



ID 08

## MONITORING VPLIVNEGA OBMOČJA RUDNIKA ŽIVEGA SREBRA IDRİJA PO KONČANIH ZAPIRALNIH DELIH

mag. Marko CIGALE<sup>1</sup>, Tatjana DIZDAREVIČ<sup>1</sup>, Bojan REŽUN<sup>1</sup>,  
prof.dr. Jakob LIKAR<sup>2</sup>, Jurij ČADEŽ<sup>3</sup>, dr. Milena HORVAT<sup>4</sup>,  
dr. Jože KOTNIK<sup>4</sup>, Jože JANEŽ<sup>5</sup>, Andrej PISK<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Rudnik živega srebra v zapiranju d.o.o., Bazoviška ulica 2, IDRİJA

<sup>2</sup> UL Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geotehnologijo in rudarstvo  
Aškerčeva 12, LJUBLJANA

<sup>3</sup> Geoportal d.o.o., Brnčičeva 13, LJUBLJANA-ČRNUČE

<sup>4</sup> Inštitut Jožef Štefan, Odsek za znanost v okolju, Jamova 39, LJUBLJANA

<sup>5</sup> Geologija d.o.o. Prešernova 2, IDRİJA

<sup>6</sup> Ministrstvo za gospodarstvo, Republiški rudarski inšpektorat, Kotnikova 5,  
LJUBLJANA

[rudnik.idrija@s5.net](mailto:rudnik.idrija@s5.net)

[jakob.likar@ntf.uni-lj.si](mailto:jakob.likar@ntf.uni-lj.si)

[jurij@geoportal.si](mailto:jurij@geoportal.si)

[milena.horvat@ijs.si](mailto:milena.horvat@ijs.si)

[joze.janez@geologija.si](mailto:joze.janez@geologija.si)

[andrej.pisk@gov.si](mailto:andrej.pisk@gov.si)

### POVZETEK

Odkopavanje živosrebrne rude v preteklih petsto letih je pustilo za sabo velike spremembe v okoliških kamninah in okolju na širšem območju Idrije. Opazovanja in meritve različnih parametrov v času izvajanja zapiralnih del so dobra osnova za njihovo nadaljevanje in analiziranje zahtevnih procesov v naravnem okolju. Načrt monitoringa, ki zajema kompleksno obravnavo dogajanj v prihodnje je narejen na osnovi pridobljenih izkušenj ter poglobljenih analiz dosedanjih dogajanj. Na ta način bodo registrirane spremembe v hribinskem ogrodju rudnika, na površini ter v širšem hidrološkem in ekološkem okolju z namenom, da se izvedejo pravočasni ukrepi v primeru povečanih sprememb, ki bi lahko negativno vplivale na deformacijska, hidrogeološka, geokemična in ekološka dogajanja v najširšem pomenu. V prispevku so podane tehnične rešitve in osnove načrtovanih meritev in opazovanj ter celovit prikaz usklajenih aktivnosti kompleksnega sistema opazovanj s poudarkom na načinu registracije parametrov, poročanja in analiziranja ter morebitnega ukrepanja v primeru nakazovanja poslabšanja razmer.

**Ključne besede:** zapiralna dela, injektiranje porušenih območij jame, načrt monitoringa, analiza meritev podzemne vode, časovni razvoj deformacij, opazovanja in meritve dogajanj na površini nad jamo.

## UVOD

V Rudniku živega srebra Idrija so v začetku leta 1977 (01.04.1977), zaradi ekonomskih razlogov, po skoraj petstoletih neprekinjenega rudarjenja, prekinili pridobivanje živosrebrve rude. Analiza variant o možnostih nadaljnjega razvoja Rudnika Idrija je izkazala, da je iz narodnogospodarskih, tehnično tehnoloških in ekoloških razlogov sprejemljiva le varianta postopne popolne in trajne ustavitve pridobivanja živosrebrve rude. Popolna in trajna ustavitev rudarjenja v jamskih obratih pa zahteva strokovno likvidacijo vseh jamskih objektov tako, da kasneje ne bo nikakršnih posledic na površini. Na podlagi teh izhodišč je bil v letu 1986 je bil izdelan »Dolgoročni program postopnega, popolnega in trajnega zapiranja Rudnika Idrija«, ki je predvidel potrebna dela in sredstva za sanacijo in konsolidacijo rudišča. Zaradi neugodne geološke zgradbe rudišča in terena nad rudiščem, prostorske razporeditve odkopanih rudnih teles ter konfiguracije površine nad idrijskem rudiščem je bilo že ob izdelavi programa predvideno, da rudišča ne bo mogoče potopiti v celoti. Predvideno je bilo, da bo potrebno del rudišča nad IV. obzorjem stalno odvodnjavati in vzdrževati.

V dolgoročnem programu je bil predviden tudi program ekoloških, geodetskih in geomehanskih kontrolnih meritev in opazovanj. Meritve in opazovanja naj bi se izvajale v vsem obdobju izvajanja konsolidacijskih del in še najmanj pet let po končanih delih.



## ZAKONSKE OSNOVE

Zakon o rudarstvu (*Ur. list RS, št. 98/2004*), v 60. členu določa, da mora nosilec rudarske pravice izvesti dokončno sanacijo okolja in odpraviti posledice, ki so nastale pri izvajanju rudarskih del. V 82. členu pa, da mora izvajalec rudarskih del zagotoviti monitoring o vplivih svoje dejavnosti na okolje, skladno s predpisi na področju varstva okolja.

Zakon o varstvu okolja (*Uradni list RS, št.39/2006*), v V. poglavju v členih od 96. do 102. obravnava spremljanje stanja okolja (monitoring). Zakon ločuje monitoring naravnih pojavov, monitoring stanja okolja in monitoring onesnaževanja okolja. V 101. členu pa omenjeni zakon

nalaga povzročiteljem obremenitve okolja, da zagotavljajo monitoring vplivov svojega delovanja na okolje.

Zakon o dopolnitvi zakona o preprečevanju posledic rudarjenja v RŽS Idrija (Uradni list RS, št. 86/2004) določa, da se po letu 2006 oziroma končanih zapiralnih delih spremeni dejavnost rudnika zaradi vzdrževanja nezalitega dela jame in monitoringa.

Zakonu o rudarstvu sicer določa, da mora izvajalec rudarskih del zagotoviti monitoring o vplivih svoje dejavnosti na okolje po končanih zapiralnih delih in to v skladu z Zakonom o varstvu okolja. Zakon o varstvu okolja pa direktno ne obravnava problematike monitoringa na območju rudnikov, ki so bili zaprti. Zaradi pomanjkanja ustreznega zakonskega akta je obseg in čas trajanja monitoringa za vsak rudnik v zapiranju različen in določen le na podlagi rudarskega projekta. Pričakujemo, da bo ustrezno oz. pristojno ministrstvo, v doglednem času, pripravilo podoben pravilnik, kot je bil izdan za monitoring radioaktivnosti tudi za monitoring rudarskih obratov, ki so prenehali s pridobivanjem rude.

## **VPLIV RUDNIKA IDRIJA NA STANJE OKOLJA**

Petstoletno rudarjenje v rudniku živega srebra Idrija je povzročilo veliko degradacijo okolja. Zaradi rudarjenja so se poslabšale geomehanske razmere v širšem območju okrog rudišča. To se odraža med drugim tudi v premikih terena, ki povzročajo poškodbe na objektih na celotnem vplivnem območju rudnika. V času proizvodnje so bili vertikalni pomiki točk na posameznih območjih nad rudiščem zelo veliki (tudi več kot 10 cm letno). Premiki so se do danes zaradi izvedenih utrjevalnih in zasipovalnih del relativni zmanjšali, vendar se še vedno razvijajo v odvisnosti od časa. Časni razvoj deformacij je posredno povezan z lasnostmi nekaterih kamnin, ki se nahajajo na vplivnem območju. Opazujemo torej razvoje prostorskih premikov širšega območja, ki glede na intenziteto in časovni razvoj niso rušilni, so pa stalni in se počasi umirjajo.

Idrijski rudnik je po proizvodnji živega srebra drugi največji živosrebrni rudnik na svetu. V pol tisočletja je bilo v Idriji odkopano več kot 12,7 milijonov ton rude s 144.828 tonami živega srebra. Zaradi izgub pri predelavi je prišlo na trg »le« 107.692 ton živega srebra. Okrog 40.000 ton živega srebra je bilo pri predelavi izgubljenega. Tudi zato je Idrija zaradi svoje 500 let trajajoče rudarske tradicije najbolj onesnaženo območje z živim srebrom na območju Slovenije. Višje koncentracije, kot je slovensko povprečje, se pojavljajo v vseh sestavinah okolja kot so voda, zrak, vegetacija in tla. Žgalniški ostanki in erozija z živim srebrom onesnaženih tal iz okolice Idrije sta glavna vira živega srebra v reki Idrijci, ter s tem posredno tudi v Soči in končno v Tržaškem zalivu.

Poleg z živim srebrom pa je območje Idrije, zaradi rudarjenja, prekomerno onesnaženo tudi z radonom. Meritve so pokazale, da so v haldah (nasipih – odlagališčih žgalniških ostankov) koncentracije radona do 20 krat višje kot običajno v zemlji.

## **OPAZOVANJA IN MERITVE PO KONČANIH ZAPIRALNIH DELIH - MONITORING**

Tudi po izvedbi vseh zapiralnih del, predvidenih v dolgoročnem programu, bo potrebno nadaljevati z izvajanjem opazovanj in meritev (monitoring) vse dokler ne bo z njimi dokazano, da se je premikanje hribin oziroma tal nad rudiščem povsem umirilo. To pomeni, da se bodo meritve izvajale skozi daljše obdobje in sicer toliko časa, da bodo deformacijske spremembe praktično zanemarljive. Monitoring smo razdelili na:

- vizualni monitoring,
- geodetski monitoring,
- geomehanski monitoring,
- monitoring podtalnice in
- okoljski monitoring.

### **Vizualni monitoring**

Vse objekte na vplivnem območju rudnika bo potrebno še naprej opazovati (vizualni monitoring). Načrtovan je:

- redni mesečni monitoring,
- redni polletni monitoring in
- izredni vizualni monitoring.

Ob zaprtju rudnika bo izveden pregled vseh objektov na vplivnem območju rudnika. V kolikor bi prišlo do sprememb na opazovanem objektu bo potrebno preveriti vse okoliščine v zvezi z nastalo škodo ter preveriti ali je nastala poškodba posledica rudarjenja ali ne.

### **Geometrični monitoring**

Glavna naloga geometričnega monitoringa je spremljava premikov na površini v vplivnem območju rudnika in v nezaprtem delu jame. V ta namen so določene opazovalne mreže za:

- meritve horizontalnih premikov terena nad rudnikom,
- meritve premikov ustij inklinometriških vrtin,
- meritve vertikalnih premikov na površini,
- meritve vertikalnih premikov reperjev vgrajenih v zgradbah Olimpa, kompresorske postaje, reševalne postaje in njihove okolice, zgradbi in stolpu jaška Delo, zgradbah v Lapajnetovi ulici št. 9,10,13 in Rožni ulici št. 10,
- meritve vertikalnih premikov v jami in
- meritve plomb na poškodovanih objektih nad rudnikom.

Merjenje premikov se bo izvajalo vsaj dvakrat letno. Meritve se bodo izvajale hkrati z vizualnim monitoringom.

### **Geomehanski monitoring**

Geomehanski monitoring obsega meritve na površini in v jami. Te meritve se redno izvajajo že od leta 1992. Po zaprtju rudnika se planira izvajanje naslednjih meritev:

- triosnih napetosti z merskimi celicami vgrajenimi na IV. in VII. obzorju,

- premikov ob dinarskih prelomih s pettočkovnim ekstenzometrom vgrajenim na I. obzorju,
- premikov v jašku Delo z sedem točkovnim vrvnim ekstenzometrom med XI. in I. obzorjem.

Meritve se bodo izvajale dvakrat letno.

### **Monitoring podtalnice**

Cilji monitoringa podtalnice so:

- nadzorovati gladino podzemne vode v rudišču,
- nadzor gladine in kemijskega stanja podzemne vode v vodonosnikih nad rudiščem. Podatki o gladini podtalnice so nujno potrebni za interpretacijo geomehanskih procesov (horizontalnih in vertikalnih premikov tal oziroma objektov nad rudiščem),
- ugotavljanje vplivov rudniške dejavnosti na podtalnico oziroma stanje ter trende onesnaženosti podzemne vode v rudniku in na površini z živim srebrom in drugimi polutanti (težke kovine, železo, sulfati, radioaktivnost) in
- ugotavljanje vplivov rudniške dejavnosti na površinske vode, to je nadzor nad kemijsko sestavo vode, ki se črpa iz rudnika na površje ter vpliv te vode na kakovost Idrijce, vpliv podtalnice na površinsko vodo.

Določena je opazovalna mreža piezometrov, merilnih mest za pretok vode in vzorčevališč za kemijske analize vode in sicer:

- meritve Fe, SO<sub>4</sub>, Hg, in drugih parametrov v izpustu jamske vode RŽS, v vodi reke Idrijce pred izpustom RŽS in v vodi reke Idrijce po izpustu RŽS,
- meritve Fe, SO<sub>4</sub>, Hg, in drugih parametrov v izpustu jamske vode RŽS iz pomožnega črpališča v Antonijevem rovu, v vodi Prontarske grape pred izpustom, v vodi bazena v Antonijevem rovu pri j.št. 11, ter v vodi Prontarske grape pri Antonijevem rovu,
- meritve Fe, SO<sub>4</sub>, Hg, in drugih parametrov v vodi v piezometričnih vrtinah.

Kemijske analize rudniških in površinskih voda se bodo izvajale enkrat mesečno. Podtalnica se analizira dvakrat letno predvidoma spomladi in jeseni.

### **Okoljski monitoring**

V rudarskem projektu »Opazovanje (monitoring) vplivnega območja Rudnika živega srebra Idrija po končanih zapiralnih delih« je predvideno, da bi bilo potrebno izvajati zelo obsežne meritve, ki bi omogočile poznavanje, varovanje in sanacijo celotnega območja onesnaženega z živim srebrom (Hg), to je celotnega toka Idrijce do Mosta na Soči, Soče od izliva Idrijce do Jadranskega morja in celoten Tržaški zaliv. Planiramo izvajanje naslednjih meritev:

- koncentracije elementarnega Hg v zunanem zraku,
- koncentracije elementarnega Hg in radona v zraku bivalnih in delovnih prostorov,
- koncentracij Hg v zraku s pomočjo epifitskih lišajev (biomonitoring),
- fizikalno kemične parametre padavin in podzemnih ter površinskih vodah,
- koncentracij celokupnega Hg v prsti,
- vsebnosti elementarnega Hg v vodi,

- vsebnost Hg v indikatorskih rastlinah in v poljskih/vrtnih pridelkih, užitnih gobah, gozdnih sadežih, medu in divjadi,
- kemijskih in fizikalnih parametrov, na lokaciji pred in po izpustu rudniških voda v Idrijco (parametri, ki se merijo v podzemnih vodah - glej poglavje Monitoring podtalnice),
- celokupnega Hg v zraku na lokacijah v mestu Idrija,
- vsebnosti Hg v zraku na lokacijah v Idriji in bližnji okolici,
- vsebnosti Hg v zemlji z istočasnimi meritvami Hg v zraku na lokacijah v Idriji in bližnji okolici,
- vsebnosti Hg v deževnici pri Reševalni postaji RŽS z istočasnimi meritvami Hg v zraku na izpustih j. Inzaghi in j. Pravica in
- radona in njegovih kratkoživih potomcev na deloviščih in kontrolnih mestih v jami rudnika Idrija).

Prav tako je v projektu opredeljeno nadaljevanje spremljanja zdravja bivših rudarjev in prebivalcev mesta Idrija, katerega program zajema zdravstveni nadzor bivših rudarjev (upokojenih in bivših delavcev RŽS). Po svoji vsebini je ta program usmerjen v zgodnje odkrivanje poznih učinkov tistih poklicnih škodljivosti, ki so bile v zadnjih 40 letih glavni vzroki povečanega zbolevanja in umrljivosti rudarjev. Zdravstveni nadzor bo opravljen s sledenjem zdravja bivših rudarjev z razširjenimi presejalnimi zdravstvenimi pregledi usmerjenimi v odkrivanje poznih učinkov pretekle izpostavljenosti silikogenemu prahu, ionizirajočemu sevanju in živemu srebru.

Ciljne skupine prebivalcev vplivnega območja Rudnika Idrija, katerih zdravje je potrebno prioritarno spremljati, pa so opredeljene na podlagi osnovi rezultatov meritev živega srebra (anorgansko in metil Hg) v okolju ter meritev radona in njegovih kratkoživih potomcev v bivalnih prostorih v Idriji. V ciljne skupine so tako vključeni otroci, ki so bili v obdobju med nosečnostjo (prenatalno) izpostavljeni Hg in otroci, v obdobju pred vstopom v šolo (postnatalno), ki obiskujejo otroške vrtnice v mestu Idrija.

V raziskavi bi v okviru monitoringa opravili:

- meritve radona s kratkoživimi potomci,
- ocenili individualne kumulativne prejete doze (EED v mSv),
- določili indikatorje bioloških učinkov ionizirajočega sevanja (IS) in drugih škodljivosti (Hg), ter na nivoju skupine ocenili tveganje za pojavljanje škodljivih učinkov (stohastični učinki IS in Hg).

## ZAKLJUČKI

Okolje na območju Idrije je zaradi vpliva 500 letnega rudarjenja močno obremenjeno. To se kaže na eni strani v premikih površine nad rudiščem po drugi v močnem onesnaženju vseh sestavin okolja z živim srebrom. Onesnaženje z živim srebrom kot tudi z radonom negativno vpliva na zdravje bivših rudarjev in prebivalcev Idrije, kot tudi širše. Obolevnost in umrljivost bivših rudarjev je v neposredni zvezi z dolžino njihovega dela v rudniku. Obolevnost in zgodnja umrljivost prebivalcev Idrije pa je večja od slovenskega povprečja. Trajanje

monitoringa nismo časovno omejili. Po preteku petih let bo potrebno rezultate ovrednotiti in oceniti potrebo po nadaljevanju predlaganih meritev oziroma predlagati spremembo programa. Program monitoringa, ki zajema kompleksno obravnavo dogajanj v prihodnje je narejen na osnovi pridobljenih izkušenj ter poglobljenih analiz dosedanjih dogajanj. Na ta način bodo registrirane spremembe v hribinskem ogrođju rudnika, na površini ter v širšem hidrološkem in ekološkem okolju z namenom, da se izvedejo pravočasni ukrepi v primeru povečanih sprememb, ki bi lahko negativno vplivale na deformacijska, hidrogeološka, geokemična in ekološka dogajanja v najširšem pomenu.

## **VIRI**

### **Zakonske osnove:**

1. Zakon o rudarstvu (Ur. list RS, št. 98/2004).
2. Zakon o varstvu okolja (Uradni list RS, št.39/2006).
3. Zakon o RŽS Idrija (Ur. list SRS, št. 13/79).
4. Zakon o preprečevanju posledic rudarjenja v RŽS Idrija (Ur. list SRS, št. 37/87).
5. Zakon o dopolnitvi zakona o preprečevanju posledic rudarjenja v RŽS Idrija (Uradni list Rs, št. 86/2004).

### **Programi Rudnika živega srebra Idrija, ki obravnavajo obseg in trajanje monitoringa:**

1. Program postopnega, popolnega in trajnega zapiranja RŽS Idrija (1987).
2. Dolgoročni program postopnega, popolnega in trajnega zapiranja RŽS Idrija (1988).
3. Dopolnitev dolgoročnega programa preprečevanja posledic rudarjenja v RŽS Idrija za obdobje 1996-2006 (1995).
4. Revidiran dolgoročni program preprečevanja posledic rudarjenja v RŽS Idrija 2001-2006 (2001).
5. Program sanacije okolja zaradi posledic rudarjenja in izboljšanja zdravstvenega varstva prebivalcev Idrije (2001).
6. Program vzdrževanja nezalitega dela jame in monitoring po končanih zapiralnih delih v Rudniku živega srebra Idrija v zapiranju d.o.o. za obdobje 2008 – 2012 (2007).

### **Rudarski projekti:**

1. Zapiranje jame Rudnika Idrija (1996).
2. Opazovanje predvidenega vplivnega območja v času potapljanja jame med XI. in IX. obzorjem v Rudniku živega srebra Idrija v zapiranju d.o.o. (2004).
3. Opazovanje (monitoring) vplivnega območja Rudnika živega srebra Idrija po končanih zapiralnih delih (2006).