

Geokemične raziskave tal in podstrešnega prahu na območju Celja

Geochemical research of soil and attic dust in Celje area (Slovenia)

Robert ŠAJN

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1001 Ljubljana, Slovenija
e-mail: robert.sajn@geo-zs.si

Ključne besede: geokemija, onesnaženje, tla, prah, težke kovine, Celje
Key words: geochemistry, pollution, soil, dust, heavy metals, Celje

Kratka vsebina

Na osnovi primerjave vsebnosti kemičnih prvin v tleh in v podstrešnem prahu smo na območju Celja ločili osnovno naravno geokemično združbo (Al-Ce-K-La-Li-Rb-Sc-Th), ki je odvisna predvsem od preperevanja litološke podlage. Ugotovili smo dve antropogeno povzročeni združbi: porazdelitev, nastalo zaradi pridobivanja cinka in žveplene kisline (Ag-As-Cd-Cu-Mo-Pb-S-Sb-Zn) ter porazdelitev, na katero je vplivala železarska dejavnost (Co-Cr-Fe-Mn-Ni) v preteklosti. Odkrili smo tudi nastajajočo anomalijo (Nb-Ti), ki jo povzroča pridobivanje titanovega oksida.

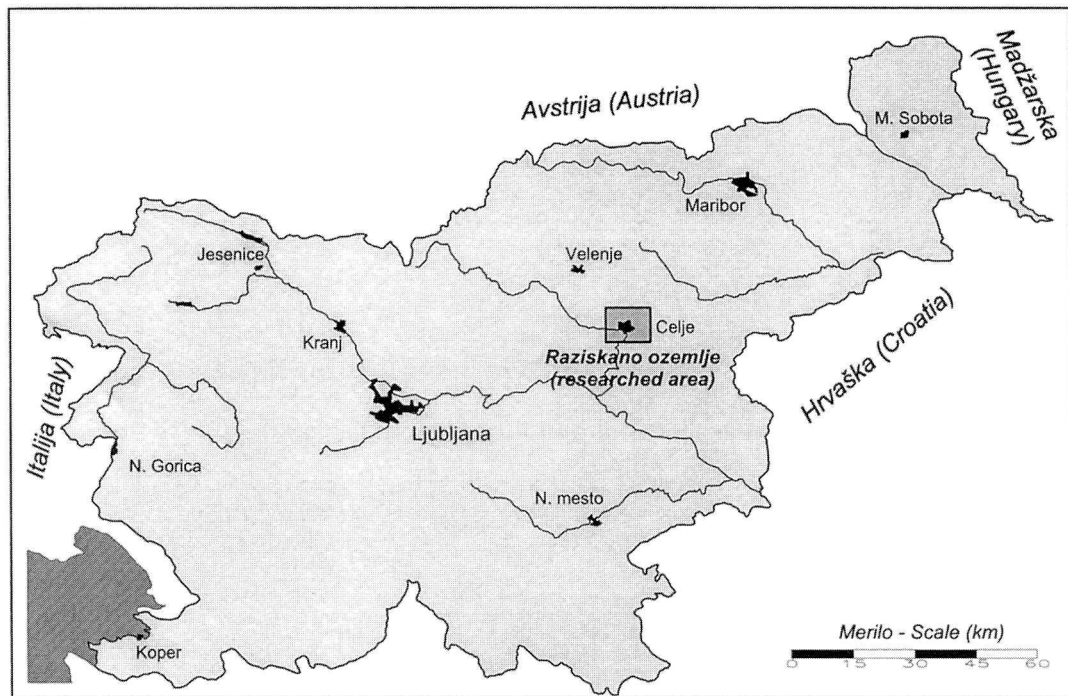
Abstract

Based on comparison of distributions of determined elements in soil and attic dust one natural and three man-made (anthropogenic) geochemical associations were discovered in Celje area. The natural geochemical association (Al-Ce-K-La-Li-Rb-Sc-Th) is influenced mainly by lithology. The man-made associations are a result of zinc and sulphuric acid production (Ag-As-Cd-Cu-Mo-Pb-S-Sb-Zn) and metallurgic activity - iron production (Co-Cr-Fe-Mn-Ni) in the past. The third anthropogenic association (Nb-Ti) is a result of titanium oxide production and is still in progress.

Uvod

Namen geokemičnih raziskav na območju Celja je preverjanje uporabe podstrešnega prahu za ločevanje naravnih in antropogeno povzročenih porazdelitev kemičnih prvin v majhnem merilu. V predhodnih geokemičnih raziskavah (Šaj n, 1999) smo že ugotovili uporabnost podstrešnega prahu na območju celotne Slovenije. Uspešen je bil tudi poskus sledenja živosrebrne avreole s podstrešnim prahom na območju Idrije (G o s a r et al., 2001, G o s a r & Š a j n, 2001).

Raziskano ozemlje (sliki 1 in 2) zajema skoraj celotno občino Celje ter manjše dele občin Šentjur pri Celju, Štore, Vojnik in Žalec. Največji del raziskanega ozemlja (približno 90 km²) obsega Celjska kotlina. To je ravninski svet med 300 in 240 metri nadmorske višine, ki na jugu meji na Posavsko hribovje. Na raziskanem območju prevladujejo predalpske in subpanonske pokrajinske poteze (N a t e k, 1988). Podnebje je prehodno z močnim celinskim vplivom in s prevlado vzhodnih vetrov v hladnejših mesecih in zahodnih v toplejšem delu leta (P l a n i n š e k, 1972). Približno



Sl. 1. Lega raziskanega območja

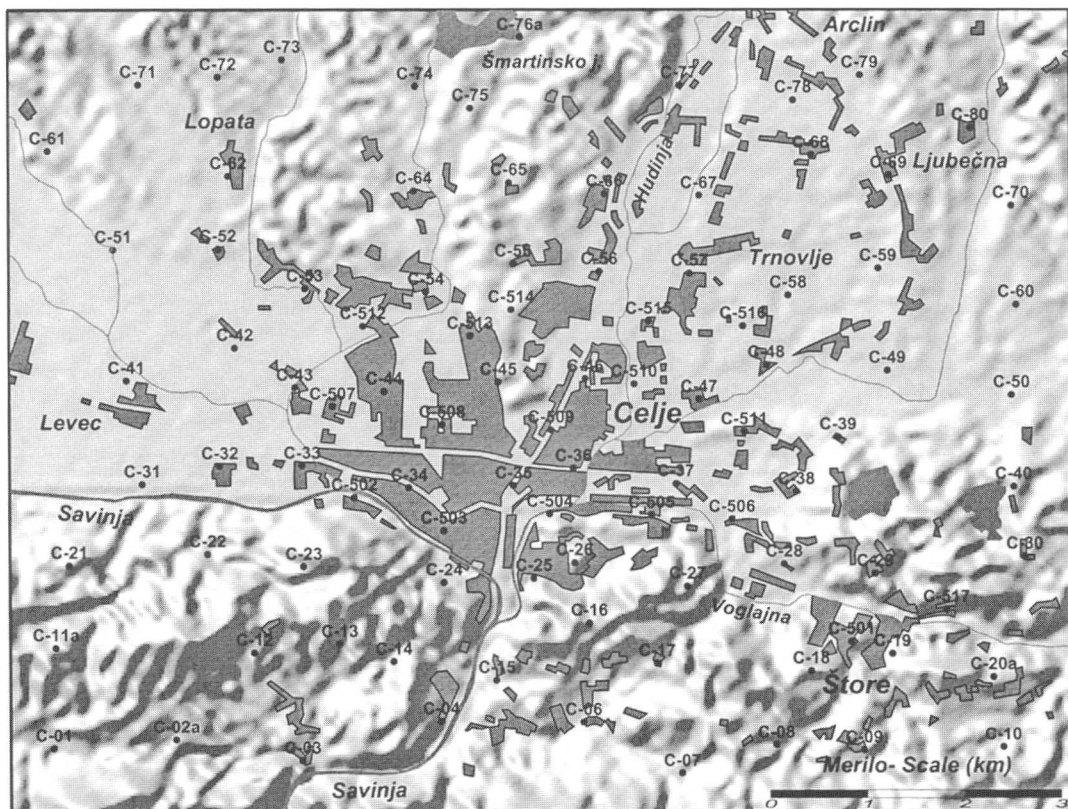
Fig. 1. Researched area

120 dni na leto je megla in pogost temperaturni obrat, ki skupaj z industrijo povzroča močno onesnaženje bivalnega okolja (O t o r e p e c , 1988). Na raziskanem ozemlju živi po ocenah (<http://www.sigov.si/zrs/leto00/34.htm>) okrog 55.000 prebivalcev, večina na območju 13 km², ki zajema urbano cono Celje-Bukovžlak-Teharje-Štore.

Geološko gledano je raziskano ozemlje mlada tektonska udorina. Zapolnjujejo jo kvartarni karbonatni nanosi reke Savinje ter aluvialni nekarbonatni nanosi njenih pritokov Voglajne in Hudinje. Na severnem delu raziskanega območja (Ljubečna, Bukovžlak) tudi plio-pleistocenske gline z vložki kislega proda. Neposredno na južni strani Celjske kotline izdanjajo oligocenski andezitni tufi. Enake sklade najdemo tudi na severnih ter vzhodnih predelih raziskanega območja. Najstarejše kamnine so del Posavskih gub in izdanjajo na južnem koncu. To so psevdofiljski skladi, apnenec, keratofir in njegov tuf ladinijske starosti ter zgornjetriasni masivni apnenec (B u s e r , 1977).

Stalne raziskave zraka v Celju segajo v leto 1967. Obsegale so meritve SO₂ ter dima, izvajal pa jih je Meteorološki zavod SRS (D o m i t r o v i č - U r a n j e k & D o b n i k , 1990). Takratne meritve so pokazale prekomerno onesnaženje tako z SO₂ kot z dimom. Od takrat poteka stalna kontrola stanja zraka. Katastrofalno stanje zraka v Celju je pokazalo tudi ugotavljanje onesnaženosti zraka s pomočjo pojavljanja epifitskih lišajev (B a t i č , 1984). Samo mesto Celje je uvrščeno v peti pas, širše območje mesta Celja, Štor in Šentjurja pa spada v četrti pas (lišajvska lestvica je 5 stopenjska).

Začetek sistematične raziskave celotne značne usedline sega v leto 1989. Obsega 6 merilnih mest, meritve pa izvaja Zavod za zdravstveno varstvo Celje (U r š i č , 1997). Raziskava obsega mesečne meritve prašnih usedlin in njihovo kemično sestavo (Zn, Cd, Pb, Ti). Vendar pa je od takrat onesnaževanje zraka v Celju že bistveno manjše. Med leti 1974 in 1990 je potekala ekološka sanacija Cinkarne Celje. Izpust SO₂ in drugih prašnih delcev se je zmanjšal za približno 4-krat, (U r š i č et al., 1994) zato



Sl. 2: Digitalni model reliefa območja Celja z lokacijami vzorčenja tal in podstrešnega prahu

Fig. 2: Digital elevation model of Celje area with soil and attic dust sampling locations

meritve prašnih usedlin najhujšega vala onesnaženja niso zajele.

Prva analiza urbanih sedimentov Celja je bila opravljena leta 1996 (Š a j n, 1999). Pri tem so bili odvzeti vzorci na 4 lokacijah, ki so pokazali zelo visoke vsebnosti težkih kovin, predvsem cinka in kadmija.

Materiali in metode

Na podlagi Tematske karte onesnaženosti zemljišč celjske občine (L o b n i k et al., 1989), ki zajema celo nekdanjo občino Celje ter sorazmerno redko mrežo vzorčnih točk, smo izločili območje veliko 90 km² s Celjem v sredini (slika 2). Celotno ozemlje smo pokrili z raziskovalno mrežo gostote 1 vzorec na km². Na območju strnjjenih urbanih con smo vzorčno mrežo zgostili, tako da smo med 4 rednimi točkami določili še eno v centru kvadrata. Naključnost vzorcev iz dane

populacije je bila zagotovljena z naključno izbiro izhodiščne točke (P i r c, 1993). Na ta način smo določili skupno 97 vzorčnih točk. V bližini 7 točk smo točko ponovili (znotraj naselja), zaradi ugotavljanja stabilnosti vzorčnega načrta. V raziskavo smo vključili tudi analize vrednosti 4 vzorčnih točk iz leta 1996.

Podstrešni prah smo vzorčili tako, da smo zbirali prah z lesene konstrukcije podstrešja, ki ni bila v neposrednem stiku s strešniki ali tlemi. Na ta način smo se izognili pobiranju delcev strešnikov, ostankov lesa in malte. Pri vzorčenju podstrešnega prahu smo izbirali starejše objekte, po možnosti z zapuščenim podstrešjem (Š a j n, 1999).

Tla so bila vzorčena do globine 5 cm. Izven naselij smo vzorčili travniška tla, v naseljih pa vrtna tla in tla obcestnih zelenic. Posamezni vzorec je sestavljen iz najmanj 7 podvzorcev odvzetih v teoretično šestkotnem načrtu na razdaljah 25 m od

središčne točke. Celotni zbrani vzorec tal je tehtal približno 1 kg.

Vzorice smo pripravili po postopkih, ki so priporočeni v sklepih UNESCO-vega projekta IGCP 259 (D a r n l e y et al., 1995). Zbrani vzorčni material smo sušili v ventilatorski omari pri 40°C. Vzorice tal smo potem narahlo pretrli v keramični terilnici ter presejali skozi sito iz nerjavečega jekla na zrnatost pod 2 mm. Presevky smo po četrtninjenju ročno mleti in sejali na analizno zrnatost pod 0,063 mm. Vzorice podstrešnega prahu smo presejali na posamezne razrede zrnatosti: od 1 do 0,5 mm, od 0,5 do 0,25 mm, od 0,25 do 0,125 mm in manjši od 0,125 mm. Presevek manjši od 0,125 mm je predstavljal vzorec za analizo.

Tabela 1. Povprečja kemičnih prvin v vzorčnih sredstvih na območju Celja

Table 1. Averages of chemical elements in sampling materials in Celje area

	Slo-T	Ce-TO	Ce-TC	Slo-P	Ce-PO	Ce-PC
Al	6.9	6.3	5.7	2.5	3.5	3.0
Ca	0.78	1.1	2.1	7.6	6.1	7.6
Fe	3.8	3.1	3.4	1.7	3.1	4.2
K	1.4	1.7	1.6	1.1	1.2	0.87
Mg	0.83	0.83	1.1	1.5	1.3	1.6
Na	0.47	0.66	0.61	0.33	0.48	0.43
P	0.063	0.12	0.14	0.25	0.22	0.14
S	-	0.057	0.088	-	3.9	5.2
Ti	0.36	0.32	0.30	0.14	0.22	0.30
Ag	<0.50	0.15	0.45	<0.50	0.72	1.8
As	<5.0	14	24	11	26	72
Ba	360	491	745	319	90	175
Cd	0.50	1.9	7.5	1.2	14	52
Ce	-	57	49	-	30	22
Co	26	11	11	6.0	8.1	15
Cr	88	72	72	53	64	72
Cu	23	34	82	51	129	253
La	30	35	30	13	21	14
Li	-	40	36	-	26	23
Mn	902	742	730	477	595	602
Mo	<2.0	1.3	2.1	2.0	4.4	6.9
Nb	6.0	9.4	7.8	4.0	6.1	7.1
Ni	46	31	37	27	49.8	77
Pb	34	84	307	145	481	1323
Rb	-	97	90	-	59	49
Sb	<5.0	1.3	2.6	<5.0	6.8	15
Sc	13	11	10	4.0	7.0	6.5
Sn	<2.0	3.8	6.2	11	20	28
Sr	82	93	110	119	148	143
Th	11	10	9.0	4.0	4.9	2.9
U	-	4.6	4.9	-	3.9	4.3
V	113	91	83	58	99	109
Y	15	12	13	8.0	9.7	10
Zn	104	333	1584	286	2851	9313
Zr	46	39	36	18	26	27
Hg	160	110	258	1075	606	724

Zbrani vzorci so bili analizirani s plazemsko emisijsko spektrometrijo (ICP) po štirikislinskem razklopu (HClO₄, HNO₃, HCl in HF), ki je potekal pri temperaturi 200°C. Vzorice so analizirali na 42 prvin (Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, S, Ti, Ag, As, Au, Ba, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Hf, La, Li, Mn, Mo, Nb, Ni, Pb, Rb, Sb, Sc, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, W, Y, Zn in Zr) v laboratoriju ACME v Kanadi. Vsebnosti Hg so bile po razklopu z zlatotopko določene z atomsko absorpcijsko spektrometrijo (AAS), po postopku hladnega izparevanja. Vzorice in naključno izbrane dvojnike ter geološke standardne materiale GXR-2, GXR -5 in GXR-6 (G o v i a r a j u , 1989; E p s t e i n, 1990) so v laboratoriju analizirali po naključnem zaporedju.

Občutljivost analitike je zadovoljiva za 36 analiziranih prvin. Au, Be, Bi, Hf, Ta in W smo izločili iz nadaljnje obdelave, ker je bila njihova vsebnost v večini vzorcev nižja od meje zaznavnosti analitike. Ugotovili smo tudi slabo občutljivost analitike As in Sb, katerih razponi analiziranih vrednosti nihajo v redu velikosti zaznavnosti analitike. Večina ostalih analiziranih prvin v območju razpona vseh analiziranih vzorcev

Slo-T Slovenska povprečja vsebnosti prvin v tleh; Slovenian averages of elements in soil; n = 817 (A n d j e l o v, 1994); Hg, n = 119 (P i r c, 1993)

Ce-TO Povprečja vsebnosti kemičnih prvin v tleh (0-5 cm) v okolici Celja; Averages of chemical elements in soil (0-5 cm) in surrounding of Celje; n=66

Ce-TC Povprečja vsebnosti kemičnih prvin v tleh (0-5 cm) v mestnem središču; Averages of chemical elements in soil (0-5 cm) in city centre; n=35

Slo-P Slovenska povprečja vsebnosti prvin v podstrešnem prahu; Slovenian averages of elements in attic dust; n = 41 (Š a j n, 1999)

Ce-PO Povprečja vsebnosti kemičnih prvin v podstrešnem prahu v okolici Celja; Averages of chemical elements in attic dust in surrounding of Celje; n=64

Ce-PC Povprečja vsebnosti kemičnih prvin v podstrešnem prahu v mestnem središču; Averages of chemical elements in attic dust in city centre; n=35

Povprečne vrednosti Al, Fe, K, Mg, Na, P, S in Ti so v %, Hg v mg/t, preostalih prvin pa v g/t; Average values of Al, Fe, K, Mg, Na, P, S and Ti are in %, Hg in mg/t, remaining elements in g/t

kaže zelo nizka odstopanja od standardnih vrednosti. Ponovljivost analitike, določena z metodo analize variance (M i e s c h, 1979) je tudi zadovoljiva.

Rezultati in razprava

V postopku statistične obdelave podatkov smo upoštevali analize vsebnosti 101 vzorca tal (0-5 cm) ter 99 vzorcev podstrešnega prahu. Za oceno povezav med prvini smo uporabili faktorsko analizo

Tabela 2: Dominantne vrednosti rotiranih faktorskih obremenitev (n=200)

Table 2: Characteristic values of rotated factor loadings (n=200)

	F1	F2	F3	F4	F5	Kom
Ce	0.81					95
Rb	0.79					91
La	0.78					91
Al	0.76					97
Sc	0.75					92
K	0.73					92
Li	0.72					86
Th	0.70	-0.60				92
Ba	0.70					69
Zr	0.53					66
As		0.86				89
Sb		0.85				90
Zn		0.84				96
Pb		0.83				94
Cd		0.83				93
Ag		0.81				90
Cu		0.78				86
Mo		0.74				91
Hg		0.73				88
Sn		0.71				85
S	-0.62	0.65				93
Cr			0.83			78
Mn			0.82			74
Fe			0.76			87
Co			0.74			82
Ni		0.54	0.61			79
Ti				0.85		93
Nb				0.78		90
Mg					0.84	90
Sr					0.59	81
Ca	-0.52	0.50			0.54	93
Var	27	33	11	10	8	89

F1 ... F5 - Faktorske obremenitve; Factor loadings

Kom - Komunalnost v %; Comunality in %

Var - Varianca v %; Variance in %

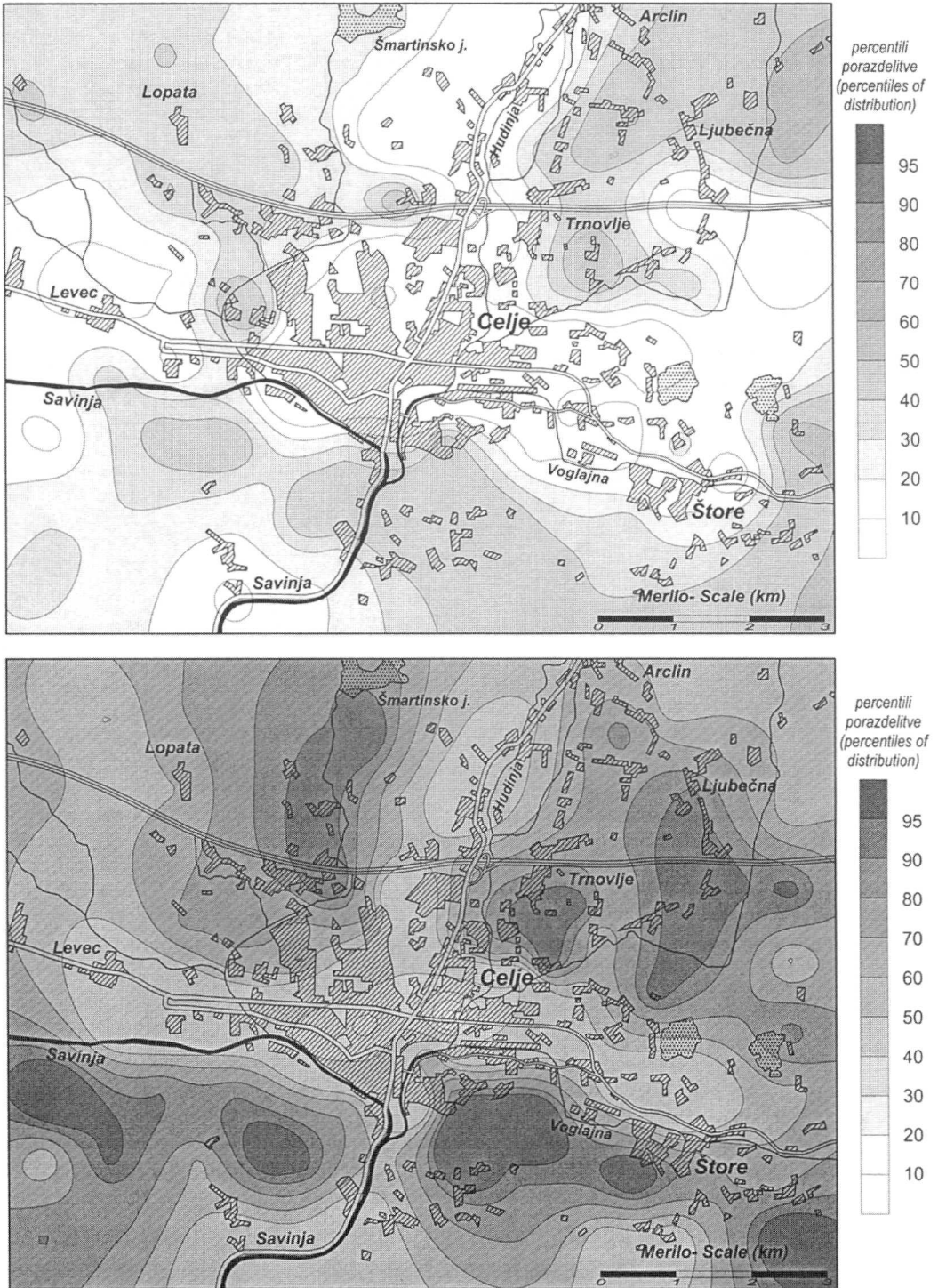
vrste R (K o š m e l j, 1983, D a v i s, 1986). Kot mero povezave med spremenljivkami smo privzeli korelacijski koeficient (r). Iz skupine 36 obravnavanih prvini smo izločili še Na, P, V, Y in U, ker niso kazali smiselnih povezav z ostalimi prvini ali pa so imeli nizek delež komunalnosti pri faktorski analizi. Faktorska analiza je začetno število 31 obravnavanih opazovanj skrčila na 5 spremenljivk, ki predstavljajo geokemične združbe prvini. Te zajemajo skoraj 90% celotne variabilnosti (tabela 2, slike 3 do 6). Porazdelitve geokemičnih združb na celjskem ozemlju smo primerjali s povprečjem vsebnosti prvini v podstrešnem prahu (Š a j n, 1999) in v tleh (A n d j e l o v, 1994, P i r c 1993) Slovenije.

Rezultati raziskave so prikazani v obliki kart porazdelitev faktorskih vrednosti (slike 3 do 6). V postopku izdelave geokemičnih kart je uporabljena interpolacijska metoda naravnih sosedov (S i b s o n, 1981), ki jo omogoča računalniški program SURFER. Analizne vsebnosti prvini so interpolirane v osnovni celici 100 x 100 m. Mejne vsebnosti razredov so izbrane na osnovi percentilov porazdelitve interpoliranih vrednosti in so razdeljene na 11 vsebnostnih razredov: 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-70, 70-80, 80-90, 90-95 in 95-100 percentilov porazdelitve prvine.

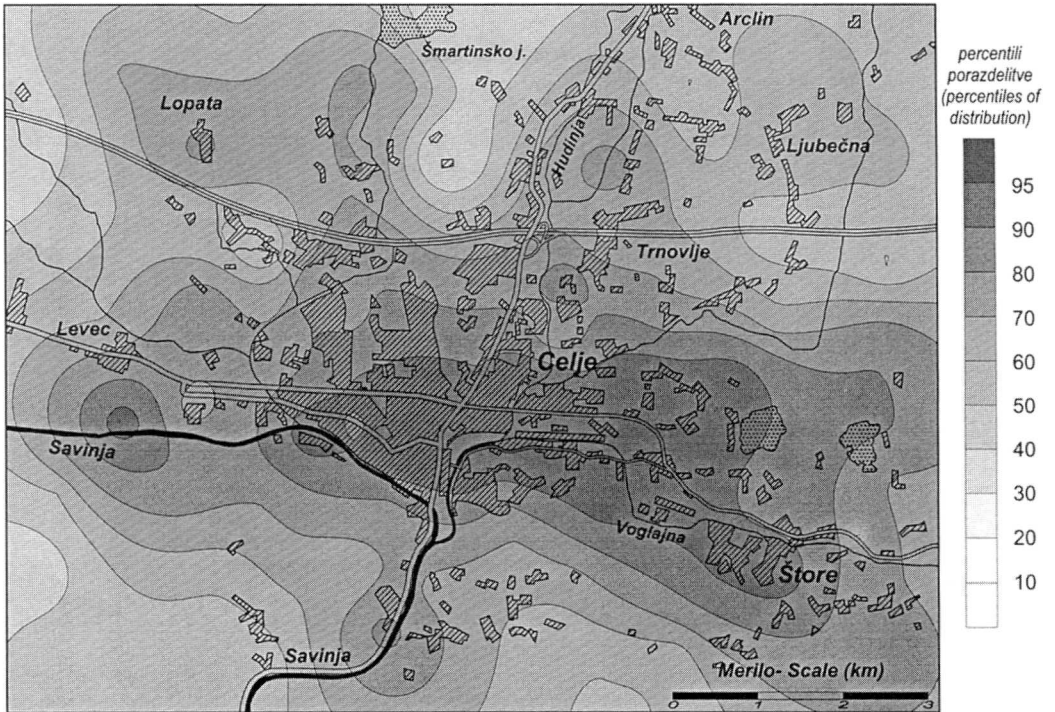
Naravna porazdelitev kemičnih prvini

Faktor 1 (tabela 2) združuje visoke vsebnosti Al, Ce, K, La, Li, Rb, Sc in Th ter pojasni 27% variabilnosti. Visoke vrednosti faktorja 1 so v tleh predvsem v okolici Celja, nizke pa so vezane na podstrešni prah v centru mesta (slika 3). Sklepamo, da je porazdelitev navedenih prvini posledica predvsem naravnih pojavov, kot so preperevanje in prašenje tal, saj glavno onesnaženje teh območij ni zajelo.

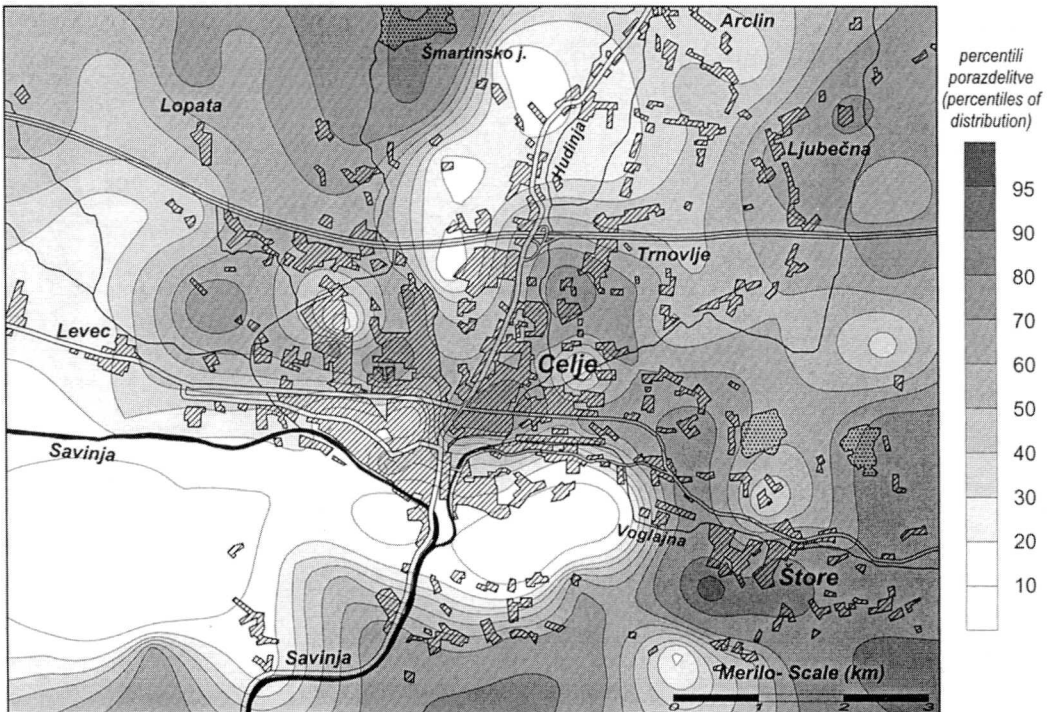
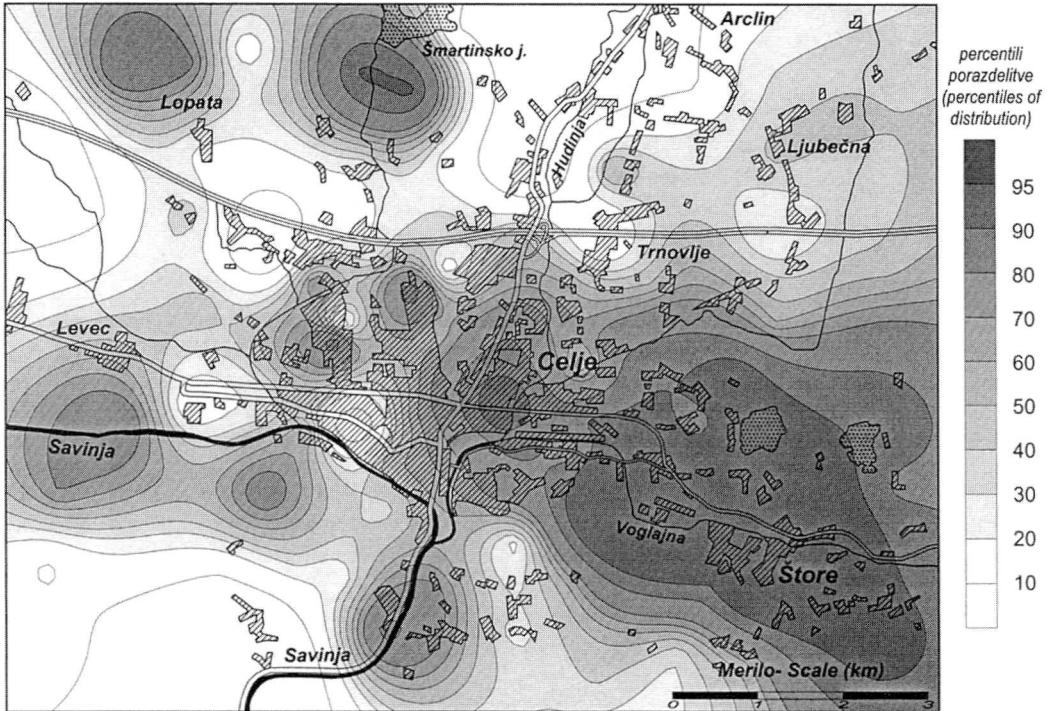
Primerjava kemizma tal na Celjskem s slovenskim povprečjem (tabela 1, slika 7) je pokazala, da mediane prvini navedene geokemične združbe v okolici in mestnem središču nihajo na nivoju slovenskega povprečja. Povprečja Al, Ce, K, La, Li, Rb, Sc in Th v podstrešnem prahu pa predstavljajo le 50% delež teh prvini v slovenskih tleh (slika 7).



Sl. 3: Porazdelitev faktorja 1 (Al-Ce-K-La-Li-Rb-Sc-Th) v podstrešnem prahu (zgoraj) in v tleh (spodaj)
 Fig. 3: Distribution of factor 1 (Al-Ce-K-La-Li-Rb-Sc-Th) in attic dust (above) and soil (below)

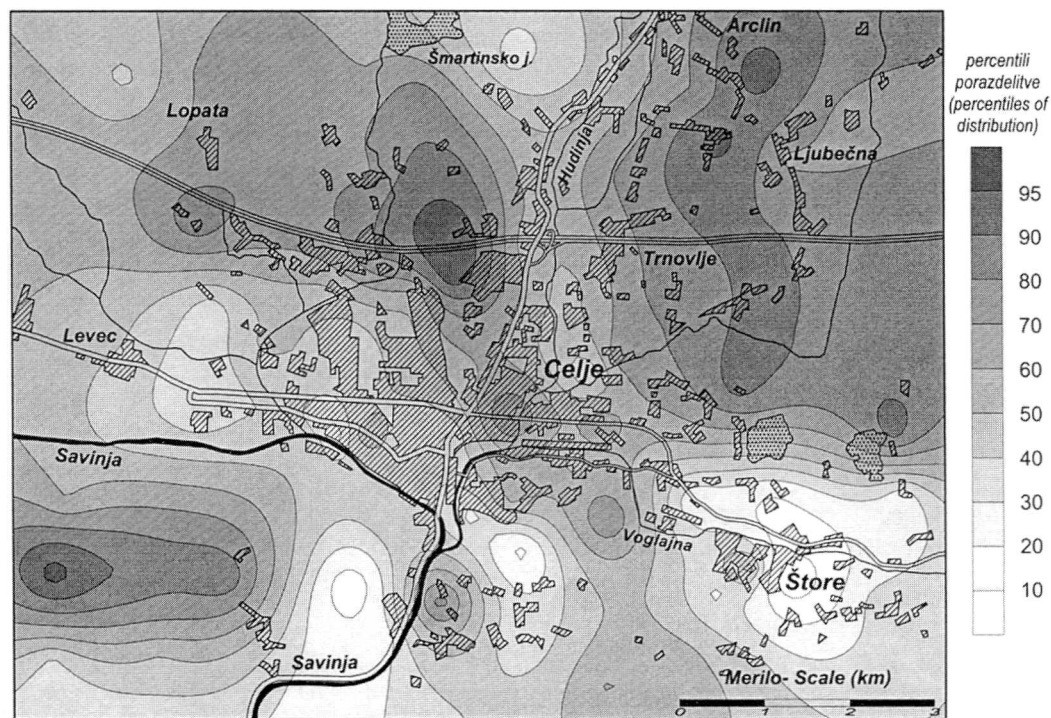
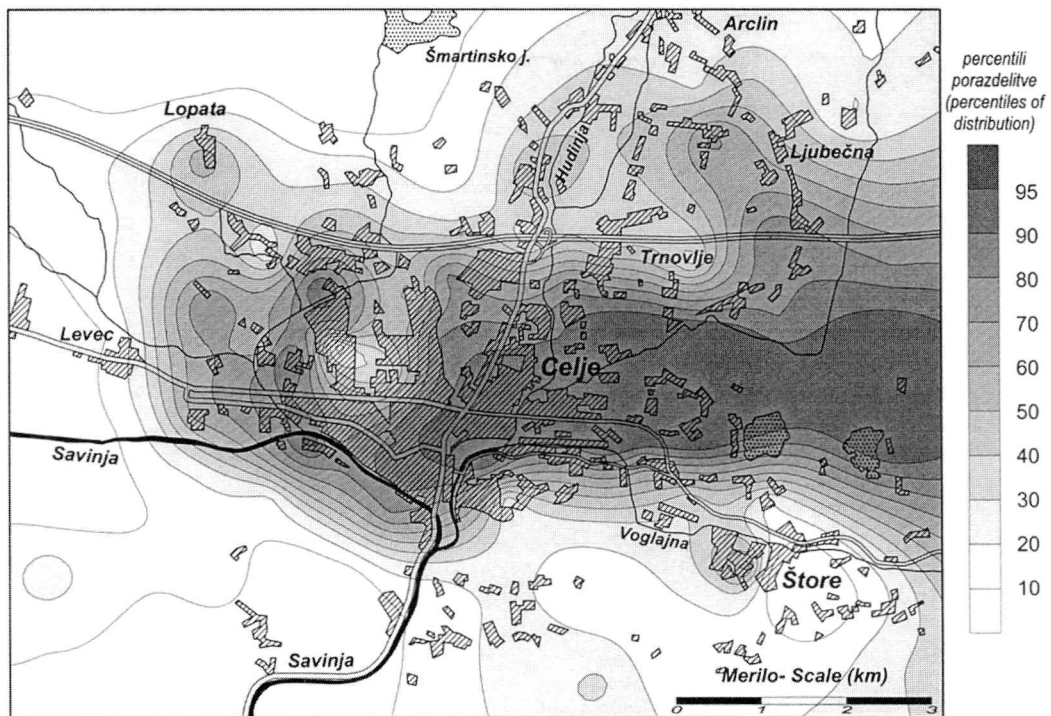


Sl. 4: Porazdelitev faktorja 2 (Ag-As-Cd-Cu-Mo-Pb-S-Sb-Zn) v podstrešnem prahu (zgoraj) in v tleh (spodaj)
 Fig. 4: Distribution of factor 2 (Ag-As-Cd-Cu-Mo-Pb-S-Sb-Zn) in attic dust (above) and soil (below)



Sl. 5: Porazdelitev faktorja 3 (Co-Cr-Fe-Mn-Ni) v podstrešnem prahu (zgoraj) in v tleh (spodaj)

Fig. 5: Distribution of factor 3 (Co-Cr-Fe-Mn-Ni) in attic dust (above) and soil (below)



Sl. 6: Porazdelitev faktorja 4 (Nb-Ti) v podstrešnem prahu (zgoraj) in v tleh (spodaj)

Fig. 6: Distribution of factor 4 (Nb-Ti) in attic dust (above) and soil (below)

Antropogeno povzročene porazdelitve kemičnih prvin

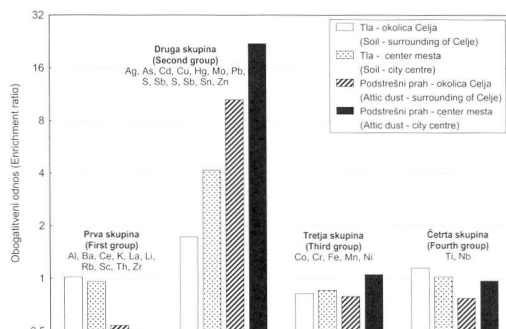
Geokemična anomalija, povzročena s pridobivanjem cinka in žveplene kisline

Geokemično anomalijo nakazuje faktor 2 (tabela 2), ki je najmočnejši (33% celotne variabilnosti). Zajema visoke vsebnosti Ag, As, Cd, Cu, Mo, Pb, S, Sb, Zn in predstavlja prvine, ki so bile zanesljivo antropogeno vnesene v okolje. Vsebnosti prvin v podstrešnem prahu za nekajkrat presegajo tiste v tleh.

Faktorske vrednosti se spreminjajo glede na vzorčno sredstvo in oddaljenost od vira onesnaženja (tabela 2, sliki 4 in 7). Povprečne vsebnosti naštetih prvin v tleh v okolici Celja presegajo slovensko povprečje v tleh za približno 70 %, v tleh iz centra mesta za več kot 4-krat, v podstrešnem prahu iz okolice mesta za skoraj 11-krat in v podstrešnem prahu iz centra mesta pa za več kot 22-krat (slika 7). Na obliko avreole onesnaženja močno vplivajo lokalni vetrovi. Porazdelitev faktorja 1 v podstrešnem prahu nam kaže anomalijo v ožjem središču Celja, ki se vleče od zahodnega obrobja strnjene urbane cone do Štor na vzhodu (slika 4).

Glavni vzrok nastanka geokemične anomalije je bilo taljenje sfalerita v obratih Cinkarne Celje od leta 1873 do 1970. Ne smemo pa zanemariti vpliva Železarne Štore, saj njene današnje emisije obsegajo tudi cink, kadmij ter svinec, vendar zaradi čistilne naprave manjše količine (Stergar, 2000). Izvor ostalih prvin je najverjetneje posledica delovanja drobnih kurišč in prometa, kar sklepamo glede na razporeditev teh prvin v prahu in tleh. Poleg tega moramo upoštevati še vpliv 30 kilometrov oddaljene Termoelektrarne Šoštanj.

Porazdelitve Cd in Zn (tabela 2) predstavljajo najbolj izrazit primer hudega antropogenega vpliva. Na celjskem podeželju povprečji vsebnosti Cd in Zn v tleh presegata slovenska povprečja za približno 3-krat, v mestnem središču so te razlike precej večje: slovenska povprečja presegata za 15-krat. Antropogena narava Cd in Zn je razvidna zlasti v primerjavi slovenskih povprečij v tleh s povprečji v podstrešnem prahu na celjskem. Vsebnost Cd v podstrešnem prahu na območju centra mesta presega slo-



Sl. 7: Povprečni obogatitveni odnosi skupin prvin glede na vzorčno sredstvo in lokacijo vzorčenja

Fig. 7. Average enrichment ratios of element group with regard to sampled material and location of sampling

vensko povprečje v tleh za 105-krat, Zn pa za 90-krat. Maksimalne vsebnosti kadmija znašajo 456 g/t v podstrešnem prahu ter 59 g/t v tleh in cinka 5.6% v prahu in 0.86 % v tleh. Tako lahko podstrešni prah v središču Celja označimo za kvalitetno cinkovo rudo.

Geokemična anomalija, povzročena z delovanjem črne metalurgije

Geokemično združbo Co, Cr, Fe, Mn in Ni (tabela 2) na območju Celja in Štor ponazarja faktor 3 (12 % celotne variabilnosti). Zanimivo je, da navedene prvine v vzorčnih sredstvih ne kažejo obogatitev glede na slovensko povprečje v tleh (tabela 1, slika 7). Območje visokih vsebnosti Co, Cr, Fe, Mn in Ni v podstrešnem prahu se razteza od vzhodnega roba Celja preko Štor proti vzhodu (slika 5). Načrt vzorčenja ni zajel vzhodnega konca avreole. Izvor visokih vsebnosti navedenih prvin je glede na obliko avreole v prahu nekdanja topilnica Železarne Štore. Povečane koncentracije prvin v prahu in tleh, ki jih zajema faktor 3, le delno sovpadajo in sicer na območju Štor. V tleh opazimo višje vsebnosti teh prvin tudi na severovzhodnem območju, kar verjetno izviraja iz preperevanja matične podlage (slika 5).

Nastajajoča geokemična anomalija (pridobivanje titanovega oksida)

Porazdelitev, ki jo nakazuje faktor 4 (Nb-Ti), nam nazorno dokazuje uporabnost pod-

strešnega prahu za geokemične raziskave in sledenje onesnaževalcev. Ugotovljena povprečja v tleh so nekoliko višja kot v podstrešnem prahu (slika 7). Porazdelitev faktorja 4 v podstrešnem prahu je antropogena in kaže izrazito obogatitev v smeri vzhod-zahod, oz. v smeri prevladujočih vetrov (slika 6). Lahko jo pripišemo proizvodnji titanovega dioksida, ki se je začela po letu 1970. Zanimivo je tudi, da se antropogeni vzorec porazdelitve kaže le v podstrešnem prahu, v tleh pa je porazdelitev še zmeraj naravna (kot v primeru faktorja 1) in na njo vpliva predvsem preperevanje matične podlage (slika 6).

Zaključki

Sodobne meritve kemizma zračnega depozita so posledica spremenjenega odnosa javnosti do okolja v nastopajoči postindustrijski dobi. Na žalost tovrstne raziskave sistematično potekajo šele zadnji desetletji, ko je večina zgodovinskih onesnaževalcev že prenehala z obratovanjem ali pa je zaradi poostrene zakonodaje onesnaženje okolja manjše. Dogajanje v atmosferi v času največjega onesnaževanja v industrijski dobi je tako ostalo uganka.

Podstrešni prah je to uganko rešil, saj smo odkrili zelo stabilno vzorčno sredstvo za ločevanje naravnih in antropogeno povzročenih porazdelitev kemičnih prvin, na katero, za razliko od tal, geološka podlaga, vremenski pogoji in neposredna človekova dejavnost nimajo večjega vpliva. V prejšnjih uspešnih raziskavah smo že ugotovili uporabnost podstrešnega prahu na regionalni ravni (območje celotne Slovenije) in pri sledenju živosrebrne aureole na območju Idrije. Na Celjskem pa smo to našo domnevo potrdili tudi v majhnem merilu.

Geochemical research of soil and attic dust in Celje area (Slovenia)

The goal of this work is the study of attic dust as a sampling medium for separation of anthropogenic (man-made) from geogenic elemental distribution in smaller (local) scale. In previous geochemical studies (Šajin, 1999) the use of attic dust as a sam-

pling medium for the territory of Slovenia (regional scale) was established. The use of attic dust for tracing the mercury aureole in Idrij area was successfully proven (Gosar et al., 2001, Gosar & Šajin, 2001).

The result of changing public attitude towards environmental conservation in the post-industrial society is also the growing interest in studding the air deposit. Unfortunately, these studies were not very common 20 years ago so most of the knowledge about changes in the atmosphere during the industrial era when most of the pollution was caused, is lost.

But the attic dust helped to uncover the parts of this mystery. In this study attic dust is proven to be a very stable sampling medium for distinguishing the natural from anthropogenic (man-made) elemental distribution. The attic dust is also very useful sampling medium for smaller (local) scale studies.

Zahvale

Raziskavo je financiralo Ministrstvo za šolstvo, znanost in šport RS. Zahvaljujem se vsem, ki so sodelovali v raziskavi, predvsem pa ljudem dobre volje, ki so dovolili vzorčenje na svojih podstrešjih.

Literatura

- Abbey, S. 1983: Studies in »standard samples« of silicate rocks and minerals 1969 - 1982. - Geological survey of Canada, 109 pp., Ottawa.
- Andjelov, M. 1994: Rezultati radiometričnih in geokemičnih meritev za karto naravne radioaktivnosti Slovenije. - Geologija 36, 223 - 248, Ljubljana.
- Batič, F. 1984: Lišajska karta Slovenije. - Prirodoslovno društvo Slovenije, Ljubljana
- Buser, S. 1977: Osnovna geološka karta SFRJ, list Celje 1:100.000. - Zvezni geološki zavod Beograd, Beograd.
- Buser, S. 1977: Tolmač lista Celje. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. - Zvezni geološki zavod Beograd, 72 str., Beograd.
- Darnley, A.G., Björklund, A., Brivikan, B., Gustavsson, N., Koval, P.V., Plant, J.A., Steinfeld, A., Tauchid, M. & Xuejing, X. 1994: IGCP Project 259 & 360. - Newsletter 6, IUGS UNESCO, Geological Survey of Canada, 15 pp., Ottawa.
- Davis, J.C. 1986: Statistic and data analysis in geology. - Wiley & Sons, 651 pp., New York.
- Domitrovič - Uranjek, D. & Dobnik, F. 1990: Onesnaženost okolja v Celju. - Zveza društev inženirjev in tehnikov območja Celje, 35 str., Celje.

E p s t e i n, M. S. 1990: Report of analysis. - U.S. Department of commerce, National institute of standards and technology, 16 pp., Gaithersburg, Maryland.

G o s a r, M. & Š a j n, R. 2001: Mercury in soil and attic dust as a reflection of Idrija mining and mineralization (Slovenia). - *Geologija* 44, 137-159, Ljubljana.

G o s a r, M., Š a j n, R. & B i e s t e r, H. 2001: Mercury in soil and attic dust in Idrija and surroundings. - *RMZ - Materials and geoenvironment* 48, 87-93, Ljubljana

K o š m e l j, B. 1983: Uvod v multivariatno analizo. - Ekonomska fakulteta, Univerza v Ljubljani, 272 str., Ljubljana.

L o b n i k, F., M e d v e d, M., L a p a j n e, S., B r u m e n, S., Ž e r j a l, E., V o n č i n a, E., Š t a j n b a h e r, D. & Š t a n c e r, A. 1989: Tematska karta onesnaženosti zemljišč celjske občine. - VTOZD za agronomijo, BF, Univerza v Ljubljani, 159 str., Ljubljana.

M i e s c h, A.T. 1976:- Geochemical survey of Missouri; methods of sampling, laboratory analysing, and statistical reduction of data. - Geological survey professional paper, USGS, 9954 - a, 39 pp., Washington.

N a t e k, M. 1988: Celje. - V: Enciklopedija Slovenije, 2. zvezek, Mladinska knjiga, 3-6, Ljubljana.

O t o r e p e c, B. 1988: Celjska kotlina. -V: Enciklopedija Slovenije, 2. zvezek, Mladinska knjiga, 11-12, Ljubljana

P i r c, S. 1993: Regional geochemical surveys of carbonate rocks-final report, USG Project JF881-0. - Oddelek za geologijo NTF, Univerza v Ljubljani, 30 pp., Ljubljana.

P l a n i n š e k, F. 1972: Higienske in epidemiološke razmere v celjski občini. - Celjski zbornik 14, 503-529, Celje.

S i b s o n, R. 1981: A Brief Description of Natural Neighbor Interpolation. -In: Barnett, V., (ed.): Interpreting multivariate data. John Wiley and Sons, 21-36, New York.

S t a i s t i č n i u r a d R Slovenije 2001: Statistični letopis 2000, pregled po občinah. - Spletna stran (<http://www.sigov.si/zrs/leto00/34.htm>)

S t e r g a r, A. V. 2001: Sanacijski ekološki program Inexe Store. - Inexa Celje, 16 str., Celje.

Š a j n, R. 1999: Geokemične lastnosti urbanih sedimentov na ozemlju Slovenije. - Geološki zavod Slovenije, 136 str., Ljubljana.

U r š i č, A., D r e v, D. & P l a n i n š e k, T. 1994: Problematika emisij in imisij žveplovega dioksida: strokovne osnove izdelave sanacijskega programa za varstvo zraka občine Celje. - *Okolje* 5/6, 10-12, Ljubljana.

U r š i č, A. 1997: Rezultati prizadevanj za zmanjšanje onesnaženosti zraka v Celju. -V: Oderlap - Kranjc, I. et al., (eds.): Gozd, drevo in mesto. Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Celje, Društvo inženirjev in tehnikov gozdarstva, 102-108, Celje.