

Kovinskih rudniki in okolje (nekateri slovenski primeri)

Metal mines and environment (some Slovenian case studies)

MATEJA GOSAR, ROBERT ŠAJN

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana;
E mail: mateja.gosar@geo-zs.si; robert.sajn@geo-zs.si

Received: June 7, 2005 Accepted: October 28, 2005

Izvleček: V prispevku obravnavamo vplive na okolje, ki so posledica pridobivanja kovinskih rud in njihove predelave. Na vplivnem območju opuščeni rudniki in predelovalni obratovi rude so večkrat posledice rudarjenja zelo pereče. Vsebnosti težkih kovin v tleh, sedimentih in vodi so mnogokrat povišane, iz rudnikov lahko nenadzorovano odteka kisle rudniške in odcedne vode. Območje Slovenije je od nekdaj znano po številnih rudnikih in predelavi kovin. Od prazgodovinskih časov pa do danes poznamo v Sloveniji 49 rudnikov barvastih kovin, od katerih so bili štirje večji veliki (Idrija, Mežica-Topla, Litija in Žirovski vrh), in 25 predelovalnih obratov in topilnic, ki so delovale predvsem v okolici večjih rudnikov (Idrija, Žerjav). Ugotovili smo, da rudarstvo in predelava rude v Sloveniji predstavljata enega od glavnih načinov antropogenega vnosa težkih kovin v okolje.

Abstract: The impact of mining and processing of metal ores on the environment is described. In the surroundings of abandoned mining and smelting locations environmental problems such as elevated metal concentrations in soils/sediments, dispersion of toxic metals in soil and water and ecological damage are observed. Slovenia has long been known for its numerous mines and ore processing locations. From the prehistoric times to now, 49 mines and open pits were opened, four of them were large (Idrija, Mežica-Topla, Litija and Žirovski vrh). There were also 25 ore processing plants and smelters, which were operating mostly in the vicinity of larger mines (Idrija, Žerjav). It was established that, in Slovenia, mining and ore processing represents one of the major modes for anthropogenic input of heavy metals into the environment.

Ključne besede: vplivi rudarjenja, rudniški odpadki, težke kovine, Slovenija.

Key words: mining impacts, mining waste, heavy metals, Slovenia.

Uvod

Rudarstvo je zelo stara človekova dejavnost. Prvi vidni sledovi pridobivanja soli in kresilnega kamna so iz časa okoli 5000 pr.n.š. Ob odkritju prvih kovin (bakra, svinca, železa) se je z rudarstvom zelo povežalo topilništvo. Že v starem Egiptu so poznali in

uporabljali železo in zlato, tudi stari Grki in Rimljani so rudarili. Takratne metode pridobivanja rude so zajemale tudi segrevanje in hitro ohlajevanje, kar je povzročilo razpokanost kamnine. Za razsvetlavo so uporabljali oljenke, vodo so iz jam odstranjevali z lesenimi vodnimi kolesi. Prazgodovinski človek je tudi na ozemlju Slovenije

že poznal in izkoriščal pohorska rudišča (TRŽAN, 1989). Za kopanje je uporabljal kamnita orodja (kladivo, klin, dleto, sekiro) pri pridobivanju rude si je pomagal tudi z ognjem, les je bil pri roki v pohorskih gozdovih. Rudo so ročno prebirali in jo talili v bližini rudišč. Dokaz za rudarjenje v prazgodovini na Pohorju je celoten spekter tam najdenega rudarskega kamnitega orodja, kakršnega poznajo tako bližnja kot oddaljena območja rudarjenja (TRŽAN, 1989). Domnevajo, da se je izkoriščanje sulfidnih rud na Pohorju začelo v začetku bronaste dobe. V pozni bronasti dobi je dosegla produkcija bakra v vzhodnih Alpah svoj višek, pridelovati so začeli tudi svinec in železo. S starejšo železno dobo, ko se je pojavila potreba po novi kovini, sta nastali ob pohorskih nahajališčih dve pomembnejši postojanki. Na lokaciji ene (Poštela) so našli vzhodnonoriški srebrnik, kar kaže na to, da je Pohorje predstavljalo ekonomsko zaledje vzhodnonoriškega območja.

Z razpadom rimskega cesarstva je rudarjenje zelo nazadovalo. V 16. stoletju je rudarska tehnika spet napredovala, predvsem pri odvodnjavanju in prezračevanju. Iz tega časa je delo *De re metallica* (AGRICOLA, 1556), ki podrobno opisuje tudi rudarjenje v idrijskem rudniku.

Da so nekatere kovine strupene, so vedeli že stari Rimljani, ki so opazili bolezenske znake pri sužnjih, ki so delali v rudnikih. Tudi iz obdobja srednjega veka imamo že veliko pisanih virov o zastrupitvah rudarjev delavcev v topilnicah.

VPLIVI KOVINSKIH RUDNIKOV NA OKOLJE

Pridobivanje in predelava kovinskih rud imata več neželenih vplivov na okolje. Kovine so v rudnih telesih navadno prisotne v nizkih koncentracijah, zato nastaja ob njihovem pridobivanju velika količina odpadkov, ki lahko vsebujejo težke kovine in kemikalije iz predelovalnega postopka. Posledica topilniške in metalurške dejavnosti ob rudnikih so emisije plinov (CO₂, SO₂ in ostalih) in trdnih delcev, izcedne vode in rudniški odpadni material. Letno je posledica rudarjenja več milijard ton jalovine in ostalih rudniških odpadkov, ki so pod vplivom oksidacijskih pogojev na zemeljskem površju izpostavljeni preperevanju. To poteka v dveh zaporednih procesih, ki lahko negativno vplivata na okolje. Prvi je nastanek kislih izcednih vod, drugi proces pa je mobilizacija potencialno strupenih kovin na površje kot posledica preperevanja (SIEGEL, 2002).

Dejavnosti, ki so povezane z rudarjenjem lahko razdelimo v šest zaporednih procesov:

- **Iskanje in raziskovanje** nahajališč koristnih rudnin in rudninskih snovi, ki zajema razne geološke, geokemične in geofizikalne metode. Sledijo sledilna dela, ki omogočajo presojo o zalogah in vrednostih nahajališča.
- **Odpiranje nahajališča** z vrtnami, površinskim kopom ali s podzemeljskimi rudarskimi deli ter izdelava potrebne infrastrukture
- **Pridobivanje rude** (odkop materiala, drobljenje ter mletje)
- **Bogatenje mineralne surovine**, da bi ločili del nekoristne izkopenine - jalovine ali posamezne minerale različnih kovin

- **Metalurški procesi**, s katerimi pridobimo različne kovine
- **Sanacija rudarskih del**, ko poidejo zaloge rude

Pri vseh naštetih fazah rudarjenja prihaja do neželenih vplivov na okolje. Te lahko delimo na **vplive na prostor, onesnaževanje in vplive na zdravje delavcev** (HOSKIN ET AL., 2000).

Najpomembnejši prostorski vplivi so:

- Uničenje naravnih habitatov na območjih rudarjenja in odlagališč rudniških odpadkov ter kot posledica zračnih emisij in izpustov odpadnih voda
- Spremembe v rečnem režimu kot posledica nasipanja jalovine v rečne tokove
- Degradacija površja zaradi neustrezne sanacije rudarskega območja
- Geomehanska nestabilnost površja in deponij rudarskih odpadkov
- Opuščeni rudarski obrati in oprema

Vplivi na onesnaževanje so:

- Odvajanje odpadnih voda in (onesnaženih) sedimentov v okolje
- Onesnaževanje tal
- Izluževanje onesnažil iz rudarskih in metalurških odpadnih deponij ter onesnaženih tal
- Zračne emisije iz predelovalnih obratov in prezračevalnih jaškov
- Emisije prašnih delcev

Pri rudarjenju je še posebej pereče ravnanje z jalovino. Pri pridobivanju mineralnih surovin, še posebno kovin, nastajajo velike količine jalovine, ki vsebujejo težke kovine in kemikalije iz predelovalnega postopka in zato lahko negativno vplivajo na okolje.

Velike ekološke nesreče, ki so se zgodile v svetu v zadnjih 10-ih letih in še posebno dve, ki sta se pripetili v Evropi (Aznacollar, Španija, leta 1998 in Baia Mare, Romunija, leta 2000), so opozorile svet na veliko nevarnost ekoloških nesreč zaradi posledic rudarjenja.

EVROPSKA DIREKTIVA O RAVNANJU Z ODPADKI, KI NASTAJAJO V RUDARSTVU

Da bi v bodoče varno rudarili in imeli nadzor tudi nad opuščenimi rudarskimi jalovišči, sta Evropski parlament in Svet Evropske unije pripravila osnutek direktive o ravnanju z odpadki, ki nastajajo v rudarstvu (<http://europa.eu.int/comm/environment/waste/mining/index.htm>). Direktiva določa minimalne zahteve, da se v največji možni meri prepreči ali zmanjša škodljive vplive na okolje ali zdravje ljudi, ki jih povzroča ravnanje z odpadki iz rudarskih dejavnosti. O omenjeni direktivi je možno več prebrati v prispevku KORTNIKA IN SOD. (2005).

Predlog evropske direktive o odpadkih rudarske industrije obravnava odpadke, ki nastanejo pri izkoriščanju mineralnih surovin, tako pri njihovem pridobivanju, predelavi in skladiščenju. Direktiva med drugim predvideva, da upravljavci rudarskih dejavnosti pripravijo ustrezne načrte ravnanja z odpadki za obdelavo, predelavo in odlaganje odpadkov. Odpadke, ki nastajajo pri rudarskih dejavnostih, bo potrebno razvrščati glede na njihovo sestavo iz vidika možnih vplivov na okolje. Tistim, ki vsebujejo velike količine nevarnih snovi (težke kovine, radioaktivne snovi, itd.), pa

je potrebno posvetiti posebno pozornost. Še posebej to velja za jalovino nastalo pri fizikalno-kemijskih procesih bogatenja kovinskih mineralnih surovin, ki se hrani na odprtih deponijah ali v bazenih, katerih poškodbe ali porušitve lahko predstavljajo veliko nevarnost za okolje.

Ker v Sloveniji ni več aktivnih kovinskih rudnikov, je za nas še posebno zanimiv tisti člen bodoče direktive, ki določa, da bodo morale države članice zagotoviti pripravo in redno posodabljanje inventarja zaprtih in opuščenih objektov z rudarskimi odpadki, ki so nameščeni na njihovem ozemlju in povzročajo resne negativne vplive na okolje ali utegnejo srednjeročno ali kratkoročno postati resna grožnja za zdravje ljudi ali okolje. Inventar bo moral vsebovati osnovne podatke o površini in prostornini odloženih rudarskih odpadkov, fizikalno-kemijsko karakterizacijo odloženih snovi in oceno tveganosti. Takšen inventar, ki bo moral biti dosegljiv javnosti, bo potrebno pripraviti v štirih letih od sprejetja direktive. Direktiva predvideva tudi izmenjavo znanstvenih in tehničnih informacij o načinu izvajanja tega inventarja in opredelitev potrebnih raziskav na njihovem območju ter o razvoju metodologij morebitnih potrebnih sanacij zaprtih jalovišč (<http://europa.eu.int/comm/environment/waste/mining/index.htm>).

KOVINSKI RUDNIKI V SLOVENIJI

Slovenija je območje zgodovinske rudarske in metalurške dejavnosti, ki sta trajali več stoletij. Rudo so začeli v večjem obsegu topiti že v srednjem veku. Največ je bilo železarstva, čeprav so rudo zbirali na površini ali kopali v manjših rudnikih.

Izkoriščali so tudi velika kovinska rudišča, kot so Idrija, Mežica in Litija. V sredini 19. stoletja sta rudarstvo in topilništvo v Sloveniji doživela razcvet. Poleg že prej omenjenih velikih rudnikov je delovalo tudi veliko manjših. Razen železa so začeli v večjih količinah pridobivati barvne kovine - predvsem svinec, cink, živo srebro, baker in antimon. Na prehodu v 20. stoletje so se obdržali le največji rudniki (ČEŠMIGA, 1959; BUDKOVIČ ET AL., 2003). Ti so večinoma z manjšimi prekinitvami delovali do začetka osemdesetih let prejšnjega stoletja, ko je bila sprejeta odločitev o postopnem zapiranju vseh kovinskih rudnikov in večine premogovnikov v Sloveniji. Sprejeti so bili programi zapiralnih del za vsak rudnik (BAJŽELJ, 2001). Tako so v preteklem desetletju vsi kovinski rudniki v Sloveniji prenehali s pridobivanjem kovin, zapiralna dela v nekaterih rudnikih pa še potekajo. Glede na naravo predelovalnih postopkov so za njimi ostale številne anomalije težkih kovin, katerih razsežnosti raziskujemo. V preteklih letih smo na podlagi raznih virov locirali rudarske in topilniške obrate, ugotovili obdobje njihovega delovanja in ocenili količine pridobljenih kovin (BUDKOVIČ ET AL., 2003). Poleg tega smo naredili nekaj raziskav o vsebnostih težkih kovin v tleh in sedimentih v okolici nekaterih največjih kovinskih rudnikov, katerih povzetek bo predstavljen v nadaljevanju. Na nekaterih drugih lokacijah pa so raziskave še v teku.

IDRIJSKO OZEMLJE

Petstoletna proizvodnja živega srebra v Idriji se odraža v povečanih vsebnostih živega srebra v okolju. V celotni zgodovini rudnika

se je okoli 37.500 t živega srebra med procesom pridobivanja izgubilo v okolju (DIZDAREVIĆ, 2001).

V času delovanja topilnice so bile najpomembnejši dejavnik širjenja živega srebra v okolje atmosferske emisije, ki so povzročile povišane vsebnosti živega srebra v tleh na širšem območju Idrije. Na podlagi podatkov raziskave porazdelitve živega srebra v tleh (GOSAR & ŠAJN, 2001; 2003), smo določili ozemlja, kjer vsebnosti živega srebra presegajo zakonsko določene normative (Uradni list, 1996, tabela 1) (slika 1). Z odvzemom 118 vzorcev tal smo zajeli 160 km² ozemlja Idrije in njene okolice ter ugotovili, da na ozemlju, velikem 112 km², vsebnosti težkih kovin v tleh presegajo mejne oz. opozorilne vrednosti za tla (Uradni list, 1996). 21 km² ozemlja je kritično onesnaženega (ŠAJN & GOSAR, 2004).

Za obremenitev okolja z živim srebrom na idrijskem so pomembni tudi odvali siromašne rude in predvsem odvali žgalniških ostankov, ki vsebujejo še precej živega srebra. Osnovni vzrok za veliko razširjenost in zapleteno prostorsko razporeditev žgalniških ostankov v Idriji in njeni okolici je v načinu žganja rude v preteklosti in uporabi žgalniških ostankov v gradbene namene v povojnem obdobju (ČAR, 1998). Do srede 17. stoletja so žgali rudo v glinastih posodah na bližnjih gričih Pront, Pringl, pa tudi na bolj oddaljenih krajih v Čekovniku in Kanomlji, o čemer pričajo številni ostanki razbite lončevine. Več lokacij starih žgalnic je našel I. Mlakar pri geološkem kartiranju idrijske okolice, nekaj pa so jih našli tudi kasneje (ČAR, 1998). Prva trajneje locirana žgalnica v mestu je bila na Lenštat. Leta 1652 so začeli graditi žgalnico na Prejnuti, ki je delovala vse do 19. stoletja.

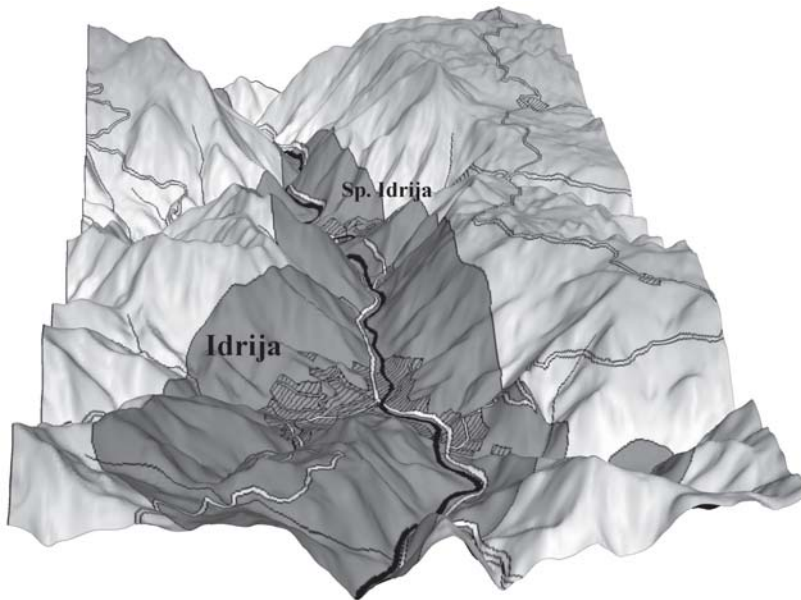
Tabela 1. Mejne, opozorilne in kritične vrednosti težkih kovin v tleh (Ur. list RS 68/96).

Table 1. Limit, warning and critical emission values of the contents of elements in soils (Ur. list RS 68/96).

kovina metal	mejna vrednost limit value (mg/kg)	opozorilna vrednost warning value (mg/kg)	kritična vrednost critical value (mg/kg)
As	20	30	55
Cd	1	2	12
Co	20	50	240
Cr	100	150	380
Cu	60	100	300
Hg	0.8	2	10
Mo	10	40	200
Ni	50	70	210
Pb	85	100	530
Zn	200	300	720

Po letu 1868 so postopoma zgradili novo žgalnico na Brusovšu, na Prejnuti pa so žganje opustili. Od takrat pa vse do leta 1977 so večino žgalniških ostankov neposredno vsipavali v Idrijco, ki je material ob visokih vodah odnašala v Sočo in ta naprej v Jadransko morje. Tako so v spodnjem toku Idrijce nastali obsežni rečni nanosi z visokimi vsebnostmi živega srebra (GOSAR ET AL., 1997; BIESTER ET AL., 2000), ki so in bodo vir z živim srebrom obremenjenega sedimenta tudi v prihodnosti. Zato vsebnosti živega srebra v aktivnih rečnih sedimentih Idrijce in Soče v zadnjih nekaj letih ne vpadajo. Določali smo jih julija leta 1991, 1995 in

2001 (GOSAR, 2003). V zgornjem toku Idrijce vsebuje sediment okoli 2 mg/kg živega srebra. V območju med Idrijo in Spodnjo Idrijo koncentracije zelo nihajo in so ekstremno visoke (od 171 do 4.121, povprečno 735 mg/kg). Od Spodnje Idrije nizvodno vsebuje sediment nekoliko manj živega srebra (od 3,2 do 878, povprečno 218 mg/kg). V soških sedimenti vsebnosti živega srebra nekoliko manj nihajo in so zelo razredčene (od 18 do 183, povprečno 67 mg/kg). Še vedno pa so to visoke vsebnosti. Tako Soča letno prinese velike količine živega srebra v Tržaški zaliv, po oceni ŠIRCE IN SOD. (1999) kar okoli 1.500 kg na leto.



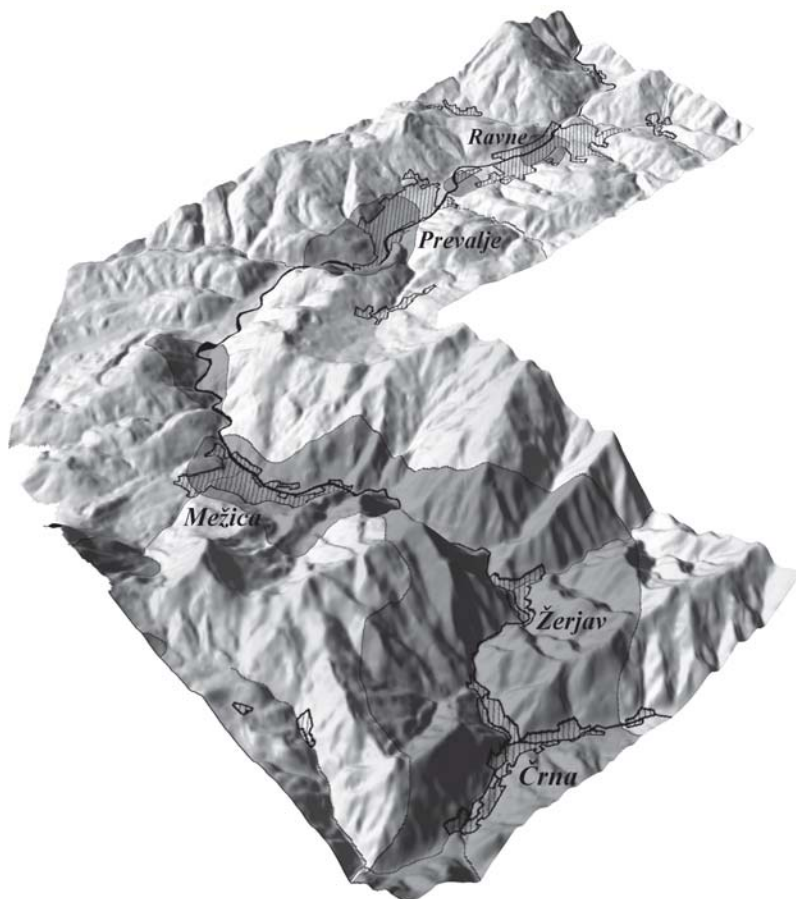
Slika 1. Območje kritično onesnaženih tal na idrijskem ozemlju s težkimi kovinami, pretežno s živim srebrom (Ur. list RS 68/96).

Figure 1. Spatial distribution of critically polluted soil in Idrija area with heavy elements, mainly with mercury (Ur. list RS 68/96).

MEŽIŠKO OZEMLJE

Prvi pisni viri o izkoriščanju svinčeve rude na območju Mežice so iz leta 1665. V naslednjih stoletjih so rudarili v predgorju in na pobočjih Pece. Rudnik se je začel močno razvijati v 20. stoletju in še posebno po drugi svetovni vojni. V celotnem obdobju rudarjenja so pridobili okoli 19 milijonov ton svinčeve in cinkove rude. V drugi polovici 20. stoletja so pridobivali tudi majhne količine molibdena.

V Mežiški dolini smo preučevali porazdelitev vsebnosti težkih kovin v tleh, ki so posledica 300 letnega rudarjenja in predelave rude. V letu 2000 smo na območju 101 km² ozemlja, ki se vleče od Črne pa do Raven na Koroškem in zajema skoraj celotno dolino reke Meže v pasu širokem 6 km, odvzeli 115 vzorcev tal (ŠAJN, 2002). Na raziskanem ozemlju živi okrog 23.000 prebivalcev, kar predstavlja skoraj 90% celotnega prebivalstva štirih koroških občin, ki jih je raziskava zajela.



Slika 2. Območje kritično onesnaženih tal v dolini reke Meže s težkimi kovinami, pretežno s svincem (Ur. list RS 68/96).

Figure 2. Spatial distribution of critically polluted soil in Meža valley with heavy elements, mainly with lead (Ur. list RS 68/96).

Ugotovili smo, da je večina raziskanega ozemlja obremenjena s težkimi kovinami. Na 74 km² površine vsebnosti težkih kovin presežejo zakonsko določeno mejno oz. opozorilno vrednost (Uradni list, 1996). Kritično je onesnaženih 24,4 km² ozemlja (ŠAJN & GOSAR, 2004). To zajema celoten zgornji del Mežiške doline, predvsem okolico Črne na Koroškem in Žerjav. Pas kritično onesnaženih tal se nadalje s prekinitvami vleče vzdolž reke Meže vse do Raven na Koroškem (slika 2). Na kritično onesnaženem območju Mežiške doline izstopajo zlasti visoke vsebnosti svinca (Pb) in kadmija (Cd), povišane pa so tudi vsebnosti cinka, molibdena in arzena. Povprečna vsebnost Pb znaša 878 mg/kg (216 - 27.122 mg/kg) in preseže slovensko povprečje (ŠAJN, 2003) za več kot 20-krat. Povprečje Cd je 6,2 mg/kg (1,4 - 71 mg/kg) ter preseže slovensko povprečje za skoraj 12-krat. Glavni vzrok onesnaženosti tal sta

rudarjenje na območju Mežice in predelava svinčeve rude na Poleni in kasneje v Žerjavu, ki je potekala skoraj 300 let. Ne smemo pa zanemariti vpliva železarske industrije, ki se je prvotno razvila na območju Prevalj in kasneje na Ravnah na Koroškem. Vplivi prometa in drobnih kurišč so na območju Mežiške doline drugotnega pomena.

ZAKLJUČEK

Lahko zaključimo, da predstavljajo posledice rudarjenja veliko obremenitev okolja. Na območju Slovenije so dosedanje študije pokazale, da je rudarjenje in z njim povezana predelava rude pustila velike posledice predvsem na območju Idrije in Mežice. Problematiki, vezani na tovrstne vplive, bomo v prihodnosti posvetili posebno pozornost.

LITERATURA

- AGRICOLA, G. (1556): *De Re Metallica*. Dover Publications, (1986 republication of 1912 edition), 638 p., New York.
- BAJŽELJ, U. (2001): Okolju prijazno zapiranje rudnikov - slovenske izkušnje. *RMZ-mater. geoenviron.*; Vol. 48, No. 2, pp. 261-280.
- BIESTER, H., GOSAR, M., COVELLI, S. (2000): Mercury speciation in sediments affected by dumped mining residues in the drainage area of the Idrija mercury mine, Slovenia. *Environ. Sci. Technol.*; Vol. 34, No.16, pp. 3330-3336.
- BUDKOVIČ, T., ŠAJN, R., GOSAR, M. (2003): Vpliv delujočih in opuščanih rudnikov kovin in topilniških obratov na okolje v Sloveniji. *Geologija*; Vol. 46, No.1, pp. 135-140.
- ČAR, J. (1998): Mineralized rocks and ore residues in the Idrija region. In: *Idrija as a natural and anthropogenic laboratory, Mercury as a global pollutant*, Proceedings, pp.10-15.
- ČEŠMIGA, I. (1959): *Rudarstvo LR Slovenije*. Nova proizvodnja, 267 str., Ljubljana.
- DIZDAREVIČ, T. (2001): The influence of mercury production in Idrija mine on the environment in the Idrija region and over a broad area. *RMZ-mater. geoenviron.*; Vol. 48, pp. 56-64.
- GOSAR, M., ŠAJN, R. (2001): Živo srebro v tleh in podstrešnem prahu v Idriji in okolici kot posledica orudenja in rudarjenja. *Geologija*; Vol. 44, No. 1, pp. 137-159.
- GOSAR, M., ŠAJN, R. (2003): Geochemical soil and attic dust survey in Idrija, Slovenia. *Journal de Physique*; Vol. 107, pp. 561-564.
- GOSAR, M. (2003): Mercury distribution in the Idrija river sediments in 1991, 1995 and 2001. V: *6th International Symposium on Environmental Geochemistry: final programme and book of abstracts*, 213 p.
- GOSAR, M., PIRC, S., BIDOVEC, M. (1997): Mercury in the Idrija river sediments as a reflection of mining and smelting activities of the mercury mine Idrija. *Journal of Geochemical Exploration*, Vol. 58, pp. 125-131.
- HOSKIN, W., BIRD, G., STANLEY, T. (2000): Mining - facts, figures and environment. *Industry and environment*, Vol. 23, pp. 4-8.
- KORTNIK, J., ŠOLAR, S.V., MARC, D., FAJČ, M. (2005) Evropska direktiva o ravnanju z odpadki, ki nastajajo v rudarstvu. V: Kortnik, Jože (ur.), Bajželj, Uroš (ur.), Žerdin, Franc (ur.). *Zbornik Strokovnega posvetovanja rudarjev in geotehnologov ob 39. skoku čez kožo, Ljubljana, 18. sušec 2005*. Ljubljana: Slovensko rudarsko društvo inženirjev in tehnikov -SRDIT, pp. 49-59.
- SIEGEL, F.R. (2002): *Environmental Geochemistry of Potentially Toxic Metals*. Springer Verlag, 218 str., Heidelberg.
- ŠAJN, R. (2002): Vpliv rudarjenja in metalurške dejavnosti na kemično sestavo tal in podstrešnega prahu v Mežiški dolini. *Geologija*; Vol. 45, pp. 547-552.
- ŠAJN, R., GOSAR, M. (2004): Pregled nekaterih onesnaženih lokacij zaradi nekdanjega rudarjenja in metalurških dejavnosti v Sloveniji. *Geologija*; Vol. 47, No. 2, pp. 249-258.
- ŠIRCA, A., HORVAT, M., RAJAR, R., COVELLI, S., ŽAGAR, D., FAGANELI, J. (1999): Estimation of mercury mass balance in the Gulf of Trieste. *Acta Adriat.*; Vol. 40, No. 2, pp. 75-85.
- TRŽAN, B. (1989): Pohorje - prazgodovinski rudarski revir. *Časopis za zgodovino in narodopisje*, Vol. 2, pp. 238-260.
- Uradni list RS (1996): Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh. *Uradni list*; Vol. 68, pp. 5773-5774.