

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Ines MARKELC

**VSEBNOST TEŽKIH KOVIN V VRTNINAH, PRIDELANIH NA
VRTIČKIH OBČINE LJUBLJANA**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**CONTENT OF HEAVY METALS IN VEGETABLES, GROWN ON
MUNICIPAL GARDENS IN LJUBLJANA**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2008

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija agronomije. Opravljeno je bilo na Kmetijskem inštitutu Slovenije, kjer smo v Centralnem laboratoriju naredili analize težkih kovin v tleh. Analize težkih kovin v endiviji in radiču je naredil Zavod za zdravstveno varstvo, Inštitut za varstvo okolja v Mariboru. Vzorčenje je bilo izvedeno na vrtičkih Mestne občine Ljubljana.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Marijano Jakše ter somentorja dr. Boruta Vrščaja.

Komisija za oceno in zagovor:

- Predsednik: prof. dr. Katja VADNAL
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- Član: izred. prof. dr. Marijana JAKŠE
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- Član: dr. Borut VRŠČAJ
Kmetijski inštitut Slovenije, Centralni laboratorij
- Član: doc. dr. Helena GRČMAN
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddala v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Ines MARKELC

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn
DK UDK 635.9:631.453:549.25(497.4 Ljubljana)(043.2)
KG vrtnine/onesnaženost tal/težke kovine/vrtički/Ljubljana
KK AGRIS P33/T01
AV MARKELC, Ines
SA JAKŠE, Marijana (mentor), VRŠČAJ, Borut (somentor)
KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI 2008
IN VSEBNOST TEŽKIH KOVIN V VRTNINAH, PRIDELANIH NA VRTIČKIH OBČINE LJUBLJANA
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP XI, 40, [3] str., 11 pregl., 24 sl., 3 pril., 75 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI Onesnaženost tal vrtičkov na območju MOL ter posledično zelenjave, pridelane na teh vrtičkih, je eden izmed možnih virov vnosa težkih kovin v človeško telo. V tej raziskavi smo ugotavljali onesnaženost tal vrtičkov v MOL s TK (Pb, Cd, Zn, Cu, Cr, Ni, As, Co in Mo). Ker solatnice akumulirajo največje količine TK smo analizirali tudi vsebnost TK v endiviji in radiču iz ljubljanskih vrtičkov. Skupno smo analizirali 100 talnih vzorcev, 43 vzorcev endivije in 54 vzorcev radiča. Obravnavani vzorci endivije so v povprečju vsebovali enake vrednosti kot radič. V enem vzorcu endivije je bila presežena zgornja mejna vrednost (ZMV) za Pb, v ostalih vzorcih endivije in radiča so bile meritve Pb in Cd pod ZMV. V tleh smo v povprečju izmerili 73,9 mg/kg s.s. Pb, 1,1 mg/kg s.s. Cd, 157,5 mg/kg s.s. Zn, 43,5 mg/kg s.s. Cu, 47,5 mg/kg s.s. Cr, 28,2 mg/kg s.s. Ni, 12,5 mg/kg s.s. As, 10,2 mg/kg s.s. Co in 1,5 mg/kg s.s. Mo. V največ vrtičkih je bila presežena OV za Pb, sledijo mu Cd, Zn, Cu, Cr, Ni in Co. OV za As in Mo niso bile presežene v nobenem talnem vzorcu. Nobena od 9-ih analiziranih TK v tleh ni presegla kritične vrednosti. Tla vrtičkov mesta Ljubljane so onesnažena predvsem s Pb, Cd, Zn in Cu. Čeprav ostale analizirane TK niso opredeljene v Uradnem listu RS in v Evropski zakonodaji, vseeno na podlagi priporočenega dnevnega odmerka (RDA) in največjega dovoljenega odmerka (UL) smatramo, da zaradi nizkih vsebnosti TK v radiču in endiviji, te ne predstavljajo nevarnosti za zdravje ljudi.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC UDC 635.9:631.453:549.25(497.4 Ljubljana)(043.2)
CX vegetables/soil pollution/heavy metals/gardens/Slovenia/Ljubljana
CC AGRIS P33/T01
AU MARKELC, Ines
AA MARIJANA, Jakše (supervisor), VRŠČAJ, Borut (co-supervisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University in Ljubljana, Biotechnical Faculty, Agronomy Department
PY 2008
TI CONTENT OF HEAVY METALS IN VEGETABLES, GROWN IN MUNICIPAL GARDENS ON LJUBLJANA
DT Graduation thesis (university studies)
NO XI, 40, [3] p., 11 tab., 24 fig., 3 ann., 75 ref.
LA en
AL sl/en
AB Contaminated soil of gardens on area of municipality Ljubljana and consecutively vegetable produced on these gardens, there is one of possible sources of intake of heavy metals in human body. In this research we were finding contamination of garden soils in municipality Ljubljana with heavy metals (Pb, Cd, Zn, Cu, Cr, Ni, As, Co and Mo). Because salad crops accumulates largest amount of heavy metals, we also analysed content of heavy metals in endive and chicory from Ljubljana gardens. We analysed 100 samples of soil and 54 samples of chicory and 43 samples of endive. Analysed samples of endive contained equal values as chicory in average. Upper value for Pb was exceeded in one sample of endive, other samples of endive and chicory were under upper value for Pb and Cd. The average measurements of heavy metals in soil were 73,9 mg/kg dry matter (d.m.) of Pb, 1,1 mg/kg d.m. of Cd, 157,5 mg/kg d.m. of Zn, 43,5 mg/kg d.m. of Cu, 47,5 mg/kg d.m. of Cr, 28,2 mg/kg d.m. of Ni, 12,5 mg/kg d.m. of As, 10,2 mg/kg d.m. of Co and 1,5 mg/kg d.m. of Mo. In most gardens was exceeded limiting value for Pb, then Cd, Zn, Cu, Cr, Ni and Co. Limiting value for As and Mo didn't exceed in any sample. None from 9 analysed heavy metals in soil didn't exceed critical value. The gardens soil in Ljubljana is mostly polluted with Pb, Cd, Zn and Cu. Content of Pb and Cd in salads were lower as within highest allowed value regulated in laws. Nevertheless that the other metals of analysis are not included in law regulation we can say that, on the basis of recommended dietary allowance (RDA) and upper intake level (UL), they don't represent a risk for the side effects. We consider that low content of mentioned metals in chicory and endive do not present any danger for the people's health.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key Words Documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
Kazalo prilog	IX
Okrajšave in simboli	X
Definicije	XI
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA IN NAMEN DIPLOMSKE NALOGE	2
1.2 DELOVNE HIPOTEZE	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 POTI IZPOSTAVLJENOSTI ČLOVEKA TEŽKIM KOVINAM IZ TAL	3
2.2 PREHRANJEVALNA VERIGA	3
2.3 DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA ODVZEM TK IZ TAL	4
2.4 VIRI TK V TLEH VRTIČKOV	4
2.4.1 Matična podlaga	4
2.4.2 Antropogeni viri	4
2.5 TRANSPORT TK V NADZEMNE DELE RASTLIN IN FITIOTOKSIČNOST TK	6
2.6 TK KOT MIKROHRANILO	6
2.7 ANTAGONISTIČNO DELOVANJE TK	7
2.7.1 V tleh	7
2.7.2 V telesu	7
2.8 TK KOT NEVARNOST ZA ČLOVEKOVO ZDRAVJE	7
2.8.1 Svinec	8
2.8.2 Kadmij	8
2.8.3 Cink	8
2.8.4 Baker	9
2.8.5 Krom	9
2.8.6 Nikelj	10
2.8.7 Arzen	10
2.8.8 Kobalt	10
2.8.9 Molibden	10
2.9 POVPREČEN DNEVNI ODMEREK (RDA) IN NAJVEČJI DOVOLJENI ODMEREK (UL) NEKATERIH TK	11
2.10 VSEBNOSTI TK V TLEH GLEDE NA NJIHOVO RABO	11
2.11 VRTIČKARSTVO V MESTNI OBČINI LJUBLJANA	12
2.12 ZAKONODAJA O VSEBNOSTI TK V TLEH IN ZELENJADNICAH	13
3 MATERIAL IN METODE	14
3.1 TK V PRIDELKIH IN V TLEH	14
3.1.1 Izbira vzorčnih lokacij vrtilčkov	14
3.1.2 Postopek vzorčenja vrtnin	15

3.1.3	Postopek vzorčenja tal	15
3.2	ANALITSKE METODE	16
3.2.1	Analitika TK v pridelkih	16
3.2.2	Analitika TK v tleh	16
3.3	VREDNOTENJE REZULTATOV ANALIZ	16
3.4	STATISTIČNA OBDELAVA	16
4	REZULTATI	17
4.1	VSEBNOST TK V ENDIVIJI IN RADIČU	17
4.1.1	Svinec	17
4.1.2	Kadmij	18
4.1.3	Cink	18
4.1.4	Baker	19
4.1.5	Krom	19
4.1.6	Nikelj	19
4.1.7	Arzen	20
4.1.8	Kobalt	20
4.1.9	Molibden	21
4.2	VSEBNOST TK V TLEH VRTIČKOV	21
4.2.1	Svinec	22
4.2.2	Kadmij	22
4.2.3	Cink	23
4.2.4	Baker	23
4.2.5	Krom	24
4.2.6	Nikelj	24
4.2.7	Arzen	25
4.2.8	Kobalt	25
4.2.9	Molibden	26
4.3	POVEZAVA MED TK V VRTNINAH IN TK V TLEH	27
4.4	IZRAČUN PRIPOROČENEGA DNEVNEGA ODMERKA (RDA) IN NAJVEČJEGA DOVOLJENEGA ODMERKA (UL)	29
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	30
5.1	RAZPRAVA	30
5.1.1	Vsebnost TK v solatnicah pridelanih na vrtičkih MOL	30
5.1.2	Vsebnost TK v tleh vrtilčkov MOL	30
5.1.3	Primerjava vsebnosti TK v vrtninah in tleh	32
5.1.4	Kakovost solatnic, glede na vsebnost TK, pridelanih na vrtilčkah MOL, ter njihov vpliv na zdravje meščanov	32
5.2	SKLEPI	33
6	POVZETEK	34
7	VIRI	35
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Posplošen vzorec toksičnosti kovin v različnih organizmih (*, cit. po Ross in Kaye, 1994).	7
Preglednica 2: RDA in UL za odraslega človeka (*).	11
Preglednica 3: Vsebnosti nekaterih TK v tleh (mg/kg SS) povzete po različnih avtorjih.	12
Preglednica 4: Delež vrtičkov glede na kislost tal (pH), organsko snov (OS) in teksturo (v %) (Vrtičkarstvo..., 2006).	12
Preglednica 5: Delež vrtičkov glede na založenost tal s fosforjem (P_2O_5), kalijem (K_2O), magnezijem (Mg) in mineralnim dušikom (Nmin) (v %) (Vrtičkarstvo..., 2006).	13
Preglednica 6: Meje, opozorilne in kritične vrednosti nekaterih TK v tleh in zgornja mejna vrednost TK v zelenjavi.	13
Preglednica 7: Območja vzorčnih vrtičkov v okviru meja MOL v letu 2006.	15
Preglednica 8: Vsebnosti TK (mg/kg) v endiviji.	17
Preglednica 9: Vsebnosti TK (mg/kg) v radiču.	17
Preglednica 10: Vsebnosti TK (mg/kg) v tleh.	21
Preglednica 11: Maksimalne vsebnosti TK (mg/kg) v solatnicah z vrtičkov MOL in izračunane vsebnosti (mg/dan) vnosa TK v človeško telo.	29

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Poti izpostavljenosti človeka TK iz onesnaženih tal (Poggio in sod., 2006).	3
Slika 2: Vrtiček na Viču (foto: Markelc I.).	14
Slika 3: Vrtiček ob Krakovski ulici (foto: Markelc I.).	14
Slika 4: Vsebnost Pb (mg/kg) v endiviji in radiču z vrtilčkov po posameznih območjih.	18
Slika 5: Vsebnost Cd (mg/kg) v endiviji in radiču z vrtilčkov po posameznih območjih.	18
Slika 6: Vsebnost Zn (mg/kg) v endiviji in radiču z vrtilčkov po posameznih območjih.	18
Slika 7: Vsebnost Cu (mg/kg) v endiviji in radiču z vrtovičkov po posameznih območjih.	19
Slika 8: Vsebnost Cr (mg/kg) v endiviji in radiču iz vrtilčkov po posameznih območjih.	19
Slika 9: Vsebnost Ni (mg/kg) v endiviji in radiču z vrtilčkov po posameznih območjih.	20
Slika 10: Vsebnost As (mg/kg) v endiviji in radiču z vrtilčkov po posameznih območjih.	20
Slika 11: Vsebnost Co (mg/kg) v endiviji in radiču z vrtilčkov po posameznih območjih.	20
Slika 12: Vsebnost Mo (mg/kg) v endiviji in radiču z vrtilčkov po posameznih območjih.	21
Slika 13: Porazdelitev vrtilčkov glede MV, OV in KV TK v tleh.	22
Slika 14: Vsebnost Pb (mg/kg) v vrtilčkih po posameznih območjih.	22
Slika 15: Vsebnost Cd (mg/kg) v tleh vrtilčkov po posameznih območjih.	23
Slika 16: Vsebnost Zn (mg/kg SS) v tleh vrtilčkov po posameznih območjih.	23
Slika 17: Vsebnost Cu (mg/kg SS) v tleh vrtilčkov po posameznih območjih.	24
Slika 18: Vsebnost Cr (mg/kg) v vrtilčkih po posameznih območjih.	24
Slika 19: Vsebnost Ni (mg/kg) v vrtilčkih po posameznih območjih.	25
Slika 20: Vsebnost As (mg/kg) v vrtilčkih po posameznih območjih.	25
Slika 21: Vsebnost Co (mg/kg) v vrtilčkih po posameznih območjih.	26
Slika 22: Vsebnost Mo (mg/kg) v vrtilčkih po posameznih območjih.	26
Slika 23: Vsebnost posameznih TK (mg/kg SS) v tleh vrtilčkov v korelaciji s TK (v mg/kg SvS) v vrtninah.	27
Slika 24: Okvir z ročaji za posamezne TK v endiviji in radiču.	28

KAZALO PRILOG

Priloga A: Zapisnik vzorčenja tal in rastlin na mestnih vrtičkih.

Priloga B: Lokacije vzorčenja tal in rastlin na vrtičkih MOL v letu 2006 (Vrtičkarstvo..., 2006).

Priloga C: p-vrednost in Pearsonov koeficient korelacije za vsako TK posebej.

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

AAS	Atomska absorpcijska spektrometrija
AI	Zadostna zaužita količina (Adequate intake)
DHHS	Ministrstvo za zdravje, Washington (Department of Health and Human Services)
EPA	Agencija za varstvo okolja (Environmental Protection Agency)
FFS	Fitofarmacevtska sredstva
GIS	Geografski informacijski sistem
GIAM ZRC SAZU	Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Geografski inštitut Antona Melika
IARC	Mednarodna agencija za raziskovanje raka (International Agency for Research on Cancer)
KV	Kritična vrednost
LOD	Meje detekcije metode (Limits Of Detection)
LSD	Najmanjša značilna razlika (least significant difference)
TK	Težke kovine
MOL	Mestna občina Ljubljana
MV	Mejna vrednost
n	Število odvzetih vzorcev
OV	Opozorilna vrednost
PE LD	Polietilen nizke gostote
PK25	Pedološka karta (merilo 1:25 000)
r	Koeficient korelacije
SvS	Sveža snov
RDA	Priporočen dnevni odmerek (Recommended Dietary Allowance)
SS	Suha snov
UL	Največji dovoljeni odmerek (Tolerable Upper Intake Level)
VVO	Vodovarstveno območje
WHO	Svetovna zdravstvena organizacija (World Health Organization)
ZMV	Zgornja mejna vrednost
As	Arzen
Cd	Kadmij
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Baker
Mo	Molibden
Ni	Nikelj
Pb	Svinec
Zn	Cink

DEFINICIJE

Mejna emisijska vrednost (mejna vrednost - MV): MV označuje vsebnost posamezne nevarne snovi v tleh, ki pomeni takšno obremenitev tal, da so zagotovljene življenjske razmere za rastline in živali, in pri kateri se ne poslabšuje kakovost podzemne vode ter rodovitnost tal. Pod to vrednostjo so učinki ali vplivi na zdravje človeka ali okolje še sprejemljivi (Uredba o mejnih..., 1996).

Opozorilna emisijska vrednost (opozorilna vrednost - OV): OV označuje vsebnost posamezne nevarne snovi v tleh, ki pomeni pri določenih vrstah rabe tal verjetnost škodljivih učinkov ali vplivov na zdravje človeka ali okolje (Uredba o mejnih..., 1996).

Kritična emisijska vrednost (kritična vrednosti - KV): KV označuje vsebnost 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 (Uredba o mejnih..., 1996).

Zgornja mejna vrednost (ZMV): Pravilnik o onesnaževalcih v živilih ureja onesnaževalce (kontaminante) v živilih in določa zgornje mejne vrednosti (ZMV) posameznih onesnaževalcev v užitem delu živil, zaradi zaščite javnega zdravja in zdravja posameznika. Živila, ki vsebujejo višje vrednosti onesnaževalcev, ne smejo v promet oziroma se umaknejo iz prometa. Živila, pri katerih so presežene ZMV onesnaževalcev, je prepovedano uporabljati kot surovine za proizvodnjo drugih živil (Pravilnik o ..., 2003).

Priporočen dnevni odmerek (Recommended Dietary Allowance - RDA): Povprečna dnevna količina esencialnih hranil, ki zadošča za prehranske potrebe skoraj vseh zdravih odraslih (97-98 %). Povprečen vnos blizu določene RDA vrednosti pomeni, da je tveganje za pomanjkanje določenega mikrohranila zelo majhno (Dietary Reference..., 2002; Priporočeni..., 2005).

Največji dovoljeni odmerek (Tolerable Upper Intake Level - UL): Največja dnevna količina zaužitega hranila, ki najverjetneje še ne predstavlja tveganja za pojav stranskih učinkov pri veliki večini ljudi v določeni populaciji. Navadno dnevni vnos hranil nad določeno UL-vrednostjo lahko zveča tveganje neželenih učinkov. Prehranski cilj: uporabiti UL kot vodilo za zgornjo mejo vnosa določenega mikrohranila (Dietary Reference..., 2002; Priporočeni..., 2005).

Zadostna zaužita količina (Adequate intake - AI): Primeren vnos, ki pomeni ustrezno količino hranila za določeno skupino zdravih ljudi nekega prebivalstva (Dietary Reference..., 2002).

1 UVOD

Človek s svojim delovanjem in dejavnostmi vnaša v okolje snovi, ki onesnažujejo zrak, vodo in tla. Tla so tisti del prostora v katerem se nevarne organske in anorganske snovi zadržujejo, vežejo na talne delce ali, pa se vključujejo v kroženje snovi in s tem negativno vplivajo na rast in razvoj rastlin (fitotoksičnost).

Težke kovine (TK) se nahajajo povsod v okolju (ubikvitarni elementi) (Apostoli, 2002; Genero in Domingo, 2002; McLaughlin in sod., 2000; Wilson in Pyatt, 2007). Znano je, da so urbana in neurbana tla onesnažena s kovinami, ki izvirajo iz različnih naravnih in antropogenih virov. Nekatere TK (Cr, Cu, Zn, Mo, Co...) so esencialni elementi, ki jih rastline, živali in ljudje nujno potrebujejo za normalno rast in razvoj. Prevelike vsebnosti nekaterih neesencialnih (Cd, Pb, Al, As) in esencialnih TK, ovirajo presnovo in imajo toksičen učinek za organizme (Sešek-Briški, 2005). V telesu se TK kopičijo, kadar je vnos v telo hitrejši od njihovega izločanja iz telesa.

Nekatere kovine, ki se v okolju pojavljajo kot posledica človekove aktivnosti, pomenijo potencialno nevarnost za človekovo zdravje, saj lahko s prehranjevalno verigo preidejo v organizem. Uživanje vrtnin je eden izmed virov vnosa elementov v prehranjevalno verigo ljudi. Sklepamo, da so onesnažena tla ter posledično zelenjava, ki raste na takih tleh, tudi vir vnosa TK v človeško telo.

Otroci predstavljajo zaradi namernega oziroma nenamernega vnosa tal v usta eno od skupin z največjim tveganjem za pojav negativnih posledic za zdravje ob prekomerni izpostavljenosti TK (Chaney in sod., 1984). Kljub temu, da prebivalci doma pridelano hrano opredeljujejo kot zdravo in neoporečno, lahko vrtičkarstvo, poleg pozitivnih učinkov predstavlja tveganje za zdravje ljudi. Ker je večina ljubljanskih vrtičkov ob glavnih prometnicah, smo sklepali, da so zgornji horizonti vrtičkov onesnaženi s TK antropogenega izvora (predvsem promet). Prometna infrastruktura fizično posega v prostor, promet na njej pa obremenjuje okolje s potencialnimi nevarnostmi za ljudi in okolje (nesreče, razlitja, izpuhi) ter z izpusti škodljivih snovi.

TK se praktično ne izpirajo iz tal oziroma se izpirajo v zelo majhnih količinah. Večinoma ostajajo vezane na talne delce ali pa se ob nižjem pH, manjši vsebnosti glinenih delcev ali organske snovi vključijo v kroženje snovi. Velja, da je kislost tal (pH) najpomembnejši dejavnik, ki vpliva na dostopnost kovin. Večji kot je pH, več kot je glinenih delcev in več kot je organske snovi, močnejše so kovine vezane in dalj časa adsorbirane na talne delce (Chaney in sod., 1984; Leštan, 2002), izjema je Mo, ki je rastlinam bolj dostopen v bazičnih tleh (Mengel in Kirkby, 1987, cit. po Tematska karta..., 1989).

Vrtičke lahko opredelimo kot vrtičkarska naselja, ki jih obdeluje predvsem starejša generacija ljudi. Njim predstavlja vrtičkarstvo sprostitev, zabavo, medsebojno druženje in pomemben čas, ki ga preživijo na prostem. Mnogi ljubljanski vrtičkarji so predvsem prebivalci blokovskih naselij in neredko pripadniki šibkejših socialnih slojev.

Iz podatka, da je bilo do nedavnega na območju Ljubljane več kot 200 ha VRTIČKOV, kar ustreza približno velikosti ožjega mestnega središča, je mogoče sklepati, da je vrtičkarstvo

pomembna in nadvse priljubljena oblika preživljanja prostega časa za veliko število Ljubljančanov (Souvan in sod., 2008).

Vrtičkarstvo se v Ljubljani pojavlja na različnih lokacijah, ki le deloma kažejo odsev organizirane dejavnosti. V središču mesta vrtičkov ni, z izjemo Krakovega, kjer gre za tradicionalno območje vrtičkov ob individualnih (stanovanjskih) hišah, ki je bilo v preteklosti zadolženo za oskrbo osrednje ljubljanske tržnice. Zato ima vrtičkarsko območje Krakovo svojstven status (Doležal in sod., 2005, cit. po Vrtičkarstvo..., 2006.).

V okviru mednarodnega projekta URBSOIL (Grčman in Zupan, 2005) so na Biotehniški fakulteti, Center za pedologijo in varstvo okolja, ugotavljali kakovost urbanih tal v MOL. Zajetih je bilo 7 vrtičkov v okolici MOL. Mejna vrednost (MV) za Pb je bila v zgornjem sloju tal, glede na slovensko zakonodajo, presežena na 4 vrtičkih, medtem ko je bila opozorilna vrednost (OV) presežena na 3. Rezultati so nakazali potrebnost raziskav vsebnosti TK v tleh in ugotavljanja kakovosti tal in pridelane hrane na vrtičkih. Smiselno je bilo nadaljevati raziskave tudi z analitiko vsebnosti TK v pridelani zelenjavi na (predvidoma) onesnaženih tleh mestnih vrtičkov MOL. Ker predvidevamo, da v telo vnesemo največ TK prav s hrano, smo zaradi predvidene povišane vsebnosti TK v tleh, analizirali tudi vsebnosti TK v endiviji in radiču.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA IN NAMEN DIPLOMSKE NALOGE

Onesnaženost tal vrtičkov na območju MOL ter posledično zelenjave, pridelane na teh vrtičkih, je eden izmed možnih virov vnosa težkih kovin v človeško telo. Z uživanjem zelenjave, ki vsebuje povečane vsebnosti TK, vplivamo na kakovost prehranjevalne verige ter posledično na zdravje ljudi.

Namen diplomske naloge je bil:

- ▶ raziskati onesnaženosti tal vrtičkov MOL s TK;
- ▶ oceniti kakovost in primernost tal za vrtičkarsko pridelavo glede na vsebnost TK;
- ▶ raziskati vsebnosti posameznih TK v endiviji in radiču;
- ▶ raziskati, ali so vsebnosti TK v endiviji in radiču povezane z vsebnostjo TK v tleh;
- ▶ raziskati, ali so vsebnosti TK v endiviji in radiču potencialno škodljive za zdravje ljudi.

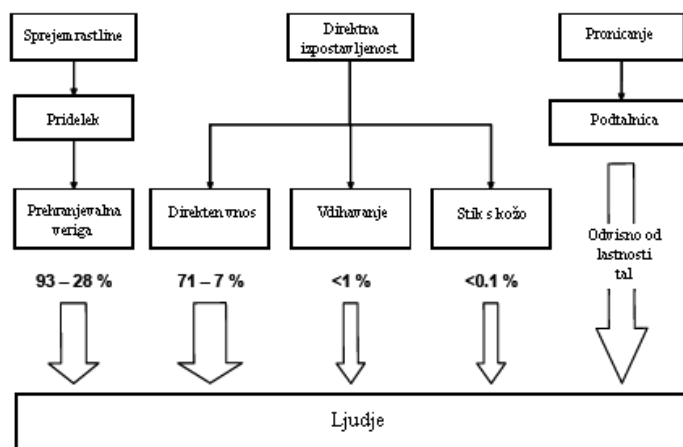
1.2 DELOVNE HIPOTEZE

Predvidevali smo, da bodo tla vrtičkov na območju Mestne občine Ljubljana onesnažena z nekaterimi TK (Pb, Cd, Zn, ...) ter da bodo onesnažena tla vplivala na povečanje vsebnosti TK v vrtninah. Sklepali smo, da glede na priporočen dnevni odmerek TK, uživanje potencialno onesnaženih solatnic negativno vpliva na zdravje ljudi.

2 PREGLED OBJAV

2.1 POTI IZPOSTAVLJENOSTI ČLOVEKA TEŽKIM KOVINAM IZ TAL

Kot rezultat naravnih in antropogenih aktivnosti, smo TK na vrtičkih v urbanih okoljih, izpostavljeni skozi veliko poti. Veliko TK vnesemo v telo z vrtninami (s prehranjevanjem) (Abrahams, 2002; Poggio in sod., 2006) (Slika 1).



Slika 1: Poti izpostavljenosti človeka TK iz onesnaženih tal (Poggio in sod., 2006).

Dva ključna procesa, ki določata izpostavljenost TK v vrtničarstvu, sta (Alloway, 2004; Chaney in sod., 1984):

- ▶ uživanje zelenjave s preveliko vsebnostjo TK, ali uživanje neumite zelenjave in
- ▶ nenameren (z igro) oziroma nameren (bolezensko poželenje po nenaravni hrani) vnos onesnaženih tal v usta.

2.2 PREHRANJEVALNA VERIGA

Rastline sprejemajo in kopičijo različne količine TK v užitne in neujitne dele (Rattan in sod., 2005; Zheng in sod., 2007). Rastline, ki rastejo na onesnaženih območjih ali v bližini onesnaženja, vsebujejo več TK zaradi povišanega sprejema prek korenin v nadzemne dele rastlin, kot tudi zaradi zračnih depozitov, ki prehajajo v rastline preko listne površine (kutikula in listne reže) (Chaney in sod., 1984; Ewers in Schlipkoeter, 1984, cit. po Tematska karta..., 1989). Splošno znana je pozitivna povezava med vsebnostjo TK v tleh in rastlinah (Alloway, 1990, cit. po Ross in Kaye, 1994), saj z večanjem vsebnosti TK v tleh narašča tudi vsebnost TK v rastlinskih tkivih (Greger, 1999, cit. po Podgorelec, 2007).

Vsebnost TK v neopranih rastlinah je večja kot v opranih (Chaney in sod., 1984; Ewers in Schlipkoeter, 1984, cit. po Tematska karta..., 1989). Singh s sodelavci (1997) je pokazal, da neoprani listi lahko na površini vsebujejo 5-200 krat več Pb kot oprani (Adriano, 2001, cit. po Podgorelec, 2007).

2.3 DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA ODVZEM TK IZ TAL

Odvzem TK iz tal v rastline preko korenin je predvsem odvisen od dostopnosti TK v tleh, transpiracije in selektivnega sprejema TK v rastline (Robinson in sod., 2000). Dostopnost TK za rastlino je odvisna od vsebnosti TK v talni raztopini, njene kemijske pojavnosti oblike in različnih lastnosti tal (pH tal, kationska izmenjevalna kapaciteta (CEC), vsebnost organske snovi, prisotnost mineralnih glinenih delcev in Fe, Mn ter Al oksidov, temperatura, redoks potencial, struktura tal (Kayser in sod., 2000) ter dejavnikov, vezanih na rastlino (starost, vrsta,...) (Adriano, 2001, cit. po Podgorelec, 2007). Nekatere TK (Mn, Al, ...) v tleh lahko povzročijo fitotoksičnost le takrat, ko je pH tal nižji od 5,2-5,5. Najbolj občutljive na večje vsebnosti TK so dvokaličnice, še posebej listnata zelenjava. Le ta ima največjo listo površino in je zato močno izpostavljena onesnaženju iz zraka (Davies in sod., 1979; Davies in White, 1981).

Običajno so vsebnosti TK v zgornjih slojih tal (0-15 cm) večje kot v spodnjih. V zgornjih horizontih se zadrži več TK zaradi več organskih snovi (OS) in izpustov TK iz ozračja. V globljih slojih tal so večje vsebnosti TK posledica navoženih onesnaženih tal ali pa so tla onesnažena zaradi bivšega smetišča (Mekiffer in sod., 2000, cit. po Alloway, 2004) ali geogenega izvora (Davies in sod., 1979; Davies in White, 1981).

2.4 VIRI TK V TLEH VRTIČKOV

Človek je s svojim delovanjem pospešil mobilizacijo TK v biosferi, kar je lahko posledično vplivalo na proces globalnega geokemičnega kroženja teh elementov. Ta vpliv je zelo opazen v urbanih območjih, kjer je mnogo stalnih in mobilnih virov, ki izpuščajo TK v atmosfero, tla in v vode (Nriagu in Pacyna, 1988, cit. po Bilos in sod., 1999). Največji delež TK v biosferi prispevajo antropogeni dejavniki, medtem ko naravni viri (matična podlaga, vulkanski plini in prah, morski in biogeni delci) prispevajo manjši delež (Bertine in Goldberg, 1971, cit. po Bilos in sod., 1999).

2.4.1 Matična podlaga

Matična podlaga predstavlja naravni izvor TK v tleh. Vsebnost TK v tleh je zelo odvisna predvsem od vsebnosti TK v matični kamnini. S starostjo tal je predvsem zaradi izpiranja vpliv matične podlage manj izrazit (Adriano, 1986, cit. po Ross in sod., 1994).

2.4.2 Antropogeni viri

Zrak v mestih vsebuje aerosole ($<10\ \mu\text{m}$) različnega izvora, ki se počasi kopičijo in nalagajo na površini tal, na delih rastlin ali površini zgradb (Chaney in sod., 1984). Iz toksikološkega vidika delci v zraku predstavljajo nevarnost za zdravje, predvsem preko vdihavanja, saj se le ti lahko absorbirajo v alveole pljuč (Hileman, 1981, cit. po Bilos in sod., 1999). Največji onesnaževalec atmosfere in tal v urbanem okolju je promet (Colville in sod., 2001, cit. po Rossini in Fernández Espinosa, 2007; Lonati in sod., 2006, cit. po Rossini in Fernández Espinosa, 2007; Ovadnavaite in sod., 2006, cit. po Rossini in Fernández Espinosa, 2007). Tla v neposredni bližini cest ter urbana tla so največkrat onesnažena s Pb, Cd, Cu, Zn in drugimi TK (Lehane in sod., 1992, cit. po Li, 2001; Wong in Mak, 1997, cit. po Li in sod., 2001). Viri Zn v tleh so motorna olja, avtomobilske gume in protikorozijska zaščita vozil, viri Cd pa dizelsko gorivo, obraba gum in zavornih oblog.

Vsebnosti Ni v nekaterih naftah dosežejo tudi 5–10 µg/ml (v nasprotju z drugimi TK, ki ne presegajo vrednosti 1 µg/ml), vir Ni pa je tudi obraba motorja (Okolje..., 1996). Topilnice Pb, Zn in Cu pogosto oddajajo večje količine Pb, Zn, Cu, Cd in As, ki z usedanjem povečujejo vsebnost TK v tleh (Kuo in sod., 1983, cit. po Chaney in sod., 1984). Vsak vir pa ima svoje geokemične lastnosti. V Sloveniji na primer so individualna kurišča pomemben vir Ca, Mn in Sr, železarne Fe, Cr, Mn, Ni in Co, obrati Cinkarne Celje vir Zn, Cd, Pb, Az ter v zadnjih 30 letih tudi Ti (Šajn, 2005).

2.4.2.1 Mineralna in organska gnojila, kompost in blata čistilnih naprav (BČN)

Pretirana uporaba mineralnih in organskih gnojil lahko povzroča onesnaževanje tal s TK. Nekatera fosforna mineralna gnojila vsebujejo večje količine Cd. Ob intenzivni uporabi fosfornih gnojil vnašamo v tla prekomerne količine in s tem večamo vsebnost te kovine v tleh (Bramley, 1990). Med živinskimi gnojili predstavljata problem predvsem Cu in Zn, ki ju skupaj z Fe, Mn, Mo in Se dodajamo krmi. Večino Cu in Zn živali ne absorbirajo in se zato izločijo z iztrebki. Vsebnosti TK v živinskih iztrebkih je odvisna od starosti živali, načina nastanitve ter načina ravnanja z odpadki (Adriano, 1986, cit. po Ross in sod., 1994). Če hlevski gnoj kompostiramo so vsebnosti Zn, Cu in Pb na začetku kompostiranja manjše kot na koncu (Ko in sod., 2008). Listje iz urbanih parkov in zelenic pogosto vsebuje visoke vsebnosti TK, še posebej, če drevesa rastejo v neposredni bližini cest (Chaney in sod., 1984).

Uporaba blata čistilnih naprav (BČN) lahko poveča zaloge hranil in organske snovi v tleh (Roldan in sod., 1996, cit. po Sánchez-Martín in sod., 2007) in s tem izboljša fizikalne lastnosti tal, kot so zadrževanje vode, zračnost, poroznost, kationska izmenjalna kapaciteta (Engelhart in sod., 2000, cit. po Sánchez-Martín in sod., 2007). BČN lahko vsebuje tudi nezaželjene visoke vsebnosti TK, ki jih skupaj s koristnimi hranili vnašamo na zemljišča in povečujemo vsebnosti TK v tleh (McBride, 2003, cit. po Sánchez-Martín in sod., 2007; Petruzzelli in sod., 1995, cit. po Antoniadis in sod., 2008; Singh in Agrawal, 2006, cit. po Sánchez-Martín in sod., 2007).

2.4.2.2 Uporaba različnih materialov

Zemlja, gramoz, materiali iz porušениh zgradb imajo lahko širok spekter TK in organskih polutantov. Električni kabli, baterije, ostanki barv, pločevinke, orodja prevlečena s kovino, ograje, jeklene žice itd so lahko tudi vir TK (predvsem Pb, Cu in Zn) na vrtičkih. V kislih tleh so tla brez vegetacije pogosto posledica galvaniziranih ograj, ker Zn blizu ograj uničuje rastline (Chaney in sod., 1984). Zaradi visoke vsebnosti hranil, predvsem kalija, se pogosto na vrtove odlaga lesni pepel. Pri pogorelem barvanem lesu in drugih gorljivih materialih lahko v pepelu ostanejo velike količine onesnažil (Alloway, 2004).

2.4.2.3 Onesnažene vode s TK

Vsebnost TK v vodah (predvsem Zn in Cd), ki jih vrtničarji uporabljajo za zalivanje, lahko vsebuje večje količine TK, če se voda izteka iz galvaniziranih streh in žlebov v rezervoarje. Prekomerno kopičenje TK v tleh preko zalivanja z odpadno vodo ni samo posledica onesnaženja tal ampak tudi povečuje vnos TK v pridelke in tako vpliva na kakovost in varnost pridelkov (Alloway, 2004).

2.4.2.4 Fitofarmacevtska sredstva (FFS) in apno

Od konec 19 stoletja se je zelo razširila uporaba mešanice bakrovega sulfata (CuSO_4) in apna, t.i. bordojska brozga, ki se uporablja še danes (Baker, 1993, cit. po Rusjan in sod., 2007). Široka uporaba bakrovih fungicidov v vinogradih in sadovnjakih vodi v dolgoročno akumulacijo Cu v tleh (Besnard in sod., 2001, cit. po Mirlean in sod., 2007). V ZDA so analize TK v tleh pokazale, da so največje količine Pb in Cu vnesli v tla s svinčenimi in bakrovimi pripravki, ki so jih uporabljali v nasadih jablan, z Cu ki je bil uporabljen kot mikroelement v gnojilu (Chaney in sod., 1984). Apno (kalcijev oksid) v kmetijstvu pogosto uporabljamo za zmanjšanje kislosti tal. Apnenec in posledično gašeno apno pogosto vsebujeta manjše količine Cd, kar v daljšem obdobju prispeva k večji vsebnosti Cd v tleh (Adriano, 1986, cit. po Ross in sod., 1994).

2.5 TRANSPORT TK V NADZEMNE DELE RASTLIN IN FITIOTOKSIČNOST TK

Ko ioni TK in voda vstopijo v korenino, potujejo po centralnem delu korenin. Od celice do celice se pomikajo skozi kanalčke (plazmodezme), ki povezujejo citoplazme sosednjih celic (simplastna pot), potujejo lahko preko celičnih sten (trans - celična pot) ali medceličnem prostoru (apoplastna pot) (Petelinc, 2006).

Povečane vsebnosti TK v tleh za rastlino pomenijo stres. TK lahko v rastlinskih tkivih povzročijo izpodrivanje esencialnih kovinskih ionov iz biomolekul, blokado funkcionalnih skupin biomolekul, blokado encimov in polinukleotidov, lahko vplivajo na skladnost in razpadanje biomolekul ter na druge biološke dejavnike (Vodnik, 2006).

2.6 TK KOT MIKROHRANILO

TK se nahajajo v telesu v zelo majhnih količinah, zato jih imenujemo tudi elementi v sledovih. Nekatere kovine (Zn, Cu, Cr, Mo, Co,...) so nujno potrebne za življenje organizmov (Sešek-Briški, 2005), saj so vključene v številne funkcije, kot so npr. delovanje in struktura encimov, transportnih proteinov, hormonov itd. V pravih količinah in razmerjih so odločilnega pomena za delovanje in potek presnovnih procesov v človeškem in živalskem telesu ter v rastlinskih tkivih (Apostoli, 2002).

Zn je za ljudi, živali in rastline esencialno mikrohranilo, saj ima pomembno vlogo v encimatskih procesih (Zinc, 2005; Mengel in Kirkby, 1987, cit. po Tematska karta..., 1989). Cu je esencialen element (Copper, 2004), med drugimi potreben za pravilen razvoj zarodka, izgradnjo vezivnega tkiva, uravnavanje temperature (Research examines..., 2004), delovanje živčnih celic in imunskega sistema ter za sintezo kolagena (Cai in sod., 2005). Cr^{3+} je esencialno mikrohranilo, ki pomaga telesu uporabiti sladkor, beljakovine in maščobo (Chromium, 2001). Co je pomemben del vitamina B_{12} , ki je v našem telesu potreben za nastanek rdečih krvnih celic (Lenntech, 2008; Cobalt, 2004). Mo je esencialen element za vse aerobne organizme, kjer je sestavni del več kot petdesetih, večinoma bakterijskih encimov, pomembnih zlasti za metabolizem dušikovih in žveplovih spojin (Obreza, 2008).

2.7 ANTAGONISTIČNO DELOVANJE TK

2.7.1 V tleh

Cd je v nekaterih kemijskih reakcijah antagonist Ca (Tematska karta..., 1989). Zastopanost Ca v tleh ovira dostopnost Cd v rastlino. Nastopa lahko antagonizem med Cd, Zn, Co in Se (Stoeppler, 1984, cit. po Tematska karta..., 1989). Sprejem Zn v rastline zavirajo Cu, Fe in Mn, predvsem pa je znana interakcija med Zn in P. Visoki odmerki P povzročajo pomanjkanje Zn pri rastlinah. Med As in Se obtsoja antagonizem, tako da je njun skupni učinek dosti manj toksičen, kot učinek vsakega posebej (Savory in Wills, 1984, cit. po Tematska karta..., 1989).

2.7.2 V telesu

Cu je pomemben pri metabolizmu Fe. Če v telesu primanjkuje Cu, je motena vezava Fe (Burtis in Ashwood, 2001, cit. po Jančar, 2006). Anemija je klinični znak pomankanja Cu. Pri pomanjkanju Cu se v jetrih kopiči Fe, kar nakazuje na to, da je Cu nujno potreben za transport Fe do kostnega mozga, kjer se tvorijo rdeče krvne celice (Turnlund, 2006, cit. po Copper, 2007). Uživanje 100-300 mg Zn/dan (Prasad in sod., 1988, cit. po Importance..., 2005) in po nekaterih raziskavah že 50 mg Zn/dan (Turnlund, 2006, cit. po Higdon, 2007) pri odraslih izzove pomanjkanje Cu, saj velike količine Fe zmanjšajo sprejem Cu v telo (National..., 2000; Turnlund, 2006, cit. po Higdon, 2007). Znana je medsebojna povezava med Cu in Mo v živih organizmih, vendar mehanizmi antagonističnega delovanja Cu - Mo še niso pojasnjeni. Prisotnost Cu vpliva na vsebnost Mo, ki se absorbira in ostane v telesu (Safe upper levels..., 2003).

Zaužitje večjih količin Zn povzroči nastanek več intestinalnega proteina metalotioneina, ki veže določene kovine (Cu, Se, Cd, Hg, Ag...) in jim prepreči absorpcijo v telo. Metalotionein ima večjo afiniteto do Cu kot do Zn, kar vodi v zmanjšano absorpcijo Cu (National..., 2001; Turnlund, 2006, cit. po Higdon, 2007).

2.8 TK KOT NEVARNOST ZA ČLOVEKOVO ZDRAVJE

Vsebnosti TK v organizmih se v primerjavi z vsebnostmi v okolju s časom hitreje povečujejo. Večje vsebnosti pa ovirajo normalno delovanje organizma in posledično vodijo v obolenja. Preglednica 1 prikazuje vrstni red toksičnosti TK na različne vrste organizmov. Čeprav se organizmi precej razlikujejo med seboj, je vrstni red toksičnosti dokaj podoben.

Preglednica 1: Posplošen vzorec toksičnosti kovin v različnih organizmih (*, cit. po Ross in Kaye, 1994).

		Organizem	Vrstni red toksičnosti	Vir*
I	Živali	Praživali	Hg, Pb > Ag > Cu, Cd > Ni, Co > Mn > Zn	(Shaw, 1954)
		Kolobarniki	Hg > Cu > Zn > Pb > Cd	(Reish in sod., 1976)
		Vretenčarji	Ag > Hg > Cu > Pb > Cd > Zn > Ni > Cr	(Jones, 1939)
II	Bakterije	Mineralizacijske bakterije	Ag > Hg > Cu > Cd > Pb > Cr > Mn > Zn = Ni > Sn	(Liang in Tabatabai, 1977)
III	Rastline	Alge	Hg > Cu > Cd > Fe > Cr > Zn > Ni > Co > Mn	(Sakaguchi in sod., 1977)
		Glive	Ag > Hg > Cu > Cd > Cr > Ni > Pb > Co > Zn	(Lukens, 1971)
		Višje rastline	Hg > Pb > Cu > Cd > Cr > Ni > Zn	(Oberlander in Roth, 1978)

2.8.1 Svinec

Hrana rastlinskega izvora vsebuje več Pb kot hrana živalskega izvora. Vnos Pb v telo poteka predvsem preko prehranjevalne verige, z vdihavanjem ali z vodo (Ewers in Schlipkoeter, 1984, cit. po Tematska karta..., 1989). S hrano zaužijemo 65 % Pb, z vodo 20 % in preko zraka 15 % (Lenntech, 2008).

Če dnevna zaužita količina Pb presega 500 µg Pb/dan, je po podatkih Svetovne zdravstvene organizacije (WHO) nevarna za zdravje ljudi. Zaradi podobnosti v velikosti in naboju se lahko Pb namesto Ca vključi v kosti, zato so posebno ogrožena skupina otroci, ki 50 % Pb zaužijejo direktno iz onesnaženih tal. Otroci zadržijo 40-50 % sprejetega Pb, odrasli imajo večji razpon (10-50 %) (Reagan in Silbergeld, 1989, cit. po. Addressing..., 2007).

Zgodnji simptomi zastrupitve s Pb so stalna utrujenost, izguba apetita, preobčutljivost, bolečine v trebuhu, zmanjšanje koncentracije in nespečnost. Kronična zastrupitev s Pb lahko vodi v slabo mišično koordinacijo, poškodbe živcev, hipertenzijo, okvare sluha in vida, zmanjšanje števila spermijev, splav in okvare pri razvoju (Ewers in Schlipkoeter, 1984, cit. po Tematska karta..., 1989; Reagan in Silbergeld, 1989, cit. po Addressing..., 2007).

2.8.2 Kadmij

Večje količine Cd v telesu vplivajo na pomanjkanje vitaminov, beljakovin in sladkorjev, na tvorbo hemoglobina ter izzovejo poškodbe kosti (Cadmium, 1999; Stoeppler, 1984, cit. po Tematska karta..., 1989). Ministrstvo za zdravje v Washingtonu (DHHS) uvršča Cd in njegove komponente med karcinogene elemente. Povzroča razvojne in genetske okvare (Stoeppler, 1984, cit. po Tematska karta..., 1989).

Po priporočilih WHO dnevni vnos Cd ne bi smel presegati 1 µg/kg telesne teže. Hrana in cigaretni dim sta največji vir vnosa Cd v telo (Cadmium, 1999). 98 % vnosa Cd s hrano je zemeljskega (terestričnega) izvora, 1 % je hrane morskega izvora in 1 % Cd vnesemo v telo s pitno vodo (Assche, 1998). Vsaka cigareta vsebuje od 1 do 2 µg Cd, tako kar 40-60 % Cd v vdihanem cigaretnem dimu preide preko pljuč v telo (Cadmium, 1999; Risk reduction..., 1994). Povprečen vnos Cd s hrano na neonesnaženih tleh je manjši od 10-25 µg/dan. Približno 0,5-1,0 µg Cd ostane v telesu (Risk reduction..., 1994).

Cd se kopiči v ledvicah in jetrih, kjer lahko ostane tudi 20-30 let (Cadmium, 1999; Lenntech, 2008). Le majhne količine Cd se izloči z urinom in iztrebki. Znaki zastrupitve s Cd preko hrane so gastrointestinalne motnje, kot so npr. slabost, bruhanje, trebušni krči in driska (Cadmium, 1999).

2.8.3 Cink

Beljakovinsko bogata hrana, kot je npr. meso in morski sadeži vsebujejo velike količine Zn (10-50 mg/kg sveže mase), medtem ko žita, zelenjava, sadje, jajca in mlečni izdelki vsebujejo majhne (ponavadi manj kot 5 mg/kg) (Reddy, 2005, cit. po Importance..., 2005). Ministrstvo za zdravje v Washingtonu (DHHS), Mednarodna agencija za raziskovanje raka (IARC) in Agencija za varstvo okolja (EPA) uvrščajo Zn med nekarcinogene elemente (Zinc, 2005).

Nevarni učinki se ponavadi pojavijo pri 10-15 krat višjih vrednostih, kot so potrebne za normalno delovanje organizma (Zinc, 2005; Reddy, 2005, cit. po Importance..., 2005). Količine nad 150 mg/dan povzročijo oslabitev imunskega sistema in pomanjkanje Cu v telesu. Količine nad 440 mg/dan Zn lahko povzročajo želodčne razjede (Grčman in Zupan, 2005).

V enkratnem odmerku zaužite večje količine Zn povzročijo trebušne krče, slabost, bruhanje in drisko (Zinc, 2005; Fosmire, 1990; Reddy, 2005, cit. po Importance..., 2005). Pri dolgotrajnem vnosu povečanih količin Zn v telo se lahko pojavi anemija, znižanje vsebnosti holesterola velike molekularne teže (dobrega holesterola (HDL)), poškodbe trebušne slinavke (Zinc, 2005) in nevrotoksičnost (Cai in sod., 2005). Z uživanjem hrane, ki vsebuje premalo Zn, se lahko pojavi izguba apetita, počasno celjenje ran, dermatitis in akne, zmanjšan občutek za okus in voh, zmanjšanje delovanja imunskega sistema, anoreksija, zaostajanje v rasti, zmanjšanje sproščanja spolnih hormonov, prirojena iznakaženost pri otrocih (Zinc, 2005), suha in groba koža, nihanje razpoloženja, zmanjšana prilagoditev na temo ter pogoste infekcije (Zinc-Essential..., 2008).

2.8.4 Baker

Eden glavnih znakov pomanjkanja Cu je slabokrvnost. Pomanjkanje Cu lahko vodi v nenormalno nizko raven belih krvnih celic ter v povečano nagnjenost k infekcijam. Osteoporoza ter okvare razvoja kosti so lahko posledica pomanjkanja Cu in so najpogostejše pri novorojenčkih in otrocih, ki so se rodili z nizko telesno težo (Higdon, 2007). EPA uvršča Cu med nekarcinogene elemente ker je premalo dokazov o karcinogenosti Cu (Copper, 2007). Pri presnovi Cu lahko omenimo predvsem dve bolezni:

- ▶ pri Wilsonovi bolezni se pojavijo motnje v metabolizmu Cu. Posledica je kopičenje Cu v jetrih, možganih, ledvicah, roženici in ostalih tkivih (Jančar, 2006);
- ▶ Menkesovo bolezen povzroči okvarjen gen, ki uravnava presnovo Cu. Cu se kopiči v možganih in jetrih v zelo majhnih količinah, medtem ko ga je v ledvicah in v črevesju v zelo veliko (Yamaguchi in sod., 1996).

2.8.5 Krom

Prisoten je v mnogih zelenjadnicah, sadju, mesu, kvasu in v žitih. Različni načini priprave hrane in shranjevanja lahko povišajo vsebnost Cr v živilih, npr. če je hrana shranjena v jeklenih posodah ali konzervah, se vsebnost poveča. (Lenntech, 2008). Na splošno je heksavalenten Cr^{6+} bolj toksičen kot trivalenten Cr^{3+} . DHHS in EPA uvrščata Cr^{6+} med karcinogene elemente (Chromium, 2001).

Njegova toksičnost za ljudi je neposredno povezana z oksidativnim številom Cr. Za razliko od Cr^{6+} ni dokazov, da bi elementarna oblika Cr negativno vplivala na zdravje ljudi (Lenntech, 2008; Chromium, 2001). Večje vsebnosti Cr^{6+} povzročijo izpuščaje na koži (Lenntech, 2008), zmanjšanje telesne teže, zmanjšano rast, nepravilno delovanje živčnega sistema (Chromium, 2001), bolezni srca, motnje v presnovi in diabetes (Lenntech, 2008).

2.8.6 Nikelj

Za žive organizme je Ni relativno strupen in je dostopen rastlinam v obliki Ni^{2+} (Bolt, 1976, cit. po Tematska karta, 1989). DHHS, IARC in EPA uvrščajo Ni in njegove spojine med karcinogene elemente (Nickel, 2005).

Najpogostejši škodljiv učinek Ni je alergijska reakcija, kot so izpuščaji na koži (npr. pri nošenju nakita), lahko se pojavi tudi kronični bronhitis (Nickel, 2005). Približno 10-20 % ljudi je občutljivih na Ni. Posledice previsokih količin Ni v telesu so rak na pljučih, v nosu, grlu in na prostati, slabost in omotičnost, pljučna embolija, odpoved dihalnih organov, napake ob rojstvu, astma, kronični bronhitis in srčne motnje (Lenntech, 2008).

2.8.7 Arzen

As je metaloid, ki sestavlja številne anorganske (oksidi, kloridi, fosfati) in organske (ogljikove in vodikove) spojine (Contaminants in soil..., 2002). Anorganske spojine As so bolj toksične kot organske. Skoraj vse zastrupitve povzročijo As trioksidi, ki so 500 krat bolj toksični kot čisti As. DHHS, IARC in EPA so opredelile anorganski As za karcinogene spojine (Arsenic, 2007). Letalna doza zaužitega As trioksida za odraslega človeka je 70-190 mg oziroma 200-300 mg (Winship, 1984, cit. po Contaminants in soil..., 2002). Letalna doza elementarnega As pa je 763 mg/kg (Arsenic, 2008).

Zastrupitev z manjšimi količinami As vključujejo blage glavobole, ki lahko preidejo v vrtoglavico in omotičnost, bolečine v trebuhu in v predelih črevesja, občutljivost in napetost, bljuvanje, ekstenzivno tvorbo slin, bruhanje, včasih tudi s krvjo, vneta grla, žeja, hripavost in oteženost govora, drisko, tenezem, pekoče uriniranje, mišične krče, pomodrelost okončin, rdeče in svetlikajoče oči, zmedenost (Arsenic, 2008), zmanjšanje rdečih in belih krvničk, aritmijo, poškodbe žil, ščemenje in zbadanje v rokah in nogah, razdražljivost pljuč (Arsenic, 2007), krvavitev ali aritmijo. Več študij je pokazalo, da izpostavljenost večjim količinam anorganskega As vodi do kožnega raka, raka na ledvicah, mehurju ali pljučih (Contaminants in soil..., 2002).

2.8.8 Kobalt

Rastline akumulirajo majhne količine Co. Skoraj ves zaužit Co se neabsorbiran izloči iz telesa, razen Co, vezan v vitaminu B_{12} , ki je esencialen element (Lenntech, 2008; Cobalt, 2004). Co se uporablja za zdravljenje anemije pri nosečnicah, ker stimulira tvorbo rdečih krvnih celic (Lenntech, 2008).

Vdihavanje prevelikih količin Co povzroči astmo in pljučnico pri ljudeh, ki so vsak dan v kontaktu s Co. Zdravstvene težave zaradi previsokih količin Co so bruhanje in slabost, problemi z vidom in sluhom ter s ščitnico (Lenntech, 2008). Težave, kot so sterilnost, izguba las, bruhanje, krvavenje, driska, koma in celo smrt, pa lahko povzroča sevanje radioaktivnih Co izotopov, ki se uporabljajo za uničevanje tumorjev oziroma rakastih tvorbo (Lenntech, 2008; Cobalt, 2004).

2.8.9 Molibden

Mo spojine, ki jih vnesemo v telo, skoraj v celoti (90-99 %) zaužijemo s hrano. Izdatni viri Mo so zlasti razni oreščki in žita, medtem ko ga je v hrani živalskega izvora, sadju in

zelenjavi manj (Turnlund in sod., 1995, cit. po Obreza, 2008). Za razliko od večine ionov prehodnih elementov se iz prebavnega sistema Mo dobro in hitro absorbira. Stopnja absorpcije (20-95 %) je odvisna od topnosti spojin (Obreza, 2008). V vodi topne komponente Mo se hitro absorbirajo v pljuča in prebavni trakt, medtem ko se netopne komponente izločijo z urinom. Nekateri viri navajajo, da se z urinom izloči 25-50% (Toxicity profiles..., 1993) Mo, drugi 80 % (Safe upper levels..., 2003).

Če vsebuje hrana več kot 100 mg/kg Mo, se pojavijo driska, slabokrvnost ali visoke vsebnosti sečne kisline v krvi (Safe upper levels..., 2003).

2.9 POVPREČEN DNEVNI ODMEREK (RDA) IN NAJVEČJI DOVOLJENI ODMEREK (UL) NEKATERIH TK

Ljudje potrebujemo določen dnevni vnos esencialnih mikrohranil. Spodnja preglednica prikazuje priporočene dnevne vnose in največjo dnevno količino mikrohranil, ki so jih opredelile različne zdravstvene inštitucije in strokovnjaki za zdravje (Preglednica 2).

Preglednica 2: RDA in UL za odraslega človeka (*).

Element	RDA mg/dan	UL mg/dan	VIR*
Zn	15	25	(Lenntech, 2008)
	8-11	40	(National..., 2000)
Cu	1,25	10	(Priporočeni..., 2005)
	2	10	(Lenntech, 2008)
	0,9	10	(National..., 2000)
	0,9	5	(Opinion of..., 2003)
Cr	0,065	nd*	(Priporočeni..., 2005)
	0,12	0,2	(Lenntech, 2008)
	0,025-0,035**	nd*	(National..., 2000)
	0,05-0,2***	-	(Chromium, 2001)
Mo	0,075	2	(Priporočeni..., 2005))
	0,075	0,2	(Lenntech, 2008)
	0,045	2	(National..., 2000)
Co	>1	1	(Lenntech, 2008)

* ni določeno (v večini primerov zaradi nezadostnega števila znanstvenih raziskav)

** Al

*** Cr³⁺

- ni podatka

2.10 VSEBNOSTI TK V TLEH GLEDE NA NJIHOVO RABO

Vsebnosti TK v tleh se razlikujejo glede na rabo tal. Povzeli smo rezultate analiz TK v tleh različnih raziskav. Najmanjšo vsebnost TK imajo naravna tla, medtem ko so mesta tla bolj onesnažena s TK. Z zelo povečanimi vsebnostmi TK iztopa mesto Torino v Italiji. Med kmetijskimi in primestnimi tlemi ni bistvenih razlik v vsebnosti TK. Če primerjamo mestna tla s kmetijskimi in primestnimi, so vsebnosti bistveno večje. Kljub visokim vsebnostim TK v mestnih tleh, so tla v Ljubljani manj onesnažena kot tla v Torinu (Preglednica 3).

Preglednica 3: Vsebnosti nekaterih TK v tleh (mg/kg SS) povzete po različnih avtorjih.

TK	Naravna – neonesnažena tla	Kmetijska tla			Primestna tla		Mestna tla (Glasgow, Ljubljana, Torino)		
	(Wong in sod., 2002)	(Huang in sod., 2007)	(Jiangsu..., 1990, cit. po Huang in sod, 2007)	(Wong in sod., 2002)	(Chen in sod., 2008)	(Cheng in sod., 2006)	(Ajmone- Marsan in sod., 2008) Glasgow	(Ajmone- Marsan in sod., 2008) Ljubljana	(Ajmone- Marsan in sod., 2008) Torino
Pb	29,90	35,70	34,90	40,00	46,15	25,61	195	102	277
Cd	0,52	0,30	0,19	0,58	0,26	0,17	-	-	-
Zn	50,70	98,10	83,90	84,7	116,07	69,00	178	177	235
Cu	14,70	33,90	31,90	33,00	36,57	17,76	62	48	107
Cr	51,80	77,20	91,00	71,40	62,23	54,60	52	43	303
Ni	16,50	38,50	38,10	21,20	20,04	22,31	41	22	260
As	-	10,20	9,80	-	6,25	9,30	-	-	-
Co	7,12	-	-	9,11	9,25	14,00	-	-	-
Mo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hg	-	0,20	0,09	-	0,69	0,15	-	-	-

- ni podatka

2.11 VRTIČKARSTVO V MESTNI OBČINI LJUBLJANA

Med vrtničkarji prevladujejo osebe, ki so stare nad 50 let. Največ vrtničkarjev živi v s partnerjem v dvočlanskem gospodinjstvu. Večina vrtničkov je v precejšnji bližini bivališč vrtničkarjev, kar praktično omogoča njihovo vsakodnevno obiskovanje. 93 % vrtničkarjev prihaja na svoj vrtniček brez otrok, mlajših od 15 let (Vrtničkarstvo..., 2006).

Ljubljanski vrtnički se pretežno nahajajo na bazičnih tleh, s kislostjo tal (pH) večjo od 7,2, kar gre pripisati matični podlagi karbonatnega izvora. Organske snovi (OS) na ljubljanskih vrtničkih ne primanjkuje, prej bi lahko celo rekli obratno. Visoko vsebnost OS v tleh si razlagamo predvsem s pretirano uporabo organskih gnojil, kar se zrcali tudi prezaloženosti tal s hranili. Tla so večinoma ilovnata, manjši delež vrtničkov pa je tudi v nekaterih razredih srednje težkih tal. Na splošno prevladujejo srednje težka tla (Preglednica 4) (Vrtničkarstvo..., 2006).

Preglednica 4: Delež vrtničkov glede na kislost tal (pH), organsko snov (OS) in teksturo (v %) (Vrtničkarstvo..., 2006).

pH			OS			Tekstura					
slabo kisla (5,6-6,5)	nevtralna (6,6-7,2)	bazična (> 7,2)	srednje humozna (2-4 %)	humozna (4-10 %)	zelo humozna (> 10 %)	I	MI	MGI	GI	GI-I	PI
3	28	69	13	85	2	79	9	5	3	2	2

n = 100 vrtničkov

I = ilovica, MI = meljasta ilovica, MGI = meljasto glinasta ilovica, GI = glinasta ilovica, GI-I = glinasta ilovica do ilovica, PI = peščena ilovica.

Oskrbljenost vrtničkov z glavnimi rastlinskimi hranili (magnezij, kalij, fosfor) je pogosto previsoka. Ostanki mineralnega dušika (Nmin) v tleh so večinoma sprejemljivi, v posameznih primerih tudi preseženi (Preglednica 5) (Vrtničkarstvo..., 2006).

Preglednica 5: Delež vrtilčkov glede na založenost tal s fosforjem (P_2O_5), kalijem (K_2O), magnezijem (Mg) in mineralnim dušikom (Nmin) (v %) (Vrtičkarstvo..., 2006).

P_2O_5					K_2O					Mg			Nmin		
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	B	C	D	sprejemljivi	zmerno preseženi	izrazito preseženi
1	2	8	12	77	3	26	26	23	22	1	20	79	79	15	6

n = 100 vrtilčkov

A siromašna, B srednja, C optimalna, D čezmerna, E ekstremna tla

V okviru mednarodnega projekta URBSOIL so na Biotehniški fakulteti, Center za pedologijo in varstvo okolja, ugotavljali kakovost urbanih tal v MOL. Ugotovili so, da je izmed izmerjenih potencialno nevarnih snovi v tleh največkrat povečana vsebnost Pb v tleh. Ostale TK (Zn, Cu, Cd, Cr in Ni) so bile povečane le na manjšem številu lokacij (Grčman in Zupan, 2005).

Na Biotehniški fakulteti so delali raziskavo revitalizacije Krakovskih vrtov. Analize so pokazale, da so na Krakovskih vrtovih dosegle OV naslednje TK v tleh: Cu, Zn, Pb, Hg (živo srebro) in Cd. Cr, Ni, As, Mn, Co, Se (selen), Ta (talij), Va (vanadij) in Mo so bile pod OV (Koncept revitalizacije..., 2008).

2.12 ZAKONODAJA O VSEBNOSTI TK V TLEH IN ZELENJADNICAH

Onesnaženost tal s TK ter ostanki FFS v Sloveniji določa Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih emisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uredba o mejnih..., 1996). Uredba velja za celotno območje Republike Slovenije ne glede na vrsto ali rabo tal. Uredba onesnaženost tal opredeljuje s tremi stopnjami oz. vrednostmi, ki jih podajamo v mg/kg suhe snovi (SS). Zgornje mejne vrednosti (ZMV) TK v solatnicah določa Evropska zakonodaja (Maximum levels..., 2006) (Preglednica 6).

Preglednica 6: Mejne, opozorilne in kritične vrednosti nekaterih TK v tleh in zgornja mejna vrednost TK v zelenjavi.

TK	MV v tleh (mg/kg SS)	OV v tleh (mg/kg SS)	KV v tleh (mg/kg SS)	ZMV v listnati zelenjavi (mg/kg SvS)
	(Uredba o mejnih..., 1996)			(Maximum levels..., 2006)
Mo	10	40	200	-
Co	20	50	240	-
As	20	30	55	-
Ni	50	70	210	-
Cr	100	150	380	-
Cu	60	100	300	-
Zn	200	300	720	-
Cd	1	2	13	0,2
Pb	85	100	530	0,3

3 MATERIAL IN METODE

3.1 TK V PRIDELKIH IN V TLEH

3.1.1 Izbira vzorčnih lokacij vrtičkov

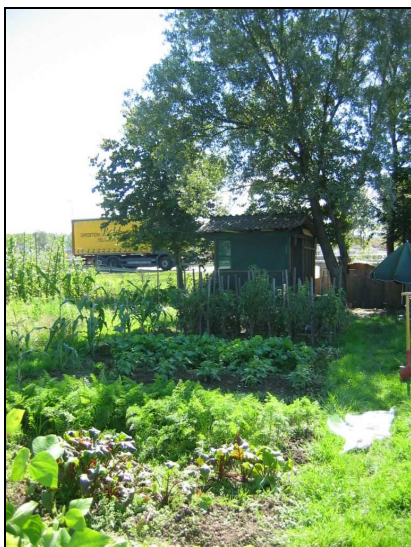
Pri izbiri lokacij vrtičkov so nam bili v pomoč obstoječi digitalnih orto-foto posnetki ter digitalna karta mestnih vrtičkov. Območja vrtičkov (Preglednica 7, Priloga B) smo izbrali s pomočjo naslednjih kriterijev:

- ▶ oddaljenost od možnih virov onesnaženja (industrijska območja, oddaljenost od glavnih prometnic, industrijskih in individualnih kurišč) in upoštevali
- ▶ enakomerno razporeditev vrtičkov po območju MOL.

Prvotno je bil naš namen na posameznem območju izbrati vrtičke, ki bi bili različno oddaljeni od prometnic. Zaradi nedosegljivosti vrtičkarjev smo vzeli vzorec ne glede na oddaljenost od prometnic.

Vzorčenje je potekalo od druge polovice avgusta do sredine septembra. Skupno smo pridobili 100 talnih in 97 rastlinskih vzorcev endivije (43) in radiča (54) v tehnološki zrelosti.

Nekateri vrtički so bili ob neposredni bližini cest (Slika 2). Na sliki 3 so individualni vrtički ob stanovanjskih hišah in fakulteti za arhitekturo. Iz slik lahko razberemo urejenost in skrb za vrtiček.



Slika 2: Vrtniček na Viču (foto: Markelc I.).



Slika 3: Vrtniček ob Krakovski ulici (foto: Markelc I.).

Preglednica 7: Območja vzorčnih vrtičkov v okviru meja MOL v letu 2006.

Zaporedna številka območja	Lokacije območij vrtičkov
1	Sava – Črnuče
2	Vodarna – Kleče
3	Selanova ulica – Stegne
4	Ulica Jožeta Jame – Šiška
5	Podutiška cesta – Podutik
6	Cesta Dolomitskega odreda – Brdo
7	Cesta dveh cesarjev – Vič
8	Curnovec – Rakova Jelša
9	Krakovska ulica – Krakovo
10	Hradeckega cesta – Poljane
11	Toplarniška ulica – Moste
12	Šmartinska cesta – Moste
13	Kranjčeva ulica – Bežigrad
14	Kopna pot – Šmartno ob Savi
15	Cesta v Šmartno – Šmartno ob Savi
16	Letališka cesta – Moste
17	Gramozna pot – Fužine
18	Zadobrovska cesta – Polje
19	Avšičeva cesta – Šentvid
20	Alešovčeva ulica – Bežigrad
21	Hladnikova cesta – Trnovo
22	Hajdrihova ulica – Vič
25	Cesta na Brdo – Brdo
26	Litostrojska cesta – Šiška
27	Zaloška cesta – Zalog
28	Agrokombinatska cesta – Zalog
30	Glinščica – Bokalce
31	Vrtnarska cesta – Šentvid
32	Saveljska cesta – Savlje
33	Bratislavška cesta – Moste
34	Vojkova cesta – Bežigrad
35	Štepanjsko nabrežje – Štepanjsko naselje

3.1.2 Postopek vzorčenja vrtnin

Na posameznem vrtičku smo odvzeli 0,5 od 1 kg endivije oziroma radiča (3-4 rastline). Vzorce smo odvzeli enakomerno po celotni gredi posamezne zelenjadnice. Vrtnini smo odstranili korenine oz. podzemni del rastline. Za vsak vzorec smo izpolnili zapisnik vzorčenja (priloga A). Po vzorčenju smo vzorce takoj pripeljali v Centralni laboratorij na KIS v hladilnico.

3.1.3 Postopek vzorčenja tal

Na posameznem vrtičku smo odvzeli 6-9 enakomerno razporejenih pod-vzorcev po celotni površini vrtička. Globina odvzetega vzorca je bila med 0 in 20 oz. 25 cm (globina obdelave oz. globina, kjer se razvije največ korenin). Masa odvzetega vzorca je bila od 0,5 do 1 kg. Lopato smo pravokotno zasadili v tla, nato smo z drugega konca pod kotom 45° ponovno zasadili lopato, ter odstranili navpični del odrezanih tal. Z leseno žlico smo očistili talni vzorec tako, da smo odstranili del tal, ki je bil morebitno onesnažen s kovinami rezila lopate. Na očiščenem delu smo pod pravim kotom odvzeli vzorec tal enakomerno po celi globini. Vzorcju smo odstranili skelet in večje dele organske snovi ali delov rastlin ter ga shranili v vrečki iz polietilena nizke gostote (PE LD), ki smo jo ustrezno označili z oznako

območja ter lokacije oziroma vrtička. Ob vsakem vzorčenju smo izpolnili zapisnik, ki je vseboval naslov projekta, ime lokacije, kodo območja, kontaktno telefonsko številko, seznam odvzetih vzorcev, opombo ob vzorčenju, datum ter ime vzorčevalca.

3.2 ANALITSKE METODE

3.2.1 Analitika TK v pridelkih

Solatnice smo v laboratoriju oprali in zmrznili. Nato smo zmrznjene vzorce odmrznili, posušili in zdrobili v ahatni terilnici. Tako pripravljen vzorec smo poslali na Zavod za zdravstveno varstvo, Inštitut za varstvo okolja v Mariboru, kjer so naredili analize TK.

Vzorci so bili predhodno pripravljene s kisliniskim razklopom (HNO_3 , H_2O_2) v zaprtem mikrovalovnem sistemu MILESTONE Ethos Touch Control. Meritev vsebnosti TK je bila izvedena po standardu ISO 17294-2: Kakovost vode – Uporaba induktivno sklopljene plazme z masno selektivnim detektorjem (ICP-MS) – 2. del: za določanje 62 elementov (2003). Meritve so bile izvedene na aparatu Perkin Elmer SCIEX Elan DRC-e.

3.2.2 Analitika TK v tleh

Vzorci tal smo za nadaljne analize TK pripravili po navodilih standarda ISO 11464. V pripravljenem vzorcu smo naredili ekstrakcijo TK, topnih v zlatotopki (ISO 11466). V ekstraktu smo merili vsebnost Cu, Cr, Ni, Pb in Zn z metodo plamenske absorpcijske spektrometrije (AAS) z atomskim absorpcijskim spektrometrom Analyst 800 (Perkin Elmer) ter Cd, As, Mo in Co z metodo elektrotermične AAS z atomskim absorpcijskim spektrometrom Analyst 600 (Perkin Elmer) (ISO 11047).

3.3 VREDNOTENJE REZULTATOV ANALIZ

Rezultate analiz TK v tleh vrtnin smo vrednotili z Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih emisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uredba o mejnih..., 1996), medtem ko smo analize TK v vrtninah (endivija in radič) vrednotili po evropski zakonodaji (Maximum levels..., 2006) (Preglednica 6). Glede na RDA in UL TK smo izračunali vrednosti, ki bi lahko predstavljale škodljiv učinek na zdravlje ljudi.

Po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije, Slovenci pojemo povprečno 170 g zelenjave na dan (Trendi razpoložljivosti..., 2008). Glede na vsebnost TK v radiču in endiviji smo izračunali RDA in UL ob predpostavki, da zaužijemo 170 g radiča oziroma endivije na dan. Vsebnosti TK v naših obravnavanih vzorcih smo pomnožili z 0,15 kg. Izračunane vrednosti nekaterih TK smo primerjali z določenimi vrednostmi RDA in UL (Preglednica 2).

3.4 STATISTIČNA OBDELAVA

Zbrane podatke o vsebnosti TK v talnih in rastlinskih vzorcih smo uredili v preglednice in slike z računalniškim programom Microsoft Excel® 2003. Statistično smo jih obdelali in prikazali s pomočjo programa Statgraphic Centurion XV. Pearsonov koeficient korelacije med vsebnostjo TK v vrtninah in TK v tleh smo izračunali s pomočjo programa Statgraphic Centurion XV.

4 REZULTATI

V nadaljevanju so ločeno prikazani obdelani podatki TK v vrtninah in v tleh vrtičkov na območju MOL.

4.1 VSEBNOST TK V ENDIVIJI IN RADIČU

Od 43 vzorcev endivije je bila, glede na evropsko zakonodajo, v enem vzorcu presežena ZMV za Pb, v ostalih vzorcih endivije so bile meritve Pb in Cd pod ZMV. Od vseh obravnavanih TK so imeli vzorci endivije največjo vsebnost Zn, medtem ko so bile najmanjše vsebnosti Cd, Co in As (Preglednica 8).

Preglednica 8: Vsebnosti TK (mg/kg) v endiviji.

TK	Skupno število vzorcev	Povprečje mg/kg	Razpon meritev (mg/kg)	Število vzorcev, ki so presegli ZMV
Zn	43	2,466	1,225-5,625	-
Cu	43	0,444	0,045-1,067	-
Mo	43	0,159	0,060-0,401	-
Cr	43	0,127	0,041-0,342	-
Pb	43	0,078	0,010-0,327	1
Ni	43	0,077	0,003-0,213	-
Cd	43	0,018	0,003-0,077	0
Co	43	0,015	0,002-0,139	-
As	43	0,011	0,001-0,033	-

- ni zgornje mejne vrednosti (ZMV)

Glede na evropsko zakonodajo v nobenem vzorcu radiča ni bila presežena ZMV. Od vseh obravnavanih TK so imeli vzorci radiča največjo vsebnost Zn, medtem ko so bile najmanjše vsebnosti Cd, Co in As (Preglednica 9).

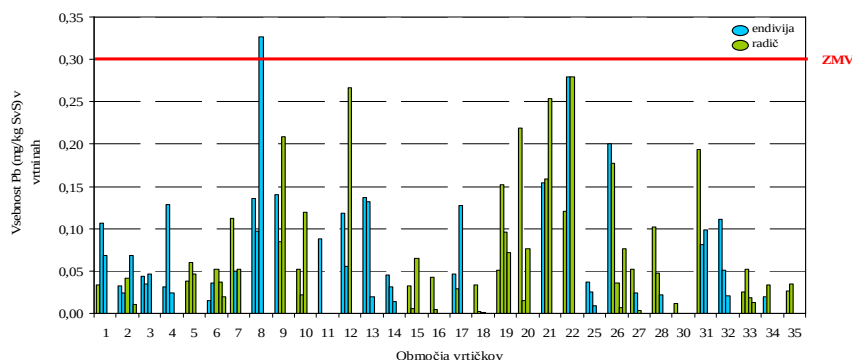
Preglednica 9: Vsebnosti TK (mg/kg) v radiču.

TK	Skupno število vzorcev	Povprečje mg/kg	Razpon meritev (mg/kg)	Število vzorcev, ki so presegli ZMV
Zn	54	2,482	1,188-5,084	-
Cu	54	0,530	0,073-2,046	-
Mo	54	0,186	0,032-0,469	-
Cr	54	0,149	0,036-1,157	-
Ni	54	0,077	0,003-0,247	-
Pb	54	0,072	0,001-0,279	0
Cd	54	0,021	0,006-0,078	0
Co	54	0,015	0,002-0,052	-
As	51	0,010	0,001-0,033	-

- ni zgornje mejne vrednosti (ZMV)

4.1.1 Svinec

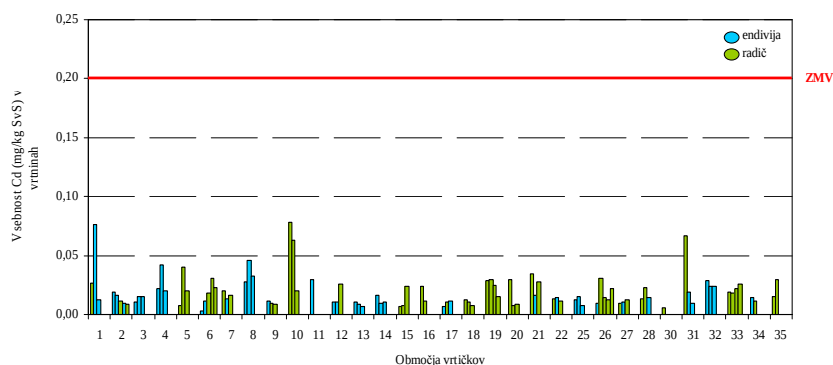
Na območju Rakove Jelše (območje 8) je po evropski zakonodaji en vzorec endivije z vrednostjo Pb 0,327 mg/kg presegel ZMV, ostalih 96 vzorcev endivije in radiča je imelo vsebnost Pb pod ZMV. Povprečna vsebnost Pb v endiviji je bila 0,078 mg/kg in v radiču 0,072 mg/kg (Slika 4).



Slika 4. Vsebnost Pb (mg/kg) v endiviji in radiču z vrtnikov po posameznih območjih.

4.1.2 Kadmij

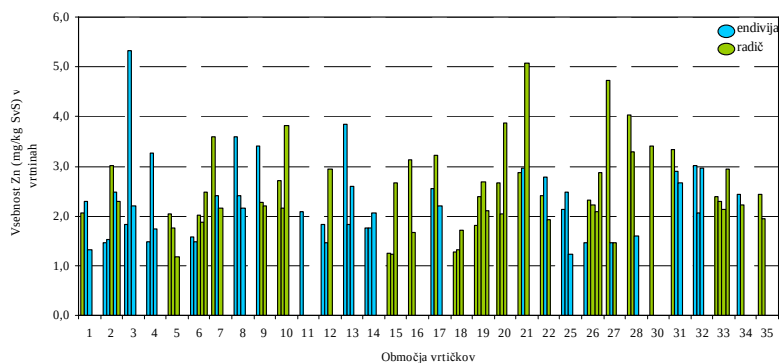
Vseh 97 analiziranih vzorcev endivije in radiča je imelo vsebnost Cd pod ZMV. Povprečna vsebnost Cd v endiviji je bila 0,018 mg/kg in v radiču 0,021. Največja vsebnost Cd je bila 0,078 mg/kg v radiču ob Hradetski cesti (območje 10) (Slika 5).



Slika 5. Vsebnost Cd (mg/kg) v endiviji in radiču z vrtnikov po posameznih območjih.

4.1.3 Cink

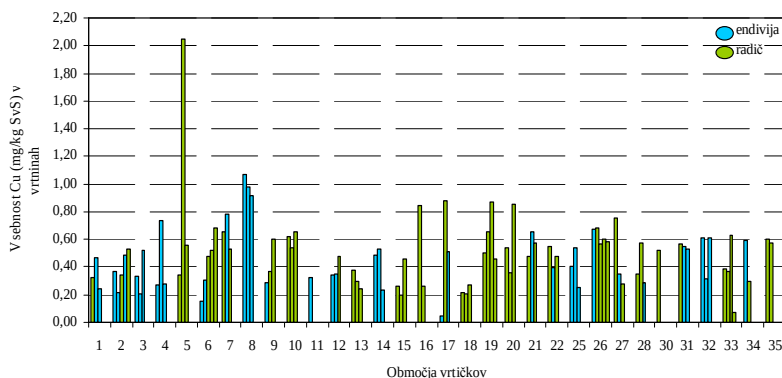
V povprečju je bilo Zn v endiviji 2,466 mg/kg in v radiču 2,482 mg/kg. Največja vsebnost Zn (5,34 mg/kg) je bila na območju Selanove ulice v Stegnah (območje 3) (Slika 6).



Slika 6: Vsebnost Zn (mg/kg) v endiviji in radiču z vrtnikov po posameznih območjih.

4.1.4 Baker

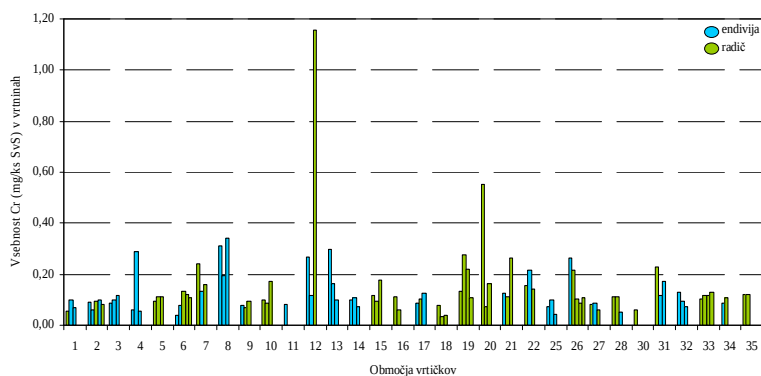
V povprečju je bilo v endiviji 0,444 mg/kg Cu, medtem ko ga je bilo v radiču 0,530 mg/kg. Največja vsebnost Cu je bila 2,046 mg/kg v radiču ob Podutiški cesti (območje 5) (Slika 7).



Slika 7: Vsebnost Cu (mg/kg) v endiviji in radiču z vrtničkov po posameznih območjih.

4.1.5 Krom

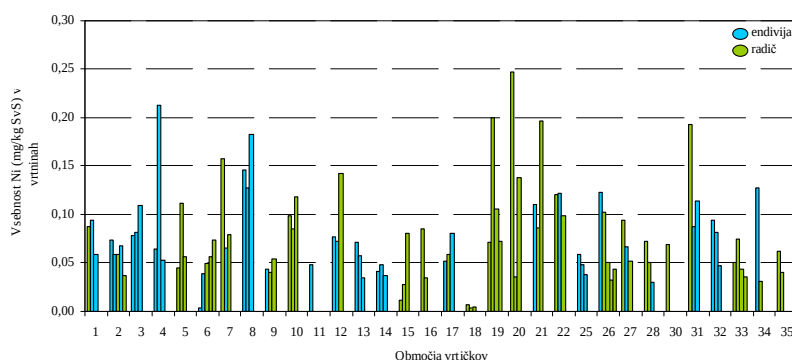
Največja vrednost Cr je bila analizirana v radiču ob Šmartinski cesti v Mostah (območje 12) in sicer 1,157 mg/kg. Povprečna vsebnost Cr v endiviji je bila 0,127 mg/kg in v radiču 0,149 mg/kg (Slika 8)



Slika 8: Vsebnost Cr (mg/kg) v endiviji in radiču iz vrtničkov po posameznih območjih.

4.1.6 Nikelj

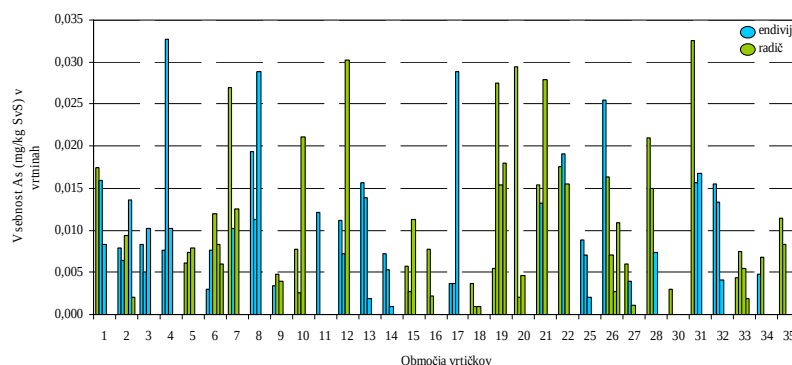
Največja vsebnost Ni je bila v radiču, in sicer 0,247 mg/kg na območju Alešovčeve ulice v Bežigradu (območje 20). Povprečna vsebnost Ni v endiviji in v radiču je bila 0,077 mg/kg (Slika 9).



Slika 9: Vsebnost Ni (mg/kg) v endiviji in radiču z vrtnikov po posameznih območjih.

4.1.7 Arzen

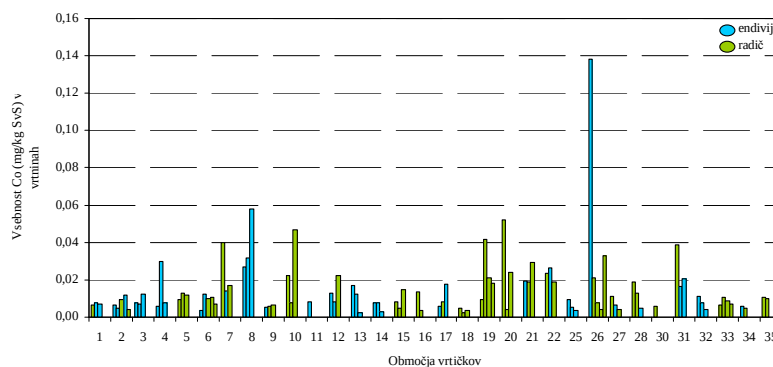
Največja vsebnost As je bila analizirana v radiču z vrtnika v Šentvidu ob Vrtnarski cesti (območje 31), in sicer 0,033 mg/kg. Na ljubljanskih vrtnikih je bila povprečna vsebnost As v endiviji 0,011 mg/kg in v radiču 0,010 mg/kg (Slika 10).



Slika 10: Vsebnost As (mg/kg) v endiviji in radiču z vrtnikov po posameznih območjih.

4.1.8 Kobalt

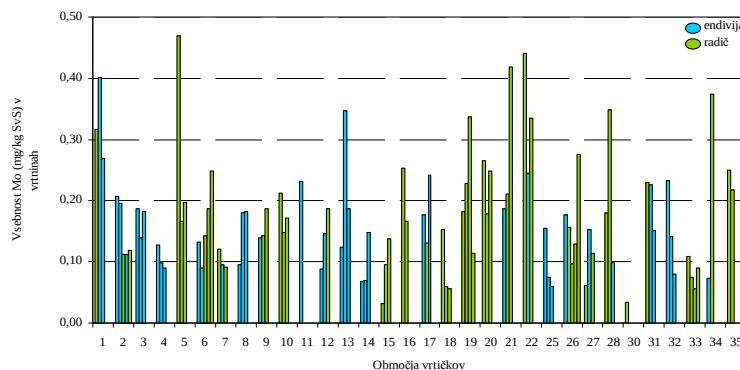
V povprečju je bila vsebnost Co v endiviji in radiču 0,015 mg/kg. Največjo vsebnost Co (0,139 mg/kg) vsebuje endivija, ki raste na vrtniku ob Litostrojski cesti v Šiški (območje 26) (Slika 11).



Slika 11: Vsebnost Co (mg/kg) v endiviji in radiču z vrtnikov po posameznih območjih.

4.1.9 Molibden

Radič, ki raste ob Podutiški cesti (območje 5) ima najvišjo vsebnost Mo in sicer 0,469 mg/kg. V povprečju je Mo v endiviji 0,159 mg/kg in v radiču 0,186 mg/kg (Slika 12).



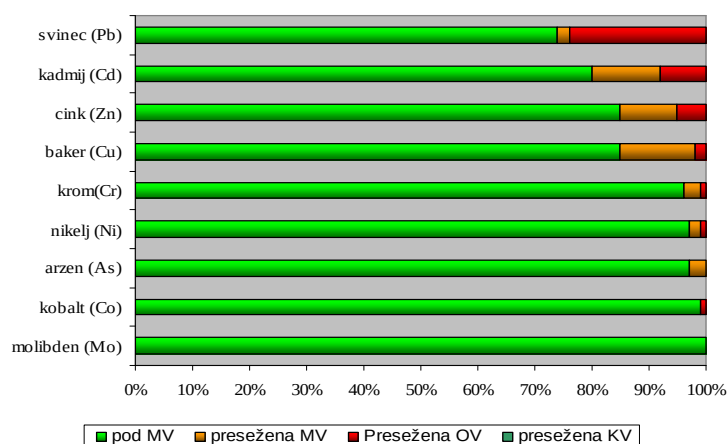
Slika 12. Vsebnost Mo (mg/kg) v endiviji in radiču z vrtnin po posameznih območjih.

4.2 VSEBNOST TK V TLEH VRTIČKOV

Od 9-ih analiziranih TK je bila v največ vrtnin presežena OV za Pb v tleh, sledijo mu Cd, Zn, Cu, Cr, Ni in Co. V vseh analiziranih vrtnin je bila vsebnost As in Mo v tleh pod OV. V 13 vrtnin je bila presežena MV za Cu v tleh, sledi mu Cd in Zn. V največ vrtnin je bila presežena MV za Cu, sledijo mu Cd, Zn, Cr in As, ter Pb in Ni. Pod mejno vrednostjo je bilo največ talnih vzorcev (Preglednica 10 in Slika 13).

Preglednica 10: Vsebnosti TK (mg/kg) v tleh.

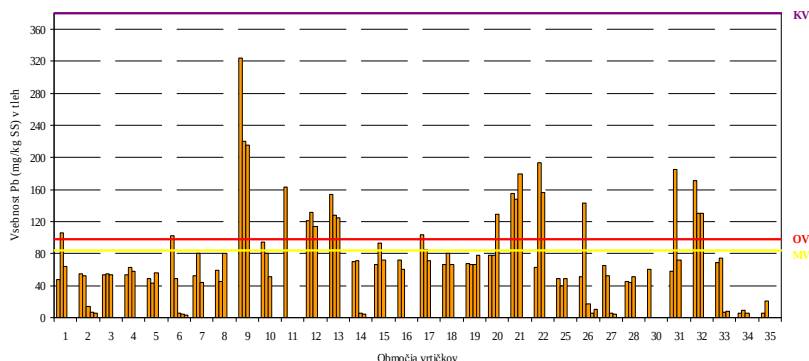
Težka kovina	Število vzorcev	Povprečje (mg/kg)	Razpon meritev (mg/kg)	Število vzorcev (n)			
				< MV	$MV \leq n < OV$	$OV \leq n < KV$	$\geq KV$
Mo	100	1,5	0,0 - 6,3	100	-	-	-
Co	100	10,2	4,3 - 64	99	-	1	-
As	100	12,5	5,9 - 23	97	3	-	-
Ni	100	28,2	13 - 70	97	2	1	-
Cr	100	47,5	17 - 354	96	3	1	-
Cu	100	43,5	3,0 - 216	85	13	2	-
Zn	100	157,5	70 - 446	85	10	5	-
Cd	100	1,1	0,22 - 9,30	80	12	8	-
Pb	100	73,9	4,0 - 324	74	2	24	-



Slika 13: Porazdelitev vrtnin glede MV, OV in KV TK v tleh.

4.2.1 Svinec

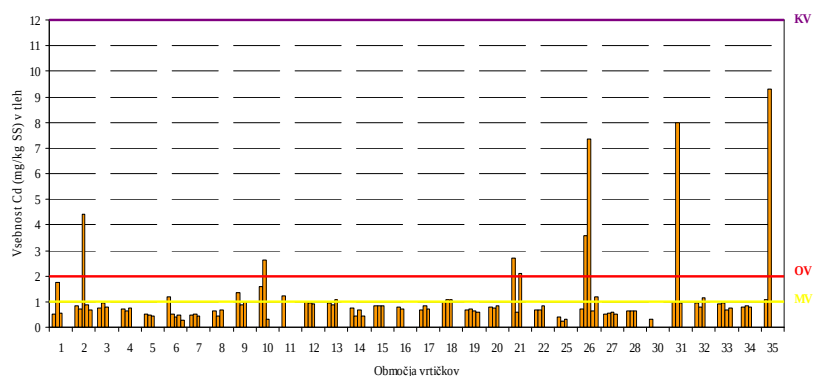
V povprečju vsebujejo tla vrtnin v MOL 74 mg/kg Pb. Najmanjša vsebnost je bila 4,0 mg/kg ob Cesti Dolomitskega obreda na Brdu (območje 6) in največja, 324 mg/kg, ob Krakovi ulici (območje 9). Presežena MV v tleh je bila v 2 vrtnin, presežena OV pa v 24 vrtnin. OV za vsebnost Pb v tleh je bila presežena v vseh analiziranih vrtnin ob Krakovski ulici (območje 9), ob Šmartinski cesti v Mostah (območje 12), ob Kranjčevi ulici v Bežigradu (območje 13), ob Hladnikovi cesti v Trnovem (območje 21) in ob Saveljski cesti v Savljah (območje 32) (Slika 14).



Slika 14: Vsebnost Pb (mg/kg) v vrtnin po posameznih območjih.

4.2.2 Kadmij

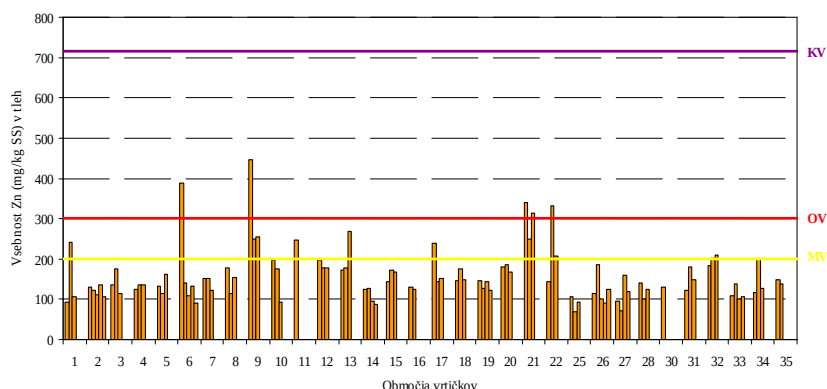
Tla vrtnin povprečno vsebujejo 1,09 mg/kg Cd. Najmanjša analizirana vsebnost je bila 0,22 mg/kg ob Cesti na Brdo (območje 25), največja v Štepanjskem naselju (območje 35) in sicer 9,30 mg/kg. Presežena MV za Cd je bila v 12 vrtnin, presežena OV pa v 8. V enem vrtniku pri Vodarni v Klečah (območje 2), ob Hradecki cesti v Poljanah (območje 10), ob Vrtnarski cesti v Šentvidu (območje 31) in v Štepanjskem naselju (območje 35) je bila presežena OV. Ob Hladnikovi cesti v Trnovem (območje 21) in ob Litostrojski cesti (območje 26) je bila OV presežena v dveh vrtnin. KV za Cd ni bila presežena v nobenem vrtniku. Ob Zadobrovske cesti v Polju so vsi trije analizirani talni vzorci z vrtnin minimalno presežili MV (Slika 15).



Slika 15: Vsebnost Cd (mg/kg) v tleh vrtničkov po posameznih območjih.

4.2.3 Cink

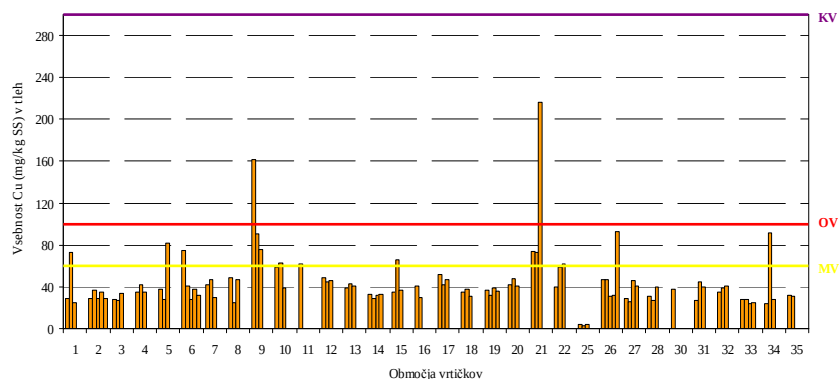
Povprečna vsebnost Zn v tleh ljubljanskih vrtničkov je bila 158 mg/kg. Najmanjša vsebnost je bila 70 mg/kg ob Cesti na Brdo (območje 25) in največja (446 mg/kg) ob Krakovski ulici (območje 9). Presežena MV za vsebnost Zn je bila v 10 vrtničkih, preseženo OV pa v 5 vrtničkih. Ob Krakovski ulici s povprečno vsebnostjo 317,3 mg/kg in ob Hladnikovi cesti (območje 21) s povprečno vsebnostjo 301 mg/kg je bila presežena MV v tleh v vseh treh analiziranih vrtničkih. V nobenem vrtničku ni bila presežena KV za Zn (Slika 16).



Slika 16: Vsebnost Zn (mg/kg SS) v tleh vrtničkov po posameznih območjih.

4.2.4 Baker

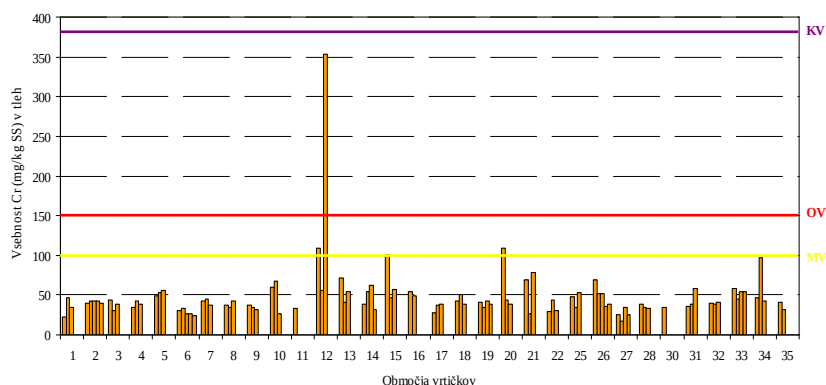
V tleh ljubljanskih vrtničkov je bilo v povprečju 43 mg/kg Cu. Najmanjša vsebnost je bila 3,0 mg/kg ob Cesti na Brdo (območje 25) in največja, 216 mg/kg, ob Hladnikovi cesti v Trnovem (območje 21). Presežena MV za Cu je bila v 13 vrtničkih, preseženo OV pa v 2 vrtničkih. Vsebnost Cu v vseh tleh vseh analiziranih vrtničkov ob Krakovi ulici (območje 9) in ob Hladnikovi cesti (območje 21) so presegle OV. V nobenem vrtničku vsebnost Cu v tleh ni presegla KV (Slika 17).



Slika 17: Vsebnost Cu (mg/kg SS) v tleh vrtilčkov po posameznih območjih.

4.2.5 Krom

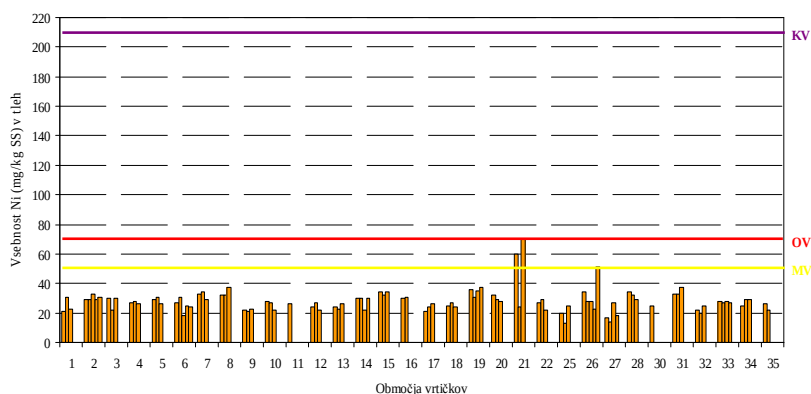
Povprečna vsebnost Cr v tleh je bila 48 mg/kg. Najmanjša vsebnost (17 mg/kg) je bila v vrtilčku ob Zaloški cesti (območje 27) in največja, 354 mg/kg, ob Šmartinski cesti (območje 12). Vsebnost Cr v tleh je bila v večini vrtilčkov (96 %) pod MV. OV za Cr je bila presežena v enem vrtilčku, MV pa v treh. V nobenem vrtilčku na območju MOL ni bila presežena KV za Cr (Slika 18).



Slika 18: Vsebnost Cr (mg/kg) v vrtilčkih po posameznih območjih.

4.2.6 Nikelj

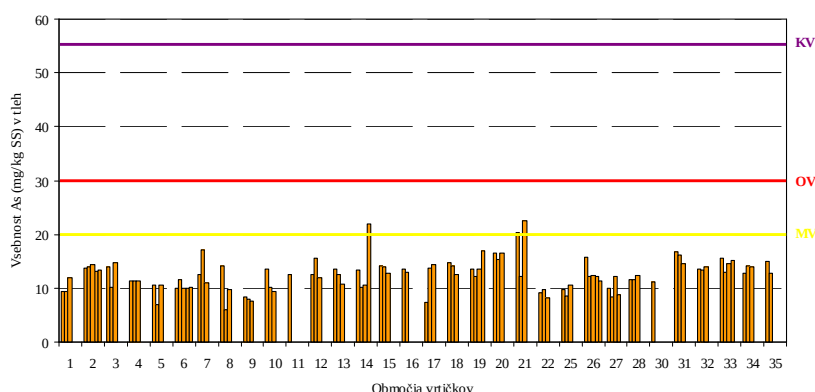
Povprečna vsebnost Ni v vseh 100 analiziranih vrtilčkih je bila 28 mg/kg, najmanjša vsebnost je bila 13 mg/kg ob cesti na Brdo (območje 25) in največja, 70 mg/kg, ob Hladnikovi cesti v Trnovem (območje 21). Presežena MV v tleh je bila v dveh vrtilčkih ob Hladnikovi cesti in v enem vrtilčku ob Litostrojski cesti (območje 26). Vsebnost Ni v tleh vrtilčkov je bila v 97 % pod MV. KV za Ni ni bila presežena v nobenem vrtilčku (Slika 19).



Slika 19: Vsebnost Ni (mg/kg) v vrtilčkih po posameznih območjih.

4.2.7 Arzen

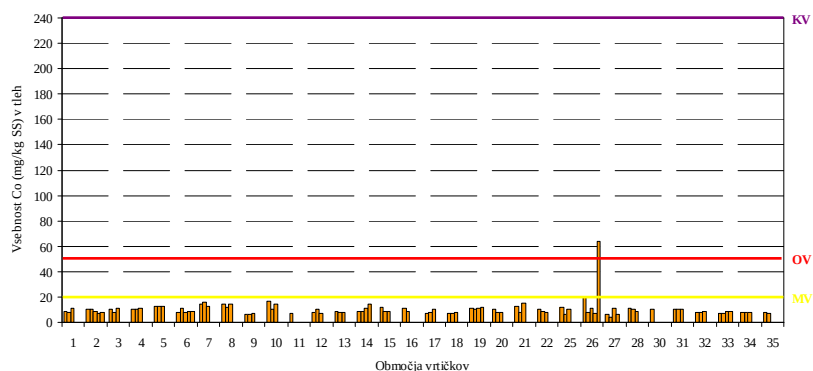
V 97 % vrtilčkih ni bila presežena MV za vsebnost As. Povprečna vsebnost As v tleh vrtilčkov je bila 12 mg/kg. Najmanjša vsebnost je bila 5,9 mg/kg in največja 23 mg/kg. V Šmartnem ob Savi ob Kopni poti (območje 14) je bila v enem vrtilčku od štirih analiziranih, presežena MV za As. V Trnovem ob Hladnikovi cesti (območje 21) sta presešla MV za As 2 vrtilčka od treh. KV za As v tleh ni bila presežena v nobenem vrtilčku (Slika 20).



Slika 20: Vsebnost As (mg/kg) v vrtilčkih po posameznih območjih.

4.2.8 Kobalt

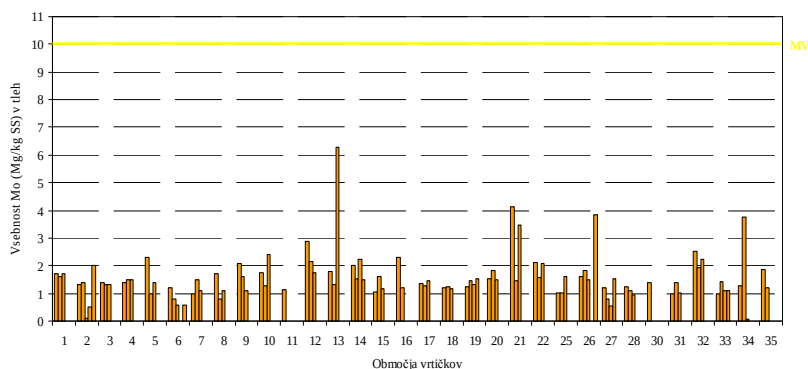
Iz ljubljanskih vrtilčkov je bilo pod MV za Co 99 % talnih vzorcev. Povprečna vrednost Co v tleh je bila 10 mg/kg. Najmanjša vsebnost (4,3 mg/kg) je bila ob Zaloški cesti (območje 27) in največja (64 mg/kg) ob Litostrojski cesti. OV je bila presežena na 1 vrtilčku, in sicer ob Litostrojski cesti. Vsebnost Co v tleh ostalih analiziranih vrtilčkov so bile pod MV (Slika 21).



Slika 21: Vsebnost Co (mg/kg) v vrtilčkih po posameznih območjih.

4.2.9 Molibden

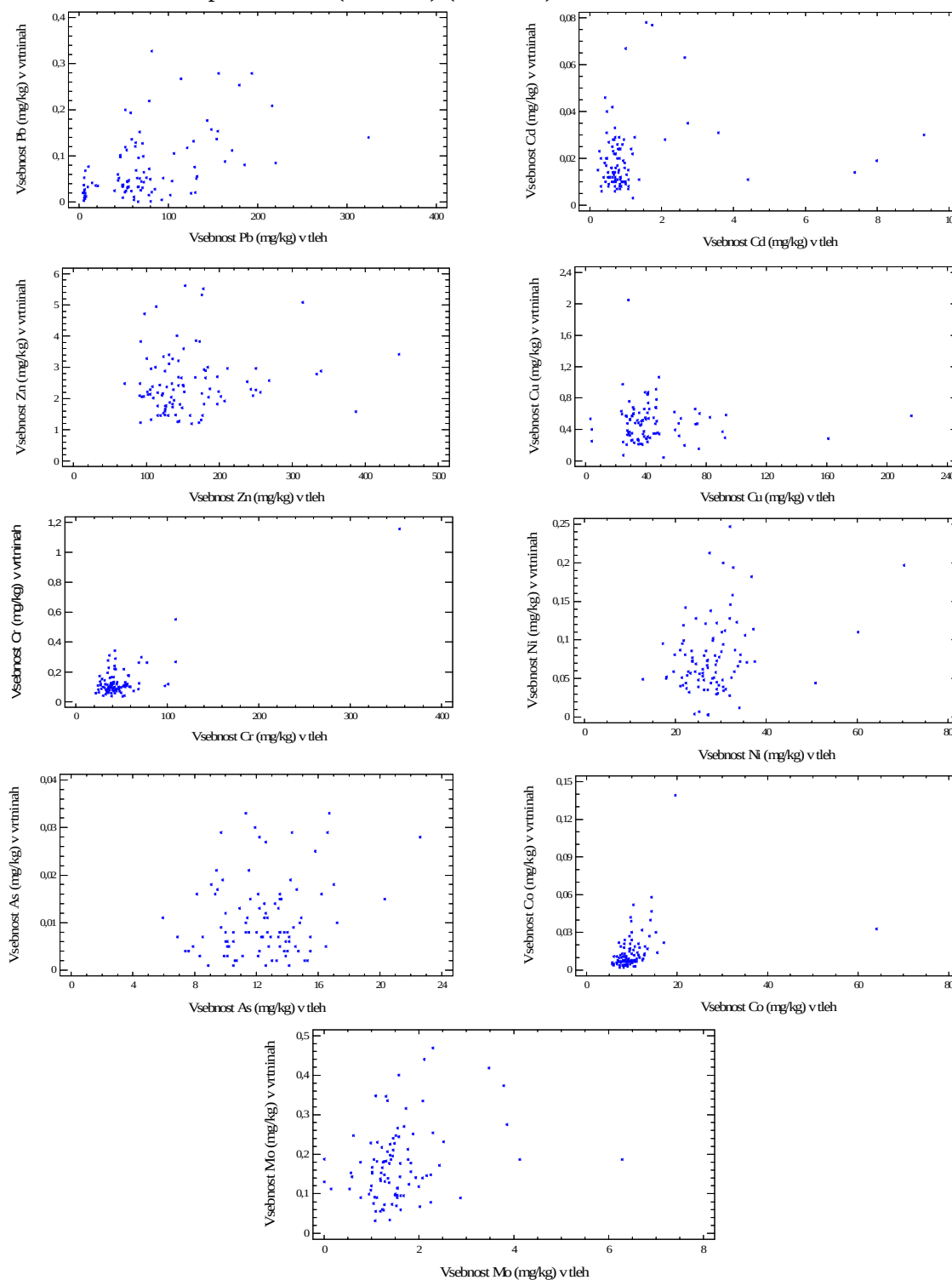
Povprečna vsebnost Mo v tleh ljubljanskih vrtilčkov je bila 1,5 mg/kg. Največja vsebnost Mo v tleh je bila 6,3 mg/kg ob Kranjčevi ulici v Bežigradu (območje 13). Vsebnost Mo v tleh je bila na vseh vrtilčkih pod zakonsko predpisano MV (Slika 22).



Slika 22: Vsebnost Mo (mg/kg) v vrtilčkih po posameznih območjih.

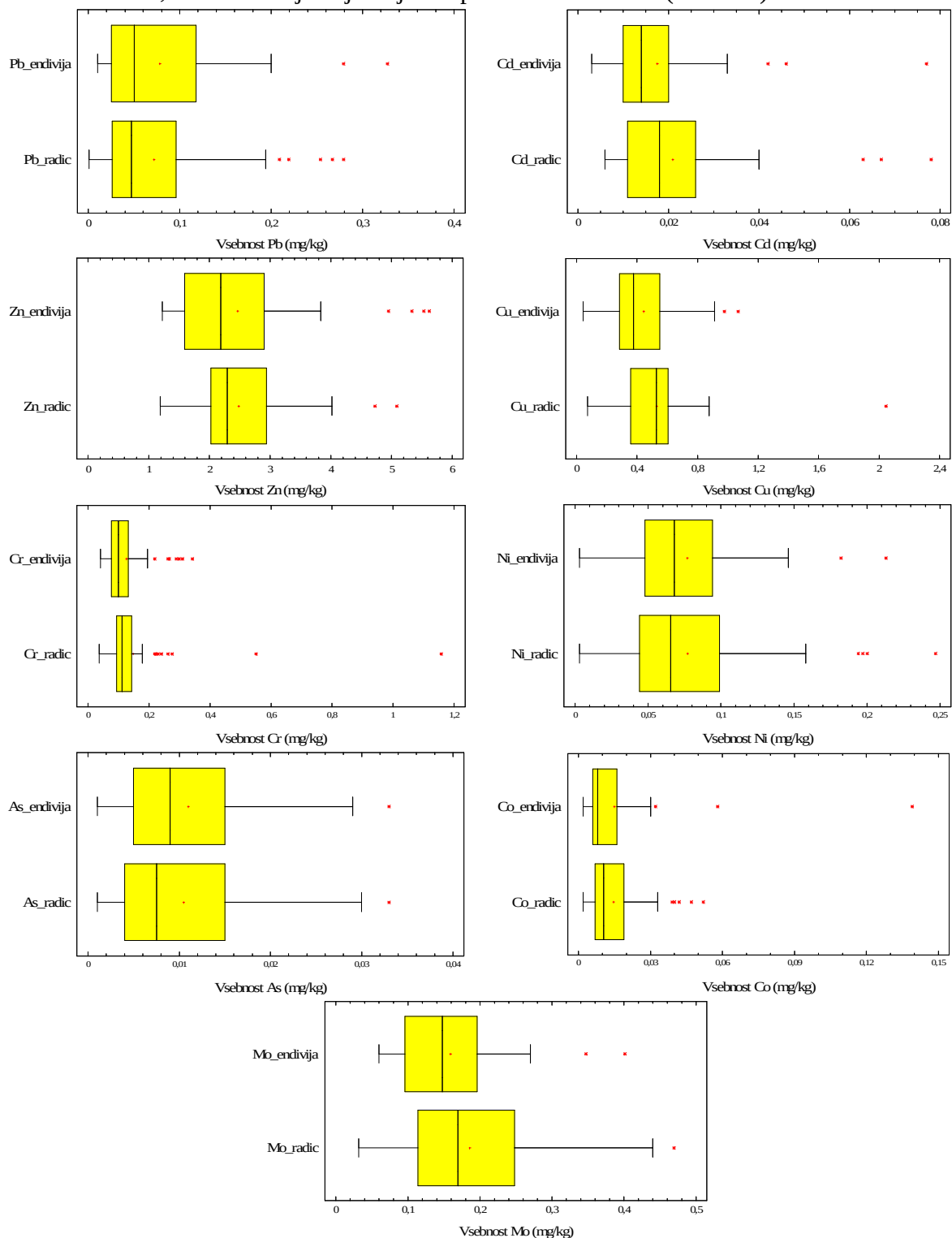
4.3 POVEZAVA MED TK V VRTNINAH IN TK V TLEH

Ali so vsebnost TK v vrtninah in vsebnost TK v tleh povezane smo sklepali na osnovi Pearsonovega koeficienta korelacije (r). Povezave med vsebnostmi TK v vrtninah in TK v tleh ni bilo, razen v primeru Cr ($r = 0,82$) (Slika 23).



Slika 23: Vsebnost posameznih TK (mg/kg SS) v tleh vrtničkov v korelaciji s TK (v mg/kg SvS) v vrtninah.

Iz slike 24 je razvidno, da ni bistvenih razlik v vsebnosti TK v endiviji in TK v radiču. V endiviji in radiču so največje vsebnosti Zn. Vzorci endivije in radiča imajo največji razpon v vsebnosti Zn, medtem ko je najmanjši razpon v vsebnosti As (Slika 24).



Slika 24: Okvir z ročaji za posamezne TK v endiviji in radiču.

4.4 IZRAČUN PRIPOROČENEGA DNEVNEGA ODMERKA (RDA) IN NAJVEČJEGA DOVOLJENEGA ODMERKA (UL)

Primer izračuna RDA in UL za Zn in preglednica izračunanih vsebnosti RDA in UL za nekatere TK, pokaže, da če odrasla oseba poje 170 g solatnic/dan (sveža masa) z vsebnostjo 5,6 mg/kg Zn (preglednica 9), zaužije 0,952 mg Zn/dan. Ob predpostavki, da je RDA za Zn 8 – 11 mg/dan in UL 40 mg/dan za odraslo osebo (preglednica 1), vsebnost Zn ne presega RDA niti UL. Tudi za nekatere druge spodaj navedene TK maksimalne vsebnosti ne presegajo UL.

Preglednica 11: Maksimalne vsebnosti TK (mg/kg) v solatnicah z vrtičkov MOL in izračunane vsebnosti (mg/dan) vnosa TK v človeško telo.

TK	Maksimalne vsebnosti TK v vrtninah (mg/kg)	Vnos TK v telo s 150 g pridelka (mg/dan)
Molibden (Mo)	0,47	0,080
Kobalt (Co)	0,14	0,029
Arzen (As)	0,03	0,005 nd
Nikelj (Ni)	0,25	0,004 nd
Krom (Cr)	1,16	0,197 [*]
Baker (Cu)	2,05	0,348
Cink (Zn)	5,62	0,955
Kadmij (Cd)	0,08	0,014 nd
Svinec (Pb)	0,33	0,056 nd

* presežen RDA

** presežen UL

nd ni določen RDA oziroma UL

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

5.1.1 Vsebnost TK v solatnicah pridelanih na vrtičkih MOL

Od 43 vzorcev endivije in 54 vzorcev radiča je bila, glede na evropsko zakonodajo, ki velja samo za Pb in Cd, v enem vzorcu na območju Rakove Jelše (območje 8) presežena ZMV za Pb, v ostalih vzorcih endivije in radiča so bile meritve Pb in Cd pod ZMV. Glede na to, da endivija in radič v užitnih delih kopičita velike količine TK, v našem primeru to ni bilo opazno. Kljub temu, da so bile v tleh presežene MV in OV za Pb, vrtnine niso bile prekomerno obremenjene s Pb. Majhne vsebnosti Cd v solatnicah so lahko posledica pregnojenosti s fosforjem, saj fosfor imobilizira dostopnost Cd v rastlino. Obravnavani vzorci endivije so v povprečju vsebovali enake vrednosti TK kot radič.

Na vsebnost TK v vrtninah lahko vplivata pH in organska snov (OS). OS na ljubljanskih vrtičkih ne primanjkuje, prej bi lahko celo rekli obratno. Vzrok za ugotovljeno pregnojenost tal gre iskati v tako imenovanem sindromu gnojenja majhnih parcel, kot so vrtički, saj na tako majhna zemljišča praviloma vnašamo več gnojil na enoto površine, kot to storimo v primeru večjih njiv/vrtičkov. Večina vrtičkarjev uporablja organska gnojila (pogosto lasten kompost, redkeje hlevski gnoj). S tem vplivajo na povečanje deleža organske snovi v tleh. TK se vežejo na delce organske snovi in so tako le-te slabše dostopne rastlinam.

Ljubljanski vrtički se pretežno nahajajo na bazičnih tleh s kislostjo tal (pH) večjo od 7,2, kar gre pripisati matični podlagi karbonatnega izvora. Ker so TK pozitivno nabiti ioni, se lahko vežejo na talne delce in so tako slabše dostopne rastlinam. Predvidevamo, da je v solatnicah nizka vsebnost TK tudi zaradi povišanega pH v tleh ljubljanskih vrtičkov.

Vrtički MOL ležijo pretežno na ilovnatih tleh, zato v tem primeru ne moremo govoriti, da glina bistveno vpliva na vnos TK v radič in endivijo.

5.1.2 Vsebnost TK v tleh vrtičkov MOL

Svinec

Tla vrtičkov so najbolj onesnažena s Pb. V vseh analiziranih vrtičkih ob neposredni bližini Krakove ulice, ob Kranjčevi ulici v Bežigradu, ob Hladnikovi cesti v Trnovem in ob Saveljski cesti ob bivšem vojaškem odpadu so bile presežene OV za Pb v tleh. Ker so vrtički, ki majo povečane vsebnosti Pb v tleh, v neposredni bližini prometnic lahko sklepamo, da promet iz časa osvinčenega bencina še danes predstavlja največji vir onesnaženja ljubljanskih vrtičkov s Pb. Možni dodatni izvor Pb v tleh lahko predstavlja tudi uporaba fitofarmacevtskih sredstev na osnovi Pb v preteklosti. Če primerjamo vsebnosti Pb v tleh ljubljanskih vrtičkov z rezultati tujih raziskav Pb v urbanih tleh, lahko povzamemo, da so tla ljubljanskih vrtičkov manj onesnažena s Pb.

Kadmij

Na vrtičarskih območjih so nekateri vrtički z majhnimi vsebnostmi Cd zelo tesno skupaj z vrtički, ki imajo povečane vsebnosti Cd v tleh, kar nakazuje na točkovne vire onesnaženja. Fosforna mineralna gnojila lahko vsebujejo večje količine Cd. Ker so nekateri vrtičkarji poleg organskih gnojil uporabljali tudi mineralna gnojila, lahko predvidevamo, da so povečane vsebnosti Cd lahko posledica prekomerne uporabe le teh. Ker je večina vrtičkov v neposredni bližini prometnic, smatramo, da je promet eden izmed možnih virov vnosa Cd v tla. Dodaten vir Cd v tleh je lahko tudi žlinda ali pa so bila v bližini vrtičkov divja odlagališča kovinskih odpadkov.

Cink

V hlevskem gnoju predstavljata problem predvsem Cu in Zn, ki se dodajata krmi. Zato predvidevamo, da vrtičkarji veliko Zn vnesejo v tla ravno z gnojenjem s hlevskim gnojem. Ker veliko vrtičkarjev zaliva vrtičke z deževnico, ki priteče s streh in žlebov in jo shranjujejo v raznih zbiralnikih, predvidevamo, da s tem vnesejo določen delež Zn v tla. Največjo vsebnost Zn je bila ob Krakovski ulici in na Brdu. Urbana tla v tujih raziskavah so vsebovala podobne vsebnosti Zn.

Baker

Tla ljubljanskih vrtičkov so onesnaženi tudi s Cu. Največja vsebnost Cu je bila analizirana v tleh vrtička ob Hladnikovi cesti v Trnovem, in sicer 216 mg/kg. Onesnaženje s Cu lahko povežemo z uporabo bakrovih pripravkov za zatiranje rastlinskih bolezni. Ker krmila za živino vsebuje Cu, lahko vir Cu v tleh predstavlja hlevski gnoj, ki ga vrtičkarji v največji meri uporabljajo. Dodaten vir lahko predstavljajo tudi ostanki bakrenih žic. Deževnica, ki jo vrtičkarji hranijo v zbiralnikih oziroma, ki teče po bakrenih žlebovih, je lahko potencialni vir onesnaženja z bakrom.

Krom

Rezultati nakazujejo, da je Cr redko prisoten v večjih količinah v tleh ljubljanskih vrtičkov. Izstopal je le vrtiček ob Šmartinski cesti v Mostah, kjer je talni vzorec edini presešel OV in se zelo približal kritični vrednosti. Vsebnosti Cr v tleh vrtičkov so bile dokaj enakomerno razporejene (pod MV) po celotnem vrtičarskem območju mesta Ljubljane. V raziskavi Ajmonea-Marsana (2008) so v urbanih tleh v Torinu izmerili bistveno večjo vsebnost Cr (303 mg/kg) kot v tleh ljubljanskih vrtičkov, medtem ko je bila v Aveiru na Portugalskem vsebnost Cr v tleh bistveno (7 mg/kg) manjša.

Nikelj

Prostorska razporeditev vsebnosti Ni v tleh vrtičkov nakazuje na neonesnaženost tal ljubljanskih vrtičkov z Ni. Izpostavljeni sta le območji ob Litostrojski cesti in ob Hladnikovi cesti. Na lokaciji ob Hladnikov cesti v Trnovem je onesnaženje z Ni večje, saj vsebnost Ni v tleh enega vrtička presega mejno in enega vrtička celo opozorilno vrednost. V raziskavi Ajmonea-Marsana (2008) so v urbanih tleh v Torinu izmerili 10 krat večjo vsebnost Ni kot v tleh ljubljanskih vrtičkov.

Arzen

Presežene MV za As v tleh smo ugotovili v 3 vrtičkih. 97 % talnih vzorcev z vrtičkov ne presega MV za As v tleh.

Kobalt

OV za Co v tleh je bila presežena na 1 vrličku, in sicer ob Litostrojski cesti v Šiški. 99 % talnih vzorcev z vrličkov ima vsebnosti pod MV za Co.

Molibden

Vsebnost Mo v tleh je bila na vseh vrličkih pod zakonsko predpisano MV. Mo je prisoten v tleh vseh vrličkov v MOL v zelo majhnih a zaznavnih količinah.

Vir TK na ljubljanskih vrličkih v zgornji plasti tal ali na nadzemnih delih rastlin so najverjetneje posledica emisij iz prometa. Ponekod lahko zasledimo tudi povečane vsebnosti več analiziranih kovin. Ob Krakovi ulici so povečane vsebnosti Cu, Zn in Pb, kar je najverjetneje posledica navoženega materiala. Po pogovoru s starejšimi domačini smo izvedeli, da so na to območje navažali odpadne produkte ljubljanske toplarne, ostanke steklovine iz bolnišnic in podobno, zato lahko to območje imenujemo tudi bivše divje odlagališče odpadkov.

5.1.3 Primerjava vsebnosti TK v vrtninah in tleh

Povečane vsebnosti TK v rastlinah so glede na pregledano literaturo posledica povečanih vsebnosti TK v tleh. Predvidevali smo, da bodo tla vrličkov na območju Mestne občine Ljubljana onesnažena s TK (Pb, Cd, Zn, Cu, Cr, Ni, As, Co in Mo) ter da bodo onesnažena tla vplivala na povečanje vsebnosti TK v vrtninah. S statistično analizo podatkov smo dokazali, da ni povezave med vsebnostjo TK v vrtninah in TK v tleh, razen v primeru Cr.

5.1.4 Kakovost solatnic, glede na vsebnost TK, pridelanih na vrličkih MOL, ter njihov vpliv na zdravje meščanov

Pri obravnavanih vzorcih vrtnin lahko glede na določene vrednosti priporočenega dnevnega vnosa (RDA) in najvičjega dovoljenega vnosa (UL) za Zn, Cu, Cr, Co, Mo ter glede na povprečno količino vrtnin, ki jo zaužijemo, povzamemo, da obravnavani vzorci vrtnin za vrličkarje in ostale ljudi, ki to zelenjavo uživajo, ne predstavljajo tveganja za zdravje oziroma so vrednosti manjše od UL. Ker v zakonodaji ni opredeljenih ZMV v rastlinah in ker ne obstaja RDA in UL za As in Ni, lahko na podlagi majhnih vsebnosti v tleh sklepamo, da vsebnosti v vrtninah ne predstavljajo tveganja za zdravje ljudi.

Za otroke predstavlja uživanje tal nevarnost vnosa TK v telo, zato so otroci najbolj izpostavljeni posledicam toksičnih učinkov. Vrliček obiskujejo pretežno odrasle osebe (7 % anketirancev je izjavilo, da na vrliček hodijo otroci, ki so mlajši od 15 let). Zato lahko povzamemo, da vpliv TK na otroke v našem primeru nima bistvenega pomena.

Uživanje pridelka (zelenjava, sadje) je glavni vir vnosa TK v telo, saj lahko predstavlja do 90 % vnosa TK v telo. V naši raziskavi nismo spremljali ostalih poti vnosa TK v telo (direkten vnos, vdihavanje in stik s kožo), zato ne moremo z zagotovostjo vedeti, kolikšen delež TK poleg uživanja zelenjave vnesemo v telo. Vendar lahko trdimo, da vnos TK z endivijo in radičem, ki so pridelane na ljubljanskih vrličkih, ne predstavlja nevarnosti za zdravje ljudi, ki to zelenjavo uživajo.

5.2 SKLEPI

Na osnovi rezultatov analiz TK v tleh ter radiču in endiviji na vrtičkih MOL smo prišli do naslednjih sklepov:

- ▶ noben talni vzorec z vrtička ni presegel kritične vrednosti;
- ▶ uživanje vrtnin nabranih na ljubljanskih vrtičkih, glede na vsebnost analiziranih težkih kovin, ne predstavlja tveganja za zdravje ljudi;
- ▶ med vsebnostjo težkih kovin v vrtninah in tleh ni povezave, razen v primeru Cr;
- ▶ v nobenem primeru ni bil presežen največji dovoljeni dnevni vnos težkih kovin v telo z endivijo in radičem.

6 POVZETEK

Nekatere TK so elementi, ki jih rastline, živali in ljudje nujno potrebujejo za normalno rast in razvoj. Prevelike vsebnosti nekaterih TK pomenijo potencialno nevarnost za človekovo zdravje, saj lahko s prehranjevalno verigo preidejo v organizem.

Z raziskavo, ki je potekala na Kmetijskem inštitutu Slovenije smo skušali ugotoviti vsebnost težkih kovin v vrtninah, pridelanih na območju Mestne občine Ljubljana. Iz izpolnjenih anket smo zbrali 100 vrtičkov na katerih smo analizirali zemljo, endivijo in radič.

Na posameznem vrtičku smo enakomerno po celotni gredi odvzeli 0,5 od 1 kg endivije oziroma radiča (3-4 rastline), ter odvzeli 6-9 enakomerno razporejenih talnih pod-vzorcev po celotni površini vrtička. Globina odvzetega vzorca je bila med 0 in 20 oz. 25 cm (globina obdelave oz. globina, kjer se razvije največ korenin). Masa odvzetega vzorca je znašala od 0,5 do 1 kg. Vzorce tal smo pripravili po navodilih standarda ISO 11464. V pripravljenem vzorcu smo naredili ekstrakcijo TK, topnih v zlatotopki (ISO 11466). V ekstraktu smo merili vsebnost TK z absorpcijsko spektrometrijo (ISO 11047). Določitev TK v vrtninah je bila izvedena po standardu ISO 17294-2.

Zgornja mejna vrednost (ZMV) za Pb je bila presežena v enem vzorcu endivije, v ostalih vzorcih endivije in radiča so bile meritve Pb in Cd pod ZMV. Glede na to, da sta v Evropski zakonodaji določeni ZMV za Pb in Cd v vrtninah, smo vsebnost ostalih analiziranih TK primerjali z priporočenim dnevnim odmerkom (RDA) in največjim dovoljenim odmerkom (UL). Glede na RDA in UL lahko trdimo, da ob pravilni pripravi (umivanje in očiščena zelenjava) vrtnin, ki rastejo na ljubljanskih vrtičkih ne predstavljajo nevarnost za zdravlje ljudi, ki to zelenjavo uživajo.

V največ vrtičkih je bila presežena OV za Pb, sledijo mu Cd, Zn, Cu, Cr, Ni in Co. OV za As in Mo niso bile presežene v nobenem talnem vzorcu. Nobena od 9-ih analiziranih TK v tleh, ni presegla kritične vrednosti. Večina tal območij vrtičkov zunaj ali na obrobju strnjene urbanega območja je neonesnaženih s TK in če bi upoštevali samo ta kriterij, primerna za pridelavo vrtnin.

7 VIRI

- Abrahams P.W. 2002. Soils: their implications to human health. *The Science of the Total Environment*, 291: 1-32
- Addressing lead at superfund sites. 2007. Human health (20. avgust 2007).
<http://www.epa.gov/superfund/health/contaminants/lead/health.htm> (5. julij 2008)
- Adriano D.C. 1986. Trace elements in the terrestrial environment. New York, Springer-Verlag: 532 str.
- Ajmone-Marsan F., Biasioli M., Kralj T., Grčman H., Davidson C.M., Hursthouse A.S., Madrid L., Rodrigues S. 2008. Metals in particle-size fractions of the soils of five European cities. *Environmental Pollution*, 152: 73-81
- Alloway B.J. 2004. Contamination of soils in domestic gardens and allotments: a brief overview. *Land Contamination and Reclamation*, 12, 3: 177-186
- Antoniadis V., Robinson J.S., Alloway B.J. 2008. Effects of short-term pH fluctuations on cadmium, nickel, lead, and zinc availability to ryegrass in a sewage sludge-amended field. *Chemosphere*, 71: 759-764
- Apostoli P. 2002. Elements in environmental and occupational medicine. *Journal of Chromatography*, 778: 63-97
- Arsenic. 2007. Department of Health and Human Services, Atlanta, U.S. The Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (10. maj 2007).
<http://www.atdsr.cdc.gov/tfacts2.html> (23. maj 2008)
- Arsenic. 2008. Wikipedia Foundation, Inc. (7. maj 2008).
<http://en.wikipedia.org/wiki/Arsenic> (25. maj 2008)
- Assche F.J.V. 1998. The Relative Contribution of Different Environmental Sources to Human Cadmium Exposure. International Zinc Association-Europe.
http://www.chem.unep.ch/pb_and_cd/SR/Files/Submission%20NGO/ICdA/NiCad%2098%20full%20final%20text.pdf (10. junij 2008)
- Bilos C., Colombo J.C., Skorupka C.N, Rodriguez Presa M.J. 1999. Sources, distribution and variability of airborne trace metals in La Plata City area, Argentina. *Environmental Pollution*, 111: 149-158
- Bramley R. 1990. Cadmium in New Zealand agriculture. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 33, 4: 505-519
- Cadmium. 1999. Department of Health and Human Services, Atlanta, U.S. The Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (9. nov. 2007).
<http://www.atdsr.cdc.gov/tfacts5.html> (30. maj 2008)
- Cai L., Li X., Song Y., Cherian M.G. 2005. Essentiality, toxicology and chelation therapy of zinc and copper. *Current Medicinal Chemistry*, 12: 2753-2763

- Chaney R.L., Sterrett S.B., Mielke H.W. 1984. The potential for heavy metal exposure from urban gardens and soils V: Heavy metals in urban gardens. Preer J.R. (ed.). Washington, University of the District of Columbia: 37-84
- Chen T., Liu X., Zhu M., Zhao K., Wu J., Xu J., Huang P. 2008. Identification of trace element sources and associated risk assessment in vegetable soils of the urbanerural transitional area of Hangzhou, China. *Environmental Pollution*: 67-78
- Cheng J.L., Shi Z., Zhu Y.W., Liu C., Li H.Y. 2006. Differential characteristics and appraisal of heavy metals in agricultural soils of Zhejiang Province. *Journal of Soil and Water Conservation*, 20, 1: 103-107
- Chromium. 2001. Department of Health and Human Services, Atlanta, U.S. The Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (9. nov. 2007).
<http://www.atdsr.cdc.gov/tfacts7.html> (30. maj 2008)
- Cobalt. 2004. Department of Health and Human Services, Atlanta, U.S. The Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (Sept. 2007).
<http://www.atdsr.cdc.gov/tfacts33.html> (23. maj 2008)
- Contaminants in soil: Collation of toxicological data and intake values for humans. 2002. Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA). The Environment Agency (Marec 2002).
<http://www.environment-agency.gov.uk/> (10.junij 2008)
- Copper. 2007. Department of Health and Human Services, Atlanta, U.S. The Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (9. nov. 2007).
<http://www.atdsr.cdc.gov/tfacts132.html> (29. maj 2008)
- Davies B.E., Conway D., Holt S. 1979. Lead pollution of London soils: A potential restriction on their use for growing vegetables. *The Journal of Agricultural Science*, 93: 749-752
- Davies B.E., White H.M. 1981. Trace elements in vegetables grown on soils contaminated by base metal mining. *Journal of Plant Nutrition*, 3: 387-396
- Dietary Reference Intakes (DRIs) and Recommended Dietary Allowances (RDAs). 2002. National Policy & Resource Center on Nutritional & Aging (19. marec 2004).
http://www.fiu.edu/~nutreldr/SubjectList/D/DRI_RDA.htm (28. maj 2008)
- Fosmire G.J. 1990. Zinc toxicity. *American Journal of Clinical Nutrition*, 51: 225-227
- Genero S., Domingo J.L. 2002. Levels of metals in soils of Alcala de Henares, Spain: human health risk. *Environment International*, 28: 159-164
- Grčman H., Zupan M. 2005. Projekt URBSOIL: Ocena stanja izbranih igrišč ob vrtcih v MOL in predlogi možnih sanacij in ureditev. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Center za pedologijo in varstvo okolja: 14 str.
- Higdon J. 2007. Copper. Linus Pauling Institute (Julij 2007).
<http://lpi.oregonstate.edu/infocenter/minerals/copper/> (8. julij 2008)

- Huang S.S., Liao Q.L., Hua M., Wu X.M., Bi K.S., Yan C.Y., Chen B., Zhang X.Y. 2007. Survey of heavy metal pollution and assessment of agricultural soil in Yangzhong district, Jiangsu Province, China. *Chemosphere*, 67: 2148-2155
- Importance of zinc for human health. 2005. International Association of Infant Food Manufactures (IFM) (Januar 2005).
<http://www.ifm.net/industry/zinc1.html> (18. maj 2008)
- Jančar P. 2006. Motnje v metabolizmu bakra. Seminar pri predmetu klinična biokemija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo: 17str.
- Kayser A., Wenger K., Keller A., Attinger W., Felix H.R., Gupta S.K., Schulin R. 2000. Enhancement of phytoextraction of Zn, Cd, and Cu from calcareous soil: The use of NTA and sulfur amendments *Environmental Science Technology*, 34: 1778-1783.
- Ko H.J., Kim K.Y., Kim H.T., Kim C.N., Umeda M. 2008. Evaluation of maturity parameters and heavy metal contents in composts made from animal manure. *Waste Management*, 28: 813-820
- Koncept revitalizacije Krakovskih vrtov na podlagi javno-zasebnega partnerstva: Letno poročilo o delu na raziskovalnem projektu za obdobje november 2007 – junij 2008. 2008. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 104 str.
- Lenntech. 2008. Water treatment & air purification. Periodic chart of elements.
<http://www.lenntech.com/periodic-chart.htm> (21. maj 2008)
- Leštan D. 2002. Študijsko gradivo za študente opredelilnega izbirnega študija ekopedologije. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 277 str.
- Li X., Poon C., Liu P.S. 2001 Heavy metal contamination of urban soils and street dusts in Hong Kong. *Applied Geochemistry*, 16: 1361-1368
- Maximum levels for certain contaminants in foodstuff. Commission Regulation (EC) No. 1881/2006
- McLaughlin M.J., Hammon R.E., McLaren R.G., Speir T.W., Rogers S.L. 2000. Review: a bioavailability-based rationale for controlling metal and metalloid contamination of agricultural land in Australian and New Zealand. *Australian Journal of Soil Research*, 38: 1037-1086
- Mirlean N., Roisenberg A., Chies J.O. 2007. Metal contamination of vineyard soils in wet subtropics (southern Brazil). *Environmental Pollution*, 149: 10-17
- National Academy Press. 2000. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. Food and Nutrition Board and Institute of Medicine.
http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=10026&page=729 (5. junij 2008)

- Nickel. 2005. Department of Health and Human Services, Atlanta, U.S. The Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (9. nov. 2007).
<http://www.atdsr.cdc.gov/tfacts15.html> (24. maj 2008)
- Obreza A. 2008. Molibden kot pomemben element v sledovih. Strokovno glasilo Slovenske farmacije. 1. izdaja. Ljubljana, Slovensko farmacevtsko društvo: 16-20
- Okolje v Sloveniji-Tla. 1996. Agencija Republike Slovenije za okolje in prostor (ARSO).
<http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/poro%c4%8dila/poro%c4%8dila%20o%20stanju%20okolja%20v%20Sloveniji/008f.pdf> (7.maj 2008)
- Opinion of the scientific committee on food on the tolerable upper intake level of copper. 2003. European Commission, Scientific committee on food (27. marec 2003)
http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out176_en.pdf (1. maj 2008)
- Petelinc B. Vsebnost sladkorjev in kislin v plodu paprike (*Capsicum annuum*) gojene na hidroponski način s kontroliranim dodajanjem hranil. 2006. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 118 str.
- Podgorelec M. 2007. Akumulacija kovin Pb, Zn in Cd pri ivi *Salix caprea* na onesnaženem območju v Žerjavu. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 78 str.
- Poggio L., Vrščaj B., Ajmone-Marsan F. 2006. Heavy metals pollution in urban soils and human health risk. Soil evaluation manuals. Interreg III B TUSEC-IP project report. Torino. University of Turin, Faculty of Agriculture, Department of Exploitation and protection of the agricultural forestry resources: 33 str.
- Pravilnik o onesnaževalcih v živilih. Ur.l. RS št. 69/03
- Risk Reduction Monograph No. 5: Cadmium Background and National Experience with Reducing Risk. 1994 Organization for Economic Co-Operation and Development (6. februar 1995).
[http://www.oecd.org/olis/1994doc.nsf/LinkTo/ocde-gd\(94\)97](http://www.oecd.org/olis/1994doc.nsf/LinkTo/ocde-gd(94)97) (8. julij 2008)
- Priporočeni dnevni odmerki (RDA). 2005. FIDIMED
<http://www.fidimed.si> (25. maj 2008)
- Rattan R.K., Datta S.P., Chhonkar P.K., Suribabu K., Singh A.K. 2005. Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater-a case study. Agriculture, Ecosystem and Environmen, 109: 310-322
- Research examines role of copper, iron and diseases. 2004. Oregon Health & Science University (Januar 2004).
http://www.brightsurf.com/news/jan_04/EDU_news_011404_c.php (8. julij 2008)
- Robinson B.H., Mills T.M., Petit D., Fung L.E., Green S.R., Clothier B.E. 2000. Natural and induced cadmium-accumulation in poplar and willow: implication for phytoremediation. Plant Soil, 227: 301-306

- Ross S.M., Kaye K.J. 1994. The meaning of metal toxicity in soil-plant systems V: Toxic metals in soil-plant systems. Ross S.M. (ur.). United Kingdom, Wiley: 27-61
- Rossini Oliva S., Fernández Espinosa A.J. 2007. Monitoring of heavy metals in topsoils, atmospheric particles and plant leaves to identify possible contamination sources. *Microchemical Journal*, 86:131–139
- Rusjan D., Strlič M., Pucko D., Korošec-Koruza Z. 2007. Copper accumulation regarding the soil characteristics in Sub-Mediterranean vineyards of Slovenia. *Geoderma*, 141: 111–118
- Safe upper levels for vitamins and minerals: Trace elements. 2003. Expert Group on Vitamins and Minerals (EVM). Food Standards Agency (Maj 2003).
<http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/vitmin2003.pdf> (5.julij 2008)
- Sánchez-Martín M.J., García-Delgado M., Lorenzo L.F., Rodríguez-Cruz M.S., M. Arienzo. 2007. Heavy metals in sewage sludge amended soils determined by sequential extractions as a function of incubation time of soils. *Geoderma*, 142: 262-273
- Sešek-Briški A. 2005. Povzetek predavanja: Priporočila za odvzem biološkega materiala za analizo elementov v sledovih in odvzem izdihanega zraka za ugotavljanje prisotnosti bakterije *Helicobacter Pyroli*. Ljubljana, Klinični center Ljubljana (Februar 2005).
www.kclj.si/kikkb/izobrazevanje/priporocila_za_sestre.pdf (20.maj 2008)
- Singh R.P., Tripathi R.D., Sinha S.K., Maherwari R., Srivastava H.S. 1997. Response of higher plants to lead contaminated environment. *Chemosphere*, 34, 11: 2467-2493
- Souvan T., Divjak M.Š., Andrews K.D., Simoneti M., Solomun J., Fatun M., Cerar M., Doležal M., Šolc U., Zakrajšek U., Harmel M. 2008. Novi prostorski načrt MOL. Glasilo Mestne občine Ljubljana, 2: 54-55
- Šajn R. 2005. Using attic dust and soil for the separation of antropogenic and geogenic elemental distributions in an old metallurgic area (Celje, Slovenija). *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*, 5, 1: 59-67
- Tematska karta onesnaženosti zemljišč Celjske občine. 1989. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za Agronomijo, Katedra za pedologijo, prehrano rastlin in ekologijo: 159 str.
- Toxicity profiles: Toxicity summary for molybdenum. 1993. The Risk Assessment Information System (RAIS) (17. avgust 2005).
http://rais.ornl.gov/tox/profiles/molybdenum_c_V1.shtml (22. maj 2008)
- Trendi razpoložljivosti hrane. 2008. Slovenija Statistični urad RS (28.feb.2008).
http://www.stat.si/novica_prikazi.aspx?id=1484 (34.avg. 2008)
- Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednosti nevarnih snovi v tleh. Ur.l. RS št. 68/96

- Vodnik D. 2006. Gradivo za predavanja pri predmetu Fiziologija rastlin. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za Agronomijo:
- Vrtičkarstvo v Mestni občini Ljubljana kot vir onesnaževal v tleh, pridelani hrani in podzemni vodi: Končno poročilo 2006. Ljubljana, Kmetijski Inštitut Slovenije: 80 str.
- Wilson B., Pyatt F.B. 2007. Heavy metal dispersion, persistence, and bioaccumulation around an ancient copper mine situated in Anglesey. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 66: 224-231
- Wong S.C., Lia X.D., Zhang G., Qib S.H., Minb Y.S. 2002. Heavy metals in agricultural soils of the Pearl River Delta, South China. *Environmental Pollution*, 119: 33-44
- Yamaguchi Y., Heiny M.E., Suzuki M. 1996. Biochemical characterization and intracellular localization of the Menkes disease protein. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 93, 24: 14030-14035
- Zheng N., Wang Q., Zheng D. 2007. Health risk of Hg, Pb, Cd, Zn, and Cu to the inhabitants around Huludao Zinc Plant in China via consumption of vegetables. *Science of the Total Environment*, 383: 81-89
- Zinc. 2005. Department of Health and Human Services, Atlanta, U.S. The Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (9. nov. 2007). <http://www.atdsr.cdc.gov/tfacts60.html> (25. maj 2008)
- Zinc-Essential for human health. 2008. International Zinc Association http://www.iza.com/zinc_health.html (18. maj 2008)

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici prof. dr. Marijani Jakše in somentorju dr. Borutu Vrščaju za vse konstruktivne kritike, strokovnost ter spodbude in pripombe. Zahvaljujem se tudi MOL, ki je odobrila projekt »Vrtičkarstvo v Mestni občini Ljubljana kot vir onesnaževal v tleh, pridelani hrani in podzemni vodi«, na katerem je temeljilo moje diplomsko delo, Centralnemu laboratoriju na KIS-u, ki je naredil analitske metode TK v tleh ter Zavodu za zdravstveno varstvo, Inštitut za varstvo okolja v Mariboru, ki je naredil analitske metode TK v vrtninah.

Zahvaljujem se tudi Tonetu Godeši in Janezu Sušinu, ki sta mi pomagala in spodbujala pri pisanju diplomske naloge.

Posebno zahvalo pripisujem Tinetu Palčiču, ki mi je vseskozi stal ob strani ter mojim staršem, ki so mi omogočili študij.

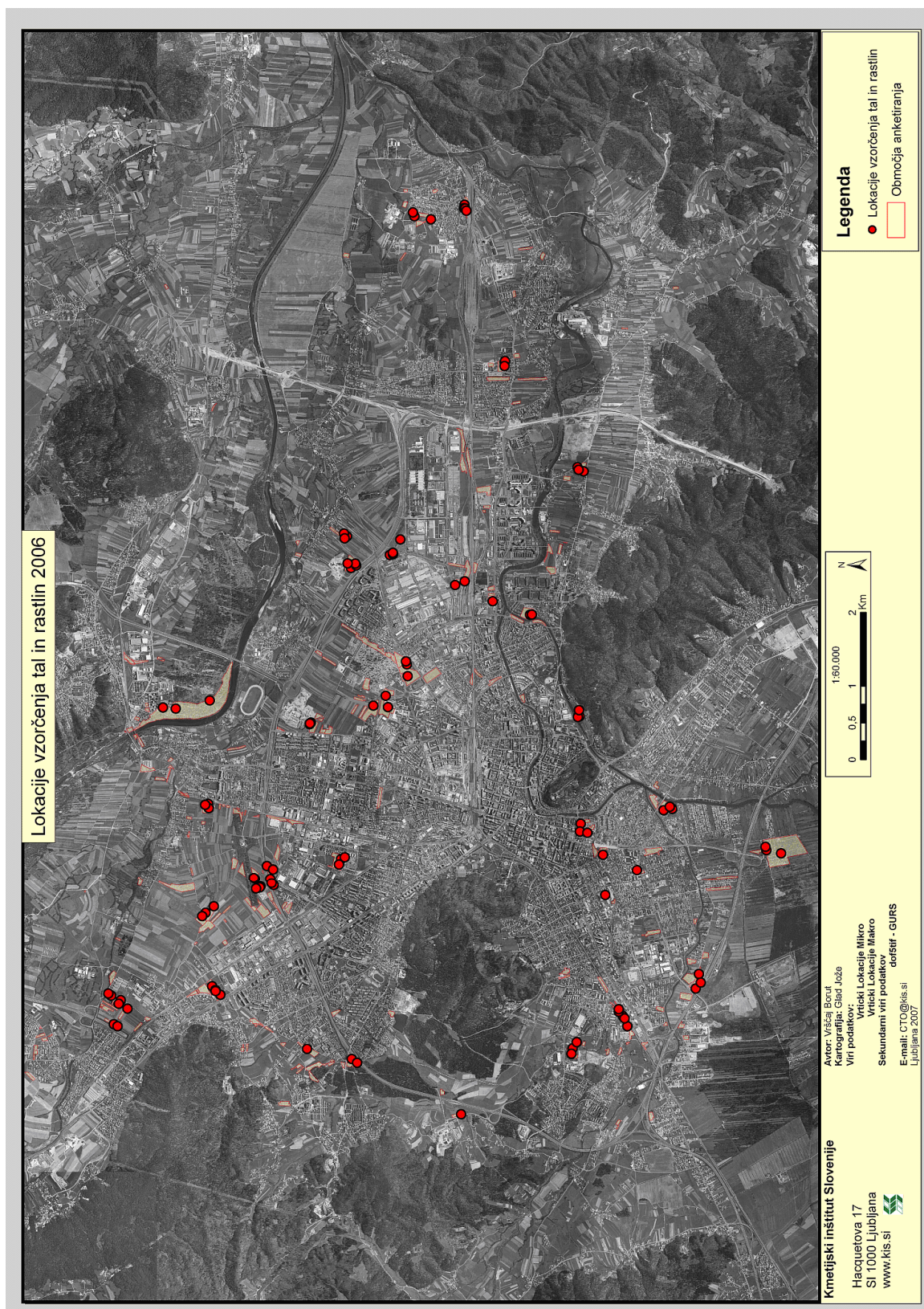
PRILOGA A

Zapisnik vzorčenja tal in rastlin na mestnih vrtičkih.

 Inštitut za kmetijstvo Republike Slovenije	
VRTIČKARSTVO V MESTNI OBČINI LJUBLJANA KOT VIR ONESNAŽEVAL V TLEH, PRIDELANI HRANI IN PODZEMNI VODI	
IME LOKACIJE	CRNUCE
KODA VZORCA:	V 0001/ 0007 / P ☐
ŠTEV. OBMOČJA	001
KODA VZORCA:	V 0001/ 0007 / S ☐
ZAP. ŠT. VRTIČKA	007
KODA VZORCA:	V 0001/ 0007 / K ☐
GKX	483580
KODA VZORCA:	V 0001/ 0007 / T ☐
GKY	105784
KONTAKTEL:	012510082
FOTO: DA / NE	
ODVZETI VZORCI:	
TLA: ☐	
RASTLINSKI: PLODOVKE ☐ SOLATNICE ☐ GOMOLJNICE ☐ DRUGO ☐	
VODA: ☐	
OPOMBA OB VZORČENJU:	
DATUM:	
VZORČIL:	PODPIS VZORČITELJA:
6. april 2007	
Stran 1 od 101	

PRILOGA B

Lokacije vzorčenja tal in rastlin na vrtičkih MOL v letu 2006 (Vrtičkarstvo..., 2006).



PRILOGA C

p-vrednost in Pearsonov koeficient korelacije za vsako TK posebej.

Težka kovina	p	r
Pb	0,00	0,50
Cd	0,16	0,14
Zn	0,18	0,13
Cu	0,74	-0,03
Cr	0,00	0,82
Ni	0,002	0,31
As	0,04	0,21
Co	0,0005	0,34
Mo	0,004	0,28

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Ines MARKELC

**VSEBNOST TEŽKIH KOVIN V VRTNINAH,
PRIDELANIH NA VRTIČKIH OBČINE LJUBLJANA**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2008