

Privredna komora Srbije  
*Serbian Chamber of Commerce*

III Simpozijum sa međunarodnim učešćem „ RUDARSTVO 2012 “  
*III International Symposium „ MINING 2012“*

**RUDARSTVO 2012**  
***MINING 2012***

**ZBORNİK RADOVA**

***PROCEEDINGS***

Zlatibor  
07 - 10. maj 2012

## ZBORNİK RADOVA / PROCEEDINGS

III simpozijum sa međunarodnim učešćem „RUDARSTVO 2012“  
*III International Symposium „MINING 2012“*

**Urednik / Editor:** dr Miroslav R. Ignjatović, Privredna komora Srbije, Beograd

**Recenzenti / reviewers:**

Prof.dr Ljubiša Andrić, Srbija  
Prof. dr Miroslav Ignjatović, Srbija  
Prof.dr Stoyan Groudev, Bugarska  
Doc. dr Omer Musić, BiH  
dr Ratomir Stanić, Crna Gora  
Prof.dr Milorad Grujić, Srbija

**Uređivački odbor / Editorial Board:** dr Miroslav R. Ignjatović, dr Nikola Majinski, Ljiljana Tanasijević, dr Živko Sekulić, dr Duško Đukanović, dr Mirko Ivković

**Izdavač / Publisher:** Privredna komora Srbije

**Za izdavača / For Publisher:** Ljiljana Tanasijević

**Štampa / Printed by:** „Akademska izdanja“ d.o.o., Zemun

**Tiraž / Copies:** 400 primeraka

**ISBN:** 978 – 86 – 80809 – 69 - 4

Svi radovi u zborniku su recenzovani / *All papers in Proceedings are reviewed*  
Ovaj zbornik radova štampan je uz finansijsku pomoć Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

622(082)  
502/504(082)

СИМПОЗИЈУМ са међународним учешћем "Рударство  
2012" (3 ; 2012 ; Златибор)

Zbornik radova = Proceedings / III  
simpozijum sa međunarodnim učešćem "RUDARSTVO  
2012" = III International Symposium "Mining  
2012", Zlatibor, 07-10. maj, 2012 ;  
[organizator] Privredna komora Srbije =  
[organised by] Serbia Chamber of Commerce ;  
[urednik, editor Miroslav R. Ignjatović]. -  
Beograd : Privredna komora Srbije, 2012  
(Zemun : Akademska izdanja). - 584 str. :  
ilustr. ; 29 cm

Tiraž 400. - Apstracts. - Bibliografija uz  
vačinu radova.

ISBN 978-86-80809-69-4

1. Привредна комора Србије (Београд)  
а) Рударство - Зборници б) Животна  
средина - Заштита - Зборници  
COBISS.SR-ID 190542348

## **ORGANIZATORI / ORGANIZER**

INSTITUT ZA TEHNOLOGIJU NUKLEARNIH I DRUGIH MINERALNIH SIROVINA  
*INSTITUTE FOR TECHNOLOGY OF NUCLEAR AND OTHER MINERAL RAW MATERIALS*

INSTITUT ZA RUDARSTVO I METALURGIJU BOR  
*INSTITUTE FOR MINING AND METALLURGY*

RUDARSKI INSTITUT  
*MINING INSTITUTE*

PRIVREDNA KOMORA SRBIJE  
*SERBIAN CHAMBER OF COMMERCE*

## **PROGRAMSKI (NAUČNI) ODBOR / SCIENTIFIC COMMITTEE**

Prof. dr Ljubiša Andrić, ITNMS, Beograd; dr Dragan Zlatanović, Ministarstvo životne sredine, rudarstva i prostornog planiranja; Prof. dr Nebojša Vidanović, Rudarsko - geološki, Beograd; Prof. dr Nebojša Gojković, Rudarsko - geološki fakultet, Beograd; Prof.dr Nadežda Čalić, Rudarski fakultet, Prijedor, R. Srpska; dr Svetolik Maksimović, JP EPS; Prof. dr Miodrag Denić, JP PEU; Prof.dr Milorad Grujić, RTB grup, Bor; Stoyan Groudev, Univerzitet za rudarstvo i geologiju, Sofija, Bugarska; Prof.dr Blagoje Nedeljković, Fakultet tehničkih nauka, Kosovska Mitrovica; dr Milorad Pantelić, Kolubara Metal; Prof. dr Neđo Đurić, Tehnički institut, Bijeljina; Prof dr Ratimir Stanić, Rudnik uglja, Pljevlja; dr Milivoj Vulić, dr Nikola Majinski, PKS; Univerzitet u Ljubljani, Slovenija; dr Mirko Ivković, JP PEU, Resavica; dr Omer Musić, *Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Tuzla*; dr Dimča Jenić, RTB BOR Grupa; Ass. Prof. Dr. Evgen Dervarič, University of Ljubljana, Faculty of Natural Sciences and Engineering; Ass. Prof. Dr. Željko Vukelić, University of Ljubljana, Faculty of Natural Sciences and Engineering; Ass. Prof. Dr. Goran Vižintin, University of Ljubljana, Faculty of Natural Sciences and Engineering; Ass. Prof. Dr. Uroš Herlec, University of Ljubljana, Faculty of Natural Sciences and Engineering; mr Marko Babović, JP EPS; dr Živko Sekulić, ITNMS, Beograd; dr Milenko Ljubojev, Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor; Prof. dr Rodoljub Stanojlović, Tehnički fakultet, Bor; dr Vladimir Malbašić, Rudarski fakultet, Prijedor; Prof.dr Tašo Maneski, Mašinski fakultet, Beograd; Prof.dr Željko Kamberović, Tehnološko - metalurški fakultet, Beograd.

## **ORGANIZACIONI ODBOR / ORGANIZING COMMITTEE**

dr Miroslav R. Ignjatović, Privredna komora Srbije; dr Nikola Majinski, Privredna komora Srbije; Ljiljana Tanasijević, Privredna komora Srbije; Slobodan Mitrović, JP EPS; Miodrag Nikolić, RTB Bor grupa; Zoran Teodorović, Ministarstvo životne sredine, rudarstva i prostornog planiranja; dr Duško Đukanović, JP PEU, Resavica; dr Dragan Milanović, Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor; Ivana Simović, Rudarski institut, Zemun; Milan Jakovljević, JP EPS; Siniša Stojković, Ministarstvo životne sredine, rudarstva i prostornog planiranja, Milutin Bejatović, NIS Gaspromnjeft; Goran Budimlić, rudnik Kovin; Snežana Vuković, JP PEU, Resavica; Jelenko Mičić, RB Kolubara, Lazarevac; Desimir Stević, PD TEKO, Kostolac; Snežana Lekić Kojić, JP EPS; mr Zvonimir Miličić, RTB BOR Grupa; Bojo Vuković, Rudnik Gacko; Relja Dragić, Rudnik Ugljevik;

## **POČASNI ODBOR / COMMITTEE OF HONOUR**

dr Zlatko Dragosavljević, državni sekretar, Ministarstva životne sredine, rudarstva i prostornog planiranja; dr Aca Marković, JP EPS; Nebojša Čeran, RB Kolubara, Lazarevac; Dragan Jovanović, PD TEKO Kostolac; Blagoje Spaskovski, RTB BOR grupa; mr Srđa Kovačević, JPPK Kosovo, Obilić; Jovan Dimkić, RMHK „Trepča“AD.; Goran Bojić, JP PEU, Resavica; Aco Ilić, rudnik Rudnik; Prof.dr Zvonko Gulišija, ITNMS, Beograd; Dragan Dražović, Rudarski Institut, Zemun; Prof. dr Vlastimir Trujić, Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor; Miroslav Bogičević, Farmakom MB, dr Anto Gajić, Rudnik Ugljevik; mr Rajko Dukić, rudnik Milići; Dragoljub Mučibabić, Rudnik Gacko.

# EKOGEOHEMIJSKA ISPITIVANA ZA POTREBE IZGRADNJE NOVE FABRIKE SUMPORNE KISELINE U RTB BOR

## ECOGEOCHEMICAL INVESTIGATIONS ON THE LOCALITY FOR NEW SULFURIC ACID PLANT IN RTB BOR

Papić P.<sup>1</sup>, Milijić Z.<sup>2</sup>, Stojković J.<sup>1</sup>, Milosavljević J.<sup>1</sup>, Todorović M.<sup>1</sup>, Ćuk M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, Dušina 7,

<sup>2</sup> RTB Bor grupa, Bor

### Rezime

Ekogeohemijska ispitivanja u RTB u Boru imala su za cilj da se ustanovi stepen potencijalnog zagađenja zemljišta i podzemnih voda neorganskim i organskim materijama. Utvrđivanje stepena zagađenja takođe je imalo za cilj da se utvrdi da li zemljište ispitivanog područja treba smatrati opasnim otpadom. Osim toga, sekundarni cilj je bio da se odredi nivo zagađenja u površinskoj prašini nagomilanoj u napuštenim objektima predviđenim za rušenje. Na osnovu uvida u raniju dokumentaciju utvrđeno je da su glavne zagađujuće materije teški metali. Emisije iz fabrike sumporne kiseline imale su značajnog uticaja na kiselost zemljišta u ispitivanom području, pa je stoga trebalo utvrditi i eventualni stepen zagađenja podzemnih voda. U geohemijska ispitivanja su uključena i određivanja organskih materija, kao što su PCB, PAH i lako isparljiva organska jedinjenja. Na osnovu geohemijskih i geomehaničkih ispitivanja data je preporuka da se razmotri mogućnost nove lokacije za postrojenje za preradu otpadnih voda, kao i iskopavanje zemljišta opterećenog kako neorganskim, tako i organskim zagađujućim materijama. Takođe je, na osnovu testa TCLP (izluživanje teških metala iz zemljišta) zaključeno da postoji potencijalno negativan uticaj na radnike koji bi učestvovali u rekonstrukciji postrojenja.

**Ključne reči:** ekologija, geohemija, teški metali, podzemne vode

### Summary

The goal of the geoenvironmental investigations was to identify and determine the degree of eventually soil contamination present in the areas of the plant that are planned for redevelopment. The degree of contamination also included a determination whether the soil underlying investigated areas would be considered a hazardous waste. The secondary goal was to determine the level of contamination in surface dust accumulated on the abandoned buildings being prepared for demolition. Based on the results, principal contaminants of concern was heavy metals. Other contaminants were noted as being potentially present in some areas including fuels and oils, PCBs, VOCs, PAHs and some pesticides (atrazine and simazine). In borehole soil samples Pb, Hg, As and PCB are above Action level (according to the New Dutch list) in many samples. Contaminated soils should mainly remain in situ and undisturbed, since groundwater leaching would not appear to be a significant issue. According to TCLP (leaching of heavy metals from soil) there would be a potentially negative impact to workers during demolition and constructions activities. According to geochemical and geomechanical investigations, it was recommended to take in consideration possibility for the new location of plant, and it was necessary to excavate the contaminated soil.

**Key words:** ecology, geochemistry, heavy metals, groundwaters

### UVOD

Sve grane primarne i sekundarne industrije utiču u manjoj ili većoj meri na životnu sredinu korišćenjem energije i sirovina. Glavni uticaj na životnu sredinu je direktan: kao posledica emisije zagađujućih materija u vazduh, vodu ili tlo. Taj uticaj može da bude na lokalnom, prekograničnom ili globalnom nivou i deluje na ljudsko zdravlje.

Na zemljište se često gleda kao na inertnu sredinu, na nešto što samo pomaže ljudima u njihovoj delatnosti. Zemljište je kompleksan sistem u kome se odvijaju ključni hemijski i biohemijski procesi. U većini evropskih zemalja podaci o zemljištu su kvalitativni i njihovo tumačenje zahteva stručno znanje; metode proučavanja i klasifikacije se razlikuju od zemlje do zemlje, a ponekad i unutar jedne zemlje. Često nedostaju informacije o osobinama zemljišta i terena koje utiču na procese u životnoj sredini.



Na životnu sredinu utiče širok spektar industrijskih grana. Određeni resursi se često na različite načine upotrebljavaju od strane različitih proizvodnih sektora. U tabeli 1 je dat sumarni prikaz svih tipova emisija koje proizvodi industrija obojenih metala.

**Tabela 1:** Prikaz svih tipova emisija koje proizvodi industrija obojenih metala.

Sektor	Vazduh	Voda	Zemljište
Industrija obojenih metala	Emisije SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , Cd, Cr, Cu, Zn, Hg, As, PAH, F, aerosoli HF, Ni	Otpadne vode koje sadrže metale i druge čvrste čestice, gasove, fluor i sl.	Talozi iz postrojenja za preradu sirovina i otpadnih voda

Fabrike za proizvodnju i preradu obojenih metala oslobađaju u atmosferu širok spektar zagađujućih materija. Ovo je rezultat različitih faza pripreme rude, kao i proizvodnje, topljenja i prečišćavanja metala. Štetni uticaji ove grane industrije na životnu sredinu i zdravlje ljudi relativno dobro su proučeni i dokumentovani (Svetska zdravstvena organizacija). U vazduh najčešće dospevaju teški metali, gasovi i dr. Teški metali, osim žive, najčešće se ne oslobađaju u atmosferu u elementarnom stanju, nego vezani u česticama prašine. Taloženje ovih supstanci može da dovede do zagađenja useva u blizini topionica i do izlaganja lokalnog stanovništva različitim toksičnim supstancama, u zavisnosti od vrste rude koja se prerađuje. U najširem smislu, zagađujuće materije iz fabrika dospevaju u životnu sredinu na dva načina. Prvi je transportovanje na veća ili manja rastojanja supstanci oslobođenih u vazduh, i njihovo kasnije taloženje na zemljištu ili vodenim površinama. Drugi je prodiranje teških metala i drugih supstanci kroz zemljište do podzemnih i površinskih voda, usled nepropisnog skladištenja hemikalija, površinskog spiranja sa deponija čvrstog otpada i sl. Ovde spada i direktno ispuštanje otpadnih voda u površinske tokove.

Mnoga industrijska preduzeća su prilagodila svoju proizvodnju, tako da u svom poslovanju vode računa o ekološkim faktorima. Te promene se u praksi dešavaju kao reakcija na unutrašnje i spoljašnje pritiske.

Jedno od glavnih, a ujedno i najkompleksnijih pitanja jeste: ko je nadležan za vraćanje u prethodno stanje pre svega zemljišta, koje su u prošlosti zagađena industrijskom proizvodnjom? Zagađeno zemljište se javlja na mnogim područjima, gde je nekada vršeno ispuštanje različitih hemikalija. U nekim zemljama postoji i po nekoliko stotina ovakvih lokacija, pri čemu, iako su pojedinačne zagađene površine najčešće male, koncentracije zagađujućih materija na njima su često izuzetno velike. Neke od ovih lokacija je moguće prečistiti, ali to uglavnom zahteva značajna novčana ulaganja.

Velika industrijska postrojenja izgrađena u vreme kada se nije vodilo računa o zaštiti životne sredine, uglavnom su zastarela. Industrija može da razvije nove procese i mašine, neophodne za efikasno smanjenje zagađenja, putem uvođenja novih tehnologija i modifikovanjem proizvoda, posredstvom boljeg kvaliteta proizvoda i poboljšanjem industrijske produktivnosti.

## METODE

Analitički program je razrađen u skladu sa programom uzimanja uzoraka. Postoje tri lokacije gde će se nalaziti novi objekti i one predstavljaju područja istraživanja za procenu zagađenja životne sredine. To su:

- Područje istraživanja 1: to je lokacija planirane topionice;
- Područje istraživanja 2: to je lokacija nove fabrike sumporne kiseline;
- Područje istraživanja 3: to je lokacija novog postrojenja za preradu otpadnih voda.

U svakom području odabran je izvestan broj tačaka za uzimanje uzoraka, uključujući bušotine dubine do 10 m. Ukupan broj bušotina je 34, uključujući tri bušotine koje su izvan polja zagađenja, a osmatračkih bunara (prisutan nivo podzemne vode) ima svega 6. Većina bušotina je negativna na podzemne vode, čak i u kišnom periodu.

Analitički program obuhvata: 101 analizu sadržaja metala (15 elemenata) u uzorcima zemljišta, 68 analiza sadržaja fluorida i PHC, 34 analize sadržaja VOC, PAH, PCB, pH, atrazina, simazina i analiza opasnog

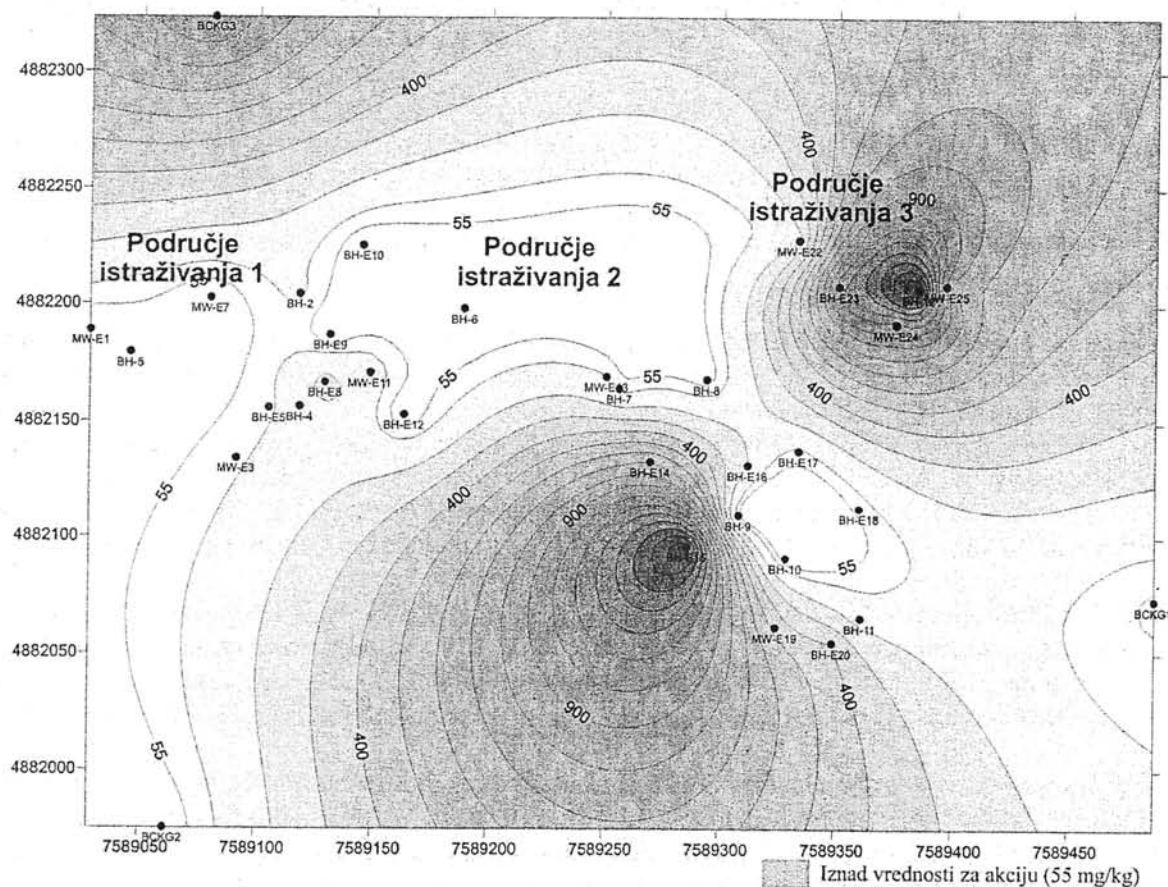
otpada pomoću TCLP metode. Pored gore navedenog, 74 uzorka prašine, otpada i površinskog sloja zemljišta analizirani su metodom X-RFA in situ, a 10 uzoraka je testirano i na teške metale pomoću TCLP metode. Koncentracija metala u filtratu upoređena je sa kriterijumima za određivanje kvaliteta filtrata u skladu sa kanadskim standardom (Ontario, Kanada).

Metodologija: Uzorkovanje zemljišta i kartiranje zemljišta, određivanje koordinata (širine, dužine i visine), uzimanje površinskih i podpovršinskih uzoraka zemljišta, homogenizacija uzoraka. Parametri koji su testirani: Vlažnost (%), pH vrednost, fluoridi, teški metali, pesticidi, PCB, PAH, PHC, VOC, TCLP metoda za određivanje opasnog otpada. Oprema: GPS, sušnica, analitička vaga, peč za žarenje, pH-metar, rotacioni uparivač, vodeno kupatilo, ultrasonično kupatilo, centrifuga, ICP-OES, turbotherm, vapodest VAP, GC/FID/PTV GC 6890N, GC/MSD HP 6890 GC, HP 5793 MSD, NITON X-ray fluorescentni analizator.

Kontrola kvaliteta: Preporuka je bila da 10 % svih uzoraka zemljišta, odnosno 20 % svih uzoraka podzemnih voda, budu kontrolni uzorci. Analitičke laboratorije su poštovala procedure kontrole kvaliteta životne sredine, i bile su akreditovane od strane nadležnog ministarstva.

## REZULTATI

Geološku osnovu ovog terena predstavljaju stene tzv. borskog andezitskog masiva – pretežno hornblenda-biotitski andeziti. Preko njih su uglavnom deponovane tehnogene naslage različitog sastava.



Slika 1: Geohemijska karta koncentracije arsena [mg/kg].

Na delu prostora koji je označen kao područje istraživanja 1 (Slika 1) pre izgradnje postojećih objekata izvršen je iskop zasecanjem padine i stvoren plato na kome su fundirani objekti. Debljina nasutih materijala preko ovog platoa varira od 0.15-1.5 m. Izuzetak su lokacije bušotina BH-5 i BH-2, gde je osnovna stena nabušena na dubini od 2.5 m odnosno 2.6 m, što je rezultat činjenice da je tu vršen dublji iskop zbog građenja podzemne infrastrukture. Sastav tehnogenih naslaga u području istraživanja 1 je uglavnom peskoviti materijal sa šutom, topionička šljaka i beton.

Deo prostora koji je označen kao područje istraživanja 2, većim delom (jugozapadni deo) takođe predstavlja plato formiran zasecanjem padine. Osnovna stena –andezit se nalazi na dubinama od 0.15 do 1.3 m, sa izuzetkom lokacije bušotine BH-E15, gde je posle peskovitog nasipa sa šutom, debljine 0.7 m bušeno skoro 2 m kroz armirani beton. Tehnogene naslage u ovom delu područja istraživanja 2 se sastoje uglavnom od betona, nasipa sa šutom i šljake. U drugom, severoistočnom delu ovog prostora, u pravcu starog kopa, ima debljih naslaga topioničke šljake, tako da se osnovna stena nalazi na dubinama od 5.5-9.0 m. Lokacija bušotine BH-E16 predstavlja prelaznu zonu između JZ i SI dela istražnog područja 2.

Istražno područje 3 predstavlja niži deo nekadašnje prirodne kosine ili neku od vršnih etaža starog površinskog kopa. Na ovom području bušenjem do dubine od 12 m nije se ušlo u osnovnu stensku masu. Od površine terena do dubine od 5.4-9.2 m prostire se nekonsolidovan i neuređen nasip, a ispod njega topionička šljaka.

Osnovna stenska masa, andezit, je do dubine istraživanja uglavnom površinski degradirana. Stepennost degradacije je različit, od potpune grusifikacije, kada stena ima skoro karakteristike peska, do relativno čvrste stene. Efekti degradacije su uslovljeni sastavom i strukturom same stene kao i njenom relativnom dubinom u odnosu na nekadašnju prirodnu površinu terena.

Nakon realizacije istražnih radova na lokaciji rekonstrukcije topionice i nove fabrike sumporne kiseline, određivanjem preko 4000 parametara, kako neorganskih tako i organskih geohemijskih i hidrogeohemijskih, identifikovane su i kvantifikovane zagađujuće materije zemljišta. Dobijene vredosti su upoređivane sa Nacionalnim Pravilnikom R.Srbije, Novom Dutch listom (Holandija) i Leachate Quality Criteria (Ontario, Canada). Rezultati su delimično prikazani u Tabeli 2.

Najvažniji kontaminanti zemljišta (dubina do 1m) u bušotinama u odnosu na Dutch listu su označeni boldovano, a to su: olovo do 20790 mg/kg; cink do 2290 mg/kg; bakar do čak 334000 mg/kg; živa do 98.9 mg/kg. Od ostalih elemenata koji nisu obuhvaćeni ovom listom zapaženi su povišeni sadržaji selena, vanadijuma i antimona. Generalno, radi se o toksičnim elementima. Takođe se zapaža da sa dubinom do 3 m opadaju sadržaji žive i arsena.

Da bi se odredila opasnost toksičnosti usled izluživanja (TCLP, Toxicity Characteristic Leaching Procedure), primenjen je kanadski standard. Ovim postupkom su određene mobilnosti neorganskih i organskih analita prisutnih u zemljištu. Test se ne odnosi na ne-dispersne oblike metala. Ovaj postupak simulira uslove u zemljištu. Vremenom, voda i druge tečnosti perkolacijom dolaze u zemljište i reaguju sa čvrstim otpadom, što može imati uticaj na okolinu i dovesti do rizika na zdravlje ljudi, zbog apsorpcije kontaminanata. Ove analize određuju koji su kontaminanti identifikovani i u kojim koncentracijama. Ukoliko je čvrsti otpad okarakterisan nekim kontaminantom ili sa više njih, otpad se smatra karakterističnim opasnim otpadom.

Sadržaji teških metala nakon TCLP i upoređivanja sa standardima, ukazuju na nepostojanje opasnosti od eventualnog dejstva kiselih agenasa, čime bi se eventualno preveli neki od teških metala u rastvor. Izuzetak je nekoliko bušotina u kojima su određene koncentracije olova do 41.7 mg/L (kriterijum kvaliteta je 5 mg/L). Koncentracije ostalih metala (Cd, Cr, Hg, As, Ba, Se i Ag) su daleko ispod kriterijuma (red veličine  $\mu\text{g/L}$ ).

Kada je reč o organskim mikropolutantima u uzorcima zemljišta u bušotinama, izdvajaju se ukupni PCB sa koncentracijama do 6.63 mg/kg, pa je neophodno pristupiti akciji. U skoro svim uzorcima je dokazano prisustvo PHC iznad optimalnog sadržaja od 50 mg/kg, a sadržaji dostižu 2893 mg/kg, što znači da je akcija neophodna u odnosu na PCB, kao nerazgradive organske zagađujuće materije, tzv. POPs.



Tabela 2: Sadržaji teških metala u uzorcima zemljišta iz bušotina, mg/kg, sa optimalnim i akcionim sadržajima, prema Dutch listi (boldovane vrednosti – sadržaji koji zahtevaju akciju).

Parametar	pH	Pb	Cd	Zn	Cu	Cr	Ni	Hg	As	Ba
BH-8	6.6	186	1.3	95	<b>806.4</b>	10.4	14.9	0.5	28	126
BH-9	7.9	19.5	<0.2	16.8	120.7	1.5	0.8	<0.2	3.2	25.3
BH-10	4.63	13.6	<0.2	38.4	<b>1582</b>	9.9	50.5	<0.2	5.4	54.2
BH-11	7.26	<b>677.2</b>	4.8	139.1	<b>2929.8</b>	14.6	14.9	1.9	<b>155</b>	355.7
BHE-14	6.93	<b>6518.4</b>	11	558.9	<b>24304</b>	8.3	46.8	<b>98.6</b>	<b>697.8</b>	244.2
BHE-16	7.28	247.5	1.5	113	<b>4181</b>	8.3	18	0.4	<b>203.4</b>	271.2
BHE-17	8.16	<b>2904</b>	0.9	112.2	<b>3047</b>	13.2	6.7	<b>14.3</b>	<b>85.7</b>	<b>724.9</b>
BHE-18	9.16	<b>2024</b>	3.1	75.7	<b>1122.4</b>	12.9	5.7	<0.2	<b>69.7</b>	92.8
BHE-20	8.19	<b>619.9</b>	4.5	347.8	<b>3661.2</b>	98.1	31.6	0.5	<b>400.7</b>	129.6
BHE-15	4.42	<b>6802.6</b>	5.6	314.3	<b>9751.9</b>	<b>505.1</b>	35.2	7	<b>1717.6</b>	331.1
BH-7	7.27	21.7	0.7	25.9	<b>470.9</b>	1.1	1.5	<0.2	<b>58.5</b>	37.4
BH-2	4.69	468.2	9.7	<b>1285.2</b>	<b>127806</b>	5.3	160.1	<0.2	<b>116.3</b>	64.3
BHE-9	7.3	37.7	1.6	96.9	<b>10647.6</b>	1.4	18	<0.2	5.9	12.8
MWE-11	6.36	<b>1155.4</b>	10.1	<b>2289</b>	<b>334521</b>	7.6	<b>68670</b>	<0.2	<b>152.6</b>	8.4
BHE-12	6.9	25	0.4	192	<b>4820</b>	2.7	11.9	<0.2	7.5	12.6
MWE-22	3	268.4	1.1	122.1	<b>2013</b>	3.5	5.9	<0.2	<b>154</b>	71.6
BHE-23	6.53	<b>20790</b>	6.16	426.8	<b>9614</b>	25.6	21.7	<b>79.3</b>	<b>1188</b>	145.2
MWE-24	5.02	<b>4036.5</b>	4.7	334.6	<b>22310</b>	<b>418.6</b>	23.3	<b>17.9</b>	<b>1055.7</b>	162.1
BCKG 1	5	33.1	<0.2	61.3	<b>223.7</b>	0.8	1.2	<0.2	45.3	73.7
BH 4	7.73	81.3	2.8	327.5	<b>7941.3</b>	8.9	11.9	<0.2	<b>153.4</b>	34.8
BHE 5	7.9	36.7	<b>20</b>	<b>769.6</b>	<b>8340.8</b>	20.2	20	<0.2	<b>85.5</b>	23.8
BH 6	4.26	13.5	2.2	196.5	<b>4018.2</b>	1	8.1	<0.2	2.4	11.4
BHE 8	5	208.4	10.4	283	<b>22680</b>	7	<b>211.4</b>	<0.2	<b>238.9</b>	37.7
BHE 10	6.68	33	1.1	252	<b>2200</b>	2.25	17.2	<0.2	7.1	34.4
BH 12	4.85	<b>1523.2</b>	9.6	<b>972.2</b>	<b>28560</b>	50.1	27.7	2	<b>1792</b>	157
MWE 25	7.67	<b>5456</b>	<b>14.8</b>	<b>959.8</b>	<b>34100</b>	121.6	67.9	<b>18.5</b>	<b>798.6</b>	389.4
BCKG 3	5.6	38.7	<0.2	40.1	<b>762.4</b>	8.4	2.9	<0.2	<b>1017.7</b>	400.2
BCKG 2	7.49	13.9	<0.2	114.7	<b>1120.9</b>	8.9	10	<0.2	13.1	81.7
MWE 13	6.1	185.3	0.8	35.5	<b>558.2</b>	1.9	0.8	0.3	<b>105.1</b>	59.5
BH 5	8.9	22.6	5.2	284.6	<b>2131.8</b>	3.6	6.1	<0.2	37	34.5
MWE 1	7.5	4.1	6.7	262.6	<b>445.4</b>	0.4	2	<0.2	8.9	21.3
MWE 3	6.53	58.7	11.6	357	<b>2896.8</b>	2.9	5.9	<0.2	<b>89.1</b>	41.1
MWE 19	8.75	203.5	1.8	125.4	<b>4004.5</b>	84.7	34.6	<0.2	<b>468.6</b>	237.6
MWE 7	9.16	10.2	0.2	63.5	<b>711.4</b>	1.8	10.4	<0.2	5.1	15.7
Srpski standard		100	3	300	100	100	50	2	25	
Optimum		85	0.8	140	36	100	35	0.3	29	200
Akcija		<b>530</b>	<b>12</b>	<b>720</b>	<b>190</b>	<b>380</b>	<b>210</b>	<b>10</b>	<b>55</b>	<b>625</b>

Uzorci sa površine terena su analizirani na prisustvo 15 hemijskih elemenata, metodom XRFA. Uzorci su obuhvatili prašinu bogatu sa Fe i Cu, manje zastupljenim elementima Pb, Zn, V, Se, Sb, As, i šljaku sa CaO i SiO<sub>2</sub>. Sadržaji teških metala u ekstraktima nakon TCLP, su pokazali da na osnovu kanadskih kriterijuma samo kadmijum pokazuje povišene vrednosti u nekoliko uzoraka. Ostale vrednosti su znatno ispod kriterijuma (Kanada, Ontario).

Analize su pokazale da su glavni elementi u prašini i otpadu na površini terena Fe, Cu, Pb i Zn. Sadržaji bakra su do 46%, gvožđa do 56%, cinka do 4.4%, olova do 3.8%, antimona do 1%, hroma do 0.2%, selena do 0.2% i arsena do 0.3%. Znači da se radi o površini koja ima određen stepen kontaminacije. Kao što se vidi iz rezultata, elementi koji su prisutni u površinskim uzorcima prašine i šljake pripadaju grupi toksičnih elemenata.

Kada se radi o podzemnim vodama ukupno je uradjeno šest uzoraka, uz jedan uzorak za QC. Ove bušotine su u području istraživanja 1, a dve bušotine u području istraživanja 2. Profili bušotina ukazuju na pojavu podzemnih voda uglavnom iz degradiranih andezita, koji se javljaju blizu površine, a od hemijskih elemenata u podzemnim vodama treba istaći pojave fluorida, arsena i kamijuma, dok su koncentracije ostalih teških metala izuzetno niske. Ovo je najverovatnije posledica nedovoljne rastvaračke sposobnosti podzemnih voda (pH do 9.1), kao i adsorpcije na česticama glina i raspadnutog andezita. Uzorci voda su bili izuzetno zamućeni, a u ispitivanim uzorcima podzemnih voda nije dokazano prisustvo pesticida, PCB, PAH, PHC i VOC.

## ZAKLJUČAK

Ekogeohemijskim ispitivanjima su dobijeni rezultati koji se odnose na 34 bušotine na lokalnosti za rekonstrukciju topionice u RTB-u u Boru. Na osnovu dobijenih rezultata su mogli da se izvuku veoma korisni zaključci koji se odnose na kvalitet zemljišta na kome će biti izgrađena nova fabrika sumporne kiseline. Rezultati nedvosmisleno upućuju na određen stepen zagađenja, kao posledice prethodnih metalurških aktivnosti. Analize TCLP ukazuju na sigurnost kada je u pitanju eventualno izluživanje teških metala iz zemljišta, delovanjem atmosferskih padavina, koje mogu biti i sa sniženim pH vrednostima, ili podzemnim vodama. Na osnovu rezultata ekogeohemijskih ispitivanja, oblasti karakteristične za prisustvo Pb, Hg, As i PCB-a, je pre svega područje istraživanja 3. Ovi rezultati ukazuju na to da su tehnogene naslage (topionička šljaka i šut) osnovni izvor navedenih visokotoksičnih elemenata, a pojave PCB-a su posledica rada trafo stanica, koje su bile locirane ranije na tom delu terena.

Osnovni zadaci koji su postavljeni u okviru realizacije ekogeoloških ispitivanja, su bili da se odredi eventualno prisustvo opasnog otpada, i da li je prisutno zagađenje zemljišta. Osnovni zaključci bi se svodili na to da je prisutan opasni otpad. Ali, sudeći po TCLP za teške metale, samo kadmijum premašuje kriterijume kvaliteta, i to u tri uzorka prašine. U svakom slučaju, mogao bi da postoji nepovoljan uticaj na radnike koji će učestvovati u rekonstrukciji i izgradnji nove fabrike. Prisutno je zagađenje zemljišta, jer je u velikom broju uzoraka zemljišta iz bušotina, u području istraživanja 3, dokazano prisustvo Pb, Hg, As i PCB-a, iznad nivoa za akciju tj. uklanjanje, na osnovu Dutch liste. Na osnovu geomehaničkih i geohemijskih ispitivanja, preporuka je da se razmotri nova lokacija za postrojenje za preradu otpadnih voda, i to na područje istraživanja 2, umesto na područje istraživanja 3.

## LITERATURA

Papić P., Stojković J., Todorović M., 2011, Elaborat o geoekološkim ispitivanjima na lokalitetu rekonstruisane topionice i nove fabrike sumporne kiseline u RTB Bor, RGF, Beograd

The New Dutch list, The Ministry of Housing, Spatial Planing and Environment, The Netherlands

Hazardous Waste Fact Sheet: Toxicity Characteristic Leaching Procedure and Characteristic Hazardous Wastes, <http://www.EHSO.com>