,2 µg/kg t. t./teden) pa smo določili za mestno jedro in območja, ki so v bližini »Stare cinkarne«.

Primerjava ocenjenih tedenskih/mesečnih vnosov kadmija preko vrtnin, glede na spol je pokazala, da je bil povprečni ocenjeni vnos za ženske 1,4-krat večji kot za moškega. Glede na kategorije onesnaženosti tal ni bilo večjih razlik med spoloma na malo onesnaženem, onesnaženem in zelo onesnaženem območju. Na neonesnaženem območju je bil za moškega ocenjeni tedenski vnos za 3,1-krat večji kot za žensko. Obratno je bil ocenjeni tedenski vnos za žensko večji za 1,7-krat na zmerno onesnaženem območju kot za moškega. Na kritično onesnaženem območju je bil ocenjeni tedenski vnos za žensko 2,1-krat večji kot za moškega, v polovici primerov pa je bil večji kar za 4,6-krat. Razlike med ocenjenimi tedenskimi vnosi glede na spol so predvsem odraz količine zaužitih vrtnin in telesne teže.

Zaužitje endivije (28,7 %) in korenčka (25,0%) je imelo v polovici primerov opazovane populacije največji prispevek k prehranski izpostavljenosti kadmiju. Bučka, zelje, zgodnji krompir in rdeča pesa v polovici primerov niso prispevali k prehranskemu vnosu kadmija predvsem zaradi majhne zaužite količine vrtnine. Poleg tega sta imeli bučka in zelje najmanjši vsebnosti kadmija v tkivu. Za bučko pa tudi ni bilo statistično značilne povezave med vsebnostjo kadmija v tleh in v njenem tkivu.

Ocenjene tedenske vnose smo ocenili tudi za tri različne scenarije. Pri prvem smo upoštevali srednje vrednosti za izračun ocen tedenskih/mesečnih vnosov, pri drugem scenariju smo upoštevali vpliv kuhanja krompirja, korenčka in rdeče pese. Z zadnjim Scenarijem 3 smo oceniti vnos kadmija za najslabši možni scenarij.

Glede na primerjavo ocene vnosa glede na opazovano populacijo in scenarijev smo presodili, da najslabši možni scenarij (Scenarij 3), najbolj odstopa od ostalih in tudi edini presega dopustni tedenski vnos, ne pa tudi začasnega dopustnega mesečnega vnosa. Ocenjeni tedenski vnos (4,9 µg/kg t. t./teden) za Scenarij 3 presega dopustni tedenski vnos za približno 2-krat. Glede na kategorije onesnaženosti tal ga presega na območjih, kjer je vsebnost kadmija v tleh

večja od 2 mg/kg s. s., pri upoštevanju začasnega dopustnega mesečnega vnosa pa na območjih, ki imajo vsebnost kadmija v tleh večjo od 8 mg/kg s. s..

Ocenjeni vnosi opazovane populacije so najbolj podobni drugemu scenariju, v katerem smo upoštevali vpliv kuhanja. Iz tega lahko sklepamo, da ni bistvene spremembe v celokupni prehranski izpostavljenosti kadmiju preko izbranih vrtnin, v kolikor upoštevamo vpliv kuhanja. Vendar je potrebno opozoriti, da v polovici primerov zgodnji krompir in rdeča pesa nista prispevala k prehranski izpostavljenosti zaradi nizke zaužite količine. Poleg tega je bilo zmanjšanje vsebnosti kadmija v krompirju po kuhanju sorazmerno nizko (7,4 %). Najmanjši ocenjeni tedenski/mesečni vnos (0,1 µg/kg t. t./teden/0,6 µg/kg t. t./mesec) smo določili, v kolikor smo upoštevali mediane vhodnih parametrov za izračun ocene vnosov. Od ocen vnosov opazovane populacije in Scenarija 2 je bil približno za 2,1-krat manjši.

Glavni viri negotovosti pri ocenjevanju vnosov kadmija preko zaužitja pridelanih vrtnin, ki lahko vodijo tako v premajhno kot tudi v preveliko oceno tveganja, so:

- ✓ nezanesljivi podatki o prehrabnih navadah vprašanih (npr. odstotek zaužite zelenjave v primerjavi z ostalimi živili) in o količinah letnega pridelka vrtnin;
- ✓ uporaba povprečnih ocen vhodnih parametrov (Y_i , f_h , f_p in BW) za izračun ocenjenih vnosov, ki so jih podali pridelovalci vrtnin;
- ✓ uporaba regresijskih modelov za napovedovanje vsebnosti kadmija v vrtnini;
- ✓ pomanjkljivi podatki o vsebnosti kadmija v tleh in vrtninah, predvsem na območjih z vsebnostjo kadmija v tleh nad 8 mg/kg s. s.;
- ✓ pomanjkljivi in nezadostni podatki o vplivu priprave vrtnin za uživanje.

Zanesljivost sklepanja ocene tveganja bi lahko izboljšali, če bi opravili biomonitoring pri osebah, ki so bile vključene v raziskavo. Na osnovi teh rezultatov bi potem lahko opravili posredno validacijo dobljenih rezultatov. Poleg tega bi zanesljivost lahko tudi izboljšali z dodatnim vzorčenjem tal in vrtnin predvsem na območjih z vsebnostjo kadmija v tleh nad 8 mg/kg s.s. ter s celoletnim tehtanjem zaužitih količin pridelanih vrtnin posameznika. Vendar bi bilo slednje lahko precej zamudno in obremenjujoče za ljudi, ki bi sodelovali v raziskavi, ter izvedeno bi moralo biti zelo dosledno.

Na koncu raziskave smo opredeli, ali obstaja tveganje za pojav neželenih učinkov na zdravje ljudi zaradi zaužitja vrtnin, pridelanih na domačem vrtu. Tveganje smo okarakterizirali s koeficientom tveganja, ki je razmerje med ocenjenim vnosom in referenčnim odmerkom. V kolikor koeficient tveganja preseže ena, obstaja možnost pojava neželenih učinkov. Vendar to ne pomeni, da se bodo zagotovo pojavili, ker se pri določitvi referenčnega odmerka vedno upošteva meja varnosti. Višji kot je koeficient tveganja, večja je verjetnost, da se bodo neželeni učinki pojavili (Risk Characterization, 2012). Koeficient tveganja za opazovano populacijo je bil presežen le v enem primeru (1,53), in sicer na kritično onesnaženem vrtu, kjer je bila vsebnost kadmija v tleh zelo visoka (43 mg/kg s.s). Potrebno je poudariti, da smo naredili izračun koeficienta tveganja le za izbrane vrtnine in ne za vsa živila, ki jih zaužije človek (npr. meso, žita, mleko in mlečni izdelki). S tem smo ugotovili, da samo zaužitje

izbranih vrtnin ne povzroči pojava neželenih učinkov. Pri določitvi referenčnega odmerka pa so upoštevana vsa živila. Za opredelitev, ali izbrane vrtnine, ki so pridelane v MOC, prispevajo več k celokupni prehranski izpostavljenosti kadmiju, kot je povprečni prispevek zelenjave k celokupni prehranski izpostavljenosti za ljudi v Evropski skupnosti, smo upoštevati primerjavo z relativnimi prispevki iz preglednice 15. EFSA (Cadmium dietary exposure ..., 2012) je ocenila, da je za odrasle relativni prispevek zelenjave in njenih izdelkov k prehranski izpostavljenosti kadmiju 17,4 % in za škrobaste korenovke in gomolje 12,3 %, kar je primerljivo s povprečnim prispevkom izbranih vrtnin za opazovano populacijo (18 %). Glede na kategorije onesnaženosti tal je bil pričakovano povprečni prispevek izbranih vrtnin k prehranski izpostavljenosti kadmiju večji na kritično onesnaženem območju (48 %), zato smo presodili, da na tem področju ni priporočljivo pridelovati vrtnin. Potrdili smo tretjo hipotezo doktorske disertacije, da uživanje doma pridelanih vrtnin pomembno prispeva k celokupnemu tedenskemu vnosu kadmija v človeka, saj zelenjava in s tem pridelane vrtnine predstavljajo pomemben odstotek zaužitih živil vsakodnevne prehrane vprašanih. Vendar je ta prispevek primerljiv s povprečnim prispevkom za ljudi iz Evropske skupnosti, razen na kritično onesnaženem območju, kjer je prispevek kadmija preko izbranih vrtnin večji kot v Evropski skupnosti.

Povprečni koeficient tveganja za scenarije je bil večji od ena le za najslabši možni scenarij (1,9) pri upoštevanju dopustnega tedenskega vnosa (Cadmium in food, 2009). Zato je bila možnost za pojav neželenih učinkov na zdravje ljudi le za Scenarij 3, za Scenarij 1 in 2 pa ni bilo tveganja za pojav neželenih učinkov na zdravje ljudi. Velja omeniti, da je najslabši možni scenarij tudi najmanj verjeten, saj upošteva žensko z majhno telesno težo in veliko količino zaužitih, izbranih vrtnin. Glede na kategorije onesnaženosti tal za najslabši možni scenarij obstaja možnost pojava neželenih učinkov na vrtovih, ki imajo vsebnost kadmija v tleh večji od 2 mg/kg s. s., pri upoštevanju začasnega dopustnega mesečnega vnosa pa na vrtovih, ki imajo vsebnost kadmija v tleh večjo od 8 mg/kg s. s..

Literatura (Konec Juričič in Škornik Tovornik, 2010; Eržen in Zaletel Kragelj (2012) sicer navaja, da je v UE Celje nižja celotna umrljivost in višja povprečna starost umrlih, višje zbolevanje in umrljivost zaradi rakavih obolenj kot v regiji Celje ter da se je med raki, ki jih lahko povzroča izpostavljenost toksičnim kovinam, pokazala večja ogroženost za ledvičnim rakom v občini Vojnik ter na območju naselij Proseniško, Bukovžlak, Vrhe, Slance in Teharje. Vendar avtorji obenem opozarjajo, da so o vplivu okoljskih dejavnikov na zdravje človeka potrebne dodatne raziskave in razvoj objektivnih meril. Pregled obolevnosti za rakom po posameznih območjih pa omogoča le oblikovanje domnev o vzrokih za obolevnost, ni pa mogoče ugotavljati vzročne povezanosti, saj ni podatkov o dejanski izpostavljenosti obolelih za rakom. Zato velja opozoriti, da smo v pričujoči oceni tveganja le ugotavljali, ali obstaja tveganje za pojav neželenih, nekancerogenih učinkov na zdravje ljudi zaradi prekomernega vnosa kadmija preko zaužitja vrtnin, ki so pridelane na vrtovih.

5.2 SKLEPI

Pri preučevanju pridelovalcev vrtnin in poti vnosa kadmija od vira onesnaženja (tal) preko vrtnin v človeka smo prišli do naslednjih ugotovitev:

Pridelovalci vrtnin:

- ✓ V raziskavo je bilo vključenih več žensk (64,2 %) kot moških (35,8 %). Prevladovala je starejša populacija ljudi s povprečno telesna teža 76,1 kg.
- ✓ Večinoma (66,7 %) so bili pridelovalci vrtnin nekadilci, zato je za njih prehrana predstavljala glavni vir izpostavljenosti kadmiju.
- ✓ Dobra četrtina (27,6 %) ljudi ne uporablja zaščitnih sredstev, zato so lahko dodatno izpostavljeni kadmiju preko nenamernega zaužitja delcev zemlje iz nečistih rok in vnosa delcev zemlje v bivalno okolje preko obleke.
- ✓ Vprašani večinoma (93,4 %) očistijo pridelane vrtnine pred zaužitjem. Zato je malo verjetno, da bodo dodatno izpostavljeni kadmiju tudi preko nenamernega zaužitja delcev zemlje, ki so na vrtnini.
- ✓ Velika večina vprašanih (97,6 %) na vrtove vnaša gnojila, 35,5 % ljudi pa uporablja tudi pripravke. S tem lahko pridelovalci vrtnin dodatno vnašajo kadmij v tla.
- ✓ Na domačih vrtovih so ljudje povprečno največ pridelali paradižnika (22,1 kg) in zgodnjega krompirja (17,8 kg), najmanj pa belušev (0,11 kg), kolerabe (0,91 kg) in špinače (0,97 kg). Najpogostejše so dokupili čebulo (15,4 kg) in zelje (13,1kg), najmanj pa blitve (0,34) in feferonov (0,36 kg). Pridelovalci vrtnin so pridelali na člana gospodinjstva večjo povprečno letno količino solate, zelja, paradižnika, korenčka in čebule, kot se jih povprečno letno pridelava v Sloveniji.
- ✓ Vprašani celotne količine pridelanih vrtnin ne porabijo v lastnem gospodinjstvu. Za lastno gospodinjstvo namenijo 87,5 % pridelanih vrtnin, del pridelka je namenjen za oskrbovanje sorodnikov in znancev, za domače živali ali kot kompost in seme.
- ✓ Pridelovalci vrtnin so imeli pretežno uravnoteženo prehrano, zato je malo verjetno, da bi se absorpcija kadmija v telesu povečala zaradi prehranskih dejavnikov.
- ✓ Na podlagi podatkov iz literature lahko drobovina in gobe vsebujejo visoke vsebnosti kadmija. Ker večinoma pridelovalci vrtnin drobovino uživajo včasih, gobe pa pogosto, ti dve živili lahko predstavljata pomembna vira k prehranski izpostavljenosti kadmiju.

Vir onesnaževanja – tla:

- ✓ 63,1 % talnih vzorcev smo uvrstili med meljasto ilovico, ki so srednje težka tla in najprimernejša za rast kulturnih rastlin. Povprečno so bila na vrtovih nevtralna, humozna tla (Karo Bešter in sod., 2013b).
- ✓ Talni vzorci z vrtov so bili onesnaženi s kadmijem, svincem in cinkom. Sever občine je bil najmanj onesnažen s kadmijem. Najbolj onesnažena območja s kadmijem so bila med avtocesto A1 na severu in hribovjem na jugu, pri čemer so bili najbolj kritično onesnaženi vrtovi v mestnem jedru in v bližini, kjer je v preteklosti delovala topilnica cinka (Stara cinkarna).

- ✓ V polovici vzorcev je bila le vsebnost bakra (43,1 mg/kg s. s.) pod mejno vrednostjo, vsebnost kadmija (2,6 mg/kg s. s.), svinca (113,9 mg/kg s. s.) in cinka (489 mg/kg s.s.) je presegla opozorilno vrednost (Uredba o mejnih ..., 1996) (Karo Bešter in sod., 2013b).
- ✓ Od 141-ih talnih vzorcev je imelo le 12 vzorcev vsebnost kadmija pod mejno vrednostjo. Večinoma so bile izmerjene vsebnosti kadmija v tleh med opozorilno in kritično vrednostjo. Vsebnost kadmija je presegla kritično vrednost v 9-ih vzorcih (Karo Bešter in sod., 2013b).
- ✓ Dobra linearna povezanost med vsebnostjo kadmija in bakrom (0,64), cinkom (0,92) ter svincem (0,76) v tleh je nakazovala, da imajo vsi ti elementi podoben izvor onesnaževanja. Šibko linearno povezanost smo določili med vsebnostjo kadmija v tleh in vsebnostjo organske snovi (0,28). Med pH-vrednostjo tal in vsebnostjo kadmija v tleh pa smo določili, da ni bilo linearne korelacije (-0,25) (Karo Bešter in sod., 2013b).

Vir onesnaževanja - vrtnine:

- ✓ Največje vsebnosti kadmija v izbranih vrtninah so bile določene v korenčku in rdeči pesi (korenovke) ter radiču in endiviji (listnata zelenjava) (Karo Bešter in sod., 2013b).
- ✓ Vsebnost kadmija je presegla mejno vrednost v pridelanem korenčku 27-krat, v rdeči pesi in čebuli 4-krat, v radiču 3-krat, v endiviji 2-krat ter v paradižniku in zgodnjem krompirju 1-krat. Mejna vrednost ni bila presežena v vzorcih bučk in zelja (Karo Bešter in sod., 2013b).
- ✓ Mediana vsebnosti kadmija v pridelanih vrtninah (mg/kg sv. s.) je naraščala po sledečem zaporedju: bučka (0,005) < zelje (0,013) < čebula (0,019) < paradižnik (0,021) < zgodnji krompir (0,048) < radič (0,058) < endivija (0,070) < rdeča pesa (0,071) < korenček (0,098) (Karo Bešter in sod., 2013b).
- ✓ Večinoma so bile vsebnosti kadmija v kupljenih vrtninah pod mejno vrednostjo za kadmij v vrtninah (Uredba komisije ..., 2006). Mejna vrednost je bila prekoračena le v enem vzorcu korenčka in enem vzorcu radiča (Karo Bešter in sod., 2013a).
- ✓ Primerjava median vsebnosti kadmija med vrtninami z vrta in s trga je pokazala, da je vsebnost kadmija v vrtninah z vrta nekajkrat večja kot v kupljenih vrtninah. S tem smo potrdili prvo hipotezo doktorske disertacije, da vrtnine, ki so pridelane na vrtovih območja MOC, vsebujejo večje vsebnosti kadmija kot vrtnine, ki jih je možno kupiti na tržišču občine (Karo Bešter in sod., 2013a).
- ✓ Vpliv kuhanja na vsebnost kadmija v krompirju je bil majhen. Kuhanje je večinoma povečalo vsebnost kadmija v rdeči pesi in v celem korenčku, ki smo ga kuhali v vodi oziroma v bazičnem mediju. Nasprotno se je vsebnost kadmija malo zmanjšala pri kuhanju celega korenčka v kislem mediju. Vsebnost kadmija se je precej zmanjšala pri kuhanju narezanega korenčka v vseh treh medijih. Torej smo delno potrdili (krompir) in delno ovrgli (rdeča pesa in korenček) drugo hipotezo doktorske disertacije, da priprava živil pomembneje ne vpliva na vsebnost kadmija v izbranih vrtninah.
- ✓ Regresijske modele za napovedovanje vsebnosti kadmija v izbranih vrtninah smo oblikovali za skoraj vse izbrane vrtnine, razen za bučko. Najpomembnejša neodvisna

spremenljivka talnih lastnosti za vrtnine je bila vsebnost kadmija, ki je imela sinergistični učinek. Ostale statistično značilne neodvisne spremenljivke talnih lastnosti, ki so imele antagonistični učinek v regresijskih modelih, so bile za paradižnik in korenček vsebnost mangana, za radič vsebnost organske snovi ter za čebulo prav tako vsebnost organske snovi in pH-vrednost (Karo Bešter in sod., 2013b).

- ✓ Vsebnosti kadmija v izbranih vrtninah lahko prekoračijo mejne vrednosti in tako pomembno prispevajo k prehranski izpostavljenosti kadmiju, v kolikor se pridelujejo na vrtovih z vsebnostjo kadmija nad 2,4 mg/kg s. s. za korenček; 3,2 mg/kg s. s. za rdečo peso; 6,3 mg/kg s. s. za endivijo; 7,9 mg/kg s. s. za čebulo; 8,3 mg/kg s.s. za zgodnji krompir in 10,9 mg/kg s. s. za radič (Karo Bešter in sod., 2013b).

Ocena izpostavljenosti kadmiju preko izbranih vrtnin za človeka:

- ✓ Večinoma pridelovalci vrtnin niso bili prekomerno izpostavljeni kadmiju preko uživanja izbranih vrtnin. S tem smo ovrgli četrto hipotezo doktorske disertacije, da je povprečni ocenjeni tedenski/mesečni vnos kadmija v človeka preko vrtnin, ki so pridelane na območju MOC, višji kot je predpisani dopustni tedenski vnos oziroma začasni dopustni mesečni vnos za kadmij.
- ✓ Glede na kategorije onesnaženosti tal so bili najmanjši ocenjeni vnosi kadmija v človeka na neonesnaženih tleh (0,1 µg/kg t. t./teden) in največji ocenjeni vnos na kritično onesnaženem območju (1,2 µg/kg t. t./teden). Bistvenih razlik ni bilo med ocenjenimi vnosi na zmerno onesnaženih, onesnaženih in zelo onesnaženih območjih (med 0,47 in 0,52 µg/kg t. t./teden).
- ✓ Na območju MOC prevladuje ocenjeni tedenski vnos 0,5 µg/kg t. t./teden. Najmanjše ocenjene tedenske vnose (od 0,1 do 0,2 µg/kg t. t./teden) smo določili za območja severno od avtoceste A1, največji ocenjeni tedenski vnos kadmija (1,2 µg/kg t.t./teden) pa smo določili za mestno jedro in območja, ki so bila v bližini »Stare cinkarne«.
- ✓ Povprečno je bil ocenjeni vnos za ženske 1,4-krat večji kot za moškega. Razlike med ocenjenimi vnosi glede na spol so predvsem odraz količine zaužitih vrtnin in telesne teže.
- ✓ Zaužitje endivije (28,7 %) in korenčka (25,0 %) je imelo v polovici primerov opazovane populacije največji prispevek k prehranski izpostavljenosti kadmiju.
- ✓ Primerjava ocene vnosa glede na opazovano populacijo in scenarijev pokaže, da najslabši možni scenarij (Scenarij 3) najbolj odstopa od ostalih in tudi edini presega dopustni tedenski vnos, ne pa tudi začasnega dopustnega mesečnega vnosa.
- ✓ Ocenjeni vnosi opazovane populacije so najbolj podobni drugemu scenariju, kar nakazuje, da ni bistvene spremembe v celokupni prehranski izpostavljenosti kadmiju preko izbranih vrtnin, v kolikor upoštevamo vpliv kuhanja.

Karakterizacija tveganja:

- ✓ Koeficient tveganja za opazovano populacijo je bil 0,18 in ni presegel meje (1), pri kateri se lahko pojavijo neželeni učinki na zdravje ljudi. Presežen je bil le v enem primeru (1,53), in sicer na kritično onesnaženem vrtu, kjer je bila vsebnost kadmija v tleh zelo visoka (43 mg/kg s. s).
- ✓ Povprečni prispevek izbranih vrtnin za opazovano populacijo (18 %) k celokupni prehranski izpostavljenosti kadmiju je primerljiv z relativnim prispevkom zelenjave in njenih izdelkov (17,5 %) ter škrobaste korenovke in gomolje (12,3 %) k prehranski izpostavljenosti kadmiju za odrasle ljudi v Evropski skupnosti (Cadmium dietary exposure ..., 2012). Glede na kategorije onesnaženosti tal je bil povprečni prispevek izbranih vrtnin k prehranski izpostavljenosti kadmiju večji le na kritično onesnaženem območju (48 %), zato na tem območju ni priporočljivo pridelovati vrtnin.
- ✓ Potrdili smo tretjo hipotezo doktorske disertacije, da uživanje doma pridelanih vrtnin pomembno prispeva k celokupnemu tedenskemu vnosu kadmija v človeka. Vendar je ta prispevek primerljiv s povprečnim prispevkom za ljudi iz Evropske skupnosti, razen na kritično onesnaženem območju, kjer je prispevek kadmija preko izbranih vrtnin večji kot v Evropski skupnosti.
- ✓ Povprečni koeficient tveganja za scenarije je bil večji od ena le za najslabši možni scenarij (1,9), pri upoštevanju dopustnega tedenskega vnosa (Cadmium in food, 2009). Zato je bila možnost za pojav neželenih učinkov na zdravje ljudi le za scenarij 3, za scenarij 1 in 2 pa ga ni bilo.
- ✓ Glede na kategorije onesnaženosti tal za najslabši možni scenarij obstaja možnost pojava neželenih učinkov na vrtovih, ki imajo vsebnost kadmija v tleh večji od 2 mg/kg s. s, pri upoštevanju začasnega dopustnega mesečnega vnosa pa na vrtovih, ki imajo vsebnost kadmija v tleh večjo od 8 mg/kg s. s.

6 POVZETEK (SUMMARY)

V sledečem poglavju je predstavljen povzetek doktorske disertacije tako v slovenskem kot tudi v angleškem jeziku.

6.1 POVZETEK

Izhodišče: Številne raziskave so pokazale, da so nekatera območja v Mestni občini Celje onesnažena s težkimi kovinami, kot so kadmij, svinec in cink. Na takšnih območjih je lahko sporna pridelava varne hrane, saj so neonesnažena tla eden glavnih pogojev za njeno pridelavo. Poleg tega je v mestih pridelava vrtnin zelo pogosta, zato so lahko ljudje (predvsem pridelovalci vrtnin) dodatno izpostavljeni kadmiju preko zaužitja vrtnin, ki so pridelane na domačem vrtu. Ena od najpomembnejših karakteristik kadmija je njegova dolga biološka razpolovna doba (okoli 30 let), kar vodi v učinkovito kopičenje kadmija v telesu skozi celo življenje. Primarno je toksičen za ledvice, kjer se večinoma tudi akumulira. V človeku lahko povzroči nefropatije, povečano tveganje za raka na pljučih, maternici, mehurju in dojkah; zelo visoka izpostavljenost pa povzroča tudi spremembe skeleta, kronične bolezni pljuč in evfizem (Goyer in Clarkson, 2001; Cadmium in food, 2009). Za nekadilce predstavljajo živila glavni vir (90 %) k celotni izpostavljenosti kadmiju.

Namen in cilji: Z doktorsko disertacijo smo želeli oceniti, ali zaužitje vrtnin, ki jih lokalni prebivalci Mestne občine Celje pridelajo na svojih vrtovih, predstavlja tveganje za njihovo zdravje zaradi prekomernega vnosa kadmija. Oceno smo pripravili na podlagi informacij o pridelovalcih vrtnin, o analiznih podatkih o lastnosti tal z vrtov, o vsebnosti kadmija v izbranih pridelanih vrtninah, o oblikovanih regresijskih modelih za napovedovanje kadmija v vrtninah ter o določitvi vsebnosti kadmija pred in po pripravi izbranih vrtnin. Ostali cilji doktorske disertacije so bili še: določitev vsebnosti kadmija v vrtninah, ki se jih lahko kupi na tržišču Mestne občine Celje; pripraviti oceno izpostavljenosti kadmiju preko zaužitja izbranih pridelanih vrtnin ter jo primerjati z referenčnim odmerkom.

Metode: Z anketnim vprašalnikom smo proučevali 123 pridelovalcev vrtnin v Mestni občini Celje. Pridobili smo informacije o njihovih prehranskih navadah, količini zaužitih vrtnin in vode, količini pridelanih in dokupljenih vrtnin, načinu pridelave in predelave vrtnin, mnenju pridelovalcev vrtnin o onesnaženosti tal na vrtovih, itd. V vzorcih tal z vrtov smo določili pH-vrednost (elektrometrično), vsebnost organske snovi (preko določanja organskega ogljika, ki smo ga določili z oksidacijo v krom žvepleni kislino), teksturo (s sedimentacijsko pipetno metodo) in vsebnost Cd, Cu, Mn, Pb in Zn (z metodo ICP-MS, po razklopu z zlatotopko).

Na vrtovih smo vzorčili sledeče vrtnine: bučke, paradižnik, zelje, čebulo, zgodnji krompir, korenček, rdečo peso, endivijo, radič. Na trgu smo vzorčili: bučke, paradižnik, čebulo, korenček, endivijo in radič. Poleg tega smo v krompirju, rdeči pesi in korenčku ugotavljali vpliv kuhanja na vsebnost kadmija v vrtnini. Vrtnine smo kuhali bodisi cele ali pa narezane v treh različnih medijih: nevtralnem, bazičnem in kislem. Rdečo peso smo dodatno še vložili v kis. Vsebnost kadmija v vzorcih vrtnin smo prav tako določili z metodo ICP-MS. Na podlagi talnih lastnosti smo oblikovali regresijske modele za napovedovanje vsebnosti kadmija v vrtninah.

Vnose kadmija v človeka preko vrtnin smo ocenili tako za pridelovalce vrtnin kot tudi za tri različne scenarije: upoštevanje srednje vrednosti vhodnih parametrov enačbe 3 (Scenarij 1), upoštevanje vpliva priprave vrtnin za uživanje (Scenarij 2) in najslabši možni scenarij – ženska, 5. percentil za telesno težo, 95. percentil zaužitja vrtnine in vsebnosti kadmija v vrtnini (Scenarij 3).

Rezultati in glavne ugotovitve: Na podlagi anketnega vprašalnika smo ugotovili, da je prevladovala starejša, ženska populacija ljudi s povprečno telesno težo (76,1 kg). Pridelovalci vrtnin so bili večinoma nekadilci (66,7 %), zato je bila prehrana zanje glavni vir izpostavljenosti kadmiju. Poleg tega je bilo malo verjetno, da bi bili vprašani dodatno izpostavljeni kadmiju preko nenamernega zaužitja delcev zemlje iz nečistih rok, neočiščenih vrtnin ali zaužitja vode iz javnega vodovoda. Dodaten vir k prehranski izpostavljenosti kadmiju bi lahko predstavljala le še drobovina in gobe. Malo verjetno je bilo tudi, da bi se absorpcija kadmija v telesu povečala zaradi prehranskih dejavnikov, saj so imeli pridelovalci vrtnin pretežno uravnoteženo prehrano.

Povprečno so bila tla na vzorčenih vrtovih nevtralna humozna tla, zelo primerna za rast kulturnih rastlin. Vendar so bila tudi precej onesnažena s kadmijem, svincem in cinkom. Sever občine je bil najmanj onesnažen s kadmijem. Najbolj onesnažena območja s kadmijem so bila med avtocesto A1 na severu in hribovjem na jugu, pri čemer so bili najbolj kritično onesnaženi vrtovi v mestnem jedru in v bližini, kjer je v preteklosti delovala topilnica cinka. Dobro linearno povezanost smo določili med vsebnostjo kadmija in bakrom (0,64), cinkom (0,92) ter svincem (0,76), kar je nakazovalo, da imajo vsi ti elementi skupen/podoben izvor onesnaževanja. Šibko linearno povezanost smo določili med vsebnostjo kadmija v tleh in vsebnostjo organske snovi (0,28). Med pH-vrednostjo tal in vsebnostjo kadmija v tleh pa smo določili, da ni bilo linearne korelacije (-0,25) (Karo Bešter in sod., 2013b).

Od izbranih vrtnin so kadmij najbolj akumulirale korenovke (korenček in rdeča pesa) in listnata zelenjava (radič in endivija). Vsebnost kadmija je presegla zakonodajno mejno vrednost v pridelanem korenčku 27-krat, v rdeči pesi in čebuli 4-krat, v radiču 3-krat, v endiviji 2-krat ter v paradižniku in zgodnjem krompirju 1-krat. Mejna vrednost ni bila presežena v vzorcih bučk in zelja (Karo Bešter in sod., 2013b). Nasprotno pa je bila vsebnost kadmija v kupljenih vrtninah presežena le v dveh vzorcih (korenček in radič). Ugotovili smo, da je bila srednja vrednost kadmija v pridelanih vrtninah nekajkrat večja kot v kupljenih vrtninah. S stališča vsebnosti kadmija v vrtninah so bile pridelane vrtnine manj kakovostne od kupljenih vrtnin (Karo Bešter in sod., 2013a).

Vpliv kuhanja na vsebnost kadmija v krompirju je bil majhen. Kuhanje je večinoma zvišalo vsebnost kadmija v rdeči pesi in v celem korenčku, ki smo ga kuhali v vodi oziroma v bazičnem mediju. Nasprotno se je vsebnost kadmija malo zmanjšala pri kuhanju celega korenčka v kislem mediju. Vsebnost kadmija se je precej zmanjšala pri kuhanju narezanega korenčka v vseh treh medijih.

Regresijske modele za napovedovanje vsebnosti kadmija v izbranih vrtninah smo oblikovali za skoraj vse izbrane vrtnine, razen za bučko. Najpomembnejša neodvisna spremenljivka talnih lastnosti v regresijskih modelih je bila vsebnost kadmija. Ostale statistično značilne neodvisne spremenljivke talnih lastnosti so bile za paradižnik in korenček vsebnost mangana, za radič vsebnost organske snovi ter za čebulo prav tako vsebnost organske snovi in pH-vrednost. Na podlagi regresijskih modelov smo določili, da vsebnosti kadmija v izbranih vrtninah lahko prekoračijo zakonodajne mejne vrednosti in tako pomembno prispevajo k prehranski izpostavljenosti kadmiju, v kolikor se pridelujejo na vrtovih z vsebnostjo kadmija nad 2,4 mg/kg s. s. za korenček; 3,2 mg/kg s. s. za rdečo peso; 6,3 mg/kg s. s. za endivijo; 7,9 mg/kg s. s. za čebulo; 8,3 mg/kg s. s. za zgodnji krompir in 10,9 mg/kg s. s. za radič (Karo Bešter in sod., 2013b).

Večinoma pridelovalci vrtnin niso bili prekomerno izpostavljeni kadmiju preko uživanja izbranih vrtnin. Na območju Mestne občine Celje je prevladoval ocenjeni tedenski vnos 0,5 µg/kg t. t./teden. Najmanjše ocenjene tedenske vnose (od 0,1 do 0,2 µg/kg t. t./teden) smo določili za območja severno od avtoceste A1, največji ocenjeni tedenski vnos kadmija (1,2 µg/kg t. t./teden) pa smo določili za mestno jedro in območja, ki so bila v bližini »Stare cinkarne«. Povprečno je bil ocenjeni vnos za ženske 1,4-krat večji kot za moškega, kar je bil predvsem odraz količine zaužitih vrtnin in telesne teže. V polovici primerov je zaužitje endivije (28,7 %) in korenčka (25,0 %) imelo največji prispevek k prehranski izpostavljenosti kadmiju.

Na podlagi primerjave ocene vnosa glede na opazovano populacijo in scenarijev smo ugotovili, da najslabši možni scenarij najbolj odstopa od ostalih in tudi edini presega dopustni tedenski vnos. Priprava krompirja, rdeče pese in korenčka za uživanje ni bistveno vplivala na celokupno prehransko izpostavljenost kadmiju preko izbranih vrtnin.

V splošnem pridelava izbranih vrtnin, na območju Mestne občine Celje in njihovo zaužitje ne predstavlja tveganja za pojav neželenih učinkov za zdravje ljudi zaradi prekomernega vnosa kadmija. Tveganje za pojav neželenih učinkov za zdravje ljudi je obstajalo le na vrtu, kjer je bila določena največja vsebnost kadmija (43 mg/kg s. s.) v tleh, in v primeru scenarija 3, ki pa je tudi najmanj verjeten. Za scenarija 1 in 2 smo določili, da ne obstaja tveganje za pojav neželenih učinkov. Pri upoštevanju povprečnega prispevka pridelanih vrtnin k prehranski izpostavljenosti kadmiju, glede na povprečni prispevek zelenjave k celokupni prehranski izpostavljenosti za ljudi v Evropski skupnosti (Cadmium dietary exposure ..., 2012), je bil prispevek kadmija iz izbranih vrtnin primerljiv. Glede na kategorije onesnaženosti tal pa je bil večji na kritično onesnaženem območju (48 %), zato na tem območju ni priporočljivo pridelovati vrtnin.

6.2 SUMMARY

Background: A number of studies have reported that some areas of Municipality of Celje are contaminated with heavy metals, particularly with cadmium, lead and zinc. Safe food production may be hazardous in such areas, as uncontaminated soil is one of the main conditions for its production. Moreover, home-production of vegetables is quite common in urban areas. Therefore people, especially garden owners, may be additionally exposed to cadmium through consumption of vegetables, grown in their gardens. One of the most important characteristics of cadmium is its very long biological half-life (around 30 years), which leads to an effectively irreversible accumulation of cadmium in the body throughout life. Cadmium is primarily toxic to the kidney, where it generally accumulates. It may cause nephropathy, an increased cancer risk in the breast, bladder, endometrium and lung in human. Elevated levels of cadmium in humans can cause changes on skeletal systems, chronic obstructive pulmonary disease and emphysema (Goyer and Clarkson, 2001; Cadmium in food, 2009). The main source of cadmium for non-smoking population is through food (approximately 90 % of total exposure to cadmium).

Aim and objectives: The main aim of this dissertation was to assess whether consumption of home-produced vegetables in the Municipality of Celje presents the risk to human health due to exceeded cadmium intake. The risk assessment was based on the information of garden owners, analytical data of garden soil properties, the concentration of cadmium in selected home-produced vegetables, designed regression models for prediction of the concentration of cadmium in selected vegetables and determination of cadmium concentration before and after preparation of vegetables for consumption. Other objectives of the dissertation were: determination of cadmium concentration in purchased vegetables, to conduct assessment of cadmium exposure via ingestion of selected vegetables and its comparison with reference dose.

Methods: This research included 123 garden owners in the Municipality of Celje. The information about garden owners dietary habits, intake of vegetables and water, the quantities of produced and purchased vegetables, the method of production and processing of vegetables, the opinion about the contamination of their garden were collected. In soil samples pH-value (electrometrically), the organic matter content (indirectly by determine the organic carbon in the soil by oxidation with chrome-sulphur acid), texture (the sediment pipette method) and the concentration of Cd, Cu, Mn, Pb and Zn (after aqua regia dissolution by ICP-MS). The following home-produced vegetables were sampled: courgettes, tomato, cabbage, onion, early potato, carrot, red beet, endive, chicory. The sampled purchased vegetables were: courgettes, tomato, onion, carrot, endive, chicory. The effect of cooking on the concentration of cadmium was determined in potato, red beet and carrot. Whole and sliced vegetables were cooked in three different mediums: neutral, alkaline and acidic. Red beet was additionally poured with vinegar. The concentration of cadmium in vegetables was also determined by ICP-MS. Based on garden soil properties, regression models for predicting the concentration of cadmium in selected vegetables were designed.

Human intake of cadmium via selected vegetables were assessed for garden owners and for three different scenarios: taking into account of medium values of the input parameters of the equation 3 (scenario 1), taking into account of effect of cooking vegetables (scenario 2) and for the worst case scenario (scenario 3).

Results and the main findings: Based on the questionnaire we concluded that prevailed earlier, woman population of people with an average body weight (76.1 kg). Garden owners were mainly non-smokers (66,7 %), therefore diet was for them the main source of exposure to cadmium. Moreover, it was highly unlikely, they would be additionally exposed to cadmium via accidental ingestion of soil particles from unclean hands, not cleaned vegetables or ingestion of water from the public water supply. An additional source of dietary exposure to cadmium might only present offal and mushrooms. It was also highly unlikely that absorption of cadmium in the body would increase, due to nutritional factors, as garden owners mostly had balanced diet.

On average the investigated soil samples from the gardens were neutral, humus soils, very suitable for growing cultivated plants. However, they were also contaminated with cadmium, lead and zinc. At least contaminated area of the municipality was the north. Most contaminated areas with cadmium were between the A1 motorway in the north and hills in the south. The most critically contaminated gardens were in the city centre and in the vicinity of past zinc smelter. A good linear correlation was detected between Cd in soil and Cu (0.64), Zn (0.92) and Pb (0.76) in soil, which indicated that all elements had the similar source of pollution. There was no correlation between pH-value (-0.25) and Cd in soil and weak correlation between organic matter and Cd in soil (0.28) (Karo Bešter et al., 2013b).

The highest concentrations of Cd in vegetables were determined in root (carrot and red beet) and leafy vegetables (chicory and endive). The most frequently was maximum level exceeded in carrot (27-times), followed by red beet and onion (4-times), chicory (3-times), endive (2-times). On one garden the maximum level of Cd was exceeded in tomato and potato. Maximum levels were not exceeded in the courgettes and cabbage (Karo Bešter et al., 2013b). In contrast, the concentration of cadmium in the purchased vegetables was only exceeded in two samples (carrot and chicory). It was concluded that median concentration of cadmium in home-produced vegetables were few times higher than in the purchased vegetables. In terms of the concentration of cadmium in vegetables, home-produced vegetable had lower quality than purchased vegetables (Karo Bešter et al., 2013a).

There was a small effect of cooking on the concentration of cadmium in potato. Cooking mainly increased the concentration of cadmium in red beet and whole carrot, when cooked in water or in alkaline medium. In contrast, the concentration of cadmium was reduced when cooked in acidic medium and it was significantly reduced when sliced carrot was cooked in all three mediums.

The regression models for predicting the concentration of cadmium in selected vegetables were designed almost for all vegetables, except for the courgettes. The most important explanatory variables of soil properties in regression models was the concentration of cadmium. Other statistically significant independent variables of soil properties were for tomatoes and carrots the concentration of manganese and for chicory the organic matter content. The latter was also important for onion along with pH-value. Based on designed regression models, it was concluded that consuming carrot, red beet, endive, onion, potato and chicory grown on gardens with Cd concentrations above 2,4; 3,2; 6,3; 7,9; 8,3 and 10,9; respectively, might have important contribution to dietary Cd exposure (Karo Bešter et al., 2013b).

Generally, garden owners were not excessively exposed to cadmium via the consumption of selected vegetables. It prevailed the estimated weekly intake of 0.5 µg/kg bw/week, in the Municipality of Celje. The lowest estimated weekly intakes (between 0,1 and 0,2 µg/kg bw/week) were determined in the area north of the motorway A1 and the highest (1,2 µg/kg bw/week) in the city centre and in the vicinity of past zinc smelter. On average the estimated intake of cadmium for woman was 1,4-fold higher than for man, which was mostly the result of the quantity of consumed vegetables and body weight. In half of the cases, the consumption of endive (28,7 %) and carrots (25,0 %) had the highest contribution to dietary exposure to cadmium.

Based on the comparison of the assessment of cadmium intake of the observed population and scenarios it was concluded that worst case scenario most differed from the others and also the only exceeded the tolerable weekly intake. The preparation of potato, beetroot and carrots for consumption did not significantly effect on overall dietary exposure to cadmium via vegetables.

Generally, production of selected vegetables in the Municipality of Celje and their consumption did not pose the risk of adverse effects to human health due to excessive intake of cadmium. The risk of adverse effects to human health existed only in the garden, where the highest concentration of cadmium (43 mg/kg DW) in the soil was determined and in case of worst case scenario, which was also least likely. It was determined that there was no risk of adverse health effects for scenarios 1 and 2.

The contribution of cadmium via selected vegetables to dietary cadmium exposure was comparable to average contribution of vegetables to dietary exposure for people in European Union (Cadmium dietary exposure ..., 2012). However, according to the category of soil contamination it was higher in the critical contaminated areas (48 %). Therefore, it is not recommended to produce vegetable in this area.

7 VIRI

- Adriano D. C. 1986. Trace elements in the terrestrial environment. New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo, Springer-Verlag: 533 str.
- Air quality guidelines. 2000. World Health Organisation. Copenhagen, Denmark: 1–9
http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0016/123073/AQG2ndEd_6_3Cadmium.PDF (11. nov. 2011)
- Alexander P. D., Alloway B. J., Dourado A. M. 2006. Genotypic variations in the accumulation of Cd, Cu, Pb and Zn exhibited by six commonly grown vegetables. *Environmental Pollution*, 144: 736–745
- Alloway B. J. 1990. Heavy metals in soils. Glasgow and London, Blackie: 339 str.
- Alloway B.J. 2004. Contamination of soils in domestic gardens and allotments: A brief overview. *Land Contamination and Reclamation*, 12, 3:179-187
- Andersen O., Nielsen J.B., Svendsen P. 1988. Oral cadmium chloride intoxication in mice effects of dose on tissue-damage, intestinal-absorption and relative organ distribution. *Toxicology*, 48, 3: 225-236
- Attitudes of Europeans towards tobacco. 2007. Special Eurobarometer 272c / Wave 66.2 – TNS Opinion & Social. European Commission.
http://ec.europa.eu/health/ph_determinants/life_style/Tobacco/Documents/ebs272c_en.pdf (6. mar. 2013)
- Barcelo J., Poschenrieder C. 1990. Plant water relations as affected by heavy metal stress. A review. *Journal of Plant Nutrition*, 13, 1: 1-37
- Batič F. 1984. Ugotavljanje onesnaženosti zraka s pomočjo epifitskih lišajev in lišajska karta Slovenije kot rezultat dela. V: Raziskovanje onesnaženosti zraka Slovenije 2, Gosar Marija (ur.). Ljubljana, Prirodoslovno društvo Slovenije: 76 str.
- Beijer K., Jernelov A. 1986. Sources, transport and transformation of metals in the environment. V: Handbook on the toxicology of metals, general aspects (2nd edition). Friberg L., Nordberg G.F., Vouk V.B. (ed.). Amsterdam, Elsevier: 68–74
- Bergman W. 1992. Nutritional disorders of plants. Jena, Stuttgart, New York, Gustav Fischer Verlag: 741 str.
- Bernard A., Amor A.O., Goemarevanneste J., Antoine J.L., Lauwerys R., Colin I., Vandeleene B., Lambert A. 1990. Urinary proteins and red-blood-cell membrane negative charges in diabetes-mellitus. *Clinica Chimica Acta*, 190, 3: 249-262
- Beryllium, cadmium, mercury and exposures in the glass manufacturing industry. 1993. International Agency for Research on Cancer. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to humans, vol. 58. Lyon, France: 444 str.
<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol58/volume58.pdf> (23. jul. 2012)
- Boisset M., Girard F., Godin J., Boudene C. 1978. Kinetics of pulmonary clearance of inhaled cadmium and of its accumulation in liver and kidneys, in rat. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Academie des Sciences Serie D*, 287, 1: 61-64

- Boominathan R., Doran P.M. 2003. Organic acid complexation, heavy metal distribution and the effect of ATP-ase inhibition in Cadmium distribution in *Thlaspi* leaves. *Journal of Biotechnology*, 101: 131–146
- Brooks R.R., Chambers M.F., Nicks L.J., Robinson B.H. 1998. Phytomining. *Trends in Plant Science*, 3: 359–362
- Brümmer G., Herms U. 1983. Influence of soil reaction and organic matter on the solubility of heavy metals in soils. V: Effects of accumulation of air pollutants in forest ecosystems. Ulrich B., Pankrath J. (ed.). Reidel Publishing Company, Dordrecht, Boston, London: 233–243
- Budič B., Elteren J. T., Kovačević M., Ogorevc B. 2005. Sodobne spektroskopske tehnike za elementno analizo različnih materialov. Konferenca: Fizika - priložnost za slovensko gospodarstvo. Kemijski inštitut, Ljubljana.
<http://gospodarstvo.fiz.uni-lj.si/postri.html> (2. dec. 2008).
- Cadmium contamination of the environment: An assessment of nationwide risk. 1985. Washington DC:US.Environmental Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards, Wastewater Solids Criteria Branch: 77 str.
<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/2000LM53.txt?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1981%20Thru%201985&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A\ZYFILES\INDEX%20DATA\81THRU85\TXT\00000004\2000LM53.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h|-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=p|f&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1> (11.apr.2013)
- Cadmium dietary exposure in the european population. Scientific report of EFSA. 2012. European Food Safety Authority. The EFSA Journal, 10, 1: 37 str.
<http://www.efsa.europa.eu/en/search/doc/2551.pdf> (10.nov. 2012)
- Cadmium, health effects of acute/single exposure (Human). 2007. Health Protection Agency.
<http://www.hpa.org.uk/chemicals/compendium/cadmium/acute.htm> (24. jan. 2012)
- Cadmium in food. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on cadmium in food. 2009. The EFSA Journal 980: 139 str.
<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/980.pdf> (10.nov. 2012)
- Cadmium ore beneficiation plants. 2012. Zenith mining and construction.
<http://www.crushermanufacturersin.com/ore-beneficiation-processing/cadmium-ore-beneficiation-plants/> (23. sep. 2012)
- Carrier P., Baryla A., Havaux M. 2003. Cadmium distribution and microlocalization in oilseed rape (*Brassica napus*) after long-term growth on cadmium-contaminated soil. *Planta*, 216: 939–950
- Chaney R.L., Ryan J.A. 1994. Risk based standards for arsenic, lead and cadmium in urban soils: summary of information and methods developed to estimate standards for Cd, Pb and As in urban soils, Dechema, Frankfurt, Germany:130 str.

- Chardonnens A.N., Bookum W.M., Kuijper L.D.J., Verkleij J.A.C., Ernst W.H.O. 1998. Distribution of cadmium in leaves of cadmium tolerant and sensitive ecotypes of *Silene vulgaris*. *Physiologia Plantarum*, 104: 75–80
- Chiba M., Masironi R. 1992. Toxic and trace elements in tobacco and tobacco smoke. *Bulletin of World Health Organization*, 70, 2: 269-275
- Chung J., Nartey N.O., Cherian M.G. 1986. Metallothionein levels in liver and kidney of Canadians - a potential indicator of environmental exposure to cadmium. *Archives of Environmental Health*, 41, 5: 319-323
- Comparison of the approaches taken by EFSA and JECFA to establish a HBGV for cadmium. 2011. *EFSA Journal* 9, 2: 28 str.
<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/2006.pdf> (10.nov. 2012)
- Cosio C., DeSantis L., Frey B., Diallo S., Keller C. 2005. Distribution of cadmium in leaves of *Thlaspi caerulescens*. *Journal of Experimental Botany*, 56, 412: 765–775
- Delež kadičev v Sloveniji se znižuje. 2013. Inštitut za varovanje zdravja Republike Slovenije. Sporočilo za medije.
<http://www.zzv-mb.si/images/index-2013-svetovni-dan-cigareti.pdf> (02.mar. 2013)
- Direktiva sveta 91/338/EGS. 1991. Ur. L. Evropske unije. L 186/59: 293-297
- Domitrovič-Uranjek D. 1990. Onesnaženost okolja v Celju. Celje. Zveza društev inženirjev in tehnikov: 35 str.
- Duffus J.H. 2000. Some terms used in toxicology, chemical safety and allied subjects. Edinburgh. Department of Community Health Sciences, University of Edinburgh Medical School.
<http://www.med.ed.ac.uk/HEW/tox/glossall.html> (9. nov. 2010)
- Elinder C.G, Edling C., Lindberg E., Kagedal B., Vesterberg O. 1985. Assessment of renal function in workers previously exposed to cadmium. *British Journal of Industrial Medicine*, 42,11: 754-760
- Elinder C. G., Friberg L., Nordberg G.F., Kjellstrom T., Oberdoerster G. 1994. Biological monitoring of metals. Chemical safety monographs. Geneva. World Health Organization, Geneva: 78 str.
http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/62052/1/WHO_EHG_94.2.pdf (25. maj. 2012)
- Environmental health impacts from exposure to metals. 2005. World Health Organisation. Report of a Joint Interregional Workshop, Simla, India: 58 str.
http://www.chem.unep.ch/pb_and_cd/Documents/Publications_and_Documents_EHI-Book.pdf (13. jun. 2008)
- 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: 85-92

- Eržen I. 2010. Izdelava ocene tveganja za zdravje zaradi izpostavljenosti otrok nevarnim snovem v tleh pri uporabi otroških igrišč vrtcev v Celju in okolici. V: Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavnik razvoja v Sloveniji – modelni pristop za degradirana območja. Zbornik 1. Konference. Cvetka Ribarič Lasnik (ur.). Laško: 85 – 99
- Eržen I., Zaletel Kragelj L. 2012. Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavnik trajnostnega razvoja - modelni pristop na primeru Celjske kotline- Zdravstveni del. <http://www.sanacijacelja.si/portal/images/stories/2-konferenca/ivan-erzen.pdf> (22.feb.2013)
- European union risk assessment report. Cadmium metal. Part II – human health. 2007. Joint Research Center. Luksemburg. <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/111111111/5172/1/cadmiummetalreport303.pdf> (23.jan.2013)
- European union risk assessment report. Cadmium metal and cadmium oxide. 2008. Summary Risk Assessment Report. EC (European Commission). Italy. http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/111111111/10936/1/cdmetal_cdoxidesum302.pdf (12. jan. 2012)
- Evaluation of certain food additives. 2004. Sixty-first report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series, 922 <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v52je22.htm> (15. sep. 2012)
- Evans L. J. 1989. Chemistry of metal retention by soils. Environmental Science and Technology, 23: 1046–1056
- Favier J.C., Ireland-Ripert J., Toque C., Feinberg M. 1995. Repertoire general des aliments: Table de composition. Paris. Centre informatique sur la qualite des aliments: 477-551
- Final review of scientific information on cadmium. United nations environment programme chemicals branch, DTIE. Version of December 2010. http://www.unep.org/hazardoussubstances/Portals/9/Lead_Cadmium/docs/Interim_reviews/UNEP_GC26_INF_11_Add_2_Final_UNEP_Cadmium_review_and_appendix_Dec_2010.pdf (15. jan. 2013)
- Friberg L., Piscator M., Nordberg G.F., Kjellstrom T. 1974. Cadmium in the environment. Cleveland, Ohio CRC Press, Inc.: 147 str.
- Galal-Gorchev H. 1991. Dietary intake of pesticide residues, cadmium, mercury and lead. Food Additives and Contaminants, 8: 793–806
- Godt J., Scheidig S., Grosse-Siestrup C., Esche V., Brandenburg P., Reich A., Groneberg D.A. 2006. The toxicity of cadmium and resulting hazards for human health. Journal of Occupational Medicine and Toxicology, 1: 22 str.
- Goyer R. A., Clarkson T. W. 2001. Toxic effects of metals. V: Casarett and Doull's toxicology - the basic science of poisons. Klaassen, C. D. (ed.): 811–826
- Grilc V., Husić M., Jazbinšek A. 2005. Ocena onesnaženosti zemljine in podzemne vode z lokacije Stare cinkarne. Celje, Kemijski inštitut: 48 str.

- Größman G., Wüsterman M. 1992. Belastungen in Haus- und Kleingärten durch anorganische und organische Stoffe mit Schadstoffpotential. Forschungsbericht 1160868, Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
<http://qros.us/Contamination%20of%20soils%20in%20domestic%20gardens%20and%20allotments-%20A%20brief%20overview.pdf> (10. feb. 2012)
- Guidelines for Exposure Assessment. 1992. U.S. Environmental Protection Agency. Risk Assessment Forum, Washington, DC, EPA/600/Z-92/001
<http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=15263> (11. mar. 2012)
- Ha S.-B., Smith A. P., Howden R., Dietrich W. M., Bugg S., O'Connell M. J., Goldsbrough P.B., Cobbett C.S. 1999. Phytochelatin Synthase Genes from Arabidopsis and the Yeast *Schizosaccharomyces pombe*. *The Plant Cell*, 11, 6: 1153–1164
- Haenel H. 1979. Energie und Nährstoffgehalt von Lebensmitteln. *Lebensmittel-tabellen*. Berlin, Volk und Gesundheit: 492-567
- He Q.B., Singh B.R. 1994. Effect of organic matter on the distribution, extractability and uptake of cadmium in soils. *European Journal of Soil Science*, 44: 641-650
- Health and food. 2006. Special Eurobarometer 246 / Wave 64.3 – TNS Opinion & Soc. European Commission: str. 12
http://ec.europa.eu/health/ph_publication/eb_food_en.pdf (21. maj. 2012)
- Hellström L., Persson B., Brudin L., Grawé K. P., Öborn I., Järup L. 2007. Cadmium exposure pathways in a population living near a battery plant. *Science of the Total Environment*, 373: 447–455
- Holleman A. F., Wiberg E., Wiberg N. 1985. *Lehrbuch der Anorganischen Chemie*. Berlin, Walter de Gruyter: 2045 str.
- Human Health Risk Assessment. United States Environmental Protection Agency. 2012.
http://www.epa.gov/risk_assessment/health-risk.htm (21. jan. 2013)
- International Cadmium Association (ICdA). 2012. Cadmium. Working Towards Sustainable Future.
http://www.cadmium.org/pg_n.php?id_menu=15 (2.dec. 2012)
- Jackson A. P., Alloway B. J. 1992. The transfer of cadmium from agricultural soils to the human food chain. V: *Biogeochemistry of trace metals*. Adriano D. C. (ed.). Boca Ration, Lewis Publishers: 109–157
- Janytzki P. 1986. Particle – size analysis. V: *Field and laboratory procedures in a soil chronosequence study*. Singer M. J., Janytzki P. (eds.). U.S. Geological Survey Bulletin, 1684: 11-16
- Järup L. 2003. Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, 68: 167–182
- Jorhem L., Sundström B. 1993. Levels of lead, cadmium, zinc, copper, nickel, chromium, manganese, and cobalt in foods on the swedish market, 1983-1990. *Journal of Food Composition and Analysis*, 6, 3: 223-241
- Kabata-Pendias A., Pendias H. 1984. *Trace Elements in Soils and Plants*, Boca Raton Florida, CRC Press: 432 str.

Kakovost pitne vode za leto 2008. VO-KA.

<http://www.vo-ka-celje.si/dejavnosti/oskrba-s-pitno-vodo/26-podjetje/podjetje/151-nadzor-nad-kvaliteto-pitne-vode> (12. jan. 2013)

Karo Bešter P., Lobnik F., Eržen I., Zupan M. 2013a. Concentration of cadmium in vegetables grown on contaminated gardens and in purchased vegetables. *European Chemical Bulletin*, 2, 2: 94 – 97

Karo Bešter P., Lobnik F., Eržen I., Kastelec D., Zupan M. 2013b. Prediction of cadmium concentration in selected home-produced vegetables. *Ecotoxicology and Environmental Safety* (v tisku)

Khan D.H., Duckett J.G., Frankland B., Kirkham J.B. 1984. An X-ray microanalytical study of the distribution of cadmium in roots of *Zea mays L.* *Journal of Plant Physiology*, 115: 19–28

Klavs V. 2004. Kadmij v vrtninah pridelanih in kupljenih na območju Mestne občine Celje. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 44 str.

Kloke A., Sauerbeck D. R., Vetter H. 1984. The contamination of plants and soils with heavy metals and the transport of metals in terrestrial food chains. V: *Changing metal cycles and human health*. Nriagu J.O. (ed.). Dahlem Konferenzen, Berlin, Springer- Verlag: 113–141

Kibble A. J., Saunders J. P. 2001. Contaminated Land and the Link with Health. V: *Assessment and Reclamation of Contaminated Land*. Hester R. E., Harrison R. M. (ed.). *Issues in Environmental Science and Technology*, 16: 65–84

Koch V., Kostanjevec S. 2009. Pogostost uživanja živil. V: *Prehrabene navade odraslih prebivalcev Slovenije z vidika varovanja zdravja*. Gabrijelčič Blenkuš M. (ur.). Radovljica. Inštitut za varovanje zdravja Republike Slovenije. Pedagoška fakulteta, Univerza v Ljubljani: 186 str.

Količina porabljenih živil in pijač na člana gospodinjstva po: živila, pijače, leto, porabljene količine. Statistični urad Republike Slovenije. 2012. Ministrstvo za notranje zadeve - Centralni register prebivalstva, Ministrstvo za notranje zadeve - Direktorat za upravne notranje zadeve.
<http://www.stat.si/pxweb/Dialog/Saveshow.asp> (23. jan. 2013)

Konec Juričič N., Škodnik T. 2010. Prikaz zdravstvenega stanja prebivalcev in nekaterih programov in projektov promocije zdravja v regiji Celje in Upravni enoti Celje. V: *Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavnik razvoja v Sloveniji – modelni pristop za degradirana območja*. Zbornik 1. Konference. Cvetka Ribarič Lasnik (ur.). Laško: 100 – 110

Košmelj K. 2007. Uporabna statistika. Biotehniška fakulteta.
http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/groups/2721/Uporabna_statistika_okt_2007/Uporabna_statistika_01.pdf (12. jan. 2013)

Kotsonis F.N., Klaassen C.D. 1978. The relationship of metallothionein to the toxicity of cadmium after prolonged oral administration to rats. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 46, 1: 39-54

- Kroesa R., Müllerb D., Lambec J., Löwikd M.R.H., van Klaverene J., Kleinerf J., Masseyg R., Mayerh S., Urietai I., Vergerj P., Viscontik A. 2002. Assessment of intake from the diet. *Food and Chemical Toxicology*, 40: 327–385
- Kuboi T., Noguchi A., Yazaki J. 1986. Family-dependent cadmium accumulation in higher plants. *Plant and Soil*, 92: 405–415
- Küpper H., Lombi E., Zhao F.J., McGrath S.P. 2000. Cellular compartmentation of cadmium and zinc in relation to other elements in the hyperaccumulator *Arabidopsis halleri*. *Planta*, 212: 75–84
- Larsen J. C. 2006. Risk assessmnet of chemicals in European traditional foods. *Trends in Food Science and Technology*, 17: 471 – 481
- Linnman L., Andersson A., Nilsson K.O., Lind B., Kjellström T., Friberg L. 1973. Cadmium uptake by wheat from sewage sludge used as a plant nutrient source. *Archives of Environmental Health*, 27: 45–47
- Lobnik F., Hrustel M., Zupan M., Vrščaj B., Rupreht J., Šporar M., Hodnik A., Trobiš-Lednik M., Vidic N., Pus T., Virant D., Kočevlar H., Hudnik V., Vučko H., Bizjak M., Grgič I., Medved M., Lapajne S., Brumen S., Žerjal E., Vončina E., Štajnbaher D., Štancer A. 1989. Tematska karta onesnaženosti zemljišč Celjske občine. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za agronomijo, Katedra za pedologijo, prehrano rastlin in ekologijo: 159 str.
- Lobnik F., Hrustel M., Zupan M., Vrščaj B., Hodnik A., Omerza V., Andoljšek L., Rupreht J., Šporar M., Virant D., Vidic N., Prus T., Hudnik V., Kozak E., Vučko H., Bizjak M., Grgič I., Medved M., Lapajne S., Brumen S., Žerjal E., Vončina E., Štajnbaher D., Štancer A. 1991. Vpliv onesnaženosti tal na nekatere rastline na območju občine Celje. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za pedologijo, prehrano rastlin in ekologijo: 143 str.
- Lobnik F., Zupan M., Hudnik V., Vidic N.J. 1994. Soil and plant pollution case study in industrial areas of Slovenia, Biogeochemistry of trace elements. *Environmental Geochemistry and Health*, 16: 287–300
- Lobnik F., Zupan M., Grčman H. 2010. Onesnaženost tal in rastlin v Celjski kotlini. V: Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavnik razvoja v Sloveniji – modelni pristop za degradirana območja. Zbornik 1. Konference. Cvetka Ribarič Lasnik (ur.). Laško: 14 – 21
- Lozano-Rodriguez E., Hernandez L.E., Bonay P., Carpena-Ruiz R.O. 1997. Distribution of cadmium in shoot and root tissues of maize and pea plants: physiological disturbances. *Journal of Experimental Botany*, 48: 123–128
- Marschner H. 1998. Mineral nutrition of higher plants. London, Academic Press: 889 str.
- McBride M. B. 2002. Cadmium uptake by crops estimated from soil total Cd and pH. *Soil Science*, 167, 1: 62–67
- McGrath S.P., Loveland P.J. 1992. Soil Geochemical Atlas of England and Wales. Glasgow, Kluwer Academic Publishers: 112 str.
- McLaughlin M. J., Sing B. R. 1999. Cadmium in soils and plants. Dordrecht. Kluwer Academic Publishers: 270 str.

- McLean J. E., Bledsoe B. E. 1992. Behavior of heavy metals in soils. *Ground Water Issue*, EPA/540/S-92/018: 25 str.
- Meeus C., Eduljee G. H., Hutton M. 2002. Assessment and management of risks arising from exposure to cadmium in fertilisers. I. *The Science of the Total Environment*, 291: 167–187.
- Mesto v objemu voda - poplave v Celju v 20. Stoletju. 2012. Digitalizirana kulturna dediščina slovenskih pokrajin.
<http://www.kamra.si/Default.aspx?module=5&id=1027> (12. jan. 2013)
- Morawska L., Hofmann W., Hitchins-Loveday J., Swanson C., Mengersen K. 2005. Experimental study of the deposition of combustion aerosols in the human respiratory tract. *Journal of Aerosol Science*, 36, 8: 939-957
- Morrow H. 2001. Cadmium and cadmium alloys. V: *Kirk Othmer encyclopedia of chemical technology*. John Wiley and Sons, Inc.:471-507
<http://www.scribd.com/doc/30137027/Cadmium-and-Cadmium-Alloys> (5. sep. 2012)
- Natek M. 1988. Celje. V: *Enciklopedija Slovenije*, Ljubljana, Mladinska knjiga: 3-6
- National Nutrient Database for Standard Reference. 2012. Agricultural Research Service, National Agricultural Library.
<http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/> (22.okt. 2012)
- Noël L., Guérin T., Kolf-Clauw M. 2004. Subchronic dietary exposure of rats to cadmium alters the metabolism of metals essential to bone health. *Food and Chemical Toxicology*, 42: 1203–1210
- Nordberg G.F., Piscator M., Nordberg M. 1971. On the distribution of cadmium in blood. *Acta Pharmacologica et Toxicologica*, 30: 289-295
- Nordberg G. F. 1972. Cadmium metabolism and toxicity. *Environmental Physiology*, 2: 7–36
- Nordberg G.F., Kjellstrom T., Nordberg M. 1985. Kinetics and metabolism. V: *Cd and health: A toxicological and epidemiological appraisal*. Vol I: Exposure, Dose and Metabolism. Boca Raton, CRC Press: 103-178
- Nordberg M., Nordberg G.F. 2000. Toxicological aspects of metallothionein. *Cellular and Molecular Biology*, 46, 2: 451-463
- Nordberg G.F., Nogawa K., Nordberg M., Friberg L. 2007. Cadmium. V: *Handbook on the Toxicology of Metals*. Academic Press, Elsevier: 446-486
- Olsson I.M., Bensryd I., Lundh T., Ottosson H., Skerfving S., Oskarsson A. 2002. Cadmium in blood and urine: impact of sex, age, dietary intake, iron status, and former smoking association of renal effects. *Environmental Health Perspect*, 110, 12: 1185-1190
- Onianwa1 P. C., Lawal J. A., Ogunkeye A. A., Orejimi B. M. 2000. Cadmium and nickel composition of nigerian foods. *Journal of Food composition and analysis*, 13: 961–969
- Osnove toksikologije. Vpliv snovi na organizem. 2008. E-kemija.
<http://www.kii3.ntf.uni-lj.si/e-kemija/file.php/1/output/toksikologija/index.html>
(25. okt. 2012)

- Pacyna J.M., Pacyna E.G. 2001. An assessment of global and regional emissions of trace metals to the atmosphere from anthropogenic sources worldwide. *Environmental Reviews*, 9: 269-298
- Page A. L., Bingham F. T. 1973. Origin of cadmium in soil. V: *Heavy Metals in Soils*, Alloway B.J.(ed.). Glasgow and London, Blackie: 101–102
- Palonta M. T. 2009. ICP-MS methods for metals: in-house validation and extension of field of application of methods from inland waters to transitional and sea-water. Regional Environmental Protection Agency- Veneto Region.
http://www.iss.it/binary/aqua/cont/Palonta_ICP-MS%20methods%20for%20metals_en.1235479234.pdf (2.apr. 2013)
- Paul A.A., Southgate D.A.T. 1978. McCance and Widdowson's The composition of foods. London, Her Majesty's Stationery Office and Amsterdam/New York/Oxford, Elsevier Biomedical Press: 229 str.
- Perharič L. 2010. Format za pripravo toksikološke ocene tveganja za zdravje ljudi. Inštitut za varovanje zdravja Republike Slovenije.
http://www.ivz.si/Mp.aspx?ni=124&pi=5&_5_id=257&_5_PageIndex=0&_5_groupId=252&_5_newsCategory=&_5_action=ShowNewsFull&pl=124-5.0. (18.avg. 2012)
- Pesticide Residues in Food – 1998. Evaluations Part I—Residues. 1999. FAO Plant Production and Protection Paper. Food and Agriculture Organisation, Rome: 179-312
<http://www.24d.org/scientific2/whofao1998.pdf> (12. jun. 2011)
- Petersen B., Tomerlin J.R. Barraji L. 1996. Pesticide degradation: exceptions to the rule. *Food Technology*, 50: 221–223
- Petrovič A., Gale I., Žalar A. 2011. Dnevni vnos vode in pijač v Sloveniji. *Zdravstveni vestnik*, 80: 657–667
- Popis prebivalstva, gospodinjstev in stanovanj 2002, SURS in Register prostorskih enot, GURS. Statistični urad Republike Slovenije. 2012. Ministrstvo za notranje zadeve - Centralni register prebivalstva, Ministrstvo za notranje zadeve - Direktorat za upravne notranje zadeve.
http://www.stat.si/krajevnaimena/pregledi_naselja_najvecja_prebivalci.asp?tlist=off&txtIme=CELJE&selNacin=celo&selTip=naselja&ID=309 (2.apr. 2013)
- Prasad M. N. V. 1995. Cadmium Toxicity and Tolerance in Vascular Plants. *Environmental and Experimental Botany*, 35: 525 – 545
- Pravilnik o pitni vodi. Ur. l. RS, št. 35/2004.
- Rajh E. 2011. Uporaba atomske spektroskopije v farmacevtski industriji. Seminar. Univerza v Ljubljani Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo: 22 str.
http://abra.fkkt.uni-lj.si/pihlar/NPAK2011/NPAK2011_ERajh.pdf (6. apr. 2013)
- Reeves P.G., Chaney R.L. 2008. Bioavailability as an issue in risk assessment and management of food cadmium: A review. *Science of the Total Environment*, 398, 1-3: 13-19

- Renwicka A.G., Barlowb S.M., Hertz-Picciottoc I., Boobisd A.R., Dybinge E., Edlerf L., Eisenbrandg G., Greigh J.B., Kleineri J., Lambej J., Mullerk D.J.G., Smithl M.R., Tritscherm A., Tuijelaarsi S., Brandtn P.A., Walkero R., Kroespy, R. 2003. Risk characterisation of chemicals in food and diet. *Food and Chemical Toxicology*, 4: 1211–1271
- Rieuwerts J. S., Thornton I., Farago M. E., Ashmore M. R. 1998. Factors influencing metal bioavailability in soils: preliminary investigations for the development of a critical loads approach for metals. *Chemical Speciation and Bioavailability*, 10, 2: 61–75
- Risk Assessment: Cadmium metal/Cadmium oxide. 2005. ECB Final, but not adopted version of Dec 2005. European Chemicals Bureau, Ispra, Italy: 633 str.
- Risk Characterization. United States Environmental Protection Agency. 2012. http://www.epa.gov/region8/r8risk/hh_risk.html (23.maj.2012)
- Ross M. S. 1994. *Toxic Metals in Soil-Plant Systems*. Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore, John Wiley & Sons: 467 str.
- Salt D.E, Prince C.P, Pickering I.J, Raskin I. 1995. Mechanisms of cadmium mobility and accumulation in Indian mustard. *Plant Physiology*, 109: 1427–1433
- Sand S., Becker W. 2012. Assessment of dietary cadmium exposure in Sweden and population health concern including scenario analysis. *Food and Chemical Toxicology*, 50, 3-4: 536–544
- Schwartz C., Fetzer K.D., Kubiniok J., Morel J.L. 2000. Availability of pollutants in garden soils. V: *Proceedings of the 1st international conference on soils of urban, industrial, traffic and mining areas*. Burghardt W., Dornauf C. (ed.). Essen, Germany. Universitat-GH Essen: 485–490
- SIST ISO 11466. Soil quality - Extraction of trace elements soluble in aqua regia. 1995: 6 str.
- SIST ISO 10390. Soil quality - Determination of pH. 1996: 5 str.
- SIST ISO 10381-5. Soil quality, Sampling, Part 5: Guidance on the procedure for the investigation of urban and industrial sites with regard to soil contamination. 2006:5 str.
- SIST ISO 14235. Soil quality - Determination of organic carbon by sulfochromic oxidation. 1999: 5 str.
- SIST ISO 11464. Soil quality - Pretreatment of samples for physico-chemical analysis. 2006: 6 str.
- Sittig M. 1985. *Handbook of toxic and hazardous chemicals and carcinogens*, Park Ridge, Noyes Publication: 950 str.
- Soil survey manual. 1993. Soil survey division staff. Handbook. United states department of agriculture: 315 str.
- Souci S.W., Fachmann W., Kraut H. 1981. *Die Zusammensetzung der Lebensmittel. Nährwerttabellen 1981/82*. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart: 1352 str.
- Sparks D.L. 2003. *Environmental soil chemistry*. USA, Academic Press, Elsevier Science: 352 str.

- Staessen J. A., Roels H. A., Emelianov D., Kuznetsova T., Thijs L., Vangronsveld J., Fagard R. 1999. Environmental exposure to cadmium, forearm bone density, and risk of fractures: prospective population study. *The Lancet*, 353: 1140–1144
- Statement on tolerable weekly intake for cadmium EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific Opinion. 2011. *EFSA Journal*, 9, 2: 1-19
<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/1975.pdf> (10.maj. 2012)
- Stokinger H.E. 1981. The metals. V: Clayton, G.D. & Clayton, F.E. (ed.). *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology*, volume 2A Toxicology. New York, John Wiley and Sons Inc: 1563-1583
- Street J.J., Lindsay W.L., Sabey B.R. 1977. Solubility and plant uptake of cadmium in soils amended with cadmium and sewage sludge. *Journal of Environmental Quality*, 6: 72–77.
- Streit B., Stumm W. 1993. Chemical properties of metals and the process of bioaccumulation in terrestrial plants. V: *Plants as biomonitors*. Markert B. (ed.), Weinheim, VCH: 31–62
- Summary report of Seventy-third meeting. 2010. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva: 12 str.
<http://www.who.int/foodsafety/publications/chem/summary73.pdf> (2. jul. 2012)
- Šajn R. 1999. Geokemične lastnosti urbanih sedimentov na ozemlju Slovenije. Ljubljana, Geološki zavod Slovenije: 136 str.
- Šajn R. 2001. Geokemične raziskave tal in podstrešnega prahu na območju Celja. *Geologija*, 44, 2: 351 – 362
- Špes M., 1998. Degradacija okolja kot dejavnik diferenciacije urbane pokrajine. Ljubljana, Inštitut za geografijo: 199 str.
- The Contaminated Land Exposure Assessment Model (CLEA): Technical basis and algorithms. 2002. Bristol, R&D Publication, CLR 10: 129 str.
- Thornton I. 1995. Metals in the Global Environment: Facts and Misconceptions. Ottawa, International Council on Metals and the Environment: 116 str.
- Tivadar B. 2009. Dejavniki odločanja pri izbiri živil. V: *Prehrabene navade odraslih prebivalcev Slovenije z vidika varovanja zdravja*. Gabrijelčič Blenkuš M. (ur.). Radovljica, Inštitut za varovanje zdravja Republike Slovenije. Pedagoška fakulteta, Univerza v Ljubljani: 186 str.
- Toxicological profile for cadmium. 2012. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Atlanta, Georgia: 487 str.
<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp5.pdf> (5. feb.2013)
- Toxnet, Toxicology data network. 2008.
<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search> (23.jan.2013)
- Uredba komisije (ES) št. 1881/2006 o določitvi mejnih vrednosti nekaterih onesnaževal v živilih. *Ur.l. EU*. L.364/5
- Uredba komisije (ES) št. 629/2008 o spremembi Uredbe Komisije (ES) št. 1881/2006 o določitvi mejnih vrednosti nekaterih onesnaževal v živilih. *Ur.l. EU*. L. 173/6

- Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh. Ur.l. RS št. 68-5773/96
- Vahter M., Berglund M., Lind B., Jorhem L., Slorach S., Friberg L., 1991. Personal monitoring of lead and cadmium exposure. A Swedish study with special reference to methodological aspects. *Scandinavian Journal Work Environmental Health*, 17, 1: 65-74
- Va'zquez M.D., Barcelo J., Poschenrieder C., Ma'dico J., Hatton P., Baker A.J.M., Cope G.H. 1992. Localization of zinc and cadmium in *Thlaspi caerulescens* (Brassicaceae), a metallophyte that can hyperaccumulate both metals. *Journal of Plant Physiology*, 140: 350–355
- Vovk Korže A. 2009. Poročilo o stanju okolja za Mestno občino Celje – 2008. Maribor. Inštitut za promocijo varstva okolja: 118 str.
<http://moc.celje.si/images/Datoteke/porocilo-o-stanju-okolja.pdf> (11.jun. 2012)
- Vögeli-Lange R., Wagner G.J. 1990. Subcellular localization of cadmium and cadmium-binding peptides in tobacco leaves. Implication of a transport function for cadmium-binding peptides. *Plant Physiology*, 92: 1086–1093
- Vrščaj B., Zupan M., Lobnik F. 2000. Identification of areas suitable for food production on polluted soils. V: International conference on GIS for Earth Science Applications, 11-14 September, 2000, Menemen-Izmir, Turkey: 7 str.
- Vrščaj B., Lobnik F., Zupan M. 2002. Data on soil pollution for urban planning. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Center za pedologijo in varstvo okolja: 11 str.
- Wang G., Su M.-Y., Chen Y.-H., Lin F.-F., Luo D., Gao S.-F. 2006. Transfer characteristics of cadmium and lead from soil to the edible parts of six vegetable species in southeastern China. *Environmental Pollution*, 144: 127–135
- Walpole S.C., Prieto-Merino D., Edwards P., Cleland J., Stevens G., Ian Roberts. 2012. The weight of nations: an estimation of adult human biomass. *BioMedCentral Public Health*, 12: str.439
<http://www.biomedcentral.com/content/pdf/1471-2458-12-439.pdf> (2.apr. 2013)
- Wester R.C., Maibach H.I., Sedik L. 1992. In vitro percutaneous absorption of cadmium from water and soil into human skin. *Fundamental and Applied Toxicology*, 19: 1-5
- Yang J., Guo H., Ma Y., Wang L., Wei D., Hua L. 2010. Genotypic variations in the accumulations of Cd exhibited by different vegetables. *Journal of Environmental Science*, 22, 8: 1246-1252
- Zalups R.K., Ahmad S. 2003. Molecular handling of cadmium in transporting epithelia. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 186, 3:163-188
- Zeleni sistem mesta. 2006. Strokovne podlage za urbanistično zasnovano Celje, II. in III. Faza. Ljubljana, Urbanistični inštitut RS: 5 str.
- Zupan M., Hudnik V., Lobnik F., Grčman H. 1996. Akumulacija kadmija, svinca in cinka v nekaterih kmetijskih rastlinah. V: 1. slovenski kongres o hrani in prehrani, Bled: 1-9

- Zupan M. 2003. Vpliv pH tal na sprejem kadmija v testno rastlino ozkolistni trpotec (*Plantago lanceolata* L.) in izbrane kmetijske rastline. Magistrsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za Agronomijo: 92 str.
- Zupan M., Pačnik T., Klavs V., Grčman H., Hodnik A. 2005. Izvedba modela sanacije onesnaženih tal na območju Mestne občine Celje s programom ukrepov za zmanjšanje ogroženosti zdravja zaradi vnosa živil rastlinskega izvora pridelanih na onesnaženih območjih. Fazno poročilo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 19 str.
- Zupan M., Grčman H., Lobnik F. 2008. Raziskave onesnaženosti tal Slovenije. Poročilo za leto 2007. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje: 63 str.
- Zupan M., Lobnik F., Kugonič N., Grčman H. 2009. Polluted soils near smelters and their impact on plants. V: Applied environmental geochemistry – anthropogenic impact on the human environment in the SE Europe. Šajn R., Žibert G., Alijagić J. (ur.) Ljubljana, Geological Survey of Slovenia: 168 str.
- Žibert G. 2002. Geokemične lastnosti tal in podstrešnega prahu na območju Celja. Diplomsko delo. Ljubljana, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geografijo: 62 str.
- Žibert G., Šajn R. 2006. Razširjenost onesnaženja s cinkom in kadmijem v Celjski kotlini. Materials and Geoenvironment, 52, 3: 561 – 569

ZAHVALA

Zahvaljujem se prof. dr. Francu Lobniku za mentorstvo pri izdelavi doktorske disertacije, za vse vsebinske pripombe in komentarje, ki so pripomogli k boljši kakovosti doktorske disertacije, za vse pedagoško delo med celotnim študijem ter za pomoč k boljšemu razumevanju tematike disertacije.

Prav tako se zahvaljujem prof. dr. Ivanu Erženu za somentorstvo pri pripravi doktorske disertacije ter za dragocene napotke glede priprave ocene tveganja na zdravje ljudi. Prav tako so vse vsebinske pripombe in komentarji pripomogli k boljši kakovosti doktorske disertacije.

Članicama komisije izr. prof. dr. Marijana Jakše in prof. dr. Luciji Zupančič-Kralj se iskreno zahvaljujem za vse trud, ki sta ga vložili v strokovni pregled doktorske disertacije in vse podane pripombe.

Nadalje se zahvaljujem mag. Marku Zupanu, ki mi je pomagal pri zasnovi in terenski izvedbi raziskave. Zahvaljujem se mu za vse strokovne diskusije, ki so mi neprecenljivo pomagale pri pisanju in oblikovanju doktorske disertacije.

Najlepša hvala doc. dr. Rajku Vidrihu in Sabini Dremelj za pomoč pri izvedbi poskusa vpliva priprave vrtnin na vsebnost kadmija ter dr. Majdi Černič Istenič za pomoč pri pripravi anketnega vprašalnika.

Iskrena hvala prof. dr. Damijani Kastelec, dr. Klemenu Elerju in dr. Andreju Ceglerju za vse koristne napotke glede statistične obdelave rezultatov raziskovanja in za statistično pripravo regresijskih modelov.

Zahvaljujem se tudi podjetju Oikos, svetovanje za razvoj, d.o.o., dr. Bojanu Pahorju in Tehnološki agenciji Slovenije, ki so mi s financiranjem omogočili in olajšali pripravo doktorske disertacije.

Vsem pridelovalcem vrtnin, ki so sodelovali v raziskavi, se zahvaljujem za vzorce tal in vrtnin ter potrpežljivo sodelovanje v anketi. Brez njihove pomoči ne bi bilo možno pripraviti doktorske disertacije v takšnem obsegu. Lepa hvala družini Modic za vestno in dosledno pridelavo vrtnin, v katerih smo preučevali vpliv priprave vrtnin za uživanje.

Iskrena hvala tudi go. Ireni Tič, ki mi je vedno nesebično in z veliko mero učinkovitosti sprotno pripravljala karte vzorčenja in končne karte doktorske disertacije. Hvala tudi dr. Milanu Kobalu za ves trud in strokovno pripravo interpolirane karte prostorskega prikaza ocenjenih tedenskih vnosov.

Najlepša hvala Jerici Tuhtar, Barbari Kruhar, Petru Gobcu, Maticu Novljanu, Patriciji Radelj za pomoč pri terenski in laboratorijski izvedbi raziskave.

Go. Zalki Ilc se zahvaljujem za podporo pri izvajanju laboratorijskega dela in hvala vsem ostalim s Centra za pedologijo in varstvo okolja.

Predvsem pa bi se rada zahvalila možu Alešu Beštru, hčerki Freji, sinu Ambrožu in mojim staršem, ki so mi vseskozi stali ob strani in mi z veliko mero razumevanja in z izdatno potrpežljivostjo dajali podporo, spodbudo in energijo med študijem in pri izdelavi pričujoče disertacije. Zato doktorsko disertacijo posvečam prav njim.

PRILOGA A
Anketni vprašalnik

Univerza
v Ljubljani
Biotehniška
fakulteta



VPRAŠALNIK ZA LASTNIKE VRTOV V MESTNI OBČINI CELJE v okviru priprave doktorske disertacije z naslovom »Ocena tveganja vnosa kadmija z vrtninami na lokalno prebivalstvo Mestne občine Celje«

OZNAKA: CE-RA_____

DATUM:____julij 2008

ANKETIRAL:_____

1) A Ali ste kdaj zamenjali zemljo na vašem vrtu?

1- DA B Kdaj? _____ C Od kod ste dobili material? _____
2- NE

2) Ali je bil vaš vrt kdaj poplavljen?

1- DA
2- NE

3) Kolikšna je površina vrta, na katerem gojite vrtnine?

4) Koliko časa (od kdaj) pridelujete vrtnine na vašem vrtu?

_____let

5) Ali redno uporabljate zaščitna sredstva (npr. rokavice, škornji, zaščitna obleka) pri delu na vrtu?

1- DA, redno
2- Da, občasno
3- NE, nikoli

6) S kakšnimi gnojili gnojite na vašem vrtu in koliko?

1- Domači kompost _____kg
2- Kupljeni kompost _____kg
3- Hlevski gnoj _____kg
4- Druga organska gnojila: Katera? _____kg

5- Anorganska gnojila: Katera? _____ kg

7) Katere pripravke uporabljate na vašem vrtu za varstvo rastlin ter za zatiranje plevelov in kolikokrat na leto?

1- Herbicidi (pleveli):Kateri? _____ Kolikokrat na leto? _____

2- Insekticidi (škodljivci):Kateri? _____ Kolikokrat na leto? _____

3- Fungicidi (bolezni):Kateri? _____ Kolikokrat na leto? _____

8) Ocenite pridelano količino vrtnine na leto in dokupljeno količino vrtnin ter v kolikem času porabite pridelano zelenjavo

Vrtnina	Pridelana količina/gosp. (kg/leto)	Dokupljena količina/gosp. (kg/leto)	V kolikem času porabite pridelano zelenjavo (1- sproti; 2- tedni, 3.- meseci, 4- tekom leta)
1- kumare	1-	1-	1-
2 - peteršilj	2-	2-	2-
3- rdeča redkev	3-	3-	3-
4 - rdeča pesa	4-	4-	4-
5- fižol nizki	5-	5-	5-
6- fižol visoki	6-	6-	6-
7- feferoni	7-	7-	7-
8- čebula	8-	8-	8-
9- bučke	9-	9-	9-
10- zelje	10-	10-	10-
11- koleraba	11-	11-	11-
12- solata endivja radič ostalo	12-	12-	12-
13- grah	13-	13-	13-
14- paradižnik	14-	14-	14-
15 - por	15-	15-	15-
16- cvetača	16-	16-	16-
17- špinača	17-	17-	17-
18- blitva	18-	18-	18-
19- paprika	19-	19-	19-
20- korenček	20-	20-	20-
21- zgodnji krompir	21-	21-	21-
22- beluš (šparglji)	22-	22-	22-
23- česen	23-	23-	23-
24- drugo	24-	24-	24-

9) Ocenite, kakšno je razmerje med pridelanimi in dokupljenimi vrtninami?

_____ % pridelanih in _____ % dokupljenih

10) Pridelane vrtnine

- 1- porabimo samo za hrano doma (delež _____%)
- 2- oskrbujemo sorodnike in znance (delež _____%)
- 3- prodajamo na tržnici oz. drugje (delež _____%)
- 4- jedo tudi domače živali (kokoši, prašiči,...) (delež _____%)

11) Kje se v vašem gospodinjstvu oskrbujete z vrtninami, ki jih ne pridelate sami?

- 1- Mestna tržnica
- 2- Zelenjavni kiosk
- 3- Na dvorišču pri kmetu
- 4- Veleblagovnice in druge trgovine: Katere? _____

12) Koliko članov šteje vaše gospodinjstvo?

_____ članov, od tega _____ otrok

13) Kolikšen delež pridelane zelenjave zaužijete vi v primerjavi z ostalimi člani v gospodinjstvu?

_____ %

14) Na vrtu sem.....

- 1- vsak dan
- 2- 1 do 2 x na teden
- 3- 3 do 5 x na teden
- 4- 1 do 2 x na mesec

15) Koliko dni v letu preživite na vrtu?

_____ dni

16) Zakaj vrtnarite (možnih je več odgovorov)?

- 1- Ekonomski razlogi
- 2- Socialni stiki
- 3- Prosti čas
- 4- Pridelava domače/ bolj »zdrave« hrane
- 5- Drugo, kaj _____

17) Na kakšen način pripravite vrtnine za uživanje (možnih je več odgovorov)?

- 1- Vrtnine operemo: kolikokrat? _____
- 2- Vrtnin ne operemo
- 3- Kuhamo
- 4- Pečemo
- 5- Cvremo
- 6- Segrevamo s pomočjo mikrovalov
- 7- Zamrzujemo
- 8- Kisanje
- 9- Drugo _____

18) Kolikšen delež vaše prehrane predstavljajo:

- 1- Meso _____
- 2- Sadje _____
- 3- Zelenjava _____

- 4- Žitarice _____
5- Mlečni izdelki in jajca _____

19) Katera od spodaj naštetih živil uživate?

- | | | | |
|-------------------------|-----------|----------|------------|
| 1- školjke, polži, raki | 1- Nikoli | 2-Včasih | 3- Pogosto |
| 2- drobovina, | 1- Nikoli | 2-Včasih | 3- Pogosto |
| 3- gobe, | 1- Nikoli | 2-Včasih | 3- Pogosto |

20) Koliko litrov vode iz pipe običajno spijete na dan?

_____litrov

21) Od 1 do 7 ocenite, kako onesnažena so po vašem mnenju vaša tla, na katerih gojite vrtnine. Ocena 1 pomeni, da so tla zelo onesnažena, ocena 7 pa, da so tla popolnoma neonesnažena.

1 2 3 4 5 6 7

22) Spol:

- 1- Ž
2- M

23) Koliko ste stari?

_____let

24) Kakšna je vaša telesna teža?

_____kg

25) Kakšna je vaša telesna višina?

_____m

26) Ali kadite?

- 1- DA Koliko cigaret na dan? _____
2- NE
3- Opustil sem kajenje pred _____.

27) V Mestni občini Celje živite.....

- 1- od rojstva
2- preselil sem se leta _____

PRILOGA B
EVIDENČNI LIST PARCELE – Vzorčenje tal

NALEPKA

Zapis o vzorčenju na točki: CE	Lastnik:
Naslov:	Tel.št.:
Datum vzorčenja:	Vzorčenje: PRVO PONOVO POSEBNO
Vzorčil:	

Raba tal	Gnojenje			Kolobar		
	Min.	Org.	Min.+Org.	Zelenjadni	Poljedelski	Drugo
VRT						
NIIVA						

SKICA VRTA IN MESTA VZORČENJA:

BLIŽINA PROMETNIC:	MIKRORELIEF:	POTENCIALNI VIRI ONESNAŽENJA:	VREME OB VZORČENJU
1. AC:_____m	1. Ravnina	1. Tovarna	1. Sončno
2. Regionalna c. _____m	2. Greben	2. Deponija	2. Oblačno
3. Lokalna c. _____m	3. Sredina pobočja	3. Smetišče	3. Po nevihti
4. Kolovoz _____m	4. Vzhodje pobočja	4. Cesta/promet	4. Po krat. deževju
5. Železnica _____m	5. Plato	5. Privatna kurišča	5. Po dežju
	6. Dno doline	6. Kmetijski obrat	6. Vetrovno
	7. Vrtača	7. Gnojšče	
	8. Terasa	8. Poplavne vode	
		9. Urbano, mestno	

OPOMBE OB VZORČENJU

PRILOGA C
EVIDENČNI LIST PARCELE – Vzorčenje rastlin

NALEPKA

Zapis o vzorčenju na točki: CE-RA	Vzorčenje: PRVO PONOVO POSEBNO
Datum vzorčenja: . avgust	Vzorčil:

Rastlina	Čas setve/sajenja	Sorta	Velikost rastlin (opis)
Paradižnik			
Endivja ali Radič			
Korenček			
Čebula			
Rdeča pesa			
Bučke			
Zg. krompir			
Zelje			

SKICA MESTA VZORČENJA:

OPOMBE OB VZORČENJU:

	Npr: Kdaj bodo zrele vrtnine, ki še niso vzorčene.
--	--

PRILOGA D

Ocene pridelovalcev vrtnin o njihovem povprečnem letnem pridelku (kg/leto), odstotku pridelka, ki se porabi v gospodinjstvu, in zaužitih vrtninah posameznika

Številka vzorca	Povprečni letni pridelok (kg/leto) na vrtu									Poraba za domačo prehrano (%)	% zaužitih vrtnin posameznika	Telesna teža (kg)
	Rdeča pesa	Čebula	Bučke	Zelje	Endivja	Radič	Paradižnik	Korenček	Zg. krompir			
CE-RA 2	0,0	5,0	0,0	0,0	2,0	0,0	10,0	0,0	10,0	100	33	68,0
CE-RA 4	5,0	15,0	0,0	6,0	15,0	30,0	4,0	0,0	5,0	100	13	60,0
CE-RA 5	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	20,0	20,0	8,0	0,0	100	33	80,0
CE-RA 7	3,5	4,0	5,0	0,0	80,0	0,0	80,0	10,0	0,0	100	25	73,0
CE-RA 8	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0	10,0	15,0	4,0	0,0	100	30	74,0
CE-RA 9	0,0	0,5	4,0	0,0	3,0	3,0	10,0	1,8	0,0	100	33	56,5
CE-RA 10	0,0	5,0	6,0	0,0	15,0	0,0	20,0	5,0	0,0	80	50	81,0
CE-RA 11	5,0	6,0	3,0	20,0	55,0	55,0	50,0	10,0	0,0	90	33	68,0
CE-RA 12	0,0	0,0	0,0	25,0	4,5	0,0	22,0	2,0	0,0	90	30	58,0
CE-RA 13	3,5	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	12,0	5,0	15,0	95	35	70,0
CE-RA 14	0,0	20,0	0,0	10,0	20,0	0,0	20,0	20,0	40,0	95	25	78,0
CE-RA 15	0,0	2,0	0,0	0,0	5,0	0,0	10,0	5,0	0,0	95	55	85,0
CE-RA 16	2,0	3,0	20,0	0,0	5,0	0,0	20,0	2,0	0,0	100	33	60,0
CE-RA 18	0,0	2,0	2,0	0,0	5,0	5,0	20,0	0,0	0,0	95	75	100,0
CE-RA 19	6,0	5,0	6,0	5,0	10,0	18,0	20,0	15,0	5,0	95	35	59,0
CE-RA 20	3,0	8,0	7,0	35,0	0,0	0,0	30,0	15,0	5,0	95	35	62,0
CE-RA 21	10,0	7,0	0,0	0,0	5,0	5,0	30,0	5,0	15,0	100	30	68,0
CE-RA 22	0,0	3,0	5,0	0,0	3,0	0,0	20,0	0,5	20,0	99	55	64,0
CE-RA 23	0,0	0,0	0,0	20,0	15,0	3,0	10,0	4,0	0,0	98,5	50	70,0
CE-RA 24	0,0	0,0	30,0	0,0	0,0	0,0	5,0	7,0	0,0	80	100	62,0
CE-RA 25	15,0	30,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	20,0	20,0	100	20	88,0
CE-RA 26	3,0	7,0	12,0	0,0	8,0	0,0	20,0	3,0	40,0	97	23	86,0
CE-RA 27	0,0	0,0	0,0	22,0	20,0	40,0	50,0	5,0	60,0	50	50	78,0
CE-RA 28	10,0	30,0	20,0	0,0	15,0	30,0	25,0	5,0	10,0	98	25	60,0
CE-RA 29	30,0	30,0	0,0	0,0	15,0	10,0	10,0	10,0	50,0	45	50	84,0
CE-RA 31	0,0	2,0	0,0	0,0	3,0	3,0	10,0	0,0	0,0	98	33	87,0
CE-RA 32	15,0	20,0	0,0	0,0	10,0	5,0	30,0	5,0	20,0	85	30	80,0
CE-RA 33	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	2,0	0,0	0,0	100	35	104,0
CE-RA 34	0,0	15,0	25,0	50,0	15,0	10,0	10,0	10,0	200,0	100	14	83,0
CE-RA 35	5,0	4,0	0,0	0,0	3,0	0,0	25,0	5,5	0,0	100	33	71,0
CE-RA 36	0,0	8,0	0,0	2,0	5,0	4,0	6,0	4,0	0,0	100	25	68,0
CE-RA 37	6,5	3,0	0,0	0,0	10,0	25,0	10,0	2,5	10,0	85	40	72,0
CE-RA 38	60,0	40,0	0,0	0,0	10,0	30,0	50,0	100,0	150,0	30	40	101,0
CE-RA 40	15,0	5,0	3,0	0,0	5,0	3,0	10,0	5,0	0,0	50	50	58,0
CE-RA 41	0,0	20,0	0,0	0,0	25,0	0,0	35,0	2,0	40,0	85	50	75,0
CE-RA 42	0,0	20,0	0,0	130,0	30,0	15,0	80,0	100,0	0,0	95	13	70,0
CE-RA 43	0,0	2,5	0,0	0,0	15,0	5,0	12,0	10,0	0,0	90	33	76,0
CE-RA 44	8,0	20,0	10,0	0,0	10,0	6,5	15,0	0,0	35,0	100	25	83,0
CE-RA 45	8,0	4,0	6,5	5,0	5,0	2,0	10,0	2,0	0,0	94	25	59,0
CE-RA 46	0,0	5,0	30,0	0,0	0,0	15,0	31,0	0,0	0,0	100	70	90,0
CE-RA 47	10,0	10,0	0,0	0,0	0,0	8,0	20,0	0,0	0,0	100	20	78,0
CE-RA 48	13,0	3,0	0,0	4,0	46,0	92,0	30,0	0,5	0,0	99	13	71,0
CE-RA 49	0,0	3,0	0,0	8,0	0,0	2,5	18,0	1,5	5,5	100	60	99,0
CE-RA 50	20,0	20,0	30,0	20,0	10,0	40,0	10,0	10,0	100,0	97	60	74,0
CE-RA 51	0,0	3,0	0,0	10,0	10,0	5,0	25,0	3,0	10,0	40	50	72,0
CE-RA 52	15,0	0,0	0,0	0,0	35,0	20,0	30,0	10,0	30,0	100	50	64,0

se nadaljuje

nadaljevanje

Številka vzorca	Povprečni letni pridelek (kg/leto) na vrtu									Poraba za domačo prehrano (%)	% zaužitih vrtnin posameznika	Telesna teža (kg)
	Rdeča pesa	Čebula	Bučke	Zelje	Endivja	Radič	Paradižnik	Korenček	Zg. krompir			
CE-RA 53	3,0	0,0	5,0	2,0	5,0	5,0	10,0	1,0	0,0	80	50	67,0
CE-RA 54	5,0	6,0	0,0	0,0	10,0	0,0	15,0	0,0	0,0	95	15	73,0
CE-RA 56	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	8,0	10,0	0,0	0,0	80	40	71,0
CE-RA 57	0,0	1,0	10,0	30,0	0,0	0,0	30,0	0,0	0,0	70	20	90,0
CE-RA 58	0,0	4,0	2,0	2,0	4,0	10,0	10,0	2,0	0,0	100	33	108,0
CE-RA 59	15,0	30,0	0,0	0,0	15,0	0,0	25,0	7,0	25,0	75	30	100,0
CE-RA 60	20,0	4,0	0,0	0,0	10,0	10,0	0,0	3,0	0,0	55	20	61,5
CE-RA 61	20,0	25,0	40,0	8,0	35,0	3,0	30,0	40,0	20,0	70	40	65,0
CE-RA 62	0,0	30,0	50,0	0,0	10,0	10,0	30,0	0,0	0,0	97	35	95,0
CE-RA 63	0,0	10,0	4,5	0,0	3,0	0,0	2,0	4,0	0,0	70	20	85,0
CE-RA 64	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	80	50	100,0
CE-RA 65	20,0	20,0	0,0	17,0	8,0	20,0	50,0	3,5	40,0	97	60	90,0
CE-RA 66	5,5	10,0	0,0	0,0	10,0	10,0	13,0	13,0	5,0	65	20	60,0
CE-RA 67	5,0	2,0	0,0	8,0	3,0	3,0	5,5	3,0	10,0	95	15	80,0
CE-RA 68	5,0	10,0	7,0	0,0	5,0	10,0	12,0	3,0	66,0	95	30	63,0
CE-RA 69	0,0	10,0	5,5	0,0	15,0	5,0	10,0	3,0	0,0	100	60	85,0
CE-RA 70	4,0	8,0	0,0	0,0	20,0	5,0	20,0	6,0	0,0	60	11	87,0
CE-RA 71	0,0	8,0	0,0	3,0	25,0	25,0	50,0	5,0	0,0	90	20	80,0
CE-RA 72	20,0	5,0	0,0	0,0	10,0	10,0	3,0	10,0	0,0	90	33	70,0
CE-RA 73	5,0	10,0	20,0	10,0	2,0	2,0	50,0	3,0	0,0	80	30	71,0
CE-RA 74	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	15,0	10,0	0,0	90	100	69,0
CE-RA 75	0,0	15,0	5,0	10,0	10,0	5,0	20,0	10,0	0,0	70	100	70,0
CE-RA 76	1,0	0,0	20,0	5,0	5,0	2,0	20,0	0,0	25,0	100	33	85,0
CE-RA 77	0,0	20,0	8,0	0,0	0,0	20,0	23,0	0,0	20,0	100	25	85,0
CE-RA 78	0,0	5,0	30,0	0,0	0,0	50,0	20,0	15,0	0,0	95	30	65,0
CE-RA 79	0,0	2,0	0,0	0,0	3,0	0,0	40,0	2,0	0,0	90	20	80,0
CE-RA 80	0,0	5,5	0,0	0,0	25,0	10,0	20,0	2,0	12,0	80	50	70,0
CE-RA 81	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	3,0	10,0	0,0	0,0	100	60	80,0
CE-RA 82	18,0	15,0	0,0	0,0	10,0	10,0	20,0	3,0	0,0	50	50	56,0
CE-RA 83	0,0	7,0	10,0	30,0	20,0	17,0	20,0	10,0	40,0	100	15	70,0
CE-RA 84	0,0	3,0	4,5	0,0	30,0	30,0	40,0	4,5	60,0	79	35	85,0
CE-RA 85	0,0	10,0	0,0	0,0	28,0	0,0	6,5	10,0	100,0	90	40	65,0
CE-RA 86	5,0	8,0	5,0	0,0	7,0	3,0	10,0	4,5	2,0	80	50	96,0
CE-RA 87	10,0	8,0	0,0	0,0	10,0	5,0	4,0	5,0	40,0	93	60	52,0
CE-RA 88	5,0	15,0	0,0	20,0	30,0	8,0	30,0	10,0	25,0	90	35	80,0
CE-RA 89	2,5	2,0	100,0	0,0	20,0	20,0	30,0	5,0	15,0	80	100	95,0
CE-RA 90	3,0	20,0	10,0	12,0	10,0	10,0	20,0	10,0	20,0	96,5	75	58,0
CE-RA 91	5,0	10,0	6,0	5,0	20,0	0,0	20,0	6,0	20,0	94	40	70,0
CE-RA 92	1,5	4,5	0,0	0,0	2,0	4,0	3,0	1,0	15,0	100	40	125,0
CE-RA 93	5,0	10,0	0,0	100,0	0,0	0,0	5,0	3,0	100,0	100	20	92,0
CE-RA 94	0,0	0,0	10,0	0,0	40,0	0,0	7,5	0,0	0,0	95	5	80,0
CE-RA 95	40,0	75,0	0,0	0,0	27,0	50,0	45,0	7,0	0,0	55	65	69,0
CE-RA 96	5,0	2,0	25,0	8,0	2,5	8,0	30,0	4,0	0,0	72	50	80,0
CE-RA 97	35,0	10,0	30,0	40,0	60,0	59,0	200,0	10,0	15,0	10	100	110,0
CE-RA 98	0,0	35,0	10,0	5,0	40,0	10,0	30,0	30,0	100,0	80	15	85,0
CE-RA 99	0,0	5,0	5,0	0,0	5,0	5,0	10,0	6,0	40,0	100	20	76,0
CE-RA 100	0,0	28,0	0,0	5,0	10,0	20,0	50,0	4,0	0,0	94	50	58,0
CE-RA 101	10,0	15,0	5,0	30,0	20,0	10,0	3,0	10,0	0,0	90	30	72,0
CE-RA 102	0,0	2,0	10,0	0,0	5,0	5,0	0,0	2,0	0,0	90	30	50,0
CE-RA 103	5,0	10,0	0,0	0,0	8,0	15,0	0,0	20,0	0,0	98	33	70,0

se nadaljuje

nadaljevanje

Številka vzorca	Povprečni letni pridelek (kg/leto) na vrtu									Poraba za domačo prehrano (%)	% zaužitih vrtnin posameznika	Telesna teža (kg)
	Rdeča pesa	Čebula	Bučke	Zelje	Endivja	Radič	Paradižnik	Korenček	Zg. krompir			
CE-RA 104	0,0	5,0	15,0	10,0	50,0	50,0	0,0	10,0	0,0	100	25	78,0
CE-RA 105	0,0	0,0	20,0	20,0	0,0	4,0	80,0	3,0	0,0	100	20	68,0
CE-RA 106	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	30,0	5,0	0,0	100	100	86,0
CE-RA 107	0,0	4,0	0,0	0,0	4,0	5,0	13,0	3,0	0,0	100	80	90,5
CE-RA 108	30,0	0,0	0,0	0,0	10,0	20,0	0,0	15,0	30,0	75	50	59,0
CE-RA 109	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	15,0	20,0	5,0	0,0	100	50	86,0
CE-RA 110	20,0	30,0	0,0	10,0	50,0	40,0	80,0	10,0	40,0	70	30	65,0
CE-RA 111	8,0	3,0	12,0	0,0	2,5	2,5	0,0	10,0	50,0	100	25	81,0
CE-RA 112	0,0	20,0	0,0	0,0	30,0	0,0	15,0	10,0	120,0	100	10	65,0
CE-RA 113	2,0	15,0	20,0	10,0	5,5	5,5	5,0	5,0	30,0	100	70	60,0
CE-RA 114	0,0	0,0	5,5	5,5	5,5	2,0	9,0	5,5	5,0	99,5	75	74,0
CE-RA 115	2,0	2,0	0,0	0,0	15,0	0,0	10,0	3,0	10,0	100	9	70,0
CE-RA 116	10,0	5,0	10,0	5,0	0,0	5,0	10,0	5,0	0,0	100	9	70,0
CE-RA 117	0,0	3,0	50,0	0,0	0,0	0,0	40,0	0,0	0,0	65	100	87,0
CE-RA 118	0,0	5,0	100,0	0,0	50,0	70,0	5,0	25,0	40,0	60	30	65,0
CE-RA 119	0,0	15,0	0,0	0,0	0,0	20,0	40,0	4,0	0,0	50	100	90,0
CE-RA 120	5,0	0,0	0,0	0,0	10,0	10,0	30,0	0,0	0,0	100	50	80,0
CE-RA 121	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	100	45	75,0
CE-RA 123	0,0	3,0	20,0	0,0	0,0	15,0	30,0	8,0	20,0	75	25	54,0

PRILOGA E

Deskriptivna statistika za povprečni letni pridelek (kg/leto) na vrtu glede na spol in kategorije onesnaženosti tal

Y vrtnina (kg/leto)	n	$\bar{X}$	Me	Min	Maks	Q ₁	Q ₃	P ₉₅	SE
VSI VRTOVI									
Rdeča pesa	75	6,01	2,00	0,00	60,00	0,00	10,00	20,00	1,14
	40	4,41	0,00	0,00	40,00	0,00	5,00	25,00	1,37
Čebula	75	9,82	5,50	0,00	40,00	2,50	15,00	30,00	1,15
	40	7,68	4,00	0,00	75,00	0,50	10,00	25,00	2,03
Bučka	75	8,77	0,00	0,00	100,00	0,00	10,00	40,00	2,11
	40	7,18	2,00	0,00	50,00	0,00	10,00	30,00	1,74
Zelje	75	5,81	0,00	0,00	130,00	0,00	5,00	30,00	1,91
	40	11,18	0,00	0,00	100,00	0,00	10,00	75,00	3,74
Endivija	75	13,91	10,00	0,00	80,00	5,00	20,00	50,00	1,75
	40	10,36	4,50	0,00	60,00	0,00	15,00	42,50	2,23
Radič	75	11,71	5,00	0,00	92,00	0,00	15,00	50,00	1,92
	40	11,15	5,00	0,00	59,00	0,00	15,00	50,00	2,40
Paradižnik	75	20,35	15,00	0,00	80,00	10,00	30,00	50,00	2,08
	40	25,61	20,00	0,00	200,00	10,00	30,00	65,00	5,17
Korenček	75	9,08	5,00	0,00	100,00	2,00	10,00	30,00	1,91
	40	4,78	3,00	0,00	20,00	0,00	8,50	17,50	0,84
Zg.krompir	75	18,20	5,00	0,00	150,00	0,00	25,00	100,00	3,51
	40	17,26	0,00	0,00	200,00	0,00	20,00	80,00	5,87
NEONESNAŽENA									
Rdeča pesa	6	8,83	9,00	0,00	20,00	0,00	15,00	20,00	3,27
	3	1,67	0,00	0,00	5,00	0,00	5,00	5,00	1,67
Čebula	6	7,50	4,00	0,00	30,00	2,00	5,00	30,00	4,56
	3	4,33	3,00	0,00	10,00	0,00	10,00	10,00	2,96
Bučka	6	6,08	8,25	0,00	10,00	0,00	10,00	10,00	2,00
	3	20,00	10,00	0,00	50,00	0,00	50,00	50,00	15,28
Zelje	6	1,67	0,00	0,00	5,00	0,00	5,00	5,00	1,05
	3	33,33	0,00	0,00	100,00	0,00	100,00	100,00	33,33
Endivija	6	12,50	7,50	0,00	40,00	5,00	15,00	40,00	5,88
	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Radič	6	3,67	3,50	0,00	10,00	0,00	5,00	10,00	1,56
	3	1,00	0,00	0,00	3,00	0,00	3,00	3,00	1,00
Paradižnik	6	8,75	8,75	0,00	25,00	0,00	10,00	25,00	3,75
	3	18,33	10,00	5,00	40,00	5,00	40,00	40,00	10,93
Korenček	6	3,17	2,50	0,00	7,00	2,00	5,00	7,00	1,01
	3	1,00	0,00	0,00	3,00	0,00	3,00	3,00	1,00
Zg.krompir	6	4,17	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	25,00	4,17
	3	33,33	0,00	0,00	100,00	0,00	100,00	100,00	33,33
MALO ONESNAŽENA									
Rdeča pesa	21	4,62	4,00	0,00	20,00	0,00	5,00	15,00	1,22
	11	7,91	5,00	0,00	35,00	0,00	15,00	35,00	3,19
Čebula	21	9,79	8,00	0,00	30,00	5,00	10,00	30,00	1,81
	11	6,27	4,00	0,00	30,00	0,00	10,00	30,00	2,60
Bučka	21	8,43	5,00	0,00	50,00	0,00	7,00	30,00	2,79
	11	6,77	4,50	0,00	30,00	0,00	12,00	30,00	2,78
Zelje	21	3,88	0,00	0,00	30,00	0,00	5,50	12,00	1,54
	11	14,27	0,00	0,00	100,00	0,00	10,00	100,00	9,29
Endivija	21	11,43	10,00	0,00	25,00	5,00	15,00	25,00	1,59
	11	15,77	5,00	0,00	60,00	2,50	35,00	60,00	6,58
Radič	21	9,05	5,00	0,00	30,00	4,00	10,00	30,00	1,91
	11	15,41	5,00	0,00	59,00	0,00	20,00	59,00	6,22
Paradižnik	21	15,52	10,00	3,00	50,00	6,00	20,00	30,00	2,59
	11	30,64	20,00	0,00	200,00	0,00	30,00	200,00	17,32
Korenček	21	4,95	5,00	0,00	10,00	3,00	6,00	10,00	0,61
	11	8,23	10,00	0,00	20,00	4,00	10,00	20,00	1,79
Zg.krompir	21	10,95	2,00	0,00	66,00	0,00	12,00	40,00	3,85
	11	10,91	0,00	0,00	50,00	0,00	20,00	50,00	4,99

se nadaljuje

nadaljevanje

Y _{vrtnina} (kg/leto)	n	X	Me	Min	Maks	Q ₁	Q ₃	P ₉₅	SE
ZMerno onesnažena									
Rdeča pesa	23	7,76	2,50	0,00	30,00	0,00	18,00	30,00	2,13
	10	7,45	5,00	0,00	40,00	0,00	6,50	40,00	3,76
Čebula	23	13,85	10,00	0,00	35,00	4,00	20,00	30,00	2,28
	10	14,20	8,50	2,00	75,00	3,00	15,00	75,00	6,94
Bučka	23	13,74	0,00	0,00	100,00	0,00	10,00	100,00	6,05
	10	4,15	0,00	0,00	20,00	0,00	5,00	20,00	2,15
Zelje	23	10,57	0,00	0,00	130,00	0,00	8,00	35,00	5,81
	10	4,80	0,00	0,00	20,00	0,00	10,00	20,00	2,19
Endivija	23	21,57	15,00	0,00	80,00	10,00	30,00	50,00	3,97
	10	12,30	9,00	0,00	30,00	3,00	27,00	30,00	3,80
Radič	23	13,63	10,00	0,00	70,00	3,00	20,00	40,00	3,50
	10	13,40	6,50	0,00	50,00	3,00	25,00	50,00	5,17
Paradižnik	23	25,93	20,00	0,00	80,00	10,00	30,00	80,00	5,18
	10	25,05	20,00	5,50	50,00	10,00	40,00	50,00	4,92
Korenček	23	14,77	10,00	0,00	100,00	3,00	15,00	40,00	4,39
	10	4,30	3,00	0,00	10,00	2,50	7,00	10,00	1,14
Zg.krompir	23	28,70	20,00	0,00	100,00	0,00	40,00	100,00	6,81
	10	14,50	5,00	0,00	60,00	0,00	25,00	60,00	6,60
Onesnažena									
Rdeča pesa	16	7,50	1,50	0,00	60,00	0,00	7,75	60,00	3,79
	9	0,56	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,56
Čebula	16	8,59	4,25	0,00	40,00	2,50	12,50	40,00	2,66
	9	5,89	4,00	0,00	20,00	0,00	6,00	20,00	2,35
Bučka	16	4,88	0,00	0,00	20,00	0,00	5,00	20,00	1,94
	9	5,44	0,00	0,00	25,00	0,00	8,00	25,00	2,78
Zelje	16	3,50	0,00	0,00	20,00	0,00	4,50	20,00	1,63
	9	8,89	0,00	0,00	50,00	0,00	8,00	50,00	5,70
Endivija	16	12,53	5,25	0,00	55,00	1,50	15,00	55,00	4,23
	9	8,78	10,00	0,00	20,00	0,00	15,00	20,00	2,63
Radič	16	16,53	7,75	0,00	92,00	0,00	20,00	92,00	6,23
	9	11,17	8,00	0,00	40,00	2,50	15,00	40,00	4,25
Paradižnik	16	25,00	20,00	0,00	50,00	14,00	35,00	50,00	3,97
	9	19,89	18,00	10,00	50,00	13,00	20,00	50,00	4,06
Korenček	16	11,03	5,00	0,00	100,00	2,00	9,00	100,00	6,01
	9	3,28	3,00	0,00	10,00	0,00	5,00	10,00	1,12
Zg.krompir	16	27,50	15,00	0,00	150,00	0,00	27,50	150,00	11,03
	9	31,72	0,00	0,00	200,00	0,00	20,00	200,00	22,04

se nadaljuje

nadaljevanje

Y _{vrtnina} (kg/leto)	n	$\bar{X}$	Me	Min	Maks	Q ₁	Q ₃	P ₉₅	SE
ZELO ONESNAŽENA									
Rdeča pesa	4	0,50	0,00	0,00	2,00	0,00	1,00	2,00	0,50
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Čebula	4	2,50	2,50	0,00	5,00	1,00	4,00	5,00	1,04
	4	6,50	3,00	0,00	20,00	0,50	12,50	20,00	4,63
Bučka	4	5,00	0,00	0,00	20,00	0,00	10,00	20,00	5,00
	4	15,00	15,00	0,00	30,00	5,00	25,00	30,00	6,45
Zelje	4	5,00	0,00	0,00	20,00	0,00	10,00	20,00	5,00
	4	15,00	15,00	0,00	30,00	5,00	25,00	30,00	6,45
Endivija	4	6,75	5,00	2,00	15,00	3,50	10,00	15,00	2,84
	4	5,00	0,00	0,00	20,00	0,00	10,00	20,00	5,00
Radič	4	0,75	0,00	0,00	3,00	0,00	1,50	3,00	0,75
	4	4,75	2,00	0,00	15,00	0,00	9,50	15,00	3,54
Paradižnik	4	12,50	10,00	10,00	20,00	10,00	15,00	20,00	2,50
	4	40,25	30,50	20,00	80,00	25,00	55,50	80,00	13,48
Korenček	4	2,75	3,00	0,00	5,00	1,00	4,50	5,00	1,11
	4	5,75	1,50	0,00	20,00	0,00	11,50	20,00	4,80
Zg.krompir	4	2,50	0,00	0,00	10,00	0,00	5,00	10,00	2,50
	4	10,00	0,00	0,00	40,00	0,00	20,00	40,00	10,00
KRITIČNO ONESNAŽENA									
Rdeča pesa	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	3	1,67	0,00	0,00	5,00	0,00	5,00	5,00	1,67
Čebula	5	4,00	0,00	0,00	15,00	0,00	5,00	15,00	2,92
	3	1,33	0,00	0,00	4,00	0,00	4,00	4,00	1,33
Bučka	5	6,00	0,00	0,00	30,00	0,00	0,00	30,00	6,00
	3	0,67	0,00	0,00	2,00	0,00	2,00	2,00	0,67
Zelje	5	5,00	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	25,00	5,00
	3	0,67	0,00	0,00	2,00	0,00	2,00	2,00	0,67
Endivija	5	0,90	0,00	0,00	4,50	0,00	0,00	4,50	0,90
	3	6,33	5,00	4,00	10,00	4,00	10,00	10,00	1,86
Radič	5	17,00	15,00	0,00	50,00	0,00	20,00	50,00	9,17
	3	6,67	10,00	0,00	10,00	0,00	10,00	10,00	3,33
Paradižnik	5	20,20	20,00	4,00	40,00	15,00	22,00	40,00	5,85
	3	14,00	10,00	2,00	30,00	2,00	30,00	30,00	8,33
Korenček	5	6,20	4,00	0,00	15,00	2,00	10,00	15,00	2,76
	3	0,67	0,00	0,00	2,00	0,00	2,00	2,00	0,67
Zg.krompir	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Rožnati zapis se nanša na žensko, moder na moškega

PRILOGA F
Rezultati analiz vzorcev tal (n=141)

Št. vzorca	pH- vrednost (v CaCl ₂)	Org. snov (%)	Glina (%)	Tekst. Razred	Vsebnost Cd (mg/kg s.s)	Vsebnost Cu (mg/kg s.s)	Vsebnost Mn (mg/kg s.s)	Vsebnost Pb (mg/kg s.s)	Vsebnost Zn (mg/kg s.s)
CE-RA 1	6,6	8,6	27,9	GI	7,2	79,5	861	137,8	841
CE-RA 2	7,0	7,4	23,3	MI	7,2	47,8	841	140,7	837
CE-RA 3	6,9	5,2	19,2	MI	8,7	53,3	498	284,9	1830
CE-RA 4	7,1	4,0	21,1	MI	1,2	25,2	543	53,7	206
CE-RA 5	6,6	8,0	14,6	MI	7,3	58,9	666	159,3	1069
CE-RA 6	6,9	7,3	15,4	MI	2,6	69,7	708	83,3	365
CE-RA 7	6,7	4,7	15,9	I	2,6	61,8	586	106,9	523
CE-RA 8	6,9	8,0	25,5	I	5,4	75,8	924	260,7	1113
CE-RA 9	6,9	5,9	17,7	MI	3,5	49,7	773	158,8	721
CE-RA 10	6,7	7,6	20,5	I	6,3	72,6	806	313,8	1327
CE-RA 11	6,9	8,4	21,6	MI	5,5	58,8	913	125,5	753
CE-RA 12	6,4	6,7	11,9	I	26,1	61,3	663	372,9	2512
CE-RA 13	6,8	6,7	16,4	MI	7,6	45,2	468	216,0	1036
CE-RA 14	6,8	7,1	14,3	MI	8,9	62,4	478	167,5	1004
CE-RA 15	6,7	8,2	13,0	MI	8,3	62,1	443	138,3	977
CE-RA 16	6,9	8,0	13,1	I	9,1	81,5	643	473,1	2237
CE-RA 17	6,8	8,0	20,7	MI	1,9	29,3	845	119,0	301
CE-RA 18	7,0	7,6	26,1	MI	1,1	30,6	777	39,8	181
CE-RA 19	6,8	7,1	16,3	MI	1,8	45,9	762	120,3	486
CE-RA 20	7,0	4,3	21,6	I	2,7	38,6	623	113,8	547
CE-RA 21	6,8	5,4	18,8	MI	6,8	70,1	966	564,8	1752
CE-RA 22	6,7	5,5	17,6	I	4,4	53,4	989	105,5	491
CE-RA 23	6,8	7,9	20,4	MI	9,5	115,1	772	358,4	2084
CE-RA 24	6,9	9,7	22,6	MI	1,6	39,0	774	71,7	304
CE-RA 25	6,7	3,4	19,3	I	1,0	48,0	800	46,1	196
CE-RA 26	6,6	7,3	10,7	MI	2,3	31,0	696	70,1	382
CE-RA 27	6,9	6,1	14,9	I	5,3	78,2	635	144,9	807
CE-RA 28	7,5	5,4	23,2	MI	1,4	47,7	693	69,1	266
CE-RA 29	6,8	6,1	15,7	MI	2,3	35,9	766	57,1	321
CE-RA 30	7,1	3,4	24,5	MI	1,4	26,9	395	45,3	186
CE-RA 31	6,9	8,1	24,6	MI	3,4	49,9	568	122,2	591
CE-RA 32	6,6	6,1	19,4	MI	2,3	40,2	645	64,1	219
CE-RA 33	6,6	10,1	12,5	MI	20,3	67,4	499	290,9	2266
CE-RA 34	6,5	6,4	15,5	MI	6,3	53,6	629	121,3	615
CE-RA 35	7,1	4,6	30,6	MGI	1,1	49,0	849	43,4	177
CE-RA 36	6,8	7,2	15,4	MI	1,8	37,4	614	288,2	751
CE-RA 37	6,6	6,2	14,7	MI	2,2	57,3	630	113,9	759
CE-RA 38	6,5	5,9	20,9	MI	5,1	45,0	585	469,5	1683
CE-RA 39	6,8	8,2	15,6	MI	2,7	68,1	538	173,4	838
CE-RA 40	6,9	5,8	20,8	MI	1,3	20,3	337	72,1	198
CE-RA 41	6,7	13,8	17,7	MI	2,2	45,8	499	81,8	424
CE-RA 42	6,6	8,7	14,6	I	2,8	44,8	1897	47,2	205
CE-RA 43	7,1	7,1	16,6	I	2,4	48,4	766	136,9	601

se nadaljuje

nadaljevanje

Št. vzorca	pH- vrednost (v CaCl ₂)	Org. snov (%)	Glina (%)	Tekst. Razred	Vsebnost Cd (mg/kg s.s)	Vsebnost Cu (mg/kg s.s)	Vsebnost Mn (mg/kg s.s)	Vsebnost Pb (mg/kg s.s)	Vsebnost Zn (mg/kg s.s)
CE-RA 44	6,5	6,5	13,9	MI	2,0	32,5	1109	60,6	332
CE-RA 45	7,0	3,7	21,2	MI	0,7	16,6	514	26,1	126
CE-RA 46	6,9	7,4	17,5	MI	9,3	47,8	552	248,2	1368
CE-RA 47	6,8	8,4	17,3	I	3,1	37,8	1207	62,1	282
CE-RA 48	7,3	3,3	24,8	MI	0,6	37,0	554	25,6	140
CE-RA 49	7,0	5,0	27,8	GI	5,6	30,7	484	86,5	483
CE-RA 50	6,9	6,7	17,4	MI	2,0	46,3	875	194,6	527
CE-RA 51	6,8	4,4	19,4	MI	1,3	37,6	575	50,2	241
CE-RA 52	6,7	8,9	13,1	MI	1,4	35,2	591	83,5	416
CE-RA 53	7,2	4,4	18,6	MI	1,5	34,9	542	65,0	289
CE-RA 54	6,6	6,6	17,5	MI	4,5	36,4	1074	171,9	572
CE-RA 55	6,9	6,1	12,9	I	4,3	33,7	625	142,7	617
CE-RA 56	6,9	6,6	17,5	I	6,3	81,2	765	348,4	1308
CE-RA 57	6,5	3,4	14,2	I	11,3	40,5	610	141,5	1012
CE-RA 58	6,6	7,3	15,7	MI	12,4	48,8	496	186,4	1052
CE-RA 59	6,8	4,2	16,8	PI	0,6	15,4	560	28,7	109
CE-RA 60	7,3	5,4	35,9	MI	0,5	39,8	1664	23,3	116
CE-RA 61	6,9	6,3	22,5	MI	3,0	60,8	2608	48,7	269
CE-RA 62	7,1	5,6	36,2	MGI	1,3	59,8	1994	43,2	199
CE-RA 63	7,0	7,7	13,4	I	1,2	35,6	1200	42,4	201
CE-RA 64	7,2	6,7	16,8	MI	7,4	125,2	1404	405,3	1747
CE-RA 65	6,8	6,4	15,3	MI	3,8	45,4	599	137,8	831
CE-RA 66	6,9	8,3	14,6	MI	4,0	50,8	615	137,8	772
CE-RA 67	7,0	6,4	13,2	MI	2,5	41,6	555	109,0	494
CE-RA 68	7,0	9,4	8,5	MI	1,9	35,9	954	66,5	301
CE-RA 69	7,0	5,9	14,8	MI	1,3	29,9	674	57,4	207
CE-RA 70	6,9	6,9	9,7	MI	1,2	30,2	1200	73,9	288
CE-RA 71	6,9	6,7	15,3	I	1,2	31,6	495	47,2	176
CE-RA 72	7,0	5,5	9,3	I	1,5	47,4	456	87,9	351
CE-RA 73	7,1	4,5	7,9	PI	2,0	26,1	598	57,0	253
CE-RA 74	6,9	8,0	13,8	MI	15,1	75,1	755	813,1	2848
CE-RA 75	6,7	6,5	14,3	I	2,0	44,0	400	69,7	244
CE-RA 76	6,5	6,4	9,4	I	2,7	50,4	646	200,3	794
CE-RA 77	6,8	4,8	21,7	MI	4,3	62,1	709	207,3	843
CE-RA 78	6,8	7,3	15,8	MI	12,2	77,4	918	446,1	1933
CE-RA 79	6,7	5,6	12,7	MI	4,0	34,9	834	504,0	1473
CE-RA 80	6,7	9,2	14,1	MI	1,1	40,2	462	50,1	219
CE-RA 81	6,2	5,0	21,4	MI	0,6	17,1	699	33,4	74
CE-RA 82	6,9	2,9	19,1	I	2,3	26,1	884	191,1	593
CE-RA 83	7,0	8,2	16,3	I	2,0	62,0	882	71,9	362
CE-RA 84	7,1	5,4	14,7	MI	2,0	26,4	854	95,6	313
CE-RA 85	6,9	7,1	14,4	MI	2,9	32,9	401	141,5	507
CE-RA 86	7,2	5,5	20,4	MI	1,6	26,9	962	130,4	304
CE-RA 87	6,7	6,0	17,6	MI	1,1	17,5	522	41,4	178
CE-RA 88	6,9	7,4	11,3	I	2,5	60,6	580	117,2	463
CE-RA 89	7,1	3,7	20,1	MI	3,0	24,6	517	89,0	431
CE-RA 90	6,7	5,1	14,0	MI	1,2	28,3	501	79,0	229

se nadaljuje

nadaljevanje

Št. vzorca	pH- vrednost (v CaCl ₂)	Org. snov (%)	Glina (%)	Tekst. Razred	Vsebnost Cd (mg/kg s.s)	Vsebnost Cu (mg/kg s.s)	Vsebnost Mn (mg/kg s.s)	Vsebnost Pb (mg/kg s.s)	Vsebnost Zn (mg/kg s.s)
CE-RA 91	6,9	5,7	15,2	MI	1,6	34,9	377	117,8	412
CE-RA 92	7,0	4,6	16,4	I	2,0	34,4	1165	139,0	446
CE-RA 93	6,0	2,5	12,4	PI	0,6	11,3	574	24,0	75
CE-RA 94	7,1	6,7	10,4	MI	0,5	22,1	923	31,0	117
CE-RA 95	6,9	4,4	25,6	MI	2,0	40,8	2543	41,8	268
CE-RA 96	6,9	8,3	26,9	MI	1,7	37,2	915	64,2	258
CE-RA 97	7,0	5,6	33,9	MGI	1,9	45,8	1163	130,3	588
CE-RA 98	6,5	7,3	16,4	I	3,4	34,0	620	77,7	338
CE-RA 99	7,0	8,6	14,1	MI	1,2	23,1	546	42,9	182
CE-RA 100	6,9	8,8	9,6	MI	3,0	32,4	414	118,8	529
CE-RA 101	6,7	4,9	11,8	MI	1,4	22,9	492	166,8	551
CE-RA 102	7,0	5,4	13,6	MI	0,8	22,1	275	87,6	227
CE-RA 103	6,9	4,9	12,5	MI	2,4	29,0	520	158,3	613
CE-RA 104	6,7	6,2	12,8	MI	1,9	36,7	621	86,0	338
CE-RA 105	6,8	7,9	23,2	I	6,2	53,3	810	118,3	762
CE-RA 106	7,2	3,7	17,8	I	1,6	19,7	762	76,2	269
CE-RA 107	6,8	8,5	8,5	MI	5,4	39,7	766	96,5	563
CE-RA 108	6,4	6,8	14,1	MI	3,7	39,3	707	60,5	272
CE-RA 109	6,9	5,3	11,5	MI	5,6	39,0	646	402,5	887
CE-RA 110	7,3	6,1	16,7	I	3,7	52,6	1233	75,5	416
CE-RA 111	6,4	4,0	21,0	I	1,2	43,1	352	66,4	163
CE-RA 112	6,9	4,7	21,6	MI	6,0	68,7	573	260,9	1469
CE-RA 113	7,0	5,3	17,9	MI	5,0	55,1	667	88,0	489
CE-RA 114	7,1	6,4	19,3	MI	1,2	21,4	534	71,7	257
CE-RA 115	6,8	10,1	15,7	MI	3,5	84,5	489	114,0	1196
CE-RA 116	6,7	5,8	18,1	I	0,4	11,7	356	22,9	70
CE-RA 117	7,0	4,3	10,5	PI	0,6	18,3	794	39,0	142
CE-RA 118	6,9	7,2	16,7	MI	3,0	21,3	571	66,0	346
CE-RA 119	6,7	6,6	18,7	I	43,0	104,6	669	975,7	5898
CE-RA 120	6,6	6,2	19,1	MI	18,3	76,5	796	413,8	2561
CE-RA 121	6,7	11,2	13,5	I	28,7	178,9	1164	602,7	3932
CE-RA 122	7,3	1,3	38,9	MGI	0,2	20,4	318	18,0	69
CE-RA 123	6,6	8,7	13,9	MI	4,9	78,9	827	179,9	904
Dodatni vzorec									
CE-RA 118	7,0	6,5	17,9	MI	2,1	17,1	443	63,5	302
CE-RA 7	7,0	5,0	23,7	MI	1,0	31,3	933	76,1	310
CE-RA 101	6,9	6,1	13,5	MI	1,5	26,3	550	142,6	519
CE-RA 98	6,2	5,3	21,0	I	3,0	36,7	597	79,2	279
CE-RA 43	7,2	5,8	12,2	MI	2,0	59,0	868	171,4	702
CE-RA 54	6,6	7,1	17,3	MI	4,3	39,5	1014	156,4	586
CE-RA 48	6,7	7,6	16,6	MI	7,4	57,3	626	165,3	1001
CE-RA 46	7,0	4,8	20,4	MI	1,9	31,0	536	86,8	371
CE-RA 2	7,1	6,5	31,9	MGI	9,4	50,9	898	181,4	1138
CE-RA 12	6,6	5,1	16,3	I	14,7	51,9	649	529,4	2197
CE-RA 76	6,4	6,9	10,3	I	3,8	66,2	764	372,2	1314
CE-RA 105	6,6	10,9	15,1	I	9,2	73,5	820	195,3	1078
CE-RA 73	7,0	3,2	12,2	PI	1,4	27,0	592	48,8	224
CE-RA 76C	6,4	7,3	14,8	I	5,5	66,0	650	546,9	1771
CE-RA 14	6,7	7,2	17,3	I	6,6	92,2	444	148,7	875
CE-RA 16	6,9	9,2	19,6	I	10,4	85,9	765	469,5	2475
CE-RA 25	6,7	3,2	21,3	I	1,1	48,3	824	47,6	205
CE-RA 65	6,8	6,9	18,5	MI	4,5	58,7	649	189,2	1045

PRILOGA G

Vsebnost kadmija v vzorcih vrtnin z vrto, izraženo na suho in svežo snov, z mejno vrednostjo glede na Uredbo (2006). Z rdečo so označene vrednosti, ki so presegle mejno vrednost

Št. vzorca	Vsebnost Cd (mg/kg s. s.)	Vsebnost Cd (mg/kg sv. s.)	Mejna vrednost (mg/kg sv. s.)
Rdeča pesa			
CE-RA 11	0,94	0,112	0,1
CE-RA 26	0,77	0,092	
CE-RA 29	0,65	0,077	
CE-RA 32	0,62	0,074	
CE-RA 38	1,72	0,205	
CE-RA 48	0,36	0,043	
CE-RA 50	0,72	0,086	
CE-RA 59	0,24	0,029	
CE-RA 63	0,17	0,020	
CE-RA 72	0,35	0,042	
CE-RA 82	0,70	0,083	
CE-RA 88	1,10	0,131	
CE-RA 89	0,57	0,068	
CE-RA 90	0,39	0,046	
CE-RA 91	0,42	0,050	
CE-RA 95	0,37	0,044	
CE-RA 101	0,32	0,038	
CE-RA 110	0,92	0,109	
CE-RA 115	0,83	0,099	
CE-RA 116	0,43	0,051	
Čebula			
CE-RA 1	0,43	0,046	0,05
CE-RA 4	0,12	0,013	
CE-RA 6	0,14	0,015	
CE-RA 11	0,29	0,031	
CE-RA 14	0,45	0,048	
CE-RA 19	0,27	0,029	
CE-RA 26	0,21	0,022	
CE-RA 32	0,14	0,015	
CE-RA 34	0,42	0,045	
CE-RA 38	0,48	0,051	
CE-RA 41	0,14	0,015	
CE-RA 42	0,16	0,017	
CE-RA 48	0,06	0,006	
CE-RA 50	0,14	0,015	
CE-RA 59	0,10	0,011	
CE-RA 63	0,03	0,003	
CE-RA 69	0,13	0,014	
CE-RA 72	0,13	0,014	
CE-RA 73	0,21	0,022	
CE-RA 75	0,40	0,043	
CE-RA 78	0,72	0,077	
CE-RA 83	0,14	0,015	
CE-RA 85	0,22	0,024	
CE-RA 86	0,08	0,009	
CE-RA 88	0,11	0,012	
CE-RA 90	0,21	0,022	
CE-RA 91	0,11	0,012	
CE-RA 94	0,10	0,011	
CE-RA 97	0,10	0,011	
CE-RA 98	0,48	0,051	
CE-RA 100	0,22	0,024	
CE-RA 101	0,20	0,021	
CE-RA 107	0,35	0,037	
CE-RA 110	0,14	0,015	
CE-RA 112	0,32	0,034	
CE-RA 119	2,27	0,243	

se nadaljuje

nadaljevanje

Št. vzorca	Vsebnost Cd (mg/kg s. s.)	Vsebnost Cd (mg/kg sv. s.)	Mejna vrednost (mg/kg sv. s.)
Bučke			
CE-RA 1	0,10	0,008	0,05
CE-RA 6	0,05	0,004	
CE-RA 19	0,05	0,004	
CE-RA 22	0,14	0,011	
CE-RA 26	0,05	0,004	
CE-RA 34	0,27	0,020	
CE-RA 38	0,06	0,005	
CE-RA 41	0,11	0,008	
CE-RA 50	0,02	0,002	
CE-RA 63	0,02	0,002	
CE-RA 78	0,09	0,007	
CE-RA 83	0,06	0,005	
CE-RA 89	0,04	0,003	
CE-RA 97	0,005	0,0004	
CE-RA 98	0,05	0,004	
CE-RA 101	0,07	0,005	
CE-RA 104	0,13	0,010	
CE-RA 105	0,10	0,008	
CE-RA 114	0,07	0,005	
CE-RA 116	0,07	0,005	
CE-RA 118	0,10	0,008	
CE-RA 118 B	0,03	0,002	
CE-RA 123	0,05	0,004	
Zelje			
CE-RA 4	0,22	0,020	0,2
CE-RA 6	0,17	0,015	
CE-RA 11	0,19	0,017	
CE-RA 23	0,34	0,030	
CE-RA 34	0,25	0,022	
CE-RA 48	0,13	0,012	
CE-RA 49	0,33	0,029	
CE-RA 50	0,06	0,005	
CE-RA 63	0,02	0,002	
CE-RA 86	0,05	0,004	
CE-RA 91	0,18	0,016	
CE-RA 95	0,05	0,004	
CE-RA 101	0,10	0,009	
CE-RA 105	0,11	0,010	
CE-RA 110	0,11	0,010	
CE-RA 114	0,16	0,014	

se nadaljuje

nadaljevanje

Št. vzorca	Vsebnost Cd (mg/kg s. s.)	Vsebnost Cd (mg/kg sv. s.)	Mejna vrednost (mg/kg sv. s.)
Endivija			
CE-RA 1	2,08	0,127	0,2
CE-RA 6	0,66	0,040	
CE-RA 11	1,21	0,074	
CE-RA 12	13,89	0,847	
CE-RA 22	1,57	0,096	
CE-RA 32	3,16	0,193	
CE-RA 34	2,82	0,172	
CE-RA 38	3,37	0,206	
CE-RA 48	1,51	0,092	
CE-RA 59	0,34	0,021	
CE-RA 69	0,37	0,023	
CE-RA 72	0,86	0,052	
CE-RA 73	1,26	0,077	
CE-RA 75	2,41	0,147	
CE-RA 80	0,53	0,032	
CE-RA 82	2,64	0,161	
CE-RA 83	0,38	0,023	
CE-RA 85	3,02	0,184	
CE-RA 90	0,54	0,033	
CE-RA 91	1,08	0,066	
CE-RA 94	0,41	0,025	
CE-RA 95	0,21	0,013	
CE-RA 100	1,39	0,085	
CE-RA 101	0,34	0,021	
CE-RA 114	0,61	0,037	
CE-RA 115	0,93	0,057	
Radič			
CE-RA 4	0,68	0,035	0,2
CE-RA 14	2,59	0,135	
CE-RA 16	2,92	0,152	
CE-RA 19	0,56	0,029	
CE-RA 27	2,34	0,122	
CE-RA 29	1,33	0,069	
CE-RA 35	0,42	0,022	
CE-RA 41	1,81	0,094	
CE-RA 42	0,56	0,029	
CE-RA 49	3,33	0,173	
CE-RA 50	0,65	0,034	
CE-RA 52	1,05	0,055	
CE-RA 63	0,20	0,010	
CE-RA 74	4,23	0,220	
CE-RA 78	6,99	0,363	
CE-RA 84	0,78	0,041	
CE-RA 86	0,94	0,049	
CE-RA 88	1,18	0,061	
CE-RA 89	2,95	0,153	
CE-RA 97	1,29	0,067	
CE-RA 98	3,19	0,166	
CE-RA 104	0,75	0,039	
CE-RA 105	0,76	0,040	
CE-RA 107	2,84	0,148	
CE-RA 110	0,64	0,033	
CE-RA 112	2,34	0,122	
CE-RA 118	0,92	0,048	
CE-RA 118 B	0,96	0,050	
CE-RA 119	24,54	1,276	
CE-RA 123	0,34	0,018	

se nadaljuje

nadaljevanje

Št. vzorca	Vsebnost Cd (mg/kg s. s.)	Vsebnost Cd (mg/kg sv. s.)	Mejna vrednost (mg/kg sv. s.)
Paradižnik			
CE-RA 1	0,24	0,014	
CE-RA 4	0,48	0,029	
CE-RA 6	0,14	0,008	
CE-RA 11	0,68	0,041	
CE-RA 12	0,40	0,024	
CE-RA 14	0,50	0,030	
CE-RA 19	0,22	0,013	
CE-RA 22	0,41	0,025	
CE-RA 27	0,35	0,021	
CE-RA 29	0,42	0,025	
CE-RA 32	0,30	0,018	
CE-RA 34	0,74	0,044	
CE-RA 35	0,16	0,010	
CE-RA 38	0,41	0,025	
CE-RA 41	0,44	0,026	
CE-RA 42	0,16	0,010	
CE-RA 48	0,52	0,031	
CE-RA 50	0,35	0,021	
CE-RA 52	0,23	0,014	
CE-RA 59	0,11	0,007	
CE-RA 63	0,14	0,008	
CE-RA 69	0,31	0,019	
CE-RA 72	0,15	0,009	
CE-RA 73	0,48	0,029	
CE-RA 74	0,58	0,035	
CE-RA 75	0,29	0,017	
CE-RA 78	0,60	0,036	0,05
CE-RA 80	0,11	0,007	
CE-RA 82	0,39	0,023	
CE-RA 83	0,16	0,010	
CE-RA 84	0,25	0,015	
CE-RA 85	0,55	0,033	
CE-RA 86	0,29	0,017	
CE-RA 88	0,35	0,021	
CE-RA 89	0,35	0,021	
CE-RA 91	0,34	0,020	
CE-RA 94	0,10	0,006	
CE-RA 95	0,21	0,013	
CE-RA 97	0,10	0,006	
CE-RA 98	0,35	0,021	
CE-RA 100	0,53	0,032	
CE-RA 101	0,16	0,010	
CE-RA 105	0,76	0,046	
CE-RA 107	0,50	0,030	
CE-RA 110	0,14	0,008	
CE-RA 112	0,67	0,040	
CE-RA 114	0,46	0,028	
CE-RA 115	0,23	0,014	
CE-RA 116	0,37	0,022	
CE-RA 118	0,55	0,033	
CE-RA 119	1,34	0,080	
CE-RA 121	0,47	0,028	

se nadaljuje

nadaljevanje

Št. vzorca	Vsebnost Cd (mg/kg s. s.)	Vsebnost Cd (mg/kg sv. s.)	Mejna vrednost (mg/kg sv. s.)
Korenček			
CE-RA 1	1,58	0,167	
CE-RA 6	0,37	0,039	
CE-RA 11	0,69	0,073	
CE-RA 12	2,83	0,300	
CE-RA 14	3,18	0,337	
CE-RA 16	1,80	0,191	
CE-RA 19	0,87	0,092	
CE-RA 23	2,36	0,250	
CE-RA 26	0,70	0,074	
CE-RA 27	2,25	0,239	
CE-RA 29	0,68	0,072	
CE-RA 32	0,82	0,087	
CE-RA 34	0,92	0,098	
CE-RA 35	0,38	0,040	
CE-RA 38	1,48	0,157	
CE-RA 41	1,15	0,122	
CE-RA 48	0,51	0,054	
CE-RA 49	2,81	0,298	
CE-RA 50	0,48	0,051	
CE-RA 52	1,11	0,118	
CE-RA 59	0,43	0,046	
CE-RA 63	0,21	0,022	
CE-RA 69	0,60	0,064	
CE-RA 72	0,40	0,042	
CE-RA 73	1,78	0,189	
CE-RA 74	1,64	0,174	
CE-RA 75	1,80	0,191	
CE-RA 78	2,74	0,290	0,1
CE-RA 80	0,47	0,050	
CE-RA 82	1,09	0,116	
CE-RA 83	0,62	0,066	
CE-RA 84	0,40	0,042	
CE-RA 85	0,58	0,061	
CE-RA 86	0,50	0,053	
CE-RA 88	0,72	0,076	
CE-RA 89	1,34	0,142	
CE-RA 90	0,62	0,066	
CE-RA 91	0,67	0,071	
CE-RA 94	0,22	0,023	
CE-RA 95	0,30	0,032	
CE-RA 97	0,85	0,090	
CE-RA 98	2,83	0,300	
CE-RA 100	2,63	0,279	
CE-RA 104	0,85	0,090	
CE-RA 107	1,56	0,165	
CE-RA 110	0,96	0,102	
CE-RA 112	2,04	0,216	
CE-RA 114	0,44	0,047	
CE-RA 115	1,05	0,111	
CE-RA 116	0,54	0,057	
CE-RA 118	1,91	0,202	
CE-RA 118 B	1,22	0,129	
CE-RA 119	8,06	0,854	
CE-RA 121	1,82	0,193	
CE-RA 123	1,07	0,113	

se nadaljuje

nadaljevanje

Št. vzorca	Vsebnost Cd (mg/kg s. s.)	Vsebnost Cd (mg/kg sv. s.)	Mejna vrednost (mg/kg sv. s.)
Zgodnji krompir			
CE-RA 1	0,25	0,055	0,1
CE-RA 4	0,23	0,051	
CE-RA 6	0,09	0,020	
CE-RA 11	0,41	0,090	
CE-RA 12	0,76	0,167	
CE-RA 14	0,42	0,092	
CE-RA 22	0,22	0,048	
CE-RA 26	0,20	0,044	
CE-RA 29	0,20	0,044	
CE-RA 32	0,17	0,037	
CE-RA 34	0,35	0,077	
CE-RA 38	0,40	0,088	
CE-RA 41	0,18	0,040	
CE-RA 50	0,09	0,020	
CE-RA 52	0,13	0,029	
CE-RA 59	0,10	0,022	
CE-RA 72	0,14	0,031	
CE-RA 80	0,14	0,031	
CE-RA 84	0,25	0,055	
CE-RA 85	0,22	0,048	
CE-RA 88	0,20	0,044	
CE-RA 90	0,11	0,024	
CE-RA 91	0,28	0,062	
CE-RA 101	0,18	0,040	
CE-RA 110	0,26	0,057	
CE-RA 114	0,18	0,040	
CE-RA 115	0,34	0,075	
CE-RA 118	0,32	0,070	
CE-RA 123	0,28	0,062	

PRILOGA H

Vsebnost kadmija v kupljenih vrtninah, izraženo na suho (mg/kg s. s.) in svežo snov
(mg/kg sv. s.)

Vrtnina	Vsebnost Cd (mg/kg s.s.)	Vsebnost Cd (mg/kg sv .s.)
Endivija	0,41	0,0250
Radič	0,42	0,0218
Bučke	0,15	0,0113
Paradižnik	0,34	0,0204
Čebula	0,27	0,0289
Korenček	1,48	0,1569
BIOparadižnik	0,05	0,0030
Endivija	0,23	0,0140
Radič	23,13	1,2028
Bučke	0,10	0,0075
Paradižnik	0,17	0,0102
Čebula	0,09	0,0096
Korenček	0,39	0,0413
Endivija	0,34	0,0207
Bučke	0,02	0,0015
Paradižnik	0,01	0,0006
Čebula	0,14	0,0150
Korenček	0,08	0,0085
Radič	0,29	0,0151
Paradižnik	0,09	0,0054
Čebula	0,07	0,0075
Korenček	0,29	0,0307
Endivija	0,20	0,0122
Bučke	0,02	0,0015
Paradižnik	0,11	0,0066
Čebula	0,04	0,0043
Korenček	0,16	0,0170
Endivija	0,16	0,0098
Paradižnik	0,43	0,0258
Čebula	0,06	0,0064
Korenček	0,03	0,0032
Endivija	0,34	0,0207
Bučke	0,04	0,0030
Paradižnik	<0,01	0,0003
Čebula	0,06	0,0064
Korenček	0,14	0,0148
BIOkorenček	0,04	0,0042
Paradižnik	0,11	0,0066

se nadaljuje

nadaljevanje

Vrtnina	Vsebnost Cd (mg/kg s.s.)	Vsebnost Cd (mg/kg sv .s.)
Čebula	0,08	0,0086
Korenček	0,03	0,0032
Endivija	0,30	0,0183
Bučke	0,02	0,0015
Paradižnik	<0,01	0,0003
Čebula	0,03	0,0032
Korenček	0,03	0,0032
Endivija	0,62	0,0378
Bučke	0,02	0,0015
Paradižnik	0,20	0,0120
Čebula	0,07	0,0075
Korenček	0,08	0,0085
Endivija	0,30	0,0183
Bučke	0,03	0,0023
Paradižnik	0,18	0,0108
Čebula	0,28	0,0300
Korenček	0,06	0,0064
Radič	0,08	0,0042
Paradižnik	0,06	0,0036
Čebula	0,08	0,0086
Korenček	0,05	0,0053
BIOparadižnik	0,01	0,0006
Radič	0,33	0,0172
Paradižnik	0,06	0,0036
Čebula	0,04	0,0043
Korenček	0,30	0,0318
Radič	0,21	0,0109
Bučke	0,06	0,0045
Paradižnik	0,11	0,0066
Čebula	0,03	0,0032
Korenček	0,04	0,0042
Radič	0,09	0,0047
Bučke	0,08	0,0060
Paradižnik	0,10	0,0060
Čebula	0,04	0,0043
Korenček	0,02	0,0021
Endivija	0,27	0,0165
Bučke	0,02	0,0015
Paradižnik	<0,01	0,0003
Čebula	0,05	0,0054
BIOkorenček	0,05	0,0053
BIOparadižnik	0,03	0,0018

se nadaljuje

nadaljevanje

Vrtnina	Vsebnost Cd (mg/kg s.s.)	Vsebnost Cd (mg/kg sv .s.)
Endivija	0,17	0,0104
Bučke	0,05	0,0038
Paradižnik	0,10	0,0060
Čebula	0,06	0,0064
Korenček	0,17	0,0180
Radič	0,11	0,0057
Bučke	0,02	0,0015
Paradižnik	0,39	0,0234
Čebula	0,32	0,0342
Korenček	0,06	0,0064
Radič	0,09	0,0047
Bučke	0,01	0,0008
Paradižnik	0,18	0,0108
Čebula	0,10	0,0107
Korenček	0,04	0,0042
Radič	0,15	0,0078
Bučke	0,04	0,0030
Paradižnik	0,10	0,0060
Čebula	0,04	0,0043
Korenček	0,06	0,0064

PRILOGA I

Analiza regresijskih modelov

PARADIŽNIK

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	1.981e-02	3.061e-03	6.474	5.62e-08	***
Cd_tla	2.127e-03	4.172e-04	5.099	6.30e-06	***
Mn_tla	-7.753e-06	3.231e-06	-2.400	0.0205	*

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.008493 on 46 degrees of freedom
(12 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared: 0.4078, Adjusted R-squared: 0.3821
F-statistic: 15.84 on 2 and 46 DF, p-value: 5.843e-06

ZELJE

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	0.0065989	0.0027099	2.435	0.02886	*
Cd_tla	0.0021886	0.0006594	3.319	0.00507	**

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.006591 on 14 degrees of freedom
(47 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared: 0.4403, Adjusted R-squared: 0.4004

ČEBULA

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	0.2077537	0.0366495	5.669	3.16e-06	***
Cd_tla	0.0049244	0.0004705	10.466	1.07e-11	***
pH	-0.0275369	0.0051532	-5.344	8.02e-06	***
Org_snov	-0.0015369	0.0006272	-2.450	0.0201	*

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.006618 on 31 degrees of freedom
(28 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared: 0.8526, Adjusted R-squared: 0.8384
F-statistic: 59.79 on 3 and 31 DF, p-value: 5.437e-13

ZGODNJI KROMPIR

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	0.041899	0.004608	9.093	1.05e-09	***
Cd_tla	0.007027	0.000767	9.161	8.98e-10	***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.01924 on 27 degrees of freedom
(34 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared: 0.7566, Adjusted R-squared: 0.7476
F-statistic: 83.93 on 1 and 27 DF, p-value: 8.98e-10

KORENČEK

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	1.072e-01	2.226e-02	4.815	1.45e-05	***
Cd_tla	1.739e-02	2.813e-03	6.181	1.23e-07	***
Mn_tla	-6.575e-05	2.575e-05	-2.553	0.0139	*

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.06126 on 49 degrees of freedom
(9 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared: 0.4736, Adjusted R-squared: 0.4521
F-statistic: 22.04 on 2 and 49 DF, p-value: 1.487e-07

RDEČA PESA

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	0.01736	0.01116	1.556	0.137	
Cd_tla	0.02558	0.00426	6.004	1.12e-05	***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.02552 on 18 degrees of freedom
(43 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared: 0.6669, Adjusted R-squared: 0.6484
F-statistic: 36.04 on 1 and 18 DF, p-value: 1.118e-05

ENDIVIJA

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	0.088949	0.038079	2.336	0.0286	*
Cd_tla	0.031605	0.002154	14.670	3.64e-13	***
Org_snov	-0.013758	0.005899	-2.332	0.0288	*

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.05241 on 23 degrees of freedom
(37 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared: 0.9035, Adjusted R-squared: 0.8951
F-statistic: 107.7 on 2 and 23 DF, p-value: 2.103e-12

RADIČ

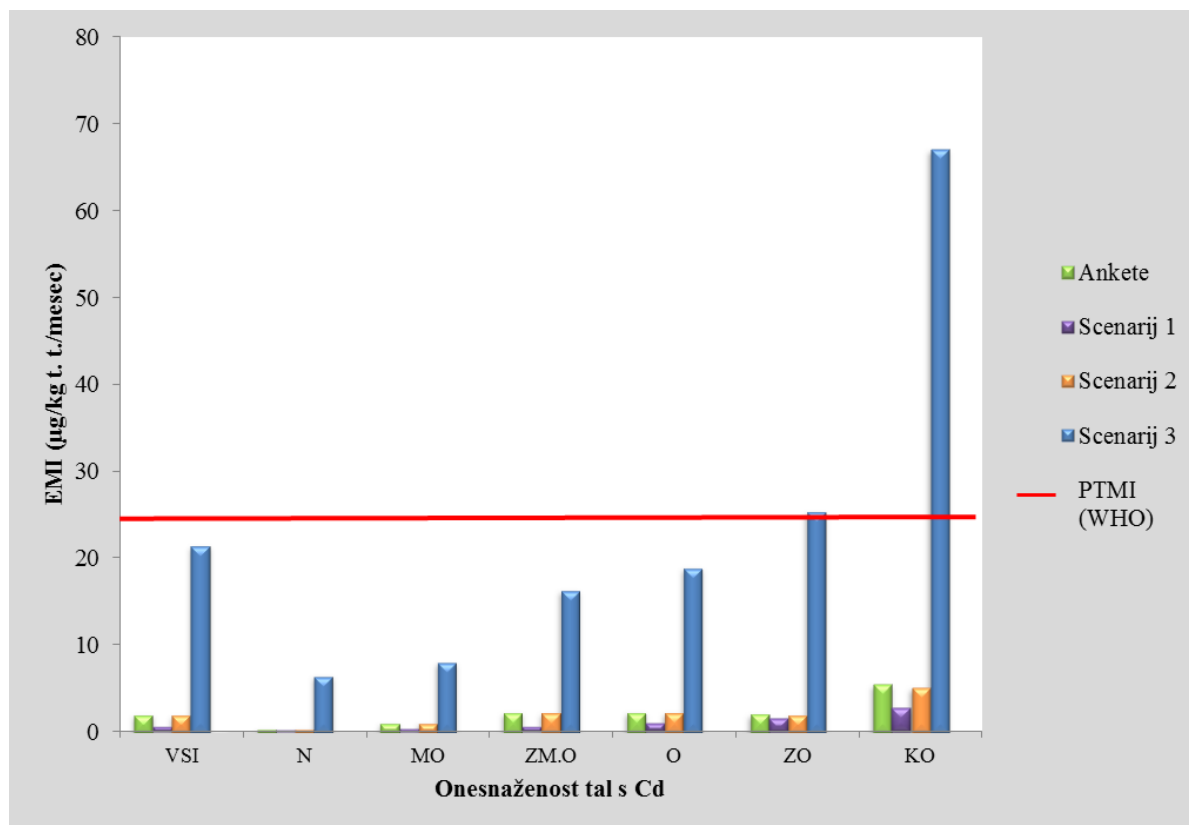
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	0.016373	0.013998	1.170	0.252	
Cd_tla	0.016825	0.002634	6.387	7.68e-07	***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.04789 on 27 degrees of freedom
(34 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared: 0.6017, Adjusted R-squared: 0.587
F-statistic: 40.8 on 1 and 27 DF, p-value: 7.678e-07

PRILOGA J

Primerjava ocenjenega mesečnega vnosa kadmija za opazovano populacijo in za Scenarije 1, 2 in 3 z upoštevanjem začasnega dopustnega mesečnega vnosa



PRILOGA K

Primerjava koeficienta tveganja za pojav neželenih učinkov na zdravje ljudi zaradi vnosa kadmija preko vrtnin za opazovano populacijo in za Scenarije 1, 2 in 3 z upoštevanjem začasnega dopustnega mesečnega vnosa (WHO)

