

## О рударењу

Сажетак .....	1
О рударењу .....	2
Рударење V.0 – Традиционално – са депонијама (Бор, Јадар ...)	2
Депоније.....	3
Утицај на воде .....	3
Запуњавање ради очувања интегритета и смањења слегања терена.....	4
Транспорт .....	4
Рударење V.1 – Мањи утицај на животну средину.....	5
Могућност рада без депонија.....	5
Могућност рада без испуштања воде – мањи утицај на воде .....	5
Запуњавање.....	6
Транспорт .....	6
Рударење V.2 – Највиши стандарди заштите животне средине .....	7
Експлоатација минерала садржаних у сланим подземним водама .....	7
Експлоатација уранијума ISL/ISR методама .....	7
Развој ISL/ISR метода, работа за рад под земљом и електрохемијских метода .....	9
Закључак .....	9

### Сажетак

- Традиционално рударење (V.0) са депонијама и испуштањем воде из постројења у реципијенте је јевтино, даје највећи профит, али и највеће негативне ефекте на резерве питке воде, земљу, ваздух, окружење и живи свет. Овакав приступ се примењује у Бору и планира у Јадру.
- Савремено рударење (V.1) без депонија чврстих материја и без испуштања течности у окружење има мањи негативан утицај на окружење. Подземна експлоатација и даље утиче на подземне воде. Потпуна рецикулација воде и рад без депонија доприносе очувању животне средине уз разумне трошкове и прихватљиво смањење профита.
- Највиши стандард заштите животне средине (V.2) остварује се применом унапређених *ISL/ISR* технологија, експлоатацијом из подземних сланих вода или техником подземне електролизе. Екстракција и прерада спроводе се на начин који не оставља трага на површини земље, не угрожава биолошки активни површински слој земље и не утиче на површинске воде нити на подземне резерве питке воде. Практичне примене *ISL/ISR* технологија су за сада ограничене на експлоатацију уранијума, разматра се експлоатација литијума из подземних сланих вода, док су друге технологије у развоју. Једини знак присуства рудника биће релативно мала производна хала која се уклања по окончању операција. Неће бити депонија нити испуштања било какве течности у окружење, док ће утицај операција на подземље бити ограничен на релативно мале бушотине, и биће много мањи него у случају подземне експлоатације типа V.0 или V.1.
- За 10-15 година, цена бакра и већине минерала којима располаже Србија биће много већа, док се за 3-4 деценије може очекивати раст тражње за литијумом. За експлоатацију ће бити расположиве технологије V.2 са неупоредиво мањим ризицима по воде, земљиште и окружење, што указује да би до тада требало одложити рударске пројекте.

## О рударењу

У најкраћим цртама, ради се о процесу екстракције (вађења) корисних материјала из дубине земље. Извађени чврсти материјал или издвојени флуид може се третирати механички или на други начин који увећава концентрацију корисних садржаја. У наредном кораку најчешће се приступа техници хемијске прераде да би се добио тражени метал или неметал. Тражени материјали се испод земље могу наћи у чврстом облику (тврде стене, меке седиментне стене...) или у течном облику, растворени у подземним сланим водама. До сланих вода се може доћи путем бушотина, док се до руде у чврстом облику долази градњом површинског копа, подземном експлоатацијом са рударским окнима или другачије.

Обрада почиње механичким процесима издвајања материјала са већом концентрацијом, што може подразумевати млевење, сепарацију, флотацију (која може тражити додатак флотацијских реагенаса) и друге превасходно механичке процесе. По издвајању руде са већом концентрацијом, преостали некорисни материјал (јаловина која није нуспродукт хемијских процеса) може бити у чврстом или течном облику, и она се одлаже на депонију, флотацијско јаловиште (језеро) или другде. Руда са већом концентрацијом се потом даље прерађује, најчешће путем хемијског процеса. Као пример, руда гвожђа (хематит, гвожђе оксид,  $Fe_2O_3$ ) мора се редуковати у елементарно гвожђе тако што гас СО при увећаним температурама преузима кисеоник из оксида гвожђа. Као резултат, добија се тражени метал као и нуспродукти хемијског процеса – у течној и/или чврстој форми (згура, троска, дрозга) – који се морају одложити.

Поред јаловине и нуспродуката, као исход рударења и обраде јављају се рудничке воде, што подразумева атмосферске, површинске, подземне, воде од поливања копова, бушења, отпадне воде из процеса механичке и хемијске прераде руде и друге. У функцији састава рудног тела и предвиђених процеса обраде, јаловина, нуспродукти и рудничке воде садрже токсичне садржаје. У случају одлагања на површини земље, испуштања или испумпавања у најближе реципијенте, наведени материјали могу значајно угрозити површинске воде, подземне воде, биолошки активан слој земље, ваздух и створити услове који угрожавају живи свет.

## Рударење V.0 – Традиционално – са депонијама (Бор, Јадар ...)

Ради лакшег транспорта, постројења за прераду се најчешће граде у непосредној близини рудника. Из истих разлога, јаловина, нуспродукти и рудничке воде се одлажу на депонијама, или у флотационим језерима, или се као течни садржаји испуштају у окружење. Рударење типа V.0 може имати и површински коп, али се сва даља разматрања пре свега баве подземним рудницима.

Будући да се рудно тело најчешће налази у дубини земље, рударска окна пролазе кроз водоносне слојеве (издани) блиске површини, али и кроз дубоке издани у којима има токсичних минерала, што ствара ризик нежељеног мешања и загађења резерви питке воде. Практично сваки рударски рад (било површински или подземни) нарушава структуру порозних стена, седимената и водонепропусних слојева, мења проток и притисак подземних вода и смањује издашност извора. Кроз утицај на екосистем зависан од подземних вода, рударење има негативан утицај на водоснабдевање.



### ***Депоније***

Депоније рударске јаловине и нуспродуката прераде озбиљно утичу на животну средину. Материјал често садржи токсичне хемикалије и тешке метале. Изложен дејству кише и ветра, или поплавних вода речних токова, депоновани материјал може довести штетне материје у земљиште и воде, што доводи до контаминације подземних и површинских вода. Ово може штетити водоносним системима, пореметити екосистеме и представљати ризик по здравље људи. Прашина из јаловине такође може утицати на квалитет ваздуха, што може довести до респираторних и других проблема. Поред тога, неправилно управљање или прекид надзора по окончању активности и одласку рударске компаније може довести до ерозије или седиментације, додатно деградирајући земљиште и водена станишта. Несаниране рудничке воде настављају да угрожавају водотокове и зависне екосистеме и по завршетку експлоатације. Депоније представљају перманентни ризик чија градња није одржива, и које треба што пре уклонити и санирати.

### ***Утицај на воде***

Испуштање рудничких вода у природу има озбиљне негативне ефекте на животну средину. Ове воде често садрже опасне материје, укључујући тешке метале, киселине и хемикалије које се користе у преради руда. Испуштање воде из постројења, било делимично пречишћене или не, наноси штете воденом животу и нарушава екосистеме. Загађивачи могу изазвати контаминацију речних и подземних вода са којима су у хидрауличкој вези, стимулацију еутрофних процеса када ове воде доспеју до водних акумулација (природна или вештачка језера), убијање риба и дуготрајно оштећење квалитета воде. Поред тога, токсичност може представљати не само проблем за захтевани висок ниво и цену пречишћавања ових вода, већ и здравствени ризик за људе који се ослањају на ове изворе воде за пиће, пољопривреду или рекреацију.

Пошто су подземне воде у области рудног тела најчешће високо минерализоване и токсичне, њихово присуство на површини може бити посебно штетно. Оне продиру у окна подземног рудника и могу довести до плављења. Плављење рудника би имало катастрофалне штете за рудник и инвеститора, и зато се одводњавању рудника даје велики приоритет. Одводњавање подразумева пречишћавање токсичних вода. Потреба за одводњавањем је одређена продирањем воде из сводова, бокова и пода рудничког окна. Она није у потпуности предвидива. Поред опасности за људство у руднику, нагла увећања количине воде могу премашити капацитете евентуалног складиштења, филтрирања или рециклирања. У таквим случајевима, оператер нема други избор него да испусти вишак токсичне рудничке воде у реципијенте (реке или друге) на површини земље, по цену плаћања одговарајућих казни. Сваки рудник који предвиђа испуштање вишка воде у окружење у ванредним ситуацијама може бити принуђен да испусти и недовољно пречишћене воде, што представља веома велики ризик<sup>1</sup> по становништво<sup>2</sup> и по живи свет<sup>3</sup>.

### ***Запуњавање ради очувања интегритета и смањења слегања терена***

Код рударења типа V.0, у рударским окнима и другим откопаним рударским просторима може се јавити потреба запуњавања ради очувања интегритета рудника или избегавања слегања терена. Једноставан и јевтин начин подразумева допремање материјала за засипање из каменолома или других налазишта изван рудника и постројења за прераду. За очување животне средине било би најповољније да се целокупна количина јаловине и нуспродуката користи као материјал за засип, јер тада не би било потребе да се граде површинске депоније. Ради увећања профита, рударске компаније то не чине, већ за засип користе само један део јаловине и нуспродуката, док се остатак одлаже на депоније, што ствара велике и трајне штете за земљу, воде и живи свет.

### ***Транспорт***

Рударење типа V.0 се већ спроводи у Србији. Истом типу припадају сви до сада планирани и разматрани рударски пројекти. Јевтин и профитабилан приступ транспорту руде до постројења за обраду као и транспорта јаловине и нуспродуката до депонија подразумева коришћење теретних возила на фосилна горива која се крећу површином земље. Овакав приступ скопчан је са емисијама CO<sub>2</sub>, са значајним загађењем ваздуха прашином и суспендованим честицама и угрожавањем окружења.

Традиционално рударење са депонијама и испуштањем течности у окружење представљају најјевтиније решење за инвеститора, али најштетније решење за земљу-домаћина и њено становништво. Примери таквог рударења су већ реализовано рударење у Бору и планирано рударење у Јадру. Такво рударење не може бити реализовано у складу са највишим стандардима заштите животне средине, којима теже решења V.1 и V.2.

---

<sup>1</sup> Hamar, J.; Sarkany-Kiss, A. (2000): Biological Consequences of the Cyanide Spill in the Affected Rivers in Romania and Hungary with Respect to the Study of Ecological Effects of Mining Spills in the Tisza River System in Molluscs, Fish and the Tisza Mayfly.-Tisza Club and Liga Pro Europe. 24 pg., Hungary.

<sup>2</sup> A.A Meharg, D Osborn, D.J Pain, A Sánchez, M.A Naveso, Contamination of Doñana food-chains after the Aznalcóllar mine disaster, Environmental Pollution, Volume 105, Issue 3, 1999, Pages 387-390, ISSN 0269-7491..

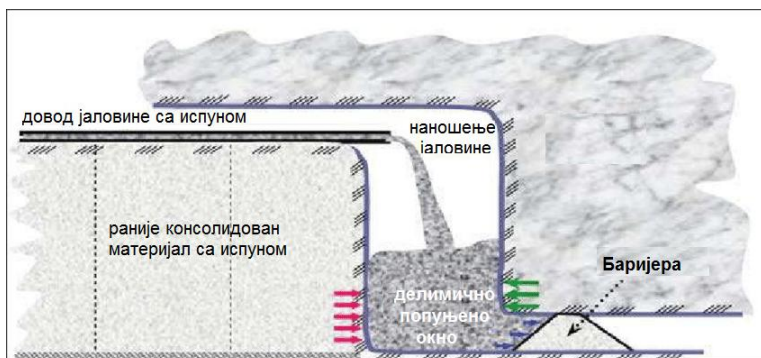
<sup>3</sup> Vidojević, D., Jovičić, M., Dimić, B., Baćanović N. (2015): Degradacija životne sredine usled oštećenja jalovišta rudnika "Stolice" u Kostajniku 2014. godine, Agencija za zaštitu životne sredine, Beograd, ppt., [www.sepa.gov.rs](http://www.sepa.gov.rs)

## Рударење V.1 – Мањи утицај на животну средину

Савремено рударење подразумева напредне технологије<sup>4</sup> које умањују штетне утицаје на животну средину<sup>5</sup>. Паралелно се примењују два кључна унапређења: (1) Рад без депонија и (2) Рад без испуштања течних садржаја, вишка воде или отпадне воде у окружење.

### Могућност рада без депонија

Могућност рада без површинских депонија демонстрирана је у рудницима угља<sup>6</sup>, олова и цинка<sup>7</sup>, фосфата<sup>8</sup> и других. Уместо формирања депонија, сва јаловина и сви нуспродукти се припремају и одлажу у рударска окна у којима је окончана експлоатација<sup>9</sup>. Изузетно, у случају где постоји остатак или вишак материјала, депоније се могу формирати у пустињама<sup>10</sup> или другим ненасељеним локацијама<sup>11</sup>, педесет до сто километара удаљеним од првих насеобина, обрадивих површина и шумског земљишта. Савремено рударење без депонија чврстих материја и без испуштања течности у окружење има мањи негативан утицај на окружење. Његова примена увећава трошкове инвеститора и смањује профит у мери која је прихватљива, јер је добитак у виду очувања окружења много значајнији.



### Могућност рада без испуштања воде – мањи утицај на воде

Рударење типа V.1 подразумева рад без испуштања отпадних вода, чистих вода или било каквих других врста течности из рудника или постројења за обраду. Проблеми који настају у одводњавању рудника услед увећања количине воде решавају се инвестирањем у техничка решења која не предвиђају било какве испусте чисте или отпадне воде у окружење. Међутим, чак и код рударења типа V.1 ипак постоји угрожавање подземних

<sup>4</sup> Integrated Mine Tailings Management: Leading Practice Sustainable Development Program for the Mining Industry. Retrieved from <https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/tailings>

<sup>5</sup> Mining Association of Canada. (2020). Towards Sustainable Mining (TSM) Tailings Management Protocol. Retrieved from <https://mining.ca/towards-sustainable-mining/tsm-tailings-management-protocol/>

<sup>6</sup> Chang Q, Chen J, Zhou H, Bai J. Implementation of paste backfill mining technology in Chinese coal mines. *ScientificWorldJournal*. 2014;2014:821025. Epub 2014 Aug 31. PMID: 25258737; PMCID: PMC4165384.

<sup>7</sup> Li, S.; Zhao, Z.; Yu, H.; Wang, X. The Recent Progress China Has Made in the Backfill Mining Method, Part II: The Composition and Typical Examples of Backfill Systems. *Minerals* 2021, 11, 1362.

<sup>8</sup> Li, Xibing & Cao, Zhiwei & Zhou, Jian & Huang, Linqi & Wang, Shaofeng & Yao, Jinrui & He, Zhongguo & Ma, Chunde & Dong, Longjun & Zhao, Guoyan. (2019). Innovation of mining models and construction of intelligent green mine in hard rock mine: In Kaiyang Phosphate Mine as an example. *Zhongguo Youse Jinshu Xuebao/Chinese Journal of Nonferrous Metals*. 29. 2364-2380. 10.19476/j.ysxb.1004.0609.2019.10.18.

<sup>9</sup> У Србији не постоје реализовани рудници типа V.1 нити постоје планови да се такви рудници граде. Сви до сада познати пројекти припадају типу V.0. Типу V.0 припадају и решења где се у рударска окна враћао само део јаловине и/или део нуспродуката, јер и тада постоји потреба да се јаловина и нуспродукти одлажу на депоније, уз све трајне штете које депоније стварају земљи, водама и живом свету.

<sup>10</sup> María A. Hidalgo-Ruiz, José L. Martínez-Martínez, María I. Alarcón-Herrera, José M. Martínez-Santos, Environmental Impact Assessment of Mining Projects in Arid Environments: A Review, *Science of the Total Environment*, Volume 610-611, 1 June 2018, Pages 753-767.

<sup>11</sup> Rudy Hermanto, Masayuki Komatsu, Koichiro Watanabe, Submarine Tailings Disposal (STD) - A Review, *Journal of Environmental Management*, Volume 91, Issue 4, April 2010, Pages 782-801.

резерви питке воде због околности да бушотине и окна подземног рудника најчешће успостављају комуникацију између фреатских и артеских резерви питке воде и дубоких издана у којима има токсичних минерала, те да су уобичајене мере заптивања несавршене и ограниченог трајања.

### **Запуњавање**

Код рударења типа V.1, нема веће потребе за допремањем додатних материјала за засипање, јер се у ту сврху користе јаловина и нуспродукти. У бројним случајевима могуће је развити и применити технологије хемијске обраде руде и припреме материјала за засипање које омогућују запуњавање без вишка материјала. У случају где постоји релативно мали вишак јаловине који се не може искористити за запуњавање нити за друге потребе, она се може одложити на депоније у пустињским областима. У случајевима где не постоји нити једна од наведених могућности, рударење типа V.1 се не примењује.

### **Транспорт**

Рударење типа V.1 може захтевати превоз руде, јаловине, нуспродуката хемијске обраде као материјала за запуњавање између рудника и постројења. У случајевима где су локације рудника и постројења удаљене, подразумева се подземни транспорт на електрични погон, без коришћења фосилних горива, и без угрожавања површине земље.

Могућност обављања рударских активности без депонија<sup>12</sup> у близини насеља, пољопривредног или шумског земљишта показује да се уз прихватљиво смањење профита може очувати животна средина, живи свет, здравље и опстанак локалног становништва. Примена наведених технологија зацело представља стандарде у заштити животне средине у пољу рударске експлоатације и прераде руда, који су значајно напреднији од традиционалног рударења са депонијама, и зато су неистините и обмањујуће тврдње да се рударење може обављати по највишим стандардима уз градњу депонија у близини насељених области, водотокова<sup>13</sup>, водозавата, или на пољопривредном и шумском земљишту.

И поред рада без депонија и без испуштања воде у окружење, рударење V.1 и даље има потребу за градњом подземног рудника са рударским окнима и другим откопаним рударским просторима који нарушавају структуру водоносних и водонепропусних слојева и стварају ризик од нежељеног продора токсичних вода у области са питком водом. Неопходност одводњавања и дренажања неминовно води до појаве повлачења свих вода у широком кругу око зоне рудника. Коначно, потреба за коришћењем експлозива може довести до нарушавања структуре водонепропусних слојева на начин који доводи до повлачења резерви питке воде у дубину земље. Понирањем у ниже слојеве, површинске воде растварају минерале и постају токсичне, док биолошки активнији површински слојеви земљишта остају без воде.

<sup>9</sup> Q. Chang, Z. Li, H. Zhou and G. Wang, "Study and application on mine clean mining technology," 2011 International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet), Xianning, China, 2011, pp. 3560-3563

<sup>13</sup> The impacts of mining activities on water, A technical and legislative guide to support collective action A technical and legislative guide to support collective action Produced by Eau Secours with the support of the Coalition Québec meilleure mine, MiningWatch Canada, the Western Mining Action Network, Coalition QLAIM, and the Regroupement Vigilance mines Abitibi-Témiscamingue.



## Рударење V.2 – Највиши стандарди заштите животне средине

Рударење у складу са највишим стандардима заштите животне средине подразумева рад без депонија, без испуштања воде у окружење и без градње подземног рудника са рударским окнима и другим откопаним рударским просторима.

### Експлоатација минерала садржаних у сланим подземним водама

Једна од могућности за експлоатацију минерала по највишим стандардима заштите животне средине јавља се у случајевима где је тражени минерал садржан у подземним сланим водама. Такав случај постоји на југозападу Немачке, у области *Oberrhein Graben*. Тражени минерал литијум садржан је у подземним сланим геотермалним водама. Геотермалне воде се већ користе за енергетске потребе у околним насељима, тако да на многим местима већ постоје инсталације које геотермалне воде доводе на површину, издвајају и користе топлоту, а потом враћају расхлађену воду натраг у подземље. У датим условима, литијум се може издвојити тако што се расхлађена вода пре повратка у подземље спроведе у сразмерно мало постројење за јонску размену и електролизу, што подразумева рад без депонија, без градње подземног рудника и без испуштања воде у околину (тј. подземне слане воде циркулишу у затвореном кругу и после екстракције се у враћају се у подземни слој одакле су и узете).



### Експлоатација уранијума *ISL/ISR* методама

Примењена решења позната под именом *ISL* (in situ leaching)<sup>14</sup> и *ISR* (in situ recovery) користе се за екстракцију и прераду уранијума без градње подземног рудника, без депонија и без испуштања воде у окружење. Дубоко под земљом, у рудно тело инјектује се течност која раствара тражени минерал. У случају уранијума, најчешће се ради о сумпорној киселини. Пумпањем добијеног раствора он се допрема на површину, у постројење за прераду, где се издваја тражени минерал и где се рециклирају активне компоненте раствора. Уколико су испуњени потребни услови<sup>15, 16</sup>, могућ је рад који не оставља трага на површини земље, не утиче на биолошки активни површински слој и не угрожава подземне резерве питке воде<sup>17, 18</sup>. Једини изузетак је неопходност градње релативно мале производне хале која се уклања по окончању операција<sup>19, 20</sup>. Међутим, рудно тело би требало да буде пропусно за течности које

<sup>14</sup> Li, G.; Yao, J. A Review of In Situ Leaching (ISL) for Uranium Mining. *Mining* 2024, 4, 120-148.

<sup>15</sup> The impacts of mining activities on water, A technical and legislative guide to support collective action Produced by Eau Secours with the support of the Coalition Québec meilleure mine, MiningWatch Canada, the Western Mining Action Network, Coalition QLAIM, and the Regroupement Vigilance mines Abitibi-Témiscamingue.

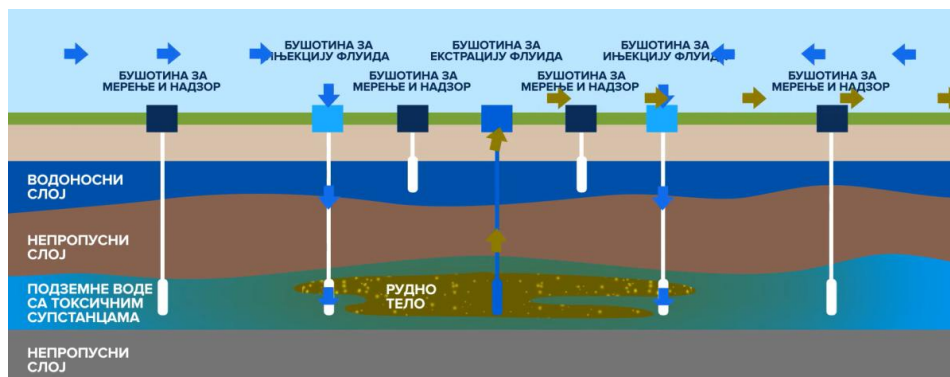
<sup>16</sup> Abzalov, M.Z.; Drobov, S.R.; Gorbatenko, O.; Vershkov, A.F.; Bertoli, O.; Renard, D.; Beucher, H. Resource Estimation of In Situ Leach Uranium Projects. *Appl. Earth Sci.* 2014, 123, 71–85.

<sup>17</sup> Abzalov, M.Z. Sandstone-Hosted Uranium Deposits Amenable for Exploitation by In Situ Leaching Technologies. *Appl. Earth Sci.* 2012, 121, 55–64.

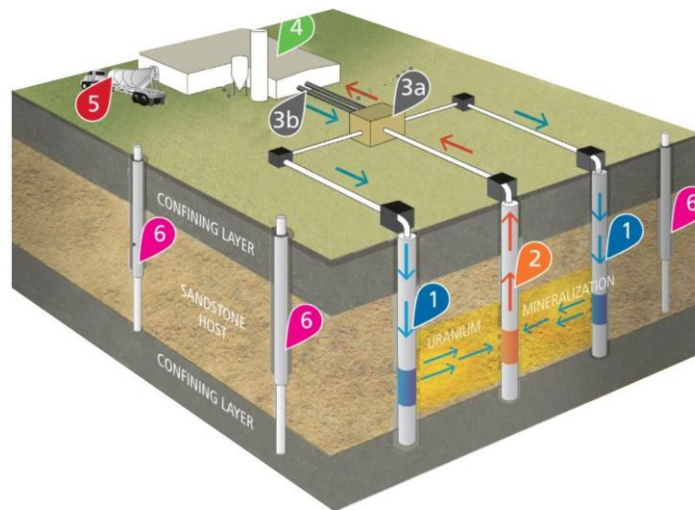
<sup>18</sup> Collet, A.; Regnault, O.; Ozhogin, A.; Imantayeva, A.; Garnier, L. Three-Dimensional Reactive Transport Simulation of Uranium In Situ Recovery: Large-Scale well Field Applications in Shu Saryssu Basin, Tortkuduk Deposit (Kazakhstan). *Hydrometallurgy* 2022, 211, 105873.

<sup>19</sup> Mudd, G.M. Acid In Situ Leach Uranium Mining-1. USA and Australia. In *Tailings and Mine Waste 2000*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2002; pp.517–526.

се користе, али да буде окружено мање пропусним материјалом које спречава продор активних супстанци (сумпорна киселина или алкални агенс) у слане подземне воде удаљене од рудног тела. Један од проблема је и околност да киселина не реагује само са уранијумом, већ и са калцијум карбонатом и другим састојцима унутар рудног тела, што проузрокује губитак киселине и потребу да се такав губитак надокнади. Срећом, често је доминантна испуна рудног тела кварц, који не реагује са киселином. Једно од решења за мањи утрошак киселине је комбиновање са оксидантом какав је водоник пероксид. У случају где рудно тело има значајан садржај испуне која везује киселину, растварање уранијума се може остварити употребом алкалних супстанци, уз нешто мање приносе.



У досадашњим применама, приоритет у примени *ISL/ISR* технологија није била заштита животне средине већ економичност. Међутим, описани принцип има потенцијал да се даље развија и да створи могућност за експлоатацију минералних ресурса по највишим стандардима заштите животне средине, уз минималан утицај на окружење.



① Инјекција течностима са агенсима који имају потенцијал да растворе тражене минерале и да их начине доступним у течном облику. ② Бушотине за екстракцију течног садржаја богатог жељеним минералима. ③ Добијени течни садржај се допрема у надземно постројење за даљу обраду. ④ Издвајање тражених минерала и рециклирање тражених агенаса. ⑤ Испорука тражених минерала. ⑥ Бушотине са неопходним сензорима за надзор и заштиту<sup>21</sup>.

<sup>20</sup> Zheng, F.; Teng, Y.; Zhai, Y.; Hu, J.; Dou, J.; Zuo, R. Geo-Environmental Models of In-Situ Leaching Sandstone-Type Uranium Deposits in North China: A Review and Perspective. *Water* 2023, 15, 1244.

<sup>21</sup> Постоји одређена сличност приказаног процеса са *fracking*-ом, као и са издвајањем минералне компоненте из геотермалних раствора, као што је нпр. пројекат CHPM2030, у коме је учествовала и Србија.



## **Развој ISL/ISR метода, робота за рад под земљом и електрохемијских метода**

Усавршавањем ISL/ ISR метода могуће је пронаћи техничко-хемијска решења примерена експлоатацији других минерала. Истраживање и развој укључују напоре усмерене ка формирању и јачању непрпусног омотача који би ограничио размену течности између рудног тела и околног простора, што омогућује мањи утрошак хемикалија, спречавање њиховог продирања у простор изван рудног тела и лакше испирање по окончању експлоатације. Текући развој роботике<sup>22</sup> и напредак у средствима за подземну навигацију<sup>23</sup> конвергира ка аутономним подземним роботима који умногоме могу унапредити и олакшати решавање проблема идентификације рудног тела, импрегнације околног терена и припреме за експлоатацију. Под одређеним условима, подземно издвајање минерала може се обавити и путем електролизе<sup>24</sup>. Текући развој наговештава да ће током наредне деценије постати расположиве нове технологије за експлоатацију минералних ресурса без градње подземног рудника, без депонија и без испуштања воде у окружење. Нове технологије ће имати занемарив утицај на површинске, биолошки активније слојеве земље, неће утицати на површинске и подземне резерве питке воде, док ће утицај на слане воде и слојеве земљишта на великој дубини бити сведен на минимум.

## **Закључак**

У току је интензиван развој технологија које ће омогућити да се рударење и обрада руде обаве без било каквих озбиљнијих ризика по подземне воде, површинске воде, земљиште и ваздух. Поменуте технологије су за сада расположиве само за одабране минералне ресурсе, али се очекује да ће за десетак година бити доступне за већину минерала којима располаже Србија. Имајући у виду континуалан раст цена минерала и околност да ће се они за десетак година моћи продати по много повољнијој цени, намеће се закључак да све пројекте експлоатације минералних ресурса треба одложити. Наиме, журба би довела до експлоатације уз много мању зараду, уз примену старих технологија, уз депоније, испуштање воде у околину, угрожавања водоснабдевања и уз значајне негативне ефекте по окружење, на начин који се види у Бору и Мајданпеку. Рад са депонијама и са испуштањем воде у окружење планира се и у Јадру. Сагледавајући динамику са којом се обавља истраживачки рад и развој, може се очекивати да за десетак година на располагању буду технологије „Рударење V.2“, које ће омогућити рад без депонија, без испуштања воде у окружење, без градње подземног рудника, уз занемарив утицај на површину земље, без угрожавања површинских вода и подземних резерви питке воде, и уз минималан утицај на дубоке и слане воде у зони рудног тела. Имајући у виду растућу несташицу минералних ресурса, у датим условима најповољније је одложити експлоатацију минералних ресурса за времена када буду расположиве много чистије технологије V.2, и када цене за већину минерала буду много веће.

<sup>22</sup> R. Lösch, S. Grehl, M. Donner, C. Buhl and B. Jung, "Design of an Autonomous Robot for Mapping, Navigation, and Manipulation in Underground Mines," *2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, Madrid, Spain, 2018, pp. 1407-1412,

<sup>23</sup> Miguel Torres-Torriti, Paola Nazate-Burgos, Fabian Paredes-Lizama, Javier Guevara, Fernando Auat Cheein, "Passive Landmark Geometry Optimization and Evaluation for Reliable Autonomous Navigation in Mining Tunnels Using 2D Lidars", *Sensors*, vol.22, no.8, pp.3038, 2022.

<sup>24</sup> Francis P. Fehner, ELECTROCHEMICAL METHOD OF MINING, US Patent 3,819,231