

## Geokemične lastnosti tal, poplavnega sedimenta ter stanovanjskega in podstrešnega prahu na območju Mežice

### Geochemical properties of soil, overbank sediment, household and attic dust in Mežica area (Slovenia)

Robert ŠAJN, Mateja GOSAR & Milan BIDOVEC  
Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana, Slovenija

*Ključne besede:* geokemija, onesnaženje, tla, bivalni prah, poplavni sediment, težke kovine, Mežica

*Key words:* geochemistry, pollution, soil, household dust, overbank sediments, heavy metals, Mežica

#### Kratka vsebina

Na podlagi kemičnih analiz vzorcev smo izdelali prostorske porazdelitve za posamezne geokemične združbe ter ločili naravne geokemične porazdelitve prvin od antropogeno povzročenih. V raziskavah smo upoštevali 20 kemičnih prvin (Al, Ca, Fe, K, Mg, Si, Ti, Ba, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Rb, Sr, V, Zn in Zr). Določili smo 3 naravne geokemične združbe: Si-Al-K-Rb-Ni-Cr-Co-Ba-Sr, Ti-V-Fe-Zr-Mn-Co, Ca-Mg-Mo-Cu-Ba ter antropogeno povzročeno združbo Pb-Zn, ki kaže vpliv rudniške in topilniške dejavnosti.

#### Abstract

Spatial distributions of geochemical associations were distinguished based on the chemical analyses of samples. Natural geochemical distributions of elements were distinguished from anthropogenic ones. Twenty chemical elements were considered (Al, Ca, Fe, K, Mg, Si, Ti, Ba, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Rb, Sr, V, Zn in Zr). Three natural geochemical associations (Si-Al-K-Rb-Ni-Cr-Co-Ba-Sr, Ti-V-Fe-Zr-Mn-Co, Ca-Mg-Mo-Cu-Ba) and an anthropogenic association Pb-Zn were determined. The anthropogenic association is a result of mining and smelting activity in this area.

#### Uvod

Geokemična skupina Geološkega zavoda Slovenije je v preteklem desetletju na ozemlju Mežice in njene okolice v okviru večih geokemičnih študij obravnavala različne vrste geokemičnih vzorčnih sredstev kot so tla, poplavni sediment ter stanovanjski in podstrešni prah. V pričujočem članku predstavljamo rezultate raziskave tal in vsebnosti slednih prvin v tleh primerjamo s

tistimi v poplavnih sedimentih ter v stanovanjskem in podstrešnem prahu.

Ozemlje Mežice je zaradi rudniške in topilniške dejavnosti ter tudi zaradi geogenih danosti močno obremenjeno s težkimi kovinami, zlasti s svincem in cinkom, ki so ju tod pridobivali več kot 300 let. Iz leta 1665 so ohranjeni prvi napisani dokumenti, ki omenjajo rudarjenje v Mežiški dolini. Manjši rudniki so bili raztreseni po vsej dolini in okolici, bogato galenitno rudo pa

so toplili kar tam kjer so jo pridobivali. Po letu 1896 se je metalurška dejavnost osredotočila v Žerjavu (S o u v e n t, 1994).

Namen članka je določiti nivoje slednih prvin v obravnavnih vzorčnih sredstvih na ozemlju Mežice ter ločiti naravne - geogene anomalije od tehnogenih oziroma antropogenih.

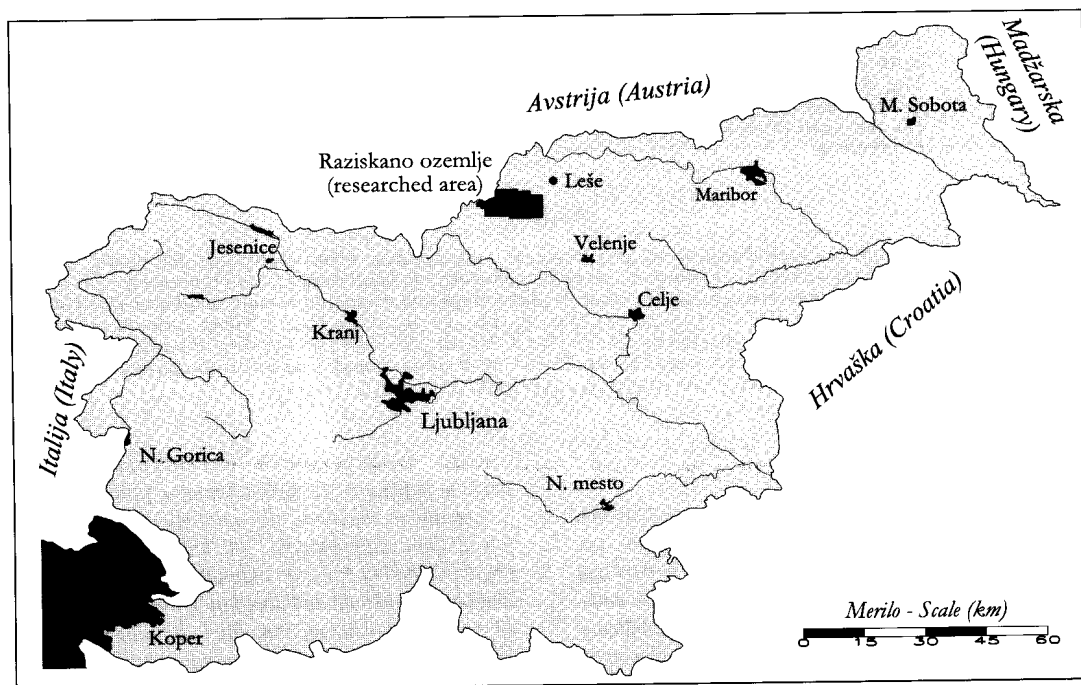
### Materiali in metode dela

V letih 1991/1992 smo v okviru avstrijsko-hrvaško-slovenskega projekta delovne skupine Alpe-Jadran z naslovom "Metodologija geokemičnih raziskav v kartiranju in geokemiji okolja na karbonatnih kamninah" vzorčevali tla v Mežici in okolici. Na slovenski strani smo zbrali 263 vzorcev tal iz 82-ih talnih profilov v mreži 1x1 km (slike 1 in 2). Tla smo vzorčevali v vertikalnih profilih po talnih horizontih. Na sosednjem ozemlju v Avstriji je bilo pobrano še 244 vzorcev tal iz 65-ih talnih profilov. P. Vreča s sodelavci (v tisku) obravnava vse zbrane vzorce, mi pa se bomo v pričujočem članku zaradi zanimivosti ožjega območja

okoli rudnika in topilnice omejili na slovenske vzorce.

Na obravnavanem ozemlju je razvoj tal v tesni zvezi z matično podlago, morfologijo ozemlja in rabo tal. Na strmih pobočjih iz karbonatnih kamnin, ki so večinoma porasla z gozdom, prevladuje talni tip rendzina (profil A-C). Od 82 preiskanih profilov jih kar 57 pripada temu talnemu tipu. Ponekod se z rendzino prepletajo rjava pokarbonatna tla (19 profilov), ki predstavljajo nadaljnji razvoj tal na karbonatnih kamninah (profil A-(B)<sub>rz</sub>-C). Kambični (B)<sub>rz</sub> horizont je nastal zaradi kopičenja netopnega ostanka pri preperevanju nekarbonatne matične podlage. Na bazičnih kamninah (filiti, marmorji, peščenjaki) smo opazovali evtrična rjava tla (5 profilov), v enem primeru na kisli podlagi pa na distrična rjava tla. Talne tipe smo določali v skladu s klasifikacijo po Š k o r i č u (1977).

Priprava vzorcev za kemične analize je potekala po navodilih, podanih v poročilu P i r c a et al. (1987), ki so podobna priporočilom UNESCO projekta IGCP 259 (D a r n l e y et al., 1994). Vzorci tal so bili zračno sušeni, narahlo pretrti v keramični



Sl. 1. Lega raziskanega območja

Fig. 1. Researched area

terilnici in sejani skozi sito z odprtiniami 2 mm. Frakcija pod 2 mm je bila mleta na analitsko zrnivost (<0,063 mm).

Kislost v vzorcih mineralnih horizontov tal smo določali elektrometrično v suspenziji iz 10 g vzorca in 25 ml 0,01M CaCl<sub>2</sub> po klasični metodi (R h o a d e s, 1982, H o d n i k, 1988). Z metodo rentgenske fluorescenca so bile določene vsebnosti 11 glavnih (Al, Ca, Cl, F, Fe, K, Mg, Na, P, Si, Ti) in 16 slednih prvin (Ba, Co, Cr, Cu, Ga, Mn, Mo, Nb, Ni, Pb, Rb, Sr, V, Y, Zn, Zr) v laboratoriju Arsenal na Dunaju (tabela 1).

V postopku statistične obdelave podatkov smo upoštevali vseh 229 vzorcev. Za oceno povezav med prvinami smo uporabili multivariatno statistično metodo - faktorso analizo vrste R (L e M a i t r e, 1982; K o š m e l j, 1983; D a v i s, 1986; R o d i o n o v et al., 1987). Kot mero povezave med spremenljivkami smo privzeli korelacijski koeficient (*r*).

Iz skupine 27 obravnavanih prvin smo izločili 7 prvin - Cl, F, Na, P, Ga, Nb in Y, ker te niso kazale smiselnih povezav z ostalimi prvinami ter so imele nizek delež komunalnosti pri faktorso analizi. Faktorso analiza je začetno število 20 obravnavanih opazovanj skrčila na 4 sintetične spremenljivke, ki predstavljajo geokemične združbe prvin. Te zajemajo več kot 75% celotne variabilnosti. Rezultati faktorso analize so prikazani v obliki matrike značilnih rotiranih faktorso obremenitev (tabela 2).

Tab. 2. Dominantne vrednosti rotiranih faktorso obremenitev; n=229

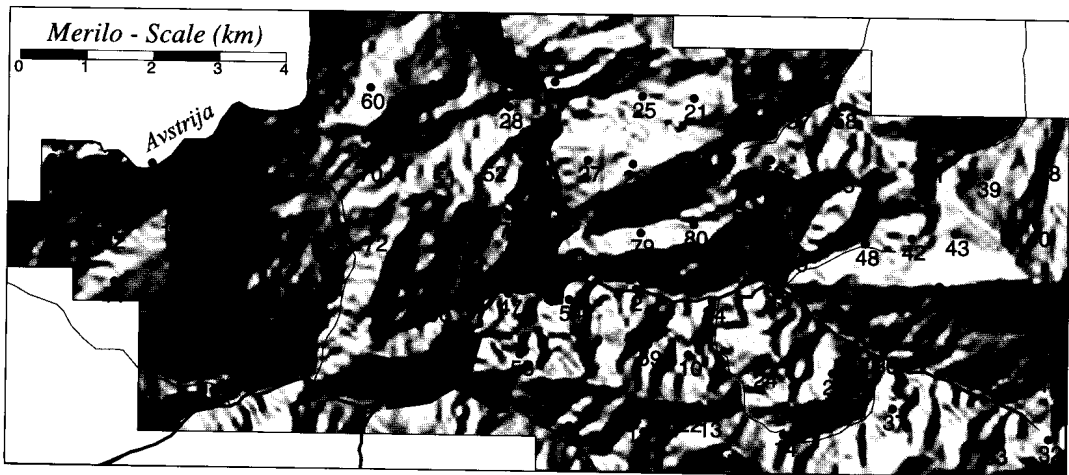
Tab. 2. Characteristic values of rotated factor loadings; n=229

Prvina	F1	F2	F3	F4	Kom.
Si	0.86				91.3
Al	0.85				89.7
K	0.85				83.0
Rb	0.83				79.9
Ni	0.79				81.0
Co	0.65	0.59			79.1
Cr	0.64				64.6
Ba	0.61		-0.55		78.4
Sr	0.55				55.9
Ti		0.91			92.9
V		0.84			76.8
Fe		0.83			88.6
Zr		0.66			66.0
Mn		0.55			51.6
Mg			0.90		88.9
Ca			0.76		86.1
Mo			0.53		50.5
Cu			-0.75		75.1
Zn				0.85	74.9
Pb				0.80	79.8
Var.	29.1	21.7	15.4	10.5	76.7

F1 ... F4 - Faktorso obremenitve;  
Factor loadings

Kom. - Komunalnost v %; Commuality in %

Var. - Varianca v %; Variance in %



Sl. 2. Digitalni model reliefa območja Mežice z lokacijami vzorčenja v talnih profilih  
Fig. 2. Digital relief model of Mežica area with soil profile locations

Tab. 1. Povprečja vsebnosti prvin v vzorčnih sredstvih na območju Mežice  
 Tab. 1. Averages of chemical elements in sampling materials on Mežica area

Prvina	Površinski talni horizont	Spodnji talni horizont	Poplavni sediment nad Črno	Poplavni sediment pod Črno	Stanovanjski prah (Leše)	Podstrešni prah (Leše)
Element	Upper soil	Bottom soil	Overbank sediment upstream from Črna	Overbank sediment downstream from Črna	Household dust (Leše)	Attic dust (Leše)
n	107	122	3	5	1	1
Al	3,95	7,35	7,15	4,81	1,59	3,32
Ca	2,32	4,03	5,01	8,35	7,20	9,02
Fe	2,67	3,65	5,02	3,39	1,38	2,58
K	0,95	1,54	1,55	1,13	0,66	1,11
Mg	1,28	1,87	3,66	5,82	2,08	2,06
Na	0,14	0,18	1,26	0,72	0,80	0,37
P	0,126	0,075	0,077	0,054	0,110	0,172
Ti	0,39	0,50	0,71	0,36	0,13	0,14
As	-	-	14	19	<5	59
Ba	246	240	353	564	462	259
Cd	-	-	2,7	22,6	5,8	8,9
Co	17	21	13	11	6	7
Cr	80	83	69	59	122	76
Cu	39	26	20	36	91	63
La	-	-	31	22	10	14
Mn	935	970	946	616	280	583
Mo	3	4	3	57	9	8
Nb	-	-	23	9	3	4
Ni	31	48	39	35	47	28
Pb	485	94	156	3325	227	1758
Sb	-	-	6	12	18	19
Sc	-	-	17	10	2	5
Sn	-	-	4	6	25	21
Sr	80	95	178	128	88	173
Th	-	-	8	9	2	5
V	134	139	109	65	27	82
Y	-	-	14	10	4	8
Zn	209	130	591	5297	1202	1015
Zr	134	146	28	26	10	15
Hg	-	-	60	90	850	1845

*Povprečne vrednosti Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, P in Ti so v %, Hg v mg/t, preostalih prvin pa v g/t; Podatki za poplavni sediment (Bidovec, 1997) in tla (Pirc, 1993; Anđjelov, 1994);*

*Average values of Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, P and Ti are in %, Hg in mg/t, remaining elements in g/t; Databases for overbank sediments (Bidovec, 1997) and soil (Pirc, 1993; Anđjelov, 1994)*

Rezultate raziskave smo prikazali v obliki kart porazdelitev vsebnosti obravnavanih prvin in faktorskih vrednosti. V postopku izdelave geokemičnih kart smo uporabili interpolacijsko metodo univerzalnega krigriranja z linearnim vario-gramom (P e r i š i ć, 1983; D a v i s, 1986). Pri interpolaciji posameznih prvin smo upoštevali 107 vzorcev zgornjih ter 122 vzorcev spodnjih talnih horizontov. Ana-

lizne vsebnosti prvin smo interpolirali v osnovni celici 250 x 250 m.

Mejne vsebnosti razredov smo izbrali na osnovi percentilov porazdelitve interpoliranih vrednosti. Odločili smo se za 7 vsebnostnih razredov: 0-10, 10-25, 25-40, 40-60, 60-75, 75-90 in 90-100 percentilov porazdelitve prvine. Vsebnostne razrede smo postavili tako, da so vrednosti okrog povprečja v širših razredih, nizke in visoke pa v ožjih razredih.

Tab. 3. Slovenska povprečja vsebnosti kemičnih prvin v vzorčnih sredstvih (tla 0-10 cm, n=819, n=119 (Hg); poplavni sediment, n=142; stanovanjski prah, n=41; podstrešni prah, n=41)

Tab. 3. Averages of chemical elements in sampling materials in Slovenia (soil 0-10 cm, n=819, n=119 (Hg); overbank sediments, n=142; household dust, n=41; attic dust, n=41)

Prvina	Tla	Poplavni sediment	Stanovanjski prah	Podstrešni prah
Element	Ele. Soil	Overbank sediment	Household dust	Attic dust
Al	6,92	5,18	1,64	2,52
Ca	0,78	5,82	7,00	7,58
Fe	3,80	2,77	1,36	1,67
K	1,40	1,17	0,74	1,10
Mg	0,83	2,31	1,52	1,46
Na	0,47	0,72	0,75	0,33
P	0,063	0,053	0,136	0,245
Ti	0,36	0,27	0,12	0,14
As	<5	<5	<5	11
Ba	360	281	344	319
Cd	0,5	0,4	2,4	1,2
Co	26	10	6	6
Cr	88	60	86	53
Cu	23	19	139	51
La	30	24	18	13
Mn	902	606	355	477
Mo	<2	<2	3	2
Nb	6	5	4	4
Ni	46	32	45	27
Pb	34	21	138	145
Sb	<5	<5	<5	<5
Sc	13	10	7	4
Sn	<2	<2	23	11
Sr	82	104	109	119
Th	11	9	2	4
V	113	69	27	58
Y	15	12	4	8
Zn	104	78	655	286
Zr	46	28	17	18
Hg	160	60	685	1075

Povprečne vrednosti Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, P in Ti so v %, Hg v mg/t, preostalih prvin pa v g/t; Ocenjene vrednosti za poplavni sediment so povzete po Bidovcu, 1997, za tla po Pirca, 1993 in Andjelovu, 1994);

Average values of Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, P and Ti are in %, Hg in mg/t, remaining elements in g/t); Estimate values for overbank sediments are taken from Bidovec, 1997 and for soil from Pirca, 1993; Andjelov, 1994)

## Rezultati in razprava

### Osnovne statistične vrednosti

Porazdelitve geokemičnih združb prvin v tleh na ozemlju Mežice smo primerjali s

povprečjem vsebnosti prvin v tleh Slovenije (Andjelov, 1994; Pirca, 1993), z vsebnostmi v urbanih sedimentih z ene lokacije na obravnavanem ozemlju (Šajn, 1999) in z vsebnostmi v poplavnih sedimentih (Bidovec, 1997) (tabeli 1 in 3).

### Naravna porazdelitev kemičnih prvin v vzorčnih sredstvih

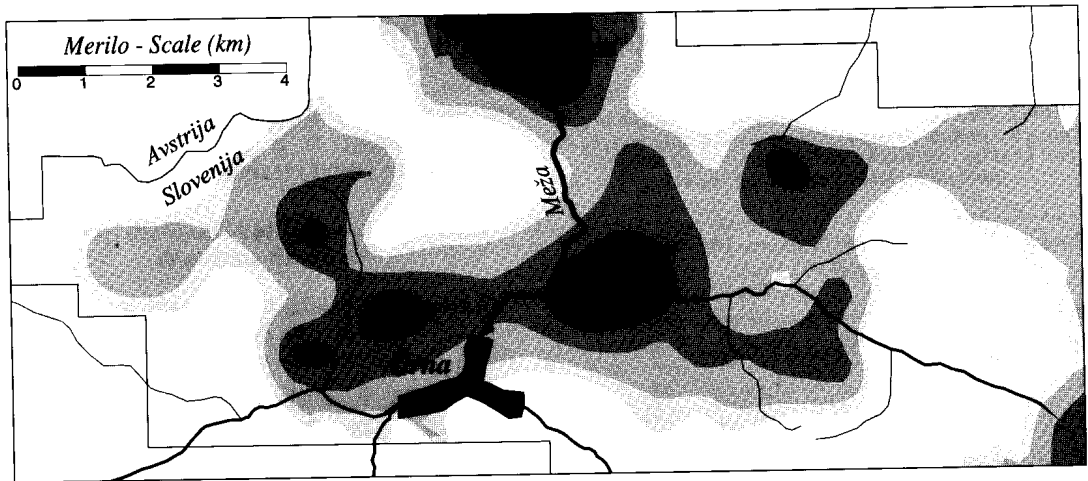
#### Geokemična združba Si, Al, K, Rb, Ni, Cr, Co, Ba in Sr

Faktor 1 (tabela 2) je prvi po moči in pojasni 29 % variabilnosti. Visoke vrednosti faktorja 1 so vezane na B horizont distričnih rjavih tal, nastalih na karnijskem laporju in skrilavem glinovcu ter na ladinjskem skrilavem glinovcu, meljevcu, laporju, drobi, peščenjaku, konglomeratu, breči in tufu, nizke vrednosti pa na tla nastala na norijskem in retijskem skladovitem glavnem dolomitu ter na masivnem wettersteinskem apnenecu in dolomitu cordevolske starosti. Vsebnosti geokemične združbe se z globino povečujejo. Ta skupina kemičnih prvin predstavlja najizrazitejši naravni vzorec obnašanja prvin na območju Mežice.

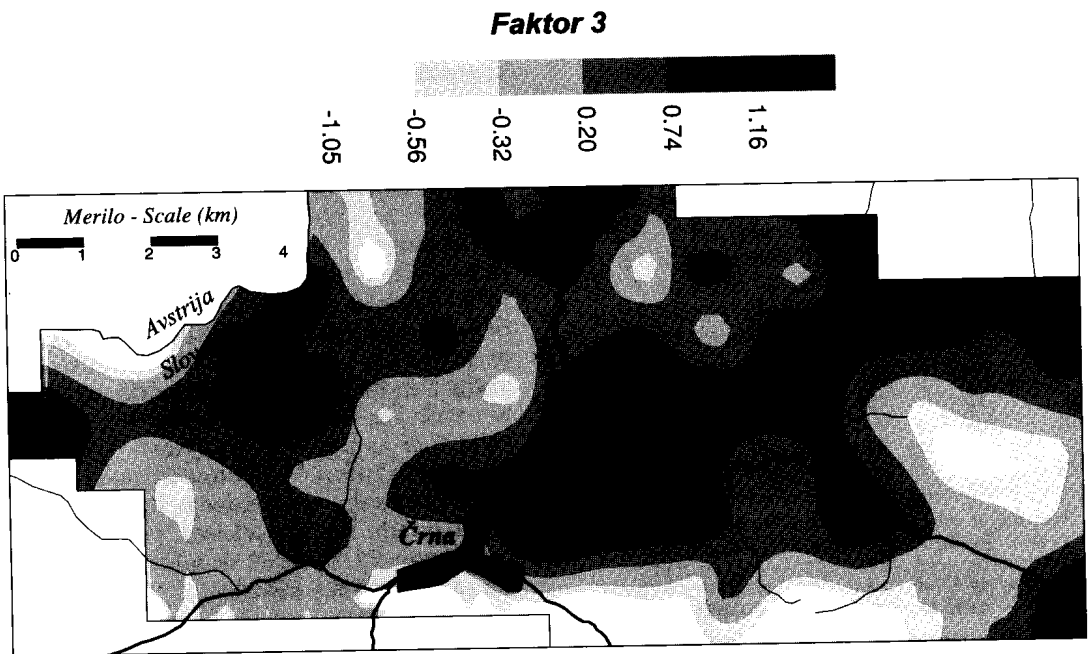
Primerjava kemizma mežiških tal s slovenskim povprečjem v tleh (tabeli 1 in 3) je pokazala, da mediane Al, K, Ni, Cr, Co in Sr v zgornjih talnih horizontih predstavljajo povprečno 74 % delež, vsebnosti teh prvin v spodnjih talnih horizontih pa nihajo na nivoju slovenskega povprečja. Enako velja tudi za poplavni sediment. Vsebnosti omenjenih prvin v stanovanjskem podstrešnem prahu na območju Mežice (Leše pri Ravnah na Koroškem) predstavljajo povprečno 80 % delež ocenjenega slovenskega povprečja v tleh.

#### Geokemična združba Ti, V, Fe, Zr, Mn in Co

Faktor 2 (tabela 2) je drugi po moči in pojasni 22 % celotne variabilnosti. Visoke vrednosti faktorja 1 so vezane na B horizont pokarbonatnih rjavih tal, nastalih na karbonatnih kamninah. Tudi vsebnosti te geokemične združbe se z globino povečujejo (16 %) toda ne tako močno, kot je primer v prejšnji skupini.



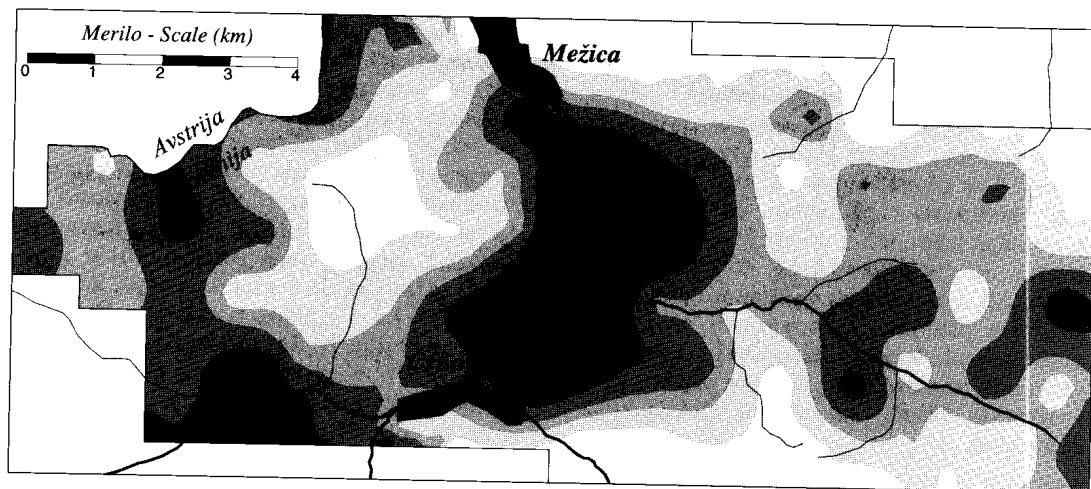
Sl. 3a. Porazdelitev faktorja 3 (Mg, Ca, Mo, -Cu in -Ba) v vrhnjem talnem horizontu  
 Fig. 3a. Distribution of factor 3 (Mg, Ca, Mo, -Cu and -Ba) in top soil



Sl. 3b. Porazdelitev faktorja 3 (Mg, Ca, Mo, -Cu in -Ba) v spodnjih talnih horizontih  
 Fig. 3b. Distribution of factor 3 (Mg, Ca, Mo, -Cu and -Ba) in bottom soil

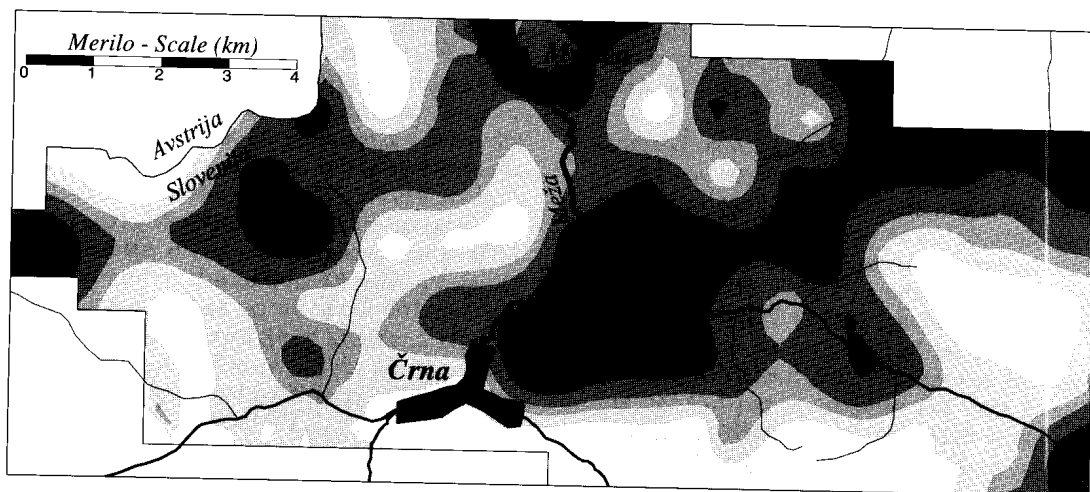
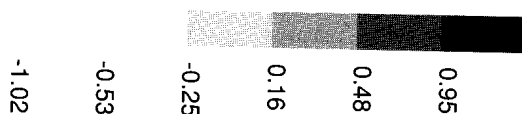
Mediane navedenih prvin z izjemo Zr v zgornjih talnih horizontih nihajo nekoliko pod slovenskim povprečjem, v spodnjih talnih horizontih pa te vrednosti presežejo za povprečno 10 %. Vsebnosti omenjenih

prvin v stanovanjskem in podstrešnem prahu na območju Mežice predstavljajo povprečno 30 % oz. 54 % delež ocenjenega slovenskega povprečja v tleh (tabeli 1 in 3).



Sl. 4a. Porazdelitev faktorja 4 (Pb in Zn) v vrhnjem talnem horizontu  
Fig. 4a. Distribution of factor 4 (Pb and Zn) in top soil

#### Faktor 4



Sl. 4b. Porazdelitev faktorja 4 (Pb in Zn) v spodnjih talnih horizontih  
Fig. 4b. Distribution of factor 4 (Pb and Zn) in bottom soil

#### Geokemična združba Mg, Ca, Mo, -Cu in -Ba

Faktor 3 (tabela 2; sliki 3a in 3b) predstavlja najslabše izražen naravni trend na raziskanem območju. Pojasni približno

15% celotne variance. Tudi ta geokemična asociacija ponazarja naravno porazdelitev prvin. Vsebnosti Ca, Mg in Mo naraščajo z globino, Cu in Ba pa vpadajo. Visoke vrednosti faktorja 3 so vezane na rendzine

nastale na zgornjetriasnem skladovitem glavnem dolomitu ali pa na zgornje in srednjetriasnih apnencih in dolomitih.

V primerjavi z ocenjenimi povprečji vsebnosti Ca, Mg in Mo v slovenskih tleh (tabeli 1 in 3) smo ugotovili več kot 2 krat višje vsebnosti v zgornjem, ter skoraj 3,5 krat višje vsebnosti v spodnjih talnih horizontih. Še večje so razlike, če primerjamo vsebnosti s poplavnim sedimentom in podstrešnim prahom, ki omenjeno povprečje presežeta za okrog 14 krat. Cu in Ba v vseh vzorčnih sredstvih z izjemo poplavnega sedimenta nihata na nivoju slovenskega povprečja.

### **Antropogeno povzročena porazdelitev kemičnih prvin**

#### ***Geokemična združba Pb in Zn***

Antropogeno porazdelitev prvin nakazuje faktor 4, ki pojasni okrog 11 % celotne variabilnosti prvin. Predstavlja prvine, ki so bile v večjem delu antropogeno vnesene v tla. Faktorske vrednosti se spreminjajo z globino: v zgornjih talnih horizontih so vrednosti za nekajkrat višje kot v spodnjih talnih horizontih (tabela 1 in 2, sliki 4a in 4b).

Vsebnost Pb v zgornjem talnem horizontu tal iz mežiškega območja za več kot 14 krat presega ocenjeno slovensko povprečje, vsebnost Zn pa za skoraj 3 krat. V spodnjih talnih horizontih so te razlike manjše, Pb preseže povprečje za 2 krat, Zn pa za približno 25 % (tabela 2, sliki 5 in 6).

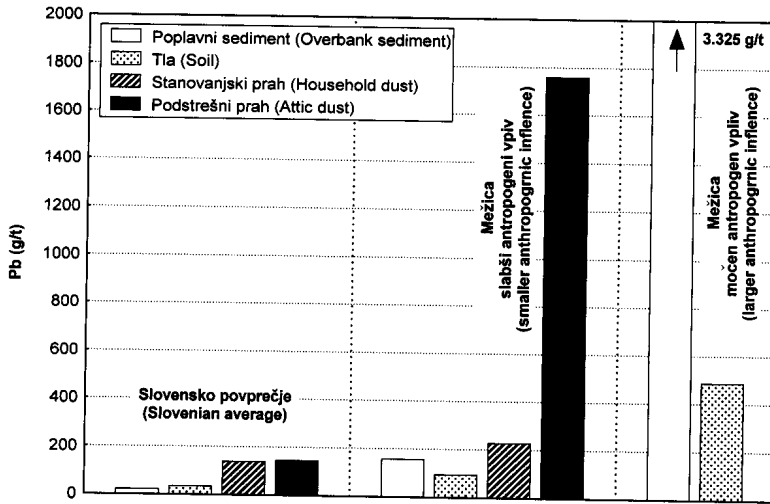
Razlike so bolj očitne na močno onesnaženih lokacijah z globljimi talnimi profili (rjava tla). Pri rendzinah, pri katerih smo navadno vzeli le vzorca dveh horizontov ( $O_h A_h$ , AC) so te razlike manjše. Primerjava vsebnosti svineca v organskem ( $O_h$ ) horizontu s tistimi v zgornjem in spodnjem mineralnem horizontu jasno kaže veliko obremenitev organskega in zgornjega mineralnega horizonta s svincom, verjetno predvsem zaradi zračnega transporta. Podobno, a manj izrazito porazdelitev ima tudi cink, kar je pa tudi pričakovati, saj sodita oba v isti faktor oz. v isto geokemično združbo. V zelo onesnaženem profilu 1, ki je v bližini Žerjava in v profilih 2 in 9, ki sta od Žerjava

va malo bolj odmaknjena, a vseeno jasno obremenjena zaradi vpliva topilnice, so vsebnosti svineca in cinka zelo visoke v organskem in zgornjem mineralnem horizontu tal. V globljih horizontih se nivoja obeh prvin približata nivoju ozadja. Za primer neonesnažene lokacije navajamo profil 38, ki leži na skrajnem NE delu obravnavanega ozemlja. Znotraj tega profila nihajo vsebnosti težkih kovin v mejah ozadja, kalcij in magnezij pa z globino naraščata. Profila 6 (blizu rudnika Topla) in 71 (ob pojavu svineca v Začnovem hlevu) vsebujeta visoke vrednosti svineca in cinka. V organskih horizontih ni prišlo do obogatitve teh prvin, nasprotno, v profilu 6 količina Zn celo naraste v spodnjem horizontu. Zanimivo je tudi razmerje Pb : Zn v tih dveh profilih, saj se dobro sklada z rudo, ki je v bližini. Z geokemičnega stališča predstavlja Topla v rudiščih severnih Karavank poseben primer. Cink močno prevladuje nad Pb, tako da je njuno razmerje kar od 4:1 do 6:1 (Š t r u c l, 1974). Sklepamo torej, do so visoke vrednosti svineca in cinka v teh dveh profilih posledica geogenih dejavnikov - torej orudenja.

Še večje so razlike če primerjamo vsebnosti Pb in Zn v poplavnem sedimentu s slovenskim povprečjem. Vsebnosti Pb in Zn v vzorcih zbranih nad Črno presežejo slovensko povprečje za več kot 7 krat. Te vrednosti lahko pripišemo vplivu ozadja oz. pojavu Pb-Zn orudenj. Velikanske razlike pa opazimo v vzorcih zbranih ob strugi reke Meže pod Črno. Vsebnost Pb preseže slovensko povprečje poplavnih sedimentov za več kot 100 krat, Zn pa za več kot 45 krat (tabela 2, sliki 5 in 6). Drastično povečanje vsebnosti Pb in Zn v poplavnih sedimentih je zanesljiva posledica rudarjenja in metalurške dejavnosti. Flotacijski mulj je namreč dolga leta odtekal v reko Mežo in jo naredil mrtvo (S o u v e n t, 1994).

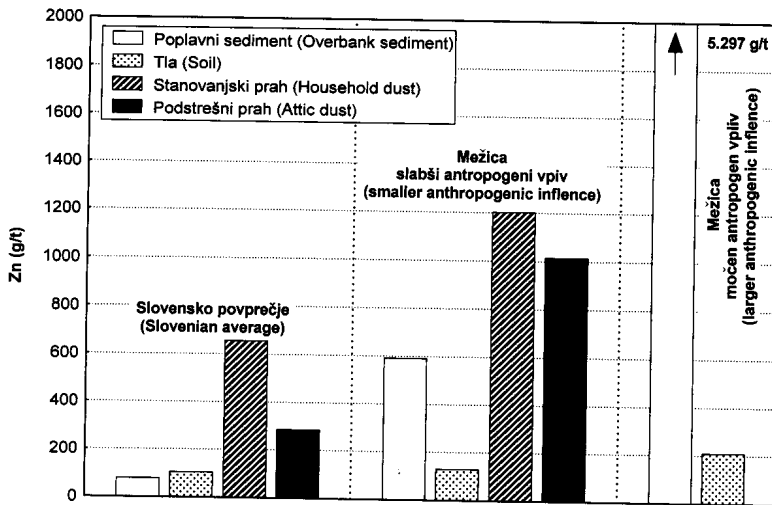
Daljšinski vpliv metalurške dejavnosti na območjih Mežice in Raven na Koroškem se odraža tudi na vsebnosti Pb in Zn v urbanih sedimentih. Za razliko od prvin, na katere človek nima večjega vpliva in katerih vsebnosti nihajo na nivoju slovenskega povprečja v tleh, smo ugotovili za 6 oz. 10 krat višje vsebnosti Pb in Zn v stanovanjskem prahu in 50 oz. 10 krat višje v podstrešnem prahu (tabela 2, sliki 5 in 6).





Sl. 5. Porazdelitev vsebnosti Pb v vzorčnih sredstvih na območju Mežice

Fig. 5. Distribution of Pb content in sampling materials in Mežica area



Sl. 6. Porazdelitev vsebnosti Zn v vzorčnih sredstvih na območju Mežice

Fig. 6. Distribution of Zn content in sampling materials in Mežica area

## Zaključki

Z geokemičnimi raziskavami na območju Mežice smo ugotovili vsebnosti in prostorske porazdelitve kemičnih prvin v tleh ter ločiti naravne geokemične porazdelitve prvin od antropogeno povzročenih. V raziskavah smo upoštevali porazdelitve 20 kemičnih prvin (Al, Ca, Fe, K, Mg, Si, Ti, Ba, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Rb, Sr, V, Zn in Zr).

Ločili smo 3 naravne geokemične združbe: Si-Al-K-Rb-Ni-Cr-Co-Ba-Sr, Ti-V-Fe-Zr-Mn-Co, Ca-Mg-Mo-Cu-Ba. Glavna lastnost prvin naravnih geokemičnih

združb je, da njihova vsebnost z globino raste ter, da ni velikih razlik med vsebnostjo v različnih vzorčnih sredstvih.

Z okoljevarstvenega vidika je posebno zanimiva antropogeno povzročena geokemična združba Pb-Zn, na katero je močno vplivala rudniška in topilniška dejavnost v mežiški dolini. Za obe prvini je značilno, da njune vsebnosti v tleh z globino praviloma močno vpadajo ter tudi, da so nekajkrat obogatene v vseh vzorčnih sredstvih na raziskanem območju glede na slovenska povprečja.

Zaskrbljujoče je dejstvo, da so na ozemlju Mežice v stanovanjskem prahu (Leše pri

Ravnah na Koroškem) vsebnosti Pb in Zn zelo visoke in presegajo tudi večkratne vsebnosti ugotovljene v tleh. Ker je vzorec stanovanjskega prahu odvzet na lokaciji, kjer je možen vpliv metalurške dejavnosti z območij Mežice in Raven na Koroškem, bo odgovor o vplivih na okolje dala šele sistematična raziskava urbanih sedimentov na območju obeh potencialnih onesnaževalcev.

### **Geochemical properties of soil, overbank sediment, household and attic dust in Mežica area (Slovenia)**

In the frame of an international Austrian-Croatian-Slovene project "Methodology of geochemical mapping and geochemistry of the environment on carbonate terrains" soil was sampled in the Mežica area in 1991/1992. In Slovenia 263 soil samples in 82 profiles were collected. Samples of overbank sediment and urban sediment (household and attic dust) were also included in this research.

Based on the chemical analyses of samples spatial distributions of geochemical associations were distinguished. Natural geochemical distributions of elements were distinguished from anthropogenic ones. Twenty chemical elements were considered (Al, Ca, Fe, K, Mg, Si, Ti, Ba, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Rb, Sr, V, Zn in Zr).

Three natural geochemical associations (Si-Al-K-Rb-Ni-Cr-Co-Ba-Sr, Ti-V-Fe-Zr-Mn-Co and Ca-Mg-Mo-Cu-Ba) were distinguished. The main characteristics of these geochemical associations are following: their contents in soil increase with depth and do not differentiate between sampling materials.

From the environmental point of view is very interesting Pb-Zn anthropogenic geochemical association which is the result of mining and smelting activity in the Mežica valley through many centuries. Pb and Zn contents in soil decrease rapidly with depth and are enriched in all sampling materials with respect to the Slovenian average.

The fact, that Pb and Zn contents in attic dust in Mežica area (village Leše) multiply exceed values in soil, is very alarming. Further systematic research of urban sediments should be extended also to nearby

regions with heavy ironwork industry (Ravne na Koroškem).

### **Zahvale**

Raziskave so potekale pod okriljem mednarodnega sodelovanja Alpe-Jadran s kolegi z Woest-Alpine (Linz), Geoeoko (Dunaj) in Zagrebškega geološkega zavoda. Zahvaljujemo se Geološkemu zavodu Slovenije, ki nam je omogočil delo pri reševanju geokemične problematike in Ministrstvu za znanost in tehnologijo Republike Slovenije za financiranje raziskav.

### **Acknowledgement**

The study was performed in the frame of the Alpe-Adria common research project with colleagues of the Woest-Alpine, Linz, Geoeoko, Vienna, and the Geological Survey of Croatia. Thanks to the Geological Survey of Slovenia for enabling the investigation, and to the Ministry for Science and Technology, R. Slovenia for funding.

### **Literatura**

- Andjelov, M. 1994: Rezultati radiometričnih in geokemičnih meritev za karto naravne radioaktivnosti Slovenije. -*Geologija*, 36, 223 - 248, Ljubljana.
- Bidovec, M. 1997: Uporaba poplavnega sedimenta za ugotavljanje ozadja in stopnje onesnaženja. -*Magistrsko delo*, Knjižnica Odseka za geologijo, NTF, 133 str., Ljubljana.
- Darnley, A. G., Björklund, A., Bölviken, 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 p., New York.
- Hodnik, A. 1988: Kemične analize talnih vzorcev, rastlinskih vzorcev in ocednih vod. -*Poročilo*, Katedra za pedologijo, prehrano rastlin in ekologijo, BTF, Ljubljana.
- Košmelj, B. 1983: *Uvod v multivariatno analizo*. -Univerza Edvarda Kardelja, Ekonomska fakulteta Borisa Kidriča, 272 str., Ljubljana.
- Lemaître, R. W. 1982: -*Numerical Petrology; Statistical interpretation of geochemical data*. - Elsevier Publ. Co., 281 p., Amsterdam.
- Perišić, M. 1983: *Primenjena geostatistika* (knjigi 1 in 2). - Rudarski institut Beograd, 534 str., Beograd.
- Pirc, S. 1993: *Regional geochemical surveys of carbonate rocks; final report; USG Project*

Number: JF 881-0. -Poročilo, Knjižnica Odseka za geologijo, NTF, 30 str., Ljubljana.

P i r c, S., L e n a r č i č, T., P e h, Z. & Svrkota, R. 1987: Geochemical surveys on carbonate terrains in Yugoslavia 1985 - 1987. - Poročilo, Knjižnica Odseka za geologijo, FNT, 121 p., Ljubljana.

R h o a d e s, J. D. 1982: Soluble salts. - In: A. L., P a g e (ed.), Methods of soil analysis, Part II. Soil science society of America, 167 - 208, Madison, Wisconsin.

R o d i o n o v, D. A., K o g a n, R. I., G o l u b o v a, V. A., S m i r n o v, B. I. & S i r o t i n s k a j a, S. V. 1987: Spravočnik po matematičeskim metodam v geologiji. - Nedra, 332 str., Moskva.

S o u v e n t, P. 1994: Rudnik Mežica nekoč, danes in jutri.- V: A. Lah (ed.), Okolje v Sloveniji.- Zbornik, Tehniška založba Slovenije, 533 - 541, Ljubljana.

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

Š k o r i ć, A. 1977: Tipovi naših tala. - Sveučilišna naklada Liber, 134 str., Zagreb.

Š t r u c l, I. 1974: Nastanek karbonatnih kamnin in cinkovo svinčeve rude v anizičnih plasteh Tople.- Geologija, 17, 300 - 397, Ljubljana.

V r e č a, P., P i r c, S. & Š a j n, R. (v tisku) Natural and anthropogenic influences on geochemistry of soils in barren and mineralized carbonate terrains. -Journal of Geochemical Exploration.

