

# **НАПРЕДАК**

Часопис за политичку теорију и праксу

---

## **Издавачи**

Фондација „За српски народ и државу“, Београд  
Институт за политичке студије, Београд

## **За издаваче**

Татјана Вукић, директор  
Др Миша Стојадиновић, научни саветник, директор

## **РЕДАКЦИЈА**

### **Главни и одговорни уредник**

Проф. др Зоран Јевтовић

### **Политика**

Проф. др Урош Шуваковић  
Др Миша Стојадиновић, научни саветник  
Проф. др хаб. Ева Бујвид-Курек

### **Спољна политика и међународни односи**

Иван Мркић, амбасадор  
Доц. др Александар Врањеш

### **Европско право и политички систем ЕУ**

Проф. др Бранко Ракић  
Проф. др Зоран Чупић

### **Геополитика**

Др Љубиша Деспотовић, научни саветник

### **Одбрана и безбедност**

Проф. др Обрад Стевановић  
Др Марија Ђорић, виши научни сарадник

### **Историја**

Проф. др Марко Атлагић  
Проф. др Далибор Елезовић

### **Култура**

Мр Бојана Борић Брешковић

### **Екологија**

Проф. др Дарко Надић

### **Медији и друштво**

Проф. др Дејан Вук Станковић

Часопис излази три пута годишње.

Први број часописа *Напредак* изашао је  
на Видовдан, 28. јуна 2020. године

Тираж: 500 примерака • Штампа: Бирограф, Београд

Адреса Редакције: Палмира Тољатија 5, Београд

<http://fondacijasnd.rs/casopis-napredak/>

Радови се пријављују електронски

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

32(497.11)

**НАПРЕДАК** : часопис за политичку теорију  
и праксу / главни и одговорни уредник Зоран Јевтовић. -  
[Штампано изд.]. - Vol. 1, no. 1 (2020)- . - Београд :  
Фондација „За српски народ и државу“ : Институт за  
политичке студије, 2020- (Београд : Бирограф). - 24 cm

Три пута годишње. - Повремено са тематским бр. -  
Друго издање на другом медијуму: Напредак (Београд.  
Online) = ISSN 2683-6114. - Има издање на другом  
језику: Progress (Belgrade) = ISSN 3042-0261  
ISSN 2683-6106 = Напредак (Београд

COBISS.SR-ID 15570185

# Vol. V / No. 3 2024.

## Садржај | Content

Редакција

**Ископавање и прерада литијума: будућност коју не би требало олако одбацити . . . . . 5**

### Чланци | Articles

Дубравка М. Ђедовић Хандановић

**Критичне минералне сировине – литијум (Li) . . . . . 9**

Dubravka M. Đedović Handanović

**Critical mineral resources – lithium (Li)**

Александра А. Фостиков

**Рударство у средњовековној Србији . . . . . 27**

Aleksandra A. Fostikov

**Mining in Medieval Serbia**

Бранислав Р. Симоновић

**О литијуму и о литијуму у Србији . . . . . 39**

Branislav R. Simonović

**About lithium and lithium in Serbia**

Александар М. Јововић

**Пројекат „Јадар“ у светлу снабдевања критичних сировина . . . . . 63**

Aleksandar M. Jovović

**Jadar Project in light of critical raw materials supply**

Саша М. Јовановић, Милош М. Чоловић, Милица П. Томовић,

Мирсад Р. Тарић, Огњен Д. Поповић, Мирослав М. Мајсторовић

**Ризици откопавања руде литијума и њихово ублажавање . . . . . 85**

Saša M. Jovanović, Miloš M. Čolović, Milica P. Tomović,

Mirsad R. Tarić, Ognjen D. Popović, Miroslav M. Majstorović

**Risks of Lithium Ore Mining and Their Mitigation**

Верица С. Јовановић и Игор Л. Драгичевић  
Јавноздравствени значај мониторинга површинских вода, земљишта, ваздуха  
и биолошког мониторинга и одрживо рударство . . . . . 95  
Verica S. Jovanović i Igor L. Dragičević  
**The Public Health Importance of Monitoring Surface Water, Soil, Air,  
and Biological Monitoring, and Sustainable Mining**

## Прикази књига | Book Reviews

Наташа М. Ракетић  
Ванвременска новинарска мисија Сергија Лукача  
Споменик омиљеном професору . . . . . 111  
Nataša M. Raketić  
**Timeless Journalistic Mission of Sergije Lukač  
A monument to the favourite professor**

Списак рецензената за научни часопис *Најпредак* у 2024. години . . . . . 117  
List of peer reviews for the journal *Progress* in 2024.

# Ископавање и прерада литијума: будућност коју не би требало олако одбацити

Поштовани читаоци, читајући текстове који су пред вама можда ћете са изненађењем сазнати да је краљ Урош Први још у средњем веку на ове просторе довео немачке рударе (Сасе) и да је захваљујући његовој дугорочној визији сиромашна Србија копањем сребра почела да се економски брже развија и хвата корак са суседима. Можда је и тада било гласова који се нису слагали, али је општа добробит била гласнија од њих. После седам и по векова историја се понавља, па је наша држава пред сличним изазовима: копати литијум по највишим еколошким стандардима и развијати економски и политички капитал читавог друштва или остати заробљен у страховима од еколошких ризика који можда вребају из дубина Јадра?

Нацрти студија више од стотину домаћих и међународних независних стручњака, укључујући 40 универзитетских професора с више од 10 факултета, показују да се пројекат „Јадар“ може безбедно реализовати уз примену

највиших домаћих и међународних стандарда. Након шест и по година темељитог рада и више од 23.000 биолошких, физичких и хемијских анализа земљишта, воде, ваздуха и буке на више од две хиљаде страница урађена је свеобухватна студија са прецизним подацима о потенцијалним утицајима на животну средину и одговарајућим мерама заштите. Објављујући свеобухватан преглед ризика ископавања литијума посебан акценат стављамо на еколошку одрживост и нове технологије које се могу интегрисати у мере заштите. При томе, стални мониторинг животне средине видимо као кључну и обавезну стратегију одрживог рударства. Површинске воде, земљиште и ваздух ресурси су важни за очување јавног здравља, што ниједна експлоатација никада не сме довести у питање.

Литијум је данас *par excellence* комплексно политичко питање у Србији, а за исправан одговор академска дебата је најбољи начин да се

6 | јавност квалитетно информисе јер само тако усвојено решење може бити добро за све. Отуда и овај темат, као допринос дебати која треба да се одвија у широј научној заједници. Глобална енергетска прекомпозиција са све бројнијим изненађењима на политичкој шаховској табли, с литијумом као стратешким улогом, омогућава нам учешће у игри прерасподеле моћи са шансом да економски, енергетски, али истовремено политички и безбедносно побољшамо позицију Србије. Наша јавност се као и у многим сличним приликама – поделила. Бројне дезинформације, теорије завере, субверзивно деловање оних који би да уграбе екстрапрофит пре него што и започне реализација пројекта, гласине, фаме, лажи, спинови и страх од промена ушли су у јавни простор, ширећи моралну панику и сумњу

о еколошком загађивању које ће уништити простор и становништво. Научни аргументи су утихнули, а заменили су их бука и бес према свима који подржавају копање.

У Србији је данас све политика. И спорт, и образовање, и пољопривреда, и црква, и економија, и историја, и вакцинација, и позориште, па сада видимо и ископавање руда. Што је много поразније, грађанска, политичка и стручна јавност као да се међусобно не чују и не разумеју. Овај број *Најпрећка* је наш академски допринос друштвеном дијалогу, при чему смо свесни да је за дијалог потребно да спремност искажу и они који као да не желе ни да чују, а камоли разумеју аргументе. Упркос томе, надамо се да ће они који желе моћи из научних радова које објављујемо да сами извуку одговарајуће закључке.

Чланци | Articles







**Дубравка М. Ђедовић Хандановић<sup>[1]</sup>**

Министар рударства и енергетике Републике Србије  
Београд (Србија)

УДК 338.246.025.13:553.04(73)  
338.246.025.13:553.04(4-6EU)  
338.32:553.493.34(497.11)  
338.24:502.131.1(497.11)  
Оригинални научни рад  
Примљен: 09.12.2024.  
Прихваћен: 17.12.2024.  
doi: 10.5937/napredak5-55291

# Критичне минералне сировине – литијум (Li)

**Сажетак:** У овом раду анализирани су концепти и методологије које САД и ЕУ користе за утврђивање списка критичних минералних сировина (КМС). Критичне минералне сировине, као кључни елементи за националну безбедност и економију, имају важну улогу у енергетским, индустријским и војним технологијама. САД су усвојиле методологију засновану на економској рањивости, потенцијалу поремећаја, изложености трговини и ризику снабдевања, док ЕУ користи критеријуме економског значаја и ризика снабдевања. Листа КМС у САД и ЕУ редовно се ажурира, те су САД уврстиле 50 минералних сировина на свој списак из 2023. године, док ЕУ на свом списку има 34 минералне сировине. У овом раду такође се разматра важност литијума као једне од кључних сировина на глобалном нивоу и даје преглед великих произвођача и понуђача литијума, као и потенцијала Србије у овој области. Литијум је посебно значајан за производњу батерија, електронику и свемирске технологије.

**Кључне речи:** критичне минералне сировине, методологија САД и ЕУ, минералне сировине Србије, литијум, глобално тржиште, економски и технолошки аспекти

## Увод

Урађена је анализа главних горућих тема у свету која се односи на то шта су критичне минералне сировине, како се одређује која минерална сировина има статус критичне, као и то која се методологија користи за одређивање тог статуса. У главним цртама представљен је Акт о критичним минералним сировинама који је донела ЕУ.

У другом делу рада обрађена је у главним цртама проблематика у вези с литијумом, као једном од најважнијих сировина са списка критичних минералних сировина, као и пројекција његовог утицаја на економију у Србији.

Термин *критичне минералне сировине* (у даљем тексту КМС, енгл. CRM) установљен је као политички, геостратешки, војни, а не стручни или геолошки термин. До пре неколико година

[1] [press@mre.gov.rs](mailto:press@mre.gov.rs)

термин се није користио, већ се само описно говорило о проблематици у вези са одређеним минералним сировинама и неопходности да западне економије обезбеде снабдевање тим сировинама. То се може закључити из бројних објављених стручних радова и анализа геолошких института САД, Канаде и институција ЕУ које се баве проблематиком геологије, рударства и трговине минералним сировинама (метала, неметала, природних и других материјала). Литијум је један од битних материјала или минералних сировина из групе КМС и налази се на свим листама (САД, ЕУ, Аустралија, Канада, Индија, Норвешка...). Литијум се користи за различите намене: код непунјивих батерија као анода, у електролиту и катода литијум-јонских пуњивих батерија, масти на бази литијума, производњу алуминијума, оплемењивање ваздуха, у свемирској технологији, индустрији стакла, керамике, ливачкој индустрији (одливци гвожђа и челика), за специјалне врсте гума и пластике.

## Критичне минералне сировине

За сада постоје две широко распрострањене методологије: америчка из 2020. и европска из 2022. године. На основу ових методологија успостављене су листе КМС у САД и ЕУ.

У суштини, не постоји дефиниција критичних минералних сировина. Постоји неколико верзија које су дале/саставиле поједине земље и организације које се детаљније баве овом проблематиком као што су САД, ЕУ, Аустралија и Норвешка. Нека општа дефиниција КМС описује их као минерале, елементе, супстанце или

материјале који имају суштински значај за економску или националну безбедност неке државе и чији је ланац снабдевања подложен поремећајима. Те сировине користе се за енергетске технологије, одбрану, валуту, пољопривреду, електронику широке потрошње и апликације везане за здравствену заштиту, а њихов недостатак може да угрози националну безбедност и сигурност неке државе.

Методологија САД заснива се на следећим факторима: *економска рањивост, њошеницијал њоремећаја, изложеност сировини и ризик снабдевања*, сви параметри у границама од 0 до 1 (Nassar & Fortier, 2021, str. 3). На основу ових фактора САД су (USGS) 2020. године успоставиле методологију и листу КМС, што је потврђено у Закону о енергетици (U. S. Department of Energy). Листа КМС САД из 2023. године садржи 50 минералних сировина: алуминијум, антимон, арсеник, барит, берилијум, бизмут, церијум, цезијум, хром, калај, кобалт, диспрозијум, ербијум, еуропијум, флуорит, гадолинијум, галијум, германијум, графит, хафнијум, холмијум, индијум, иридијум, лантан, литијум, лутецијум, магнезијум, манган, неодијум, никл, ниобијум, паладијум, платину, празеодијум, родијум, рубидијум, рутенијум, самаријум, скандијум, тантал, телуријум, тербијум, тулијум, титанијум, ванадијум, волфрам, итербијум, итријум, цинк и цирконијум.

ЕУ је успоставила своју методологију утврђивања листе КМС 2020. године, а тек је 2024. донела Акт о КМС и обавезала све чланице ЕУ да са овим актом ускладе законодавства из области рударства и области везаних за рударство (Blengini et al., 2017, str. 1–30). Методологија ЕУ прати следеће критеријуме на основу којих се одређују КМС – *економ-*

ски значај ( $EI \geq 2,8$ ) и ризик снабдевања ( $SR \geq 1$ ). На списку ЕУ налазе се 34 минералне сировине. На европској листи фигурирају ознаке L & HREE, RE и PGE, а то укључује више од 20 посебних минералних сировина. На европској листи налазе се: алуминијум/боксит, антимоно, арсеник, *барии*, берилијум, *бор/борати*, *флуори*, *фосфатне стене (од ајати*), *фосфати* (*фосфори*), *фелдспати*, галијум, германијум, *природни графит*, хафнијум, хелијум, L & HREE, *силиција метал*, кобалт, *уљ за коксовање*, литијум, *магнезијум*, манган, ниобијум, PGE, скандијум, стронцијум, тантал, титан, ванадијум, бизмут, волфрам.

LREE је ознака за лаке елементе ретких земаља – група лантанида (Light Rare Earth Elements): церијум, лантан, неодијум, празеодијум и самаријум.

HREE је ознака за тешке елементе ретких земаља – група лантанида (Heavy Rare Earth Elements): диспрозијум, ербијум, еуропијум, гадолинијум, холмијум, лутецијум, тербијум, тулијум, итербијум, итријум.

RE је ознака за групу ретких елемената (Rare Elements): ниобијум, тантал, стронцијум, цирконијум, хафнијум, скандијум, ренијум, талијум, галијум, кадмијум, индијум, селен, телур, германијум.

PGE ознака представља платинску групу елемената: платина, паладијум, иридијум осмијум, родијум, рутенијум.

Стратешки КМС (ЕУ): бор, галијум, германијум, природни графит, L & HREE, силиција метал, кобалт, литијум, магнезијум, манган, PGE, титанијум, бизмут, волфрам (бакар, никл).

Код обе методологије важи правило да се сваке три године успоставља нова листа. Прве

листе су објављене 2020, а последње 2023. године (Grohol & Veeh, 2023, str. 3). Као што се може видети, многе минералне сировине заступљене су на обе листе. Осим ових листа, независно једни од других, САД су последњих година успоставиле посебну листу КМС у енергетици. На тој листи се налазе само неке од ових минералних сировина са главне листе. ЕУ је после 2022. успоставила посебну листу, која носи назив стратешке критичне минералне сировине. На тој листи су само неке од минералних сировина са европске листе.

Главни елементи Акта о КМС који је усвојила ЕУ (ЕК) јесу:

1. најмање 10% од потреба ЕУ за минералним сировинама треба обезбедити из примарне производње (рударење) с територије ЕУ;
2. најмање 40% прераде критичних минералних сировина треба да се одвија на тлу ЕУ;
3. најмање 15% европских потреба за критичним минералним сировинама треба да потиче од рециклаже;
4. увоз појединачне КМС из једне земље не треба да буде виши од 65%;
5. стратешки пројекти који за циљ имају обезбеђивање критичних минералних сировина треба да имају брз и једноставан пут ка добијању дозвола за истраживање и рударење;
6. треба омогућити да такви пројекти имају приоритете у финансирању;
7. значајно укључивање ЕУ и подршка реализацији таквих пројеката;
8. активирање и експлоатација рудника који садрже критичне минералне сировине

чак и када за покретање производње не постоји економско оправдање;

9. успостављање мониторинга над критичним сировинама, дефинисање ланаца снабдевања и утврђивање могућих поремећаја рута и начина снабдевања;
10. укључивање у ове процесе у што већој мери националних и комерцијалних банака;
11. удруживање купаца у конгломерате са основним циљем да се ЕУ што брже и сигурније снабдева критичним минералним сировинама;
12. размена података међу државама чланицама о активним локацијама депонија рударског и флотацијског отпада;
13. формирање база података о местима старих рударења и местима где се одлажу рударски и флотацијски отпад;
14. приоритетно увођење рециклирања магнета.

#### Највећи светски произвођачи КМС јесу:

Кина (59%), САД (7%), Јужна Африка (5%), Аустралија (4%), Чиле (4%), Канада (3%), ДР Конго (3%), Турска (3%), Бразил – Француска – Грчка – Индија – Индонезија – Мексико – Португалија – Русија – Шпанија – Тајланд (1%).

Највећи светски извозници КМС јесу: Кина: барит (38%), бизмут (49%), церијум (99%), диспрозијум (98%), ербијум (98%), еуропијум (98%), гадолинијум (98%), холмијум (98%), тулијум (98%), лутецијум (98%), итербијум (98%), лантаниди (99%), магнезијум (93%), графит (47%), неодијум (99%), празеодијум (99%), самаријум (99%), тербијум (98%), титанијум (45%), волфрам (26%), итријум (98%).

Африка: боксит (64%), кобалт (68%), фосфатне стене (24%), тантал (36%).

Јужна Америка: флуорит (25%), литијум (78%), ниобијум (85%).

Азија: природна гума (31%), фосфати (71%).

Аустралија: угаљ за коксовање (24%) (Blengini et al., 2020, str. 9).

#### Србија, минералне сировине и критичне минералне сировине

На територији Србије, у ближој историји, истраживања и експлоатација минералних сировина непрекидно трају од 1835. године. Тада је барон А. Хердер (1835) дошао у Србију на позив књаза Милоша са циљем „да се рудна блага учине полезним за српско отачаство“. Крајем 1848. године почели су истражни радови и експлоатација гвожђа у Мајданпеку, Рудној Глави и Црнајки. До данас, код нас су истражене, од нивоа рудних појава до лежишта, следеће минералне сировине:

*Металичне сировине:* олово-цинк, бакар, злато, антимон, калај, гвожђе, манган, волфрам, хром, никал-кобалт, молибден, боксит, жива, REE, PGE, литијум, бизмут, титан (Geozavod-IMS, група autora, 1999, str. 1–240; Jelenković, Mijatović, 2006–2010).

*Неметаличне сировине:* магнезит, дунит, хризотилазбест, ватросталне/керамичке/каолинске глине, алумосиликати, фелдспати, кварцни пескови, кварцне сировине, бентонити, зеолит, дијатомити, кречњак, доломит, барит, флуорит, бор, фосфорит, анхидрит, талк, волстонит, вермикулит, лискуни, јувелирске сировине, графит (Geozavod-IMS, група autora, 1999, str. 1–240; Jelenković, Mijatović, 2006–2010).

*Енергетске сировине:* угљеви (камени, мрки, лигнитски), угљни шкриљци, *уран*, нафта и гас (Geozavod-IMS, група аутора, 1999, стр. 1–240; Jelenković, Mijatović, 2006–2010).

Из овог кратког прегледа јасно се може уочити да су досадашњим геолошким истраживањима регистроване бројне минералне сировине које се данас у Европи и широм света третирају као КМС. Према методологији ЕУ и њиховој листи КМС у Србији су регистроване следеће минералне сировине: *бакар, антимон, манган, волфрам, никл-кобалт, титанијум, боксит, L & HREE, PGE, литијум, магнезијум, фелдспати, барит, флуорит, бор, фосфорит, графит, арсеник, бизмут.*

У техногеним/секундарним лежиштима (јаловиштима) након прераде руда олово-цинка и бакра регистровани су значајни садржаји следећих елемената: *скандијум, индијум, галијум (RE), L & HREE.*

## Глобална потражња КМС и других метала по материјалима за технологије чисте енергије по STEPS и SDS сценарију

Текућа тренутна процена (STEPS) потреба ЕУ за металним минералним сировинама до 2050. године према STEPS износи 45 милиона тона. Динамичка процена потреба за металним минералним сировинама (SDS) у ЕУ (алуминијум, бакар, никл, цинк, олово, силицијум, литијум, манган, хром, кобалт...) до 2050. године према SDS износи 75 милиона тона. Процена OECD показује да глобална потражња за минералним сировинама расте са садашњих 79 милиона тона на 167 милиона тона до 2060. године.

Процена процентуалног повећања потреба за металима до 2050. године за чисте енергетске технологије у односу на општу употребу 2020. године (глобални SDS амбициозни климатски сценарио) јесте следећа (КМС + други метали):

| 13

Табела 1. Процена процентуалног повећања потреба за металима до 2050. године

Минерална сировина	Процент повећања	Минерална сировина	Процент повећања
Литијум (Li)	2.109%	Силицијум (Si)	62%
Диспрозијум (Dy)	433%	Тербијум (Tb)	62%
Кобалт (Co)	403%	Бакар (Cu)	51%
Телур (Te)	277%	Алуминијум (Al)	43%
Скандијум (Sc)	204%	Калај (Sn)	28%
Никл (Ni)	168%	Германијум (Ge)	24%
Празеодијум (Pr)	110%	Молибден (Mo)	22%
Галијум (Ga)	77%	Олово (Pb)	22%
Неодијум (Nd)	66%	Индијум (In)	17%
Платина (Pt)	64%	Цинк (Zn)	14%
Иридијум (Ir)	63%	Сребро (Ag)	10%

Извор: KU Leuven, 2022: Metals for clean energy: Pathways to solving Europe's raw materials challenge

Процена раста потражње у ЕУ за металима потребним за развој технологија за чисту енергију:

Табела 2. Електрична возила (без батерија и перманентних магнета)

Потражња (kt)		Основни метали	Остали метали
2020. год.	2050. год.	Al, Cu, Pb, Zn, Si	B, Ag, Ga, Pt, Au, Ge, In
482	5.356		

Извор: KU Leuven, 2022: Metals for clean energy: Pathways to solving Europe's raw materials challenge

Табела 3. Батерије за електрична возила

Потражња (kt)		Основни метали	Остали метали
2020. год.	2050. год.	Ni, Li, Si, Co, Mn	Al, Cu
34	1.287		

Извор: KU Leuven, 2022: Metals for clean energy: Pathways to solving Europe's raw materials challenge

Табела 4. Соларни панели (фотонапонски)

Потражња (kt)		Основни метали	Остали метали
2020. год.	2050. год.	Al, Zn, Cu, Si	Sn, Pb, Ag, Ni, Te, Cd, In, Ga, Ge
0	697		

Извор: KU Leuven, 2022: Metals for clean energy: Pathways to solving Europe's raw materials challenge

Табела 5. Ветројурбине

Потражња (kt)		Основни метали	Остали метали
2020. год.	2050. год.	Cu, Al, Mn, Cr, Ni	Zn, Mo, B
75	206		

Извор: KU Leuven, 2022: Metals for clean energy: Pathways to solving Europe's raw materials challenge

Табела 6. Хидроген (технологије)

Потражња (kt)		Основни метали	Остали метали
2020. год.	2050. год.	Ni, Cu, Cr, Al, Zn	Mn, Sc, Co, Ir, Pt
0	3,95		

Извор: KU Leuven, 2022: Metals for clean energy: Pathways to solving Europe's raw materials challenge

Табела 7. Трајни магнети

Потражња (kt)		Основни метали	Остали метали
2020. год.	2050. год.	Nd, Pr, Dy	Tb
0	2,67		

Извор: KU Leuven, 2022: Metals for clean energy: Pathways to solving Europe's raw materials challenge

Табела 8. Електромрежа

Потражња (kt)		Основни метали	Остали метали
2020. год.	2050. год.	Al, Cu, Zn	
297	511		

Извор: KU Leuven, 2022: Metals for clean energy: Pathways to solving Europe's raw materials challenge

## Литијум

Литијум (грч. λίθος – камен) има ознаку Li и редни број 3 у Менделејевљевом периодном систему, а према тежини је најлакши од свих познатих метала. Има атомску тежину 6,94, а специфичну густину  $0,534 \text{ g/cm}^3$  (при  $20^\circ\text{C}$ ).

Представља смесу два изотопа литијума –  ${}^7\text{Li}$  (92,6%) и  ${}^6\text{Li}$  (7,4%) и припада групи алкалних метала. Литијум је врло лак метал и има најмању густину међу свим чврстим елементима (у стандардним условима).

Историја литијума почиње око 1800. године, када је познати бразилски политичар, геолог, природњак, песник Хосе Бонифацио де Андрада е Силва у узорцима стена са острва Уте у Шведској открио и описао минерал петалит ( $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$ ). Литијум је открио Јохан Арфведсон 1817. године. Његов ментор на универзитету Берцелијус предложио је име за нови материјал – *lithion*. Много година касније добијен је чист литијум поступком електролизе литијум-оксида, а веће количине литијума добијене су из литијум-хлорида средином 19. века. Интензивна производња литијума почела је у Немачкој 1923. године електролизом истопљене смесе литијум-хлорида ( $\text{LiCl}$ ) и калијум-хлорида ( $\text{KCl}$ ). До пред крај Другог светског рата литијум се употребљавао искључиво као средство за подмазивање машина и у стакларској индустрији. Права експанзија потражње за литијумом настаје у САД после Другог светског рата. Тада су амерички научници, који су радили на развоју и усавршавању хидрогенске бомбе, трагајући за трицијумом, успели да га добију издвајањем из литијума неутронском активацијом  ${}^6\text{Li}$  у нуклеарном реактору.

Због геохемијских карактеристика и велике реактивности, литијум се у природи не налази у елементарном стању. Када је у елементарном стању, чува се у керозину или у неком другом минералном уљу. На сувом ваздуху постаје литијум-нитрид, а на влажном ваздуху мења се у литијум-хидроксид. У облику разних соли налази се у минералним водама.

У природи литијум учествује у изградњи низа минерала од којих неки представљају основне руде из којих се прерадом добија литијум-карбонат, а то су:

- сподумен,
- петалит,
- лепидолит,
- цинвалдит,
- амблигонит,
- јадарит,
- хекторит,
- забујелит.

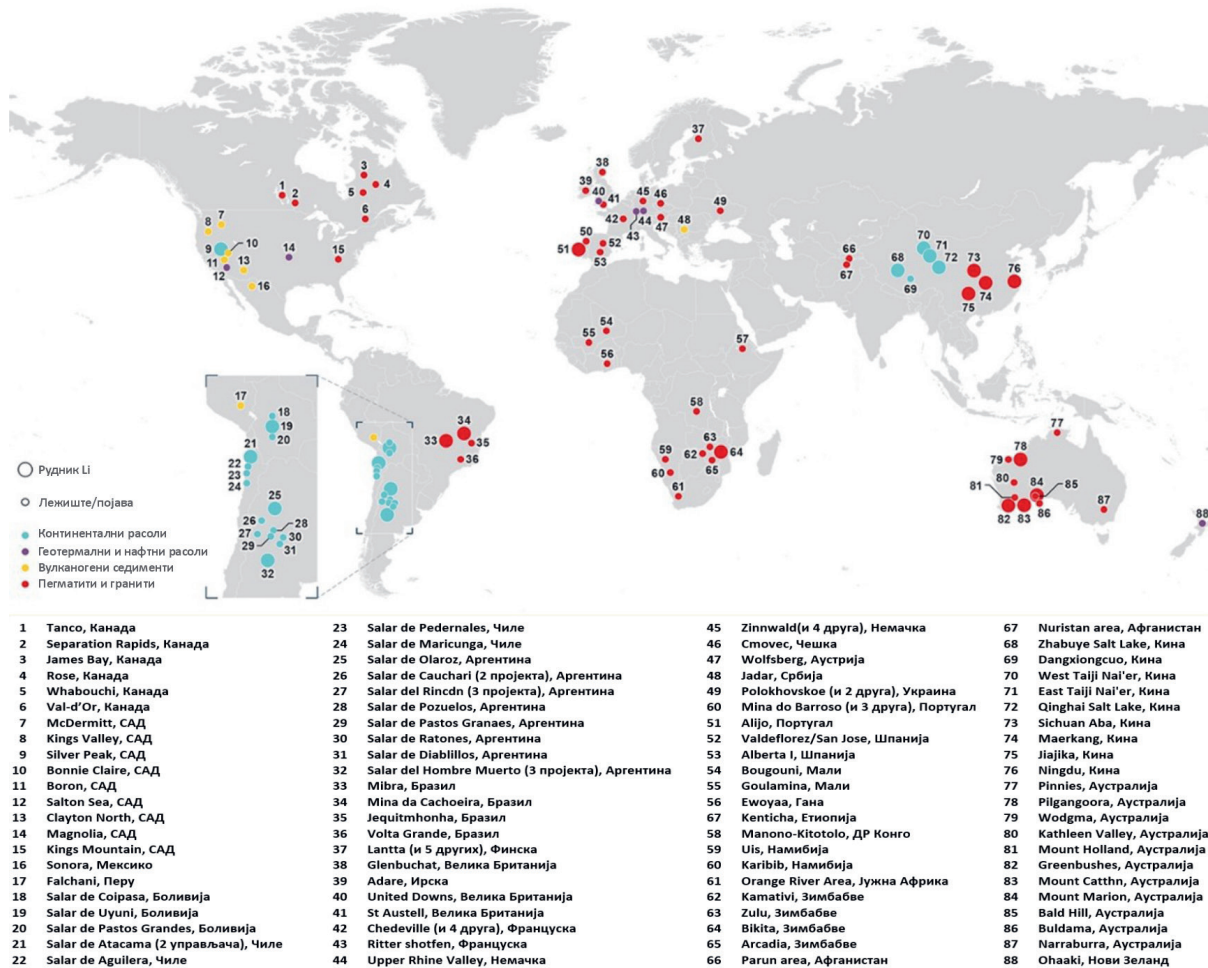
Главни извор литијума из стена је минерал сподумен из групе пироксена изграђен од литијум иносилката. У суштини то је петрогени минерал који изграђује различите врсте стена, па и пегматите. Током експлоатације литијума из пегматита прво се добија концентрат сподумена па се онда технолошким поступком добија литијум-карбонат. Сподумен у пегматитима прате и минерали с литијумом као што су петалит, амблигонит, али су знатно подређени.

Посебну врсту минерала литијума представља забујелит, који је природни литијум-карбонат (није добијен вештачким путем). Откривен је 1987. године на Тибету у језеру Забује, по којем носи име, а експлоатација је почела 2004/2005. године.

С листе минерала из којих се добија литијум као посебне треба издвојити: *јадарит* и *хекторит*. Осим јадарита, хекторита и забујелита, претходно наведени минерали улазе у састав пегматита као петрогени минерали, а пегматити представљају последње фазе диференцијације и очвршћавања гранитског растопа када долази

до повећања садржаја воде обogaћене флуором и литијумом. Јадарит је нов минерал откривен у узорцима истражних бушотина у долини реке Јадар код Лознице, у слојевима рудног тела набушеног 2004. године. Од 2004. године до данас исти минерал није регистрован више нигде у свету. Минерал хекторит је главни састојак белих

16 |



How to cite Shaw R A (2021) Global lithium (Li) mines deposits and occurrences (November 2021) British Geological Survey.

Слика 1. Мапа распореда рудника литијума, лежишта и појава у свету

Извор: Shaw 2021



масних глина, насталих разлагањем гранитоида (риолит-пегматити). Из минерала цинвалдита (нем. zinvaldit) планира се будућа експлоатација литијума у Савезној Републици Немачкој. Цинвалдит је силикатни минерал из групе лискуна по саставу је калијум-литијум-гвожђе-алуминијум-силикат-хидроксид флуорид. Лепидолит је исто силикатни минерал и представља секундарни извор литијума и иде уз сподумен. Највећи значај има за добијање рубидијума.

Истраживања литијума су у пуном замаху свуда у свету – у Аустралији, Кини, САД, Аргентини, Чилеу, Боливији, Португалији, Немачкој, Чешкој, Финској, Великој Британији, Француској, Норвешкој, Индији, Србији. Има неколико разлога за експанзију геолошких истраживања литијума: као прво, недостатак литијума на тржишту (већа потражња од понуде), затим развој нових технологија, спровођење агенди за „зелену енергију“ и „декарбонизацију“, широка примена у различитим гранама индустрије и одређивање литијума као КМС.

Новембра 2021. године BGS приказао је мапу света са списком свих лежишта и појава литијума (Shaw, 2021). На списку се налази 88 локација/топонима у различитом статусу: појаве које се истражују, лежишта са завршеним истраживањима и без експлоатације и лежишта у експлоатацији.

По континентима/државама распоред је следећи:

- **Северна Америка:** приказано је 15 локација, од којих се само на једној локацији експлоатише само литијум. Из лежишта Silver Peak (САД) литијум се добија из сланих раствора црпљењем око четири милијарде галона воде

(САД галон = 3,785 l) из подземља или 15,14 милијарди литара воде, сваке године од 2020. године. Годишња производња износи око 6.800 t литијума. На преосталим локацијама или се изводе интензивна истраживања или литијум није једина сировина која се експлоатише (Nb, Та и др.).

- **Средња Америка:** у Мексику пројекат Сонора је у развоју, док других пројеката нема.

- **Јужна Америка:** активна су истраживања на 20 локација. Експлоатишу се лежишта на четири места из сланих подземних вода и два лежишта из пегматита. Из сланих вода литијум се експлоатише у Saler de Uyuni – Боливија, Saler de Atacama – Чиле, Saler de Olaroz – Аргентина, Saler de Hombre Muerto – Аргентина. Површинском експлоатацијом пегматита литијум се експлоатише у Mibra – Бразил, а поред литијума добијају се тантал и ниобијум. Подземном експлоатацијом сподумена из пегматита литијум се експлоатише у Mina da Cachoeira – Бразил.

- **Африка:** на 12 локација се истражује литијум, а површинска експлоатација се одвија у руднику Bikita – Зимбабве, при чему се експлоатишу сподумен и петалит из којих се добија литијум.

- **Азија:** интензивна су истраживања на три локације. Експлоатација се одвија на четири места из сланих подземних вода и на четири локације из пегматита. Из сланих вода експлоатација се одвија из неколико сланих језера у Кини: Zhabuye Salt Lake, West Taiji Nai'er, East Taiji Nai'er и Qinghai Salt Lake. Експлоатација из пегматита одвија се на четири локације у Кини: Sichuan Abe, Maerkang (површинска експлоатација из пегматита – сподумен), Jiajika

(површинска експлоатација из албит-сподумен пегматита са литијумом, а добијају се још: берилијум, ниобијум, тантал и цезијум(цезиј), Ningdu (површински коп гранит-пегматита).

- **Аустралија:** активна су четири рудника с површинском експлоатацијом. Активни рудници су: Pilgangoora (површински коп у пегматитима, експлоатишу се лепидолит, сподумен, танталит, каситерит и мале количине микролита, тапиолита и берила; Li + Та производи), Greenbushes (површински коп пегматита са сподуменом, највећи светски рудник Li у пегматитима), Mount Cattlin (површински коп, пегматити са сподуменом), Mount Marion (површински коп, пегматити са сподуменом).

У Европи литијум се експлоатише на само једном месту, и то из лежишта Alijo у Португалији из минерала сподумена. Геолошка истраживања свих минералних сировина са листе КМС у Европи су интензивна. Од бројних локација у Европи на којима се истражује литијум, на 21 локацији истраживања су у завршним фазама. Истражни радови и пратеће студије најдаље су одмакли на следећим локацијама:

- *Рудници у фази истраживања:* Goncalo – Alvaroso, Bajosa – La Fregeneda, Goncalo – Castanho, сва налазишта у Португалији (Filipov, Filipova, 2023);
- *Пројекти у развоју (израда физибилити студије):* Central Ostrobothnia (Keliber) – Финска, Zinvald – Немачка (Filipov, Filipova, 2023);
- *Пројекти са физибилити студијом:* Cinovec – Чешка, Wolfsberg – Аустрија, Mina do Barroso, Romano Sepeda, Argemela – Португалија, San Jose –

Шпанија, Emili – Француска (Filipov, Filipova, 2023), Србија – Јадар (Rudarsko-geološki fakultet, 2021).

- *Пројекти у фази истраживања:* Sadisdorf – Немачка, Presqueiras – Шпанија (Filipov, Filipova, 2023);
- *Пројекти који су истраживани за наставак истраживања/радова:* Adagoi, Alijo – Португалија, Hirvikallio, Kietymäki – Финска, Bergby, Varuträsk – Шведска, NW Leinster – Ирска (Filipov, Filipova, 2023);

Европска унија је директно подржала следеће пројекте: Goncalo-Alvaroso, Mina do Barroso – Португалија, Central Ostrobothnia (Keliber) – Финска, Emili – Француска (Filipov, Filipova, 2023).

Највеће резерве литијума (метала) у свету налазе се у следећим државама:

1. Боливија – 23 милиона тона,
2. Аргентина – 22 милиона тона,
3. Чиле – 11 милиона тона,
4. Аустралија – 8,7 милиона тона,
5. Кина – 6,8 милиона тона,
6. Немачка – 3,8 милиона тона,
7. ДНР Конго – 3 милиона тона,
8. Канада – 3 милиона тона,
9. Мексико – 1,7 милиона тона,
10. Чешка – 1,3 милиона тона,
11. Србија – 1,2 милиона тона,
12. Перу – милион тона,
13. Русија – милион тона,
14. Мали – 890.000 тона,
15. Бразил – 800.000 тона,
16. Зимбабве – 690.000 тона,
17. Шпанија – 320.000 тона,

18. Португалија – 270.000 тона,
19. Намибија – 230.000 тона,
20. Гана – 200.000 тона,
21. Финска – 68.000 тона,
22. Аустрија – 60.000 тона,
23. Казахстан – 50.000 тона (USGS, 2024).

Данас се литијум у највећој мери добија експлоатацијом из континенталних високо-минерализованих, сланих вода (Чиле, Аргентина, Боливија, Кина, САД); затим прерадом минерала сподумена, лепидолита (с пратећим пегматитским минералима). Врло мале количине, у експерименталној фази, из хекторита у Корнволу, делом и у оквиру будућег лежишта

у Мекдермиту – САД . У ближој будућности, када се заврше истраживања и почне експлоатација, литијум ће се добијати и из: геотермалних вода и сланих вода нафтних бушотина (Magnolia – САД, долина реке Рајне – Немачка, United Downs – УК), вулканогено-седиментних лежишта (Јадар – Србија; Мекдермит, Kings Valley, Bonnie Claire, Boron, Clayton North, Kings Mountain – САД и Falchani – Перу). С почетком експлоатације у Чешкој (Синовец) и Немачкој (Цинвалд) литијум-карбонат добијаће се из минерала цинвалдита. Само се у Кини из сланих вода језера на Тибету експлоатише природни литијум-карбонат у виду минерала забујелита.

Највећи светски произвођачи литијума за период 2021–2023. приказани су у табели 9.

Табела 9. Производња литијума у свету

Државе произвођачи	Производња у свету (t)		
	2021. год.	2022. год.	2023. год.
Аустралија	55.000	61.000	86.000
Чиле	28.300	39.000	44.000
Кина	14.000	19.000	33.000
Аргентина	5.970	6.200	9.600
Бразил	1.700	2.200	4.900
Зимбабве	710	800	3.400
Канада	/	500	3.400
Португалија	900	600	380
Остали у свету	/	/	3.700

Извор: STATISTA; USGS, 2024

Три највећа светска произвођача литијум-карбоната и литијум-хидроксида су Аустралија, Чиле и Кина, који покривају 90% светског тржишта, и то око 9,5% покривају Аргентина,

Бразил, Зимбабве, Португалија и Канада, а преостали удео у светској производњи чине све друге земље. Највећи произвођач литијума у Европи је Португалија.

Генерално, према статистичким подацима производња литијума у 2023. години износила је око 188.000 t, а потражња на светском нивоу око 980.000 t. Потражња за литијумом 2025. године прећи ће милион тона, а до 2030. године прећи ће два милиона тона. У исто време процењује се да ће производња литијума у 2025. години достићи ниво од око 500.000 t, што никако не може да задовољи потребе светске привреде. Потребе за литијумом наставиће да расту и 2050. године потражња за овим металом износиће око 3.500.000 t (сви подаци из немачког специјализованог интернет сајта STATISTA). Раскорак између понуде и потражње за литијумом не чуди ако се узме у обзир где се све он користи: батерије – 87%; керамика и стакло – 4%; масти за подмазивање – 2%; третман ваздуха – 1%; прашкови флукса за калупе за континуално ливење – 1%; медицина – 1%; и друге употребе (добивање алуминијума, специјалне врсте гума, фармација, козметика, електроника) – 4%.

Раст тржишта литијума праћен је нестабилношћу његове цене у последње две године. Након значајног успона од почетка 2022, цена литијума је због промена на стању залиха почела да варира. У 2022. години су смањене залихе производа на бази литијума неопходне за производњу батерија, али су у 2023. години почеле да се повећавају како због повећане понуде постојећих произвођача, тако и због појаве нових учесника у њиховој производњи. Један од разлога за пад цена литијума на светском тржишту јесте и престанак државних субвенција 2022. године у НР Кини и СР Немачкој за куповину електричних возила. Кретање цена литијума на светском нивоу и пројекција до 2030. године приказани су на наредној слици:

Година	Прогноза распона цена	Кључни чиниоци
2024	ЛИТИЈУМ ХИДРОКСИД: \$12.775	<ul style="list-style-type: none"> <li>РАСТ ПРИХВАТАЊА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВОЗИЛА</li> <li>УСПОРАВАЊЕ ПРОДАЈЕ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВОЗИЛА</li> <li>ВИШАК КАПАЦИТЕТА БАТЕРИЈА У КИНИ</li> </ul>
	ЛИТИЈУМ КАРБОНАТ: \$9.856,55 ДО \$15.500	
2025	ЛИТИЈУМ ХИДРОКСИД: \$13.485/Т	<ul style="list-style-type: none"> <li>КОНСТАНТНА ПРЕКОМЕРНА ПОНУДА</li> <li>РАСТ ПОТРАЖЊЕ ЗА ЕЛЕКТРИЧНИМ ВОЗИЛИМА</li> <li>ТРГОВИНСКИ РАТ САД И КИНЕ</li> </ul>
	ЛИТИЈУМ КАРБОНАТ: \$9.411,15/Т ДО \$20.000/Т	
2026-2030	ЛИТИЈУМ ХИДРОКСИД	<ul style="list-style-type: none"> <li>ЕНЕРГЕТСКА ТРАНЗИЦИЈА</li> <li>ПОТРАЖЊА НАДМАШУЈЕ ПОНУДУ</li> <li>ПОЈАВА АЛТЕРНАТИВНИХ ИЗВОРА ЗА БАТЕРИЈЕ</li> </ul>
	2026: \$14.775	
	ЛИТИЈУМ КАРБОНАТ	
	2026: \$12.000	
	2027: \$14.000	

Слика 2. Упоредна пројекција цене литијум-хидроксида и литијум-карбоната

Извор: Techopedia

Предвиђа се да ће цене сировина за производњу батерија остати повишене због очекивања раста тражње, изазова и трошкова повезаних с производњом и др. Већина капацитета за експлоатацију литијума била је концентрисана у чилеанским саларима и лежиштима литијума у чврстим стенама у Аустралији (рудници сподумена). У преради руде литијума доминира Кина.

Просечне цене литијум-карбоната, литијум-хидроксида и сподумена данас у односу на јануар 2024. године износе:

- литијум-карбонат – US\$ 10.934 за тону (јануар: US\$ 11.867);
- литијум-хидроксид – US\$ 9.563 за тону (јануар: US\$ 9.899)
- сподумен – US\$ 990 за тону (јануар: US\$ 1.000)

Према подацима компаније Рио Сава (Елаборат о резервама из 2020. године) производња руде јадарита из лежишта требало би да се устали на 1,8 mt/g, а производња литијум-карбоната на 58.000 t/g (Misailović, Tanasković, 2020). Када

се то упореди с производњом из претходне табеле, Србија би у овом тренутку заузимала друго место у свету по производњи литијум-карбоната. Само лежиште јадарита према количини доказаних резерви припада категорији великих лежишта. Доказане резерве износе 158.647.256 тона. Предвиђен је век експлоатације дужи од 60 година. Када се уради анализа доступних података о планираним активностима у геологији и рударству на територији ЕУ, будућој експлоатацији литијума из европских лежишта, потребама тржишта и инвестицијама у индустрију која користи литијум, плановима за експлоатацију, може се закључити да ће Србија бити у самом европском врху експлоатације руде литијума и индустрије базиране на литијуму. Према предвиђеној производњи, као што смо већ навели, Рио Сава планира годишњу производњу од 58.000 тона литијум-карбоната. Процене о будућој

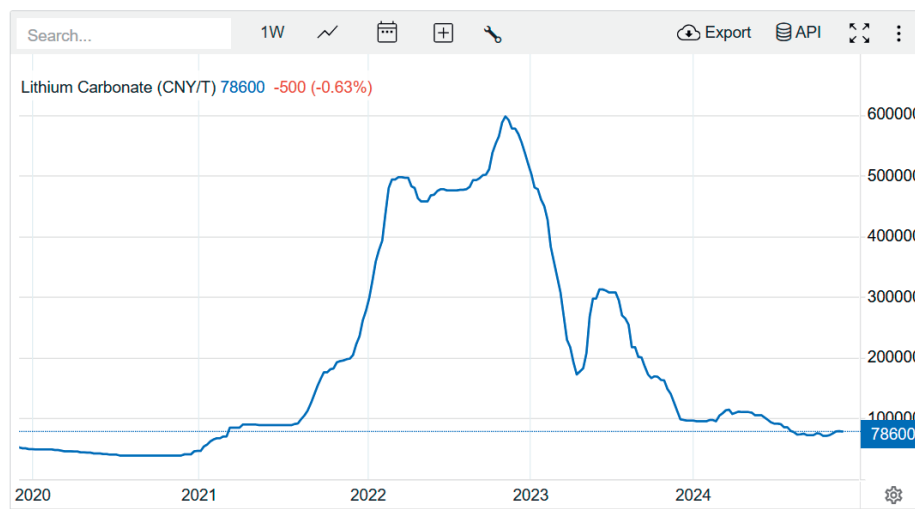
производњи LCE (литијум-карбонат еквивалент) у Европи представљене су у следећој табели:

Табела 10. Прогноза производње литијум-карбоната у ЕУ

Р. бр.	Држава произвођач	Литијум-карбонат (t)
1.	Србија	58.000
2.	Немачка	42.000
3.	Чешка	30.000
4.	УК	28.000
5.	Португалија	20.000
6.	Финска	20.000
7.	Шпанија	15.000
8.	Аустрија	9.000

| 21

Преглед кретања цена литијум-карбоната по тони, у кинеским јуанима (1 јуан = US\$ 0,14), на светском тржишту представљен је следећим дијаграмом:



Графикон 1. Кретање цена литијум-карбоната (2020–2025)

Извор: Trading Economics

22 | Према неким проценама о уделу LCE из Јадра у потребама српске и европске индустрије која користи литијум-карбонат, Рио Сава би подмиривала скоро 50% потреба. То је у суштини процена о стању на тржишту до 2030. године, под условом да је лежиште у долини Јадра у функцији. Све европске и светске статистике које се односе на литијум говоре о великој потражњи за литијумом/литијум-карбонатом, а производња то не може да испрати. Зато се у последње време обављају интензивна геолошка истраживања и покушава се да се што већи број пројеката истраживања преведе у експлоатационе пројекте. Према проценама западних аналитичара, да би се стабилизовало тржиште литијума/литијум-карбоната до 2040. године у свету треба отворити још 60 рудника литијума величине рудника у Јадру, и то до 2040. године.

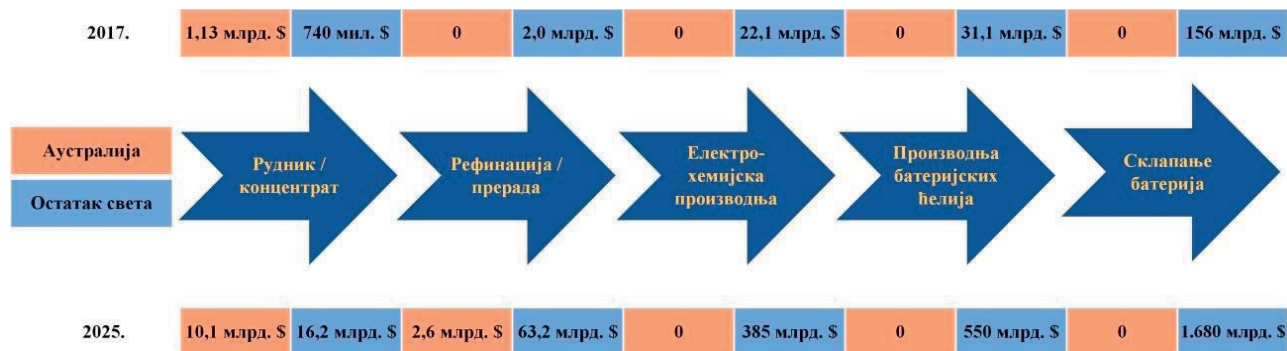
Урађене су и процене ефекта отварања и рада рудника у долини Јадра на економију Србије. Први ефекти показали би се у инвестицији Рио Тинта у пројекат отварања рудника. Према подацима из Елабората о резервама, инвестиција у израду подземних рударских просторија и надземне инфраструктуре рудника с производним делом, где се добијају концентрат литијума, борна киселина и натријум-сулфат и системом пречишћавања отпада, износила би око две милијарде евра (Misailović, Tanasković, 2020). У фази експлоатације и прераде руде до финалних производа било би ангажовано још близу 2.000 запослених, од висококвалификоване до неквалификоване радне снаге. На све то мора се додати и ангажовање екстерних услужних делатности ван система рудника и прераде. Код

ефеката који се односе на буџет Србије разматрано је неколико опција или сценарија:

1. производња LCE и пласман на тржиште, према проценама, чинили би само око 0,95% БДП;
2. производња LCE и катода и пласман на тржиште, према проценама, чинили би око 2,06% БДП;
3. претходна комплетна производња и батерије, према проценама, чинили би око 3,97% БДП;
4. производња из претходних опција и електрична возила, према проценама, чинили би око 16,45% БДП.

Ако се, с једне стране, узме у обзир овакав развој ситуације на економском плану, а с друге стране, интензивирање улагања у наш рударски сектор (држава, домаћи и страни капитал) кроз различите облике улагања, може се у великој мери увећати БДП. За све то постоје реални изгледи поготову ако се узме у обзир урађен Мастер план за рударство у Србији који је финансирала Светска банка (Nishikawa, 2008). Мастер план је урадила јапанска компанија ЈИСА, 2008. године, и њиме је предвиђено да рударство у Србији има реалне основе да у БДП учествује са око 16%.

Економски ефекти експлоатације литијума могу се пратити на следећем примеру из Аустралије. На слици је приказана вредност литијума у Аустралији и свету након откопавања и различитих нивоа прераде. Укупна вредност руде литијума чини само око 1% од укупне вредности крајњег производа. Приближно 99,5% вредности аустралијске литијумске руде додаје се прерадом на мору, производњом хелија и склапањем батерија.



Слика 3. Вредност литијума у Аустралији и свету у зависности од степена прераде и коришћења

Извор: Capturing the value of the global lithium supply chain. Innovation Newsnetwork

## Закључак

Проблематика КМС и посебно литијума као једне од врло важних сировина са списка КМС обрађена је у главним сегментима у овом раду. Представљена је описна дефиниција шта су то КМС и методологије на основу којих се оне одређују. На крају првог дела рада који се односи на КМС дат је преглед минералних сировина Србије, као и списак минералних сировина истраживаних у Србији које се налазе на списку ЕУ о КМС.

Други део рада посвећен је литијуму, тренутно једном од најтраженијих метала у светској економији. Неопходан је у многим индустријским гранама и на светском нивоу постоји велика потражња за главним производом – литијум-карбонатом, који има вишеструку примену. Потражња за литијумом тренутно знатно превазилази понуду на тржишту. То је главни разлог интензивних геолошких

истраживања најмоћнијих рударских компанија свуда у свету, тј. на свим континентима. С друге стране, многе државе на чијим се територијама могу очекивати нова лежишта и њихова експлоатација виде у томе могућност своје економске стабилности, напретка, усвајања и развоја нових технологија.

Све КМС са европске листе које се налазе у Србији, а нарочито литијум, представљају за државу важан ресурс за развој нових технологија са циљем спровођења политике климатске неутралности и декарбонизације до 2050. године, што је дефинисано Интегрисаним националним енергетским и климатским планом Републике Србије за период до 2030. са визијом до 2050. године.

У завршном делу рада представљене су могућности Србије у развоју рудника јадарита (литијума) у долини Јадра и приказани могући финансијски ефекти на БДП Србије.

---

## References / Литература

- [Geozavod-IMS] Geological Survey of Serbia; group of authors (1999). Information system and database of metal raw materials. Professional documentation fund of the Geological Survey of Serbia [In Serbian].
- [Rudarsko-geološki fakultet] Faculty of Mining and Geology (2021). Feasibility study of underground exploitation of Jadar deposit of lithium and boron
- [USGS] US Department of the Interior (2024). Mineral commodity summaries 2024. Available at: <https://www.usgs.gov/publications/mineral-commodity-summaries-2024>
- Blengini, G., El Latunussa, C., Eynard, U., Torres De Matos, C., Wittmer, D., Georgitzikis, K., Pavel, C., Carrara, S., Mancini, L., Unguru, M., Blagoeva, D., Mathieux, F., & Pennington, D. (2020). *Study on the EU's list of critical raw materials (2020): final report*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Blengini, G., Pennington, D., Tzimas, E., Baranzelli, C., Dewulf, J., Manfredi, S., Nuss, P., Grohol, M., Van Maercke, A., Kayam, Y., Solar, S., Vidal-Legaz, B., Talens Peirò, L., Mancini, L., Ciupagea, C., Godlewska, L., Dias, P., Pavel, C., Blagoeva, D., ...Marmier, A. (2017). *Methodology for establishing the EU list of critical raw materials: guidelines*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Filippov L., Filippova I. (2023). *Evaluation of the processing routes for the "hard lithium" European deposits*. 2nd International conference on raw materials and circular economy. Athens, Greece.
- Grohol, M., & Veeh, C. (2023). *Study on the critical raw materials for the EU 2023: final report*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://www.rtlnieuws.nl/sites/default/files/content/documents/2023/07/04/Study%202023%20CRM%20Assessment%20%281%29.pdf>
- Innovation News Network. Available at: <https://www.innovationnewsnetwork.com/capturing-value-global-lithium-supply-chain/30827/>
- Jelenković, R. and Mijatović, P. (2006–2010). Reports on the project "Prediction-metallogenetic and geological-economic assessment of resources and reserves of metallic mineral raw materials in Serbia". Professional documentation fund of the Ministry of Mining and Energy. [In Serbian]
- KU Leuven (2022). *Metals for clean energy: Pathways to solving Europe's raw materials challenge*. Available at: <https://eurometaux.eu/media/rqocjybv/metals-for-clean-energy-final.pdf>
- Misailović, I. and Tanasković, D. (2020). Elaborate on resources and reserves of boron and lithium in the deposit "Jadar" near Loznica (lower Jadar horizon) as of 31st July 2020. Professional documentation fund of the Company RIO SAVA. [In Serbian]



- Nassar, N.T., and Fortier, S.M. (2021). Methodology and technical input for the 2021 review and revision of the U.S. Critical Minerals List: U.S. Geological Survey Open-File Report 2021-1045.
- Nishikawa Y. (2008). The Study on Master Plan for Promotion of Mining Industry in Republic of Serbia Final Report. Ministry of Mining and Energy of Serbia.
- Shaw R. A. (2021). Global lithium (Li) mines, deposits and occurrences. British Geological Survey.
- Statista. Available at: [www.statista.com](http://www.statista.com)
- Techopedia. Available at: [www.techopedia.com/investing/lithium-price-forecas](http://www.techopedia.com/investing/lithium-price-forecas)
- Trading Economics. Available at: [www.tradingeconomics.com/commodity/lithium](http://www.tradingeconomics.com/commodity/lithium)
- U. S. Department of Energy (2020). *Critical minerals and materials – U. S. Department of energy’s strategy to support domestic critical minerals and material supply chains (FY2021-FY2031)*. Available at: [https://www.energy.gov/sites/prod/files/2021/01/f82/DOE%20Critical%20Minerals%20and%20Materials%20Strategy\\_0.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2021/01/f82/DOE%20Critical%20Minerals%20and%20Materials%20Strategy_0.pdf)

**Dubravka M. Đedović-Handanović**

Ministry of Mining and Energy

Belgrade (Serbia)

## Critical Mineral Resources – Lithium (Li)

### Summary

26 |

This paper analyzes the concepts and methodologies used by the USA and the EU for establishing the list of critical raw materials (CRM). Critical raw materials as key elements for national security and economy play an important role in energy, industrial and military technologies. The USA has adopted the methodology based on economic vulnerability, disruption potential, trade exposure and supply risk, while the EU uses the criteria of economic importance and supply risk. The CRM lists in the USA and the EU are regularly updated so that the USA included 50 raw materials in its 2023 list, while the EU has 34 raw materials in its list. This paper also considers the importance of lithium as one of the key raw materials at the global level and gives a review of large lithium producers and suppliers, as well as Serbia's potential in this field. Lithium is particularly important for the production of batteries, electronics and space technologies.

**Keywords:** critical raw materials, US and EU methodology, raw materials of Serbia, lithium, global market, economic and technological aspects



**Александра А. Фостиков<sup>[1]</sup>**

Историјски институт Београд  
Београд (Србија)

УДК 94:622(497.11)"12/14"  
Прегледни научни рад  
Примљен: 08.11.2024.  
Прихваћен: 05.12.2024.  
doi: 10.5937/napredak5-54652

# Рударство у средњовековној Србији

**Сажетак:** Рударство, познато и под називом Montanindustrie, на територији средњовековне Србије прошло је дуг пут развоја, од површинског копања до вртоглавог успона, који је започео доласком Саса у 13. веку. Захваљујући њиховом утицају, односно комбинацији технолошког развитка и доступних сировина, Србија је доживела општи економски успон, те је већ у првој половини 15. века била заслужна за производњу четвртине или петине европског сребра. Међутим, саски утицај није се ограничио само на рударство већ и на развој рударских градова, као и на занатску привреду. Стога се у овом раду разматра развој рударства на територији средњовековне Србије од насељавања до пада под османску власт, са циљем да се испрате дуготрајни процеси који су битно утицали на промену како саме привреде, тако и друштва.

**Кључне речи:** привреда, рударство, Саси, Србија, средњи век

## Увод

Проучавање развоја једне привредне гране никада није једноставно будући да је у питању појава која дуго траје и која, иако може бити разматрана према сегментима или периодима, ипак захтева да буду размотрени низови значајних чинилаца, и то како они основни (ресурси, средства за рад, радна снага, технолошки напредак), тако и они специфични (територија, становништво,

друштвено уређење, епоха, утицаји). Посебан проблем у проучавању неке привредне гране у једној епохи, а посебно у ранијим периодима, представља чињеница да на њен развој није у потпуности примењива савремена економска теорија. Стога се по питању проучавања рударства на територији средњовековне Србије морамо најпре окренути економској историји, према којој оно представља једну од пет постојећих средњовековних индустрија,<sup>[2]</sup> и коју додатно

[1] [aleksandra.fostikov@iib.ac.rs](mailto:aleksandra.fostikov@iib.ac.rs); <https://orcid.org/0000-0002-9089-0339>

[2] Преостале четири су: кућна, сеоска, градска, и развијена трговина.

морамо надоградити делимичном применом теорије економских сектора, према којој, опет, рударство спада како у примарни, тако и у секундарни сектор, односно у добијање и примарну обраду сировина. Коначно, морамо га посматрати и из угла односа са осталим врстама индустрије и производње, те у суодносу с поменутиим основним и специфичним чиниоцима (Fostikov, 2019, str. 9–10, 30).

У складу с тим, пре него што укажемо на опште правце развоја, као и измене у том развоју, те на сам утицај рударства на развој опште привреде и друштва, морамо истаћи неколико посебно значајних чињеница. Осим релације становништво–територија–језик која утиче на то да се за хронолошки период узме време од досељавања Словена до пада српске државе под османску власт, односно територија која се сматрају српским у том периоду (границе државе краља Милутина, 1282–1321, проширене на северу границама из времена Деспотовине, 1402–1459), као један од најважнијих чинилаца мора се истаћи долазак рудара Саса у 13. веку који је непобитно повезан с технолошким скоком, који ће омогућити да Србија, богата рудним ресурсима, постане не само привредно снажна

Као један од најважнијих чинилаца мора се истаћи долазак рудара Саса у 13. веку који је непобитно повезан с технолошким скоком, који ће омогућити да Србија, богата рудним ресурсима, постане не само привредно снажна него и да производи четвртину или петину европског сребра.

него и да производи четвртину или петину европског сребра. Такође, долазак Саса је, заједно са успоном рударства, утицао на даљу урбанизацију захваљујући оснивању рударских градова (монтана)<sup>[3]</sup>, који уједно постају и најважнија привредна средишта, у којима се оснивају трговачке колоније и цветају занати.<sup>[4]</sup> Ови градови привлаче све већи број становника и постају гушће насељени, као и саме рударске регије, али истовремено постају и издвојена острва, подложна посебном законнику, којим се регулишу рад рудника и економски и друштвени живот урбаних језгара заснованих на тзв. саским пра-

вицама (Fostikov, 2019, str. 9–10; Fostikov, 2021, str. 153–158).

Коначно, када говоримо о хронолошком развоју рударства, неопходно је истаћи да је оно на територији средњовековне Србије прешло дуг пут развоја, од површинског копања до вртоглавог успона у

периоду од 13. до 15. века, да би после коначног пада под власт Османлија најпре краткотрајно замрло, а затим и потпуно пало у заборав, чак и у народној традицији, након померања матичних територија с југа на север након средине 17. века (Ćirković, Kovačević-Kojić, Ćuk, 2002, str. 5–6).

[3] Назив монтане усвојен је у историографији као термин којим се означавају рударска насеља подложна саским правицама. Име су понеле према називу којим се означава средњовековна рударска индустрије – Montanindustrie.

[4] Успон металургије допринео је бољем квалитету оружја и оруђа, па и оног пољопривредног.

Ипак, упркос значају рударства за средњовековну Србију, оно је дуго остало на маргинама интересовања истраживача, као и низ других тема. Након првих корака Константина Јиречека, а затим и Стојана Новаковића у последњој трећини 19. века, оно постаје тема проучавања поново тек средином 20. века. Бројне радове о рударству тада су написали Михаило Динић и Василије Симић, а затим и Сима Ђирковић, Десанка Ковачевић Којић и Ружа Ђук, који су приредили монографију с том темом почетком 21. века (Ćirković i dr., 2002). Истовремено, започето је и детаљније истраживање рударства у оквиру археологије, на челу с Душаном Мркобрадом (Vranić, 2021, str. 726–727). У новијој генерацији истраживача српског средњовековног рударства пажњу је појединим питањима посветио Владета Петровић, док је османском рударству, које је на много начина не само наставак него и баштина средњовековног рударства, пажњу посветио Срђан Катић.<sup>[5]</sup> Даља археолошка истраживања датог периода наставља М. Вранић.<sup>[6]</sup> Нешто више радова током 20. и 21. века посвећено је и саском питању, које је само по себи интригирало бројне истраживаче. Ипак, само то питање никада није обрађено детаљније осим из угла занатства (Fostikov, 2021). Такође, од проналаска рударског законика деспота Стефана који је доживео више издања у ћириличној верзији (Radojčić, 1962; Marković, 1985) и једно у латиничној (Ćirković, 2005), више

аутора се бавило њиме, а озбиљније проучавање овог законика на основу компарације тек предстоји (Katančević, 2022; Katić, 2024; Fostikov and Rokai, u pripremi). Сходно чињеници да рударство представља једну привредну грану, а самим тим и обимну и широку тему, овде ћемо покушати да укажемо на најважније одлике развоја рударства и да се кратко осврнемо на најважније чиниоце, као и на процесе и појаве на које је рударство повратно утицало.

## Развој рударства од досељавања на Балкан до доласка Саса

| 29

О рударству на Балкану након периода досељавања Словена нема сачуваних писаних података, који би нам дали прецизну слику коришћења сировина, нити њихове примарне обраде, као ни тока процеса. Ипак, на основу чињеница да су, након доласка, Словени на територији Балкана затекли остатке античког рударства, као и да су имали развијене словенске термине за екстракцију и примарну обраду (руда, рупа, грно, окно), као и оне који се односе на занатство метала, како племенитих тако и осталих, и то у најширем смислу (ковач, златар), те да су свакако производили првенствено оружје и оруђе које подразумева металне компоненте, засигурно је да су користили лежишта која су затекли, макар она површинска (Ćirković i dr.,

[5] Да не бисмо оптерећивали текст навођењем свих радова ових аутора, скрећемо пажњу на то да су сви ти радови, као и они ниже цитирани, доступни у онлајн формату у репозиторијуму Историјског института Београд.

[6] М. Вранић тренутно завршава докторску дисертацију с темом „Рударство и металургија средњовековне Србије: археолошка сазнања“, и један је од археолога који сарађују на истраживањима рударства Брскова и Рудника која су у току.

2002; Fostikov, 2019). Сходно томе, нешто више података о рударској индустрији у раном средњем веку пружиће сигурно макар систематска археолошка истраживања.

## Саси и њихов утицај на развој рударства

30 | За разлику од непознаница у вези с рударством и металургијом током и након периода насељавања, па и за време првих Немањића, развој ове привредне гране на територији средњовековне Србије можемо пратити у континуитету од прве половине 13. века до нестанка српске државности захваљујући како писаним, тако и археолошким подацима. Почетак тог периода обележио је нови полет рударства, који се са централне шири на југоисточну Европу. Као главни носиоци тог полета јављају се рударски стручњаци, у овом делу Европе познати као Саси. Иако се дуго сматрало да су у питању етнички немачки знаци, па и Саксонци директно, те скупине заправо су чинили различити етноси, а будући да су део тих насељеника на територији Угарске, где се први пут бележе под тим именом још 1206. године, чинили и Германи Саксонци, тај термин је устаљен на широј територији Угарске и Југоисточне Европе. У осталим деловима Европе ови рударски стручњаци помињу се и под називима *Flandrenses*, *Teutonici*, *Saxones*, *Latini* (Fostikov, 2021, str. 153–155).

Клице знања које су ширили, као што се може закључити на основу писаних извора, како наративних, тако и оних из области законодавства, у основи своје корене дугују римском рударском знању и праву, на које је надограђена

германска терминологија, у складу с чињеницом да је римско рударство опстало у појединим деловима Централне Европе насељене германским становништвом. На таквим основама рударство се даље развијало, да би временом сама рударска технологија еволуирала на основу искуства. Тако Саси са собом доносе нове технологије и технике, као што су умеће копања дубоких ровова и начин топљења и прераде руде. Међу њима су се налазили и представници металуршких и других заната, а како је основна терминологија била заснована на немачком језику, с њиховим доласком ширила се и германизација локалних језика, који су усвојили најпре термине који се односе на рударство, а затим и називе појединих заната, као пратеће инфраструктуре, па се тако веома рано у средњовековну редакцију српског језика између осталих интегришу термини: *шнајдер*, *шустер*, *ташнер* (Pfeifer, 2002; Szende, 2019; Fostikov, 2021).

Иако данас није познато када су тачно Саси пристигли на територију средњовековне Србије, то је свакако морало бити бар неку деценију пре првог помена њиховог имена у виду топонима у повељи Стефана Уроша I (око 1252–1254). На ове територије највероватније да су стигли преко Трансилваније и Седмоградске области, бар делимично, иако се као могућност узима и да су дошли директно из Спиша (Ципс) у северној Угарској. Према досадашњим истраживањима, почеци њихове активности на територији Србије везују се за Брсково. Током вртоглавог развоја рударства на територији средњовековне Србије, термин Сас из условно речено етничке категорије прелази веома брзо у правну терминологију, те постаје синоним за

рудара најкасније пре средине 14. века (Gogić, 2010; Fostikov, 2021, str. 155–157).

Ипак, упркос значају Саса, односно ових скупина рударских и металуршких стручњака, мапирање њиховог утицаја било на рударство, било на општи економски и друштвени развој српских средњовековних земаља у средњовековним европским оквирима, те утврђивање сличности и разлика у саском утицају на простору југоисточне и централне, као и источноцентралне Европе још није детаљније истражено, а посебно не на компаративној основи, те се у том смислу могу очекивати нови резултати.

### Рударство од 13. века до пада српске државе под османску власт

Након доласка Саса и поновног покретања рударске производње и успона ове привредне гране на територији средњовековне Србије, рударство се развија у континуитету, све до пада датог простора под османску власт. У првој фази, током 13. века и успона рудника Брсково и Рудник, број рудника који су се отварали непрестано је растао. Тако се у првој половини 14. века на територији Србије бележи и рад рудника: Ново Брдо, Јањево, Грачаница, Трепча, Копорићи, Беласица, Плана, Запланина, Ковачи, Ливађе, Рогозна, Глухавица, Кучево, Липник и Трешњица, у другој половини 14. века: Сребреница, Црнча, Бохорина, Остраћа и Кратово, односно у Босни: Олово, Каменица,

Крешево, Фојница, Бусовача, да би тај број износио најмање 25 активних рудника у првој половини 15. века, међу којима се као новостворени јављају и: Рудишта, Крупањ и Зајача у Србији, односно Дусина и Дежевица у Босни. Након пада под османску власт тај број прво спада на свега петнаестак рудника, да би у 16. веку остало активно само њих седам. Сви они су се налазили у неколико рударских басена, међу којима се посебно истичу: Руднички, Копаонички, Новобрдски и Подрињски. Свеукупно, познато је да су на територији средњовековне Србије и Босне у доба највеће активности радила 43 рудника (Ćirković i dr., 2002; Vranić, 2021, str. 724).<sup>[7]</sup>

Према описима путописаца, рударско богатство Србије, а посебно у племенитим металима, било је огромно. Већ 1308. постоји седам рудника сребра, а 1332. забележено је да има пет рудника злата, као и још неколико где се копа глама, односно сребро с примесом злата (Ćirković i dr., 2002, 33). На то да је рударење племенитих метала заиста било на високом нивоу јасно указују подаци на основу којих је утврђено да је Србија у првој половини 15. века била заслужна за производњу четвртине или петине европског сребра. Осим тога, такође је производила и гвожђе, олово и бакар. Према појединим прорачунима на територији Србије и Босне производило се више од 30 тона сребра и злата годишње, а у првој половини 15. века узима се да се минимално производило макар 10 тона (Ćirković i dr., 2002; Fostikov, 2019).

[7] С обзиром на то да је већина ових рудника и пратећих насеља добро позната у литератури, а највећим делом је обрађена у *Лексикону градова и широва средњовековних српских земаља*, и то с прегледом извора и старије литературе, у овом раду их нисмо посебно разматрали (Lexicon, 2010).

Након пада Деспотовине под османску власт, рудници првобитно стагнирају, поједини од њих су и разрушени, а под новом влашћу мења се и организација њиховог рада. Ипак, након неколико деценија рударство поново доживљава полет, а на основу турске изворне грађе може се детаљније испратити рад оних рудника који су били значајни (Mišić, 2014, str. 109; Amedoski, Petrović, 2018, str. 1126–1127).

## Организација рударства, законодавство и урбанизација

32 |

Организација рада у рудницима била је регулисана законима и обичајима, који су временом прерасли у веома детаљне рударске законике, којима су се регулисали не само рад рудара, рударских постројења или рударских занатлија који су учествовали у пословима рудника него и начин сече шума, које су биле неопходне за процес топљења и изградње подземних инсталација. Додатно, истим законима, законцима или пратећим статутима рударских градова регулисао се и рад тржнице ради заштите рудара, који су имали право првокупа у случају појединих потрепштина. О пословима у рударству велики број података пружа рударски законик деспота Стефана, а на основу паралела и компаративне основе, које пружају законци сачувани за поједине рударске градове, попут кутнохорског *Ius regale montanorum*, или каснијег дела Агриколе које доноси и цртеже рада у рудницима и пратећим комплексима, није тешко дочарати нити напоран рад рудара, нити систем рударења, као и обраде и даље прераде руде, али ни систем надзора рада (Agricola, 1556; Radojčić,

1962; Marković, 1985; Bilek, 2000; Ćirković, 2005; Katić, 2024). Када говоримо о рударству, организацији рада и законодавству, мора се истаћи да управо оно представља прави пример ране протоиндустријализације, чије основе налазимо у раду механичких машина, малим комплексима – фабрикама за обраду метала, примени корпоративног права, социјалне заштите, сменском раду, високој подели рада, производњи за извоз (Fostikov, 2022). Као и данас, и тада је рударски посао био ризичан. Осим обрушавања подземних структура, као проблем се бележе и пожари везани за нагомилавање плина, а познато је да се и онда борило са плављењем окна (Ćirković i dr., 2002, str. 60–61).

Сви ти закони, као и каснији законци, били су у основи базирани на тзв. саским правцима, односно рударском праву, такође познатом и као *ius Theutonicum*, које се односило не само на рударство него и на рударске градове, монтане, на чији је развој утицало рударство (Szende, 2019). Тако рударски градови имају посебно уређење, као острва у феудалном мору, а убрзан процес урбанизације заснован на таквим правима доводи до повећаног прилива становништва, које у рударским рејонима гравитира ка овим градовима. Такође, приликом отварања и ширења рудника морала је да буде успостављена макар извесна инфраструктура радне снаге, међу којима примарно место имају рудари и рудничке занатлије (Katić, 2009; Petrović, 2011; Fostikov, 2021).

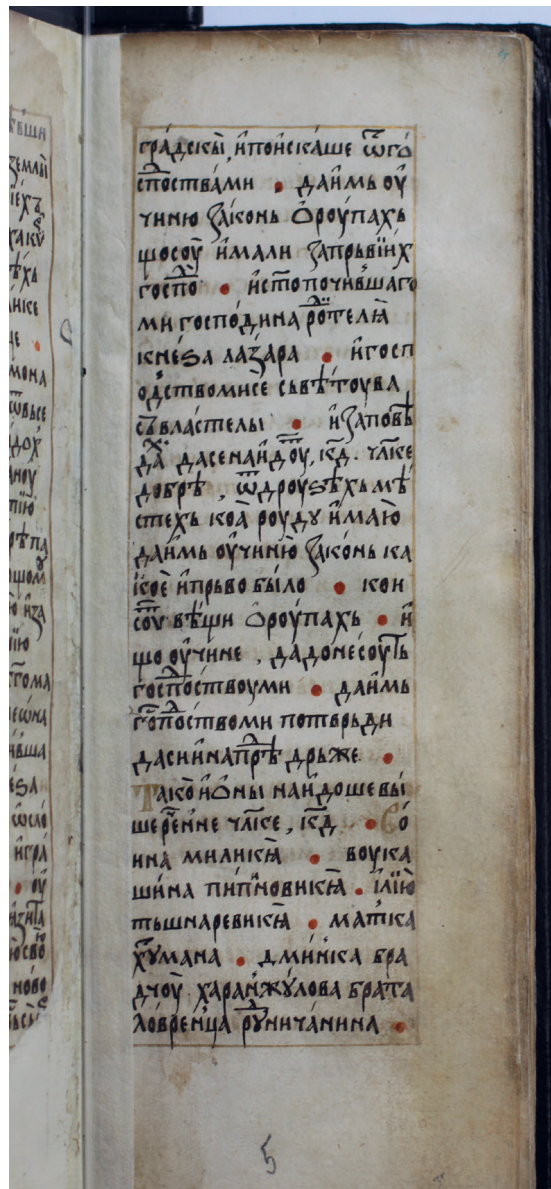
Одличан пример рударског законодавства, које покрива како рад у рудницима, тако и устројство једно рударског насеља, али и права рудара у свакодневици, пружа и домаћи законик познат под називом Законик деспота Стефана,





Илустровани препис Законика о рудницима деспота Стефана Лазаревића из 16. века, рударски судски колегиј, Архив САНУ 465, лист 2v. Сам законик донет је 1412. године.

Фото: Архив САНУ



Илустровани препис Законика о рудницима деспота Стефана Лазаревића из 16. века, Архив САНУ 465, лист 5r. Сам законик донет је 1412. године.

Фото: Архив САНУ

чију ћириличну верзију прати извод из Статута Новог Брда, на који се и односи. Он представља домаћу варијанту, насталу на основу домаћих обичајних рударских норми, те рецепције саског права, два века након доласка првих саских рудара, када је образован стручни савет од 24 добра човека ради кодификације, односно избора и утврђивања одговарајућих норми. Током тог периода, а након преношења, саско право се развијало у новој језичкој средини и у другачијим специфичним друштвеним и територијалним условима, те се природно створила и потреба да се старији слој закона и обичајних норми наново кодификује. Иако ћирилична верзија носи као годину издања 1412, сходно критичкој анализи може се закључити не само да је део Законика настао и знатно раније, већ и да представља накнадну верзију кодификације (Radojčić, 1962, str. 31; Marković, 1985, str. 35; Ćirković, 2005, str. 72–73; Ivanović, 2015, str. 159–187; Katančević, 2020, str. 277; Ivanović, 2023, str. 580–585; Fostikov and Rokai, u pripremi).

Успон рударства пратио је и успон других привредних грана, а посебно занатства и организоване трговине, као и процес убрзане урбанизације, а од неоспорног значаја је и за развој и успон новчарства. Најпре, успон доживљавају они занати који су потребни за рад рудника и живот рудара, а затим, са успоном градова и урбанизацијом, и они потребни за свакодневни живот становништва које се слива у рударске области. Истовремено, успон новчарства доводи до отварања ковница новца, а раст емисија доводи до преласка на новчану економију. На основу првих емисија новца, сматра се да се први новац кује након 1253, у Брскову (Ivanišević, 2001;

Gogić, 2010, str. 208–209; Fostikov, 2019; Fostikov, 2021). Такође, као једна од последица које прате развој рударских градова, мења се делимично и верска структура становништва, које сада чине и католици рудари, али и приморски трговци, најпре Которани, а касније и Дубровчани, који у тим градовима формирају своје трговачке колоније. Према писаним изворима, прва католичка парохија помиње се још 1303. у Трепчи (Ćirković, 199; Gogić, 2016).

## Рударство и околиш у средњем веку

Када говоримо о рударству, које се састоји из два сегмента, једног који подразумева екстракцију и другог који припада сфери примарне и секундарне обраде, јасно се види да рудници представљају комбинацију подземних структура и надземних постројења за обраду. Ова постројења чине мале комплексе, често у низу, сходно потреби да се у континуитету снабдевају водом и горивом. Стога су се некада, у зависности од географске локације, она налазила уз саме руднике, а некада су била лоцирана нешто даље. Чињеница да је једино погонско гориво у том периоду у основи било дрво, а затим и дрвени угаљ (ћумур), као и да је дрво било потребно ради изградње како подземних, тако и надземних структура, као и ради изградње објеката за свакодневни живот, јасно указује на то да је током средњег века дошло до изнимно велике сече, која је утицала на то да поједини региони постају још тада огољени. Саске правнице подразумевале су првобитно да шума може да се сече без икакве контроле, као и да се искрчен простор користи

према потреби рудара, а ограничење тог права јавља се тек средином 14. века, у оквиру Законика цара Душана којим се одређује да место на ком се секла шума мора да остане ненасељено да би се стекли услови да на њему поново израсте нова шума (Mrgić, 2010, str 95; Fostikov, 2019).

Међутим, знатно већи проблем од сече шума, чиме су се нарушавали природан еко-систем и прерада ваздуха, представљало је загађење ваздуха, воде и земљишта, делимично због екстракције, а више због обраде и прераде руде и производње огромних количина дрвеног угља потребног за рад топионица. На лош ваздух жалили су се становници Сребренице, који су због гушења захтевали да се топионице изместе из центра насеља, а сама вода у Сребреници била је до те мере загађена да је владала гушавост. Затрованост воде на Мајданској реци довела је до недостатка воде у том рејону на Руднику, а сам Рудник Дубровчани су сматрали нездравим местом које треба избегавати. Бројних проблема са еко-системом и здрављем био је свестан још Агрикола, који је у том смислу такође оставио низ података у свом делу о металургији у којем скреће пажњу како на болести самих рудара, тако и на опасности по околину и свеопште здравље. Нова истраживања указују на посебан проблем загађења земљишта до ког је дошло услед одлагања рудног отпада, чији распад доводи до повећане концентрације

токсичних елемената (арсена, олова, никла и хрома). Испитивања вршена на Руднику и у Сребреници показала су да овакав утицај на околину постоји и након више векова. Коначно, када говоримо о рударењу, па и средњовековном, на основу нових технологија утврђено је да је загађење ваздуха увек пратило кривуљу развоја рударства. Када је рударство добијало на замаху, полуција је расла, док је у периодима опадања рударске активности долазило до пречишћавања ваздуха (Brännvall et al., 1999; Ćirković i dr., 2002, str. 58; Vranić, 2021).

## Закључак

Из свега наведеног, као и на основу опуса радова посвећених рударству у средњовековној Србији, па и шире, можемо да закључимо да ова тема представља једну од оних које саме по себи заслужују, али и захтевају да се детаљније проуче даљим истраживањем писаних извора, археолошким истраживањима, а затим и ширим, што интердисциплинарнијим истраживањима на што обухватнијим компаративним основама. Само ће на тај начин тема моћи дубље да се сагледа и проучи. Стога, у будућности треба окупити један интердисциплинарни национални и међународни тим, који ће овом питању посветити пажњу да би се поједине појаве, процеси и чиниоци аналитички синтетизовали.

---

## References / Литература

- Agricola, G. (1556). *De re metallica*. Translated from the first Latin ed. of 1556, with biographical introd., annotations, and appendices upon the development of mining methods, metallurgical processes, geology, mineralogy & mining law from the earliest times to the 16th century, by Herbert Clark Hoover and Lou Henry Hoover, New York 1950.
- Amedoski, D., Petrović, V. (2018). Mining in Dubočica in the 16th century. *Teme*, XLII (4), 1125–1140. Available at <http://rih.iib.ac.rs/683/>
- Bílek, J. (2000). *Ius regale montanorum, aneb, Právo královské horníkuov*. Kuttna: Kutná Hora.
- Brännvall, M-L., Bindler, R., Renberg, I., Emteryd, O., Bartnicki, J. and Billström, K. (1999). The Medieval Metal Industry Was the Cradle of Modern Large-Scale Atmospheric Lead Pollution in Northern Europe. *Environmental Science & Technology*, 33, 4391–4395 Available at <http://lib3.dss.go.th/fulltext/Journal/Environ%20Sci.%20Technology1998-2001/1999/no.24/24,1999%20vol.33,p.4391-4395.pdf> .
- Ćirković, S. (1997). Catholic parishes in medieval Serbia. In: S. Ćirković, *Workers, Soldiers, Priests – Societies of the Medieval Balkans* (240–258). Beograd: Equilibrium [In Serbian]
- Ćirković S. (2005). *Latin copy of the Mining Code of Despot Stefan Lazarević: introduction, text, translation and comments*. Beograd: SANU [In Serbian]
- Ćirković S., Kovačević-Kojić, D., Ćuk, R. (2002). *Old Serbian mining*. Beograd: Vukova zadužbina; Prometej. [In Serbian]
- Fostikov, A. (2019). *Craft production in Medieval Serbia*. Beograd: Istorijski institut; Narodni muzej Požarevac. [In Serbian]
- Fostikov, A. (2021). Influence of the Old Saxons on the development of the craft production in medieval Serbia. In: K. Mitrović, A. Uzelac (eds.) *Between the Danube and the Mediterranean: a Festschrift Dedicated to Professor Siniša Mišić, PhD, on the occasion of his 60th birthday* (153–171). Niš: Centar za crkvene studije Niš; Narodni muzej Požarevac. Available at <http://rih.iib.ac.rs/1145/> [In Serbian]
- Fostikov, A. (2022) Proto-industrialization through the prism of Serbian medieval production of the 14th and 15th centuries. *Istorijski časopis* 71, 179–200. Available at <http://rih.iib.ac.rs/1174/> [In Serbian]
- Fostikov, A., Rokai. *Frangarica of Despot Stefan. Anali Pravnog fakulteta u Beogradu* (submitted for publication in the journal). [In Serbian]
- Gogić, M. (2010). Mine production in medieval Brskovo. *Istorijski zapisi*, LXXXIII (1), 195–213. Available at <https://istorijskizapisi.me/wp-content/uploads/2021/05/GOGIC-Rudarska-proizvodnja.pdf> [in Montenegrin]
- Gogić, M. (2016). Roman Catholic Parish of Novo Brdo in the Late Middle Ages. *Radovi Zavoda za povijesne znanosti HAZU u Zadru*, 58, 1–26. Available at <https://hrcak.srce.hr/170514> [In Croatian]
- Ivanišević V. (2001). *Serbian Medieval Coinage*. Beograd: Stubovi kulture. [In Serbian]
- Ivanović, M. (2015). “Boni Homines” of Despot Stefan Lazarević’s Novo Brdo Legal Codes. *Istorijski časopis*, 64, 159–187. Available at <http://rih.iib.ac.rs/775/> [In Serbian]

- Ivanović, M. (2023). The Town Law of Novo Brdo and Byzantine Law. In: B. Krsmanović (ed.) *Zbornik radova Vizantološkog instituta*, LX/1(579-597). Beograd: Vizantološki institut SANU. [In Serbian]
- Katančević, A. B. (2020). The institution of *urbarar* in mediaeval Serbia. *Baština*, LI, 263–279. Available at <https://scindeks.ceon.rs/article.aspx?artid=0353-90082051265K> [In Serbian]
- Katančević, A. B. (2022). Hutman of Serbian medieval law. *Anali Pravnog fakulteta u Beogradu*, LXX (2), 517–531. Available at <https://scindeks.ceon.rs/article.aspx?artid=0003-25652202497K> [In Serbian]
- Katić, S. (2009). Auxiliary Materials Used in Mining and Metallurgy of the Ottoman Empire. *Istorijski časopis*, LVIII, 197–207. Available at [https://www.academia.edu/8350548/Potro%C5%A1ni\\_materijali\\_u\\_osmanskom\\_rudarstvu\\_i\\_metalurgiji](https://www.academia.edu/8350548/Potro%C5%A1ni_materijali_u_osmanskom_rudarstvu_i_metalurgiji)
- Katić, S. (2024). Shafari in medieval Serbian and Ottoman law. *Istorijski časopis*, LXXIII (in print). [In Serbian]
- Lexicon of towns and market places in the medieval Serbian lands – according to written sources* (2010). S. Mišić (ed.). Beograd: Zavod za udžbenike. [In Serbian]
- Marković, B. (1985). *Law on Mines of Despot Stefan Lazarević: translation and legal historical study*. Beograd: SANU [In Serbian]
- Mišić, S. (2014). *Historical geography of Serbian lands from the 6th to the middle of the 16th century*. Beograd: Magelan Pres [In Serbian]
- Mrgić, J. (2010). Some Considerations on Woodland Resource in the Medieval Serbia and Bosnia. *Belgrade Historical Review*, 1, 87–101. Available at [https://www.researchgate.net/publication/283269978\\_SOME\\_CONSIDERATIONS\\_ON\\_WOODLAND\\_RESOURCE\\_IN\\_THE\\_MEDIEVAL\\_SERBIA\\_AND\\_BOSNIA](https://www.researchgate.net/publication/283269978_SOME_CONSIDERATIONS_ON_WOODLAND_RESOURCE_IN_THE_MEDIEVAL_SERBIA_AND_BOSNIA)
- Petrović, V. (2011). Social stratification in Serbian medieval mining towns. *Naša prošlost*, 12, 79–88. Available at <http://rih.iib.ac.rs/599/> [In Serbian]
- Pfeifer, G. C. (2002). *Ius regale montanorum: ein Beitrag zur spätmittelalterlichen Rezeptionsgeschichte des römischen Rechts in Mitteleuropa*. Ebelsbach am Main: Aktiv Druck & Verlag.
- Radojčić, N. (1962). *Despot Stefan Lazarević's Law on Mines*. Beograd: Naučno delo. [In Serbian]
- Szende, K. (2019). Iure Theutonico? German settlers and legal frameworks for immigration to Hungary in an East-Central European perspective. *Journal of Medieval History*, XLV (3), 360–379. Available at <https://research.ceu.edu/en/publications/iure-theutonico-german-settlers-and-legal-frameworks-for-immigrat>
- Vranić, M. (2021). The Impact of Medieval Mining upon the Environment of the Central Balkans. *Issues in Ethnology and Anthropology*, 3, 723–738. Available at <https://eap-iea.org/index.php/eap/article/view/199> [In Serbian]

**Aleksandra A. Fostikov**

Institute of History Belgrade

Belgrade (Serbia)

## Mining in Medieval Serbia

### Summary

38 | Mining, also known as Montanindustrie, in the territory of medieval Serbia had a long road of development, from surface mining to dizzying achievements which began with the arrival of the Old Saxons in the 13th century. Thanks to their influence, or the combination of technological development and available raw materials, Serbia underwent a general economic rise and as early as the first half of the 15th century it accounted for the production of one quarter or one fifth of silver in Europe. However, the Old Saxon influence was not limited only to mining, but it also included the development of mining towns, as well as craft industry. That is why this paper elaborates on the development of mining in the territory of medieval Serbia from its settlement until its fall under the Ottoman rule, with the aim of exploring long-term processes which substantially affected the change not only in the economy, but in society as well.

**Keywords:** economy, mining, Old Saxons, Serbia, Middle Ages/medieval



**Бранислав Р. Симоновић**<sup>[1]</sup>

Институт за општу и физичку хемију  
Београд (Србија)

УДК 338.32:553.493.34(497.11)

546.34

Прегледни научни рад

Примљен: 27.11.2024.

Прихваћен: 23.12.2024.

doi: 10.5937/napredak5-55030

# О литијуму и о литијуму у Србији

**Сажетак:** У раду су дати основни подаци о литијуму, његовим физичко-хемијским особинама, о налажењу литијума у природи у различитим минералима, посебно о јадариту. Дат је преглед различитих примена литијума и његових једињења у различитим индустријама, а посебно у медицини. Преглед података из литературе дат је и о налажењу литијума у води и у храни и о његовом утицају на људе. Поменута је и примена литијума у ратовању. Посебно су дати подаци о различитим типовима литијумски батерија, као и о новом типу литијум-јонских батерија с чврстим електролитом. Дати су подаци о производњи и о потражњи литијума, као и предвиђања о порасту потражње литијума у скоријој будућности. У делу који се односи на пројекат „Јадар“ у Србији дати су основни подаци о овом пројекту, о технолошком поступку за прераду јадарита, о чврстом и течном отпаду, те о депонији чврстог отпада, посебно с гледишта заштите животне средине. У делу „Бука и брука око литијума у Србији“ дат је критички осврт на бројне бесмислице, неистине и лажи које се већ четири године шире о литијуму и о пројекту „Јадар“, посебно о сумпорној киселини и о отровности литијума, који су у Србији постали предмет за застрашивање грађана. Да би се показало колико су неке ствари бесмислене и лажне, наведени су веродостојни подаци из проверљивих извора. У завршном делу дат је предлог шта би требало да се уради у вези с пројектом Јадар.

**Кључне речи:** литијум, налажење и добијање, примена, пројекат Јадар

## О литијуму

Литијум је трећи елемент у периодном систему елемената и припада групи алкалних метала, а хемијски симбол му је Li. Његово име потиче од

грчке речи за камен (*lithos*). Иако је то један од три елемента настала при „Великом праску“ (Big Bang), има га веома мало у свемиру и не налази се у слободном стању у природи. Има га веома мало у свемиру (0,0007% у Земљиној кори), иако је то

[1] branko1201@yahoo.com

један од три елемента, уз водоник и хелијум, који су настали још при настанку свемира. Према тој теорији настанка свемир би требало да садржи три пута више литијума, што је израчунато на основу најстаријих звезда (у космологији је ово проблем „недостатка литијума“) (Fields, 2011). Откривен је 1790. године у минералу петалиту ( $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$ ), на основу кармин црвене боје коју је показивао у пламену (слика 1). Због тога се литијум користи и за израду пиротехничких средстава.

40 |



Слика 1. Кармин црвена боја литијума у пламену.

Извор: Wikipedia

Литијум има атомски број 3 и атомску масу 6,941. То је сребрнастобели метал, врло мекан. Према Мосовој скали има тврдоћу од 0,6, што значи да је мекши и од талка, који има тврдоћу 1. Јавља се у облику 10 изотопа, од којих су два стабилна у природи, а најзаступљенији су  ${}^7\text{Li}$  (92,5% природне заступљености) и  ${}^6\text{Li}$  (7,5% природне заступљености). Има најмању густину од свих метала,  $0,534 \text{ g/cm}^3$ , па га то, уз редо-

кс-потенцијал од  $-3,04 \text{ V}$ , чини веома погодним за примену у литијум-јонским батеријама. Литијум има највишу тачку топљења ( $182^\circ\text{C}$ ) и тачку кључања ( $1.342^\circ\text{C}$ ) од свих алкалних метала. Има и највећи специфични топлотни капацитет, који износи  $3.570 \text{ J/kgK}$ . (Специфични топлотни капацитет јесте количина топлоте потребна да 1 килограму неке супстанције подигне температуру за  $1^\circ\text{C}$  и за воду он износи  $4.185,5 \text{ J/kgK}$ ). При врло великим притисцима ( $400.000$  атмосфера) литијум постаје суперпроводан (Rumble, 2017). Као и сви алкални метали, и литијум је реактиван и запаљив и у реакцији с водом ослобађа водоник, па га због тога у природи нема у слободном стању. Чист литијум мора да се чува у вакууму, у инертној атмосфери или некој органској течности (керозин, минерално уље).

## Налажење

До сада су позната 124 минерала у којима се налази литијум (Edward, 2020), а најчешће се налази у следећим минералима: amblygonite, cookeite, elbaite, eucryptite, faizievite, Finnis Lithium Project, fluor-liddicoatite, hectorite, jadarite, lepidolite, lithiophilite, lithiophosphate, nambulite, neptunite, petalite, pezzottaite, saliotite, spodumene, sugilite, tourmaline, triphylite, zabuyelite, zektzerite, zinnwaldite.

У Србији је, у долини реке Јадар, на десетак километара југозападно од планине Цер, 2004. године откривен минерал јадарит (Stanley et al., 2007), који садржи литијум и бор. То је моноклинични силикатни минерал чија је хемијска формула  $\text{LiNaSiB}_3\text{O}_7(\text{OH})$  или



$\text{Na}_2\text{OLi}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_2(\text{B}_2\text{O}_3)_3\text{H}_2\text{O}$ . Међународна минералозна асоцијација (International Mineralogical Association) признала је под овим именом нови минерал (2006–36) (Jadarite Mineral Data).

Јадарит, који је име добио по месту налажења у долини реке Јадар (десетак километара југозападно од планине Цер), јесте моноклинични силикатни минерал. По хемијском саставу то је натријум-литијум-бор-силикат-хидроксид ( $\text{LiNaSiB}_3\text{O}_7(\text{OH})$  или  $\text{Na}_2\text{OLi}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_2(\text{B}_2\text{O}_3)_3\text{H}_2\text{O}$ ). На основу хемијске формуле аутори (Stanley et al., 2007) израчунали су процентуални садржај појединих компоненти:  $\text{Li}_2\text{O}$  7,3%,  $\text{Na}_2\text{O}$  15,0%,  $\text{SiO}_2$  26,4%,  $\text{B}_2\text{O}_3$  47,2%,  $\text{H}_2\text{O}$  4,3%, укупно 100,2 тежинских процената. Webmineral (Jadarite Mineral Data) наводи следећи састав јадарита:  $\text{Li}_2\text{O}$  7,28% (Li 3,38%),  $\text{Na}_2\text{O}$  14,96% (Na 11,1%),  $\text{SiO}_2$  26,30% (Si 12,29%),  $\text{B}_2\text{O}_3$  47,12% (B 14,63%),  $\text{H}_2\text{O}$  4,31% (H 0,48%). Јадарит се јавља у облику малих кристала (5–10 mm). Ако се узме просечни састав литијума и бора у јадариту, добија се да је просечни садржај  $\text{Li}_2\text{O}$  1,8% а  $\text{B}_2\text{O}_3$  13,1%.

Морска вода садржи приближно 0,17 mg/l, реке углавном само 3 mg/l, док минералне воде могу да садрже 0,05–1 mg/l (Lenntech). Веће количине литијума налазе се у води Карлсбада, Маријенбада и Вишија (Kavanagh et al., 2018). Литијум се у растворима налази само у облику јона  $\text{Li}^+$ . Подземне воде могу да садрже и знатно веће количине литијума, чак и више од 500 mg/l (Kavanagh et al., 2017), али је садржај литијума у овим водама углавном између 0,5 и 19 mg/l (Figueroa et al., 2012). На северу Чилеа, међутим, садржај литијума у води за пиће, али и у храни већи је 100–10.000 него у рекама Северне Америке (Figueroa et al., 2012).

У земљишту се у просеку налази око 20 mg/kg литијума (Kavanagh et al., 2018).

## Употреба литијума

Литијум не реагује с кисеоником. У влажном ваздуху реакције литијума са азотом и другим гасовима из ваздуха одвијају се споро, при чему настају литијум-нитрид ( $\text{Li}_3\text{N}$ ), литијум-хидроксид ( $\text{LiOH}$ ) и литијум-карбонат ( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ). Реагује с халогеним елементима и гради одговарајуће халиде (литијум-флуорид, литијум-хлорид, литијум-бромид и литијум-јодид). Хидриди литијума ( $\text{LiBH}$ ,  $\text{LiAlH}$ ) јесу реагенси, који се доста користе приликом органских синтеза. Литијум реагује с киселинама и гради литијум-сулфат, литијум-нитрат и литијум-хлорид.

Метални литијум добија се електролизом из растопе соли литијум-хлорида и калијум-хлорида.

Нека литијумова једињења, као што су литијум-хлорид и литијум-бромид, веома су хигроскопна (упијају влагу), па се користе за индустријско сушење гасова. Литијум-хидроксид и литијум-пероксид ( $\text{Li}_2\text{O}_2$ ) користе се за уклањање угљен-диоксида и пречишћавање ваздуха у ограниченим просторима, као што су свемирски бродови и подморнице. Литијум-хидроксид се користио и у свемирским мисијама Аполо, јер апсорбује угљен-диоксид и гради литијум-карбонат. Литијум-пероксид у присуству влаге такође реагује са угљен-диоксидом, те настаје литијум-карбонат, уз ослобађање кисеоника. „Кисеоничка свећа“, односно литијум-перхлорат ослобађа кисеоник и користи се у подморницама.

42 | У стакларској и керамичкој индустрији литијум и његове руде одавно се користе, а доскора се тако највише и најчешће употребљавао. Литијумове руде (сподумен, амблигонит, лепидолит и петалит) користе се за смањење вискозности и снижавање производне температуре стакла и керамике и тиме смањују трошкове производње. Литијум има мали коефицијент термичког ширења, па кад се дода у истопљено стакло смањује топлотно ширење и течљивост стакла. Додавањем стаклу 0,17% литијум-оксида ( $\text{Li}_2\text{O}$ ) смањује се температура топљења за  $25^\circ\text{C}$ , чиме се штеди 5–10% енергије. Додавањем литијума настају пирокерамички производи, односно производи отпорни на високе температуре, па се користе за израду пећи за изолационе материјале с продуженим веком употребе, отпорне на температурне шокове, с појачаним механичким особинама и повећаним површинским напном. Литијумфлуоридни кристали користе се за израду специјалних оптичких делова, који се користе за ултравиолетну (УВ) и инфрацрвену (ИЦ) оптику, што се посебно користи при изради телескопа с побољшаним својствима.

Значајну примену литијум има у металургији, посебно у производњи алуминијума, где литијум-карбонат знатно смањује утрошак енергије (1996. године око 40% укупног литијума у САД трошило се за производњу алуминијума). Осим тога, користи се и за израду многих легур, будући да је најлакши метал, па се добијају лагане легуре с побољшаном чврстоћом (легуре са алуминијумом и магнезијумом за израду лаганих, али чврстих делова за авионе).

Литијум се користи и за израду специјалних стакала (пирекс) отпорних на температуру, израду екрана који реагују на додир (*touch screens*), у фармацеутској индустрији, производњу стаклених влакана, специјалних стакала за стаклокерамичке шпорете и индукционе пећи.

Бројна органска литијумова једињења користе се у хемијској индустрији као катализатори, при полимеризацији, као редукциона средства, за израду специјалних мазива (литијум-стеарат) отпорних на високе температуре.

## Примена у медицини

Литијум има значајну примену и у медицини. Има повољна неуролошка дејства, па се одавно, још од доба старог Рима, користио за лечење неуролошких обољења. Римски лекар Соранус из Ефеса открио је да су пацијенти који су пили алкалну воду (с повећаним садржајем литијума) имали боље здравље (Thomson, 2007). И без знања о литијуму, Соранус је открио да побољшава здравље код костобоље, и да служи за лечење различитих манија.

Литијум се још 1845. године користио за лечење костобоље јер је уочено да раствор литијумове соли раствара кристале уринске (мокраћне) киселине због чијег формирања настаје костобоља (гихт) (Schrauser, 2002, Kaill, 1999). Претпостављало се да „неуравнотеженост урата“ (соли уринске киселине) изазива многе болести. Такође, познато је да је уринска киселина психоактивна супстанција, па је претпостављано да би третман литијум-

мом, којим би се смањио ниво уринске киселине, помогао у лечењу пацијената, који пате од различитих манија (Oguch et al., 2014). Тако је литијум двадесетих година прошлог века постао познат као чудотворно средство за заштиту нерава, па се неко време додавао и у поједина безалкохолна пића, као што су Lemon-Lime Soda (лимун-лимета сода), претходник пића 7-ур (у којем је литијум био првобитни састојак за „горе“) и Lithia water (литијумска вода) (Davis, 1987). У неким деловима света литијум-хлорид се користио као замена за кухињску со (натријум-хлорид), посебно код људи чија је исхрана имала низак садржај натријума. Да би се избегло да се у организам унесе прекомерна количина литијума забрањена је његова употреба у храни или безалкохолним пићима. Од 1880. године литијум се користи за лечење пацијената који пате од различитих манија, али и оних који су склони самоубиству. Повећана употреба литијума (литијум-карбоната) за лечење менталних болести почиње од 1940. године, кад је аустралијски психијатар др Џон Кејд (John Cade), лечећи овакве пацијенте, установио да литијум-карбонат има умирујуће дејство на пацијенте. Литијум-карбонат, али и литијум-ацетат, литијум-аспартат, литијум-цитрат, литијум-борат, литијум-оротат и литијум-сулфат користили су се за лечење биполарног поремећаја (манична депресија) захваљујући чему је смањен број самоубистава (Kaill, 1999). Литијумове соли (најчешће литијум-карбонат) користе се и за лечење шизофреније и болести зависности. Литијум реагује с неуротрансмитерима (преносиоци дражи) и рецепторима у људском

мозгу, при чему се повећава ниво серотонина, а смањује стварање норепинефрина (хормона и неуротрансмитера) у мозгу. То је веома сложен процес, који није до краја изучен иако о томе већ постоји девет теорија и предстоје даља истраживања.

Терапијске дозе литијума које се преписују код лечења поменутих менталних поремећаја и болести износе 600–2.400 mg дневно (Mayo clinic, Minddisorder).



Слика 2. Литијум се примењује и у медицини за лечење неуролошких обољења.

Фото: Shutterstock

Америчка агенција за храну и лекове, U.S. Food and Drug Administration (FDA), одобрила је 1970. године употребу литијума за лечење манија и стабилизацију расположења [FDA].

У литератури се наводе и друге болести које су лечене литијумом: главобоља, висок притисак, дијабетес, епилепсија, запаљење зглобова, деменција (Timmer et al., 1999, Kessing et al., 2010), чак и зубни каријес.

У литератури нема наведених примера акутног или хроничног тровања природним

изворима литијума. Уношење више од пет грама литијум-хлорида довољно је да изазове смрт код људи (Shahzad et al., 2017, Aral et al., 2008). Други податак за смртну (леталну) дозу јесте до 90 mg/kg телесне масе литијума, што значи око 6.300 mg (6,3 g) литијума за просечну масу од 70 kg, наводе Коен ван Дејен и сарадници (Van Deun et al., 2021).

### Литијум у води и храни и његов утицај

44 |

Мале концентрације литијума корисне су у људској исхрани, а у литератури нема података о физиолошким симптомима који настају због исхране у којој нема довољно литијума. Благотворно дејство литијума бележи једна студија урађена у Тексасу (САД) 1990. године. Током више од десет година забележен је смањен број самоубиства, кућних убиства и силовања на подручју на којем је концентрација литијума у води за пиће била у опсегу 0,07–0,160 mg/l (Bluml et al., 2013). И ова студија потврдила је благотворни утицај литијума на смањење насиља и броја самоубиства, чак и при концентрацијама које могу да се нађу у води за пиће (Schrauzer et al., 1990, Giotakos et al., 2013, Liaugaudaite et al., 2017). Сличне студије урађене у Јапану, Аустрији, на истоку Енглеске показале су да је, у крајевима у којима је повећана концентрација литијума у води за пиће, смањен број самоубиства.

Литијум се због израженог умирујућег дејства и као заштитник нервног система користи у медицини у прилично великим дозама

(600–2.400 mg дневно), посебно у психијатрији, за лечење различитих манија, шизофреније и биполарног поремећаја. Због тога су вршена опсежна истраживања могућег утицаја литијума на људе са знатно мањим дозама, какве се срећу у води за пиће или у прехранбеним намирницама (Szkłarska et al., 2019). Потврђени резултати о смањењу броја самоубиства, кућних убиства, болести зависности, те смањењу криминала, навели су бројне научнике да се озбиљније позабаве утицајем малих концентрација литијума на људе какве се налазе у води за пиће или у прехранбеним намирницама. Оваква проучавања настала су из потребе да се открије како се може смањити број самоубиства у свету којих има око 800.000 годишње (WHO, 2017). Највећи број самоубиства забележен је у високоразвијеним земљама, што потврђује пример Европе (Kovess-Masfety et al., 2011). Самоубиства се најчешће чине због неке утврђене болести или биполарног поремећаја (Phillips, 2010). Један од постављених циљева у овим истраживањима јесте да се утврди најмања доза литијума која се уноси водом или храном, а има позитиван утицај на смањење криминала и броја самоубиства и кућних убиства (Schrauzer et al., 1990). Бројни радови указали су на оправданост оваквих истраживања (Schrauzer et al., 1990, Young, 2009, Ohgami et al., 2009., Kapusta et al., 2011, Sugawara et al., 2013, Giotakos et al., 2013, Liaugaudaite et al., 2017).

Дневни унос литијума је различит у различитим деловима света и зависи од расположивости литијума у околини и у прехранбеним производима, а његова концентрација креће се

у опсегу од неколико микрограма до неколико хиљада микрограма дневно. Шраузер (Schrauzer) предложио је да дневни унос литијума треба да буде око 1.000  $\mu\text{g}$  (1 mg) дневно за одраслу особу од 70 kg (14.3  $\mu\text{g}/\text{kg}$  телесне тежине) (Schrauzer, 2002). Због неравномерне расподеле литијума у Земљиној кори, његове концентрације су различите у различитим деловима света, али се зна да су у Европи међу најнижима. Тако су наведени подаци да је унос литијума у Пољској само 10,7  $\mu\text{g}/\text{дневно}$ , а у Белгији је процењен на 8,6  $\mu\text{g}/\text{дневно}$ .

Главни извор литијума у исхрани су житарице, кромпир, парадајз, купус и неке минералне воде, као и неки зачини, али је унос кроз зачине занемарљив. Средњи садржај литијума износи у житарицама 4,4  $\mu\text{g}/\text{g}$  суве масе, у риби 3,1  $\mu\text{g}/\text{g}$  суве масе, у печуркама 0,19  $\mu\text{g}/\text{g}$  суве масе, у поврћу 2,3  $\mu\text{g}/\text{g}$  суве масе, у млечним производима 0,5  $\mu\text{g}/\text{g}$  суве масе, у орасима 8,8  $\mu\text{g}/\text{g}$  суве масе, а у месу само 0,012  $\mu\text{g}/\text{g}$  суве масе. Флаширана вода у Европи садржи у просеку око 0,94  $\mu\text{g}/\text{l}$ , док водоводска вода садржи у просеку 0,54–0,64  $\mu\text{g}/\text{l}$ . Из наведених података види се да је уносом преко хране готово немогуће унети препоручену количину литијума од око 1.000  $\mu\text{g}/\text{дневно}$ .

Бројне студије показале су значајан утицај литијума који се налази у води на смањење броја самоубиства, иако су те дозе литијума знатно мање од оних које се користе у лечењу биполарног поремећаја, који је најчешћи узрок самоубиства (Schrauzer et al, 1990). Такви резултати добијени су у истраживањима која су извршена у САД, Јапану, Аустрији, Грчкој, Италији, Литва-

нији и Данској. Претпоставља се да врло мали унос литијума изазива погоршање расположења, импулсивност и нервозу (Sher, 2015). Овакви налази делимично потврђују претпоставку о повећаном насиљу и повећаном броју самоубиства и кућних убистава код људи који живе у подручјима с малом концентрацијом литијума у води за пиће (0–12  $\mu\text{g}/\text{l}$ ). Због тога је предложено да се литијум додаје храни, као што се јод додаје кухињској соли.

## Литијум у ратовању

| 45

Литијум се користи за израду тзв. хидрогенских (термонуклеарних) бомби. Изотоп литијума  ${}^6\text{Li}$  и изотоп водоника  ${}^2\text{H}$  (деутеријум) апсорбују неутроне и распадају се на хелијум и трицијум (изотоп водоника), при чему се ослобађа довољна количина енергије да започне реакција нуклеарне фузије (спајања), у којој настају два атома хелијума. Ове бомбе ослобађају веома велику енергију и имају снагу више милиона тона ТНТ (тринитротолуола, класичног експлозива).

Литијум-хидрид и литијум-алуминијум-хидрид користе се као високоенергетски додаци ракетном гориву. За израду ракетног наоружања потребан је и материјал отпоран на високе температуре, с малим термичким ширењем, па се за израду оваквих композитних материјала користе литијумове соли (Kunasz, 2006). Осим тога, литијумске батерије користе се у многим електронским уређајима неопходним за савремено ратовање.

## Литијумске батерије

Литијумске батерије могу да буду примарне (непуњиве), и то су дугмасте или цилиндричне батерије за калкулаторе, ручне часовнике и прве дигиталне камере. У поређењу с класичним алкалним батеријама, литијумске батерије имају већу густину енергије, лакше су и дужи им је век трајања.



Слика 3. Примарне литијумске батерије.

Фото: Shutterstock

Други тип литијумских батерија су секундарне (пуњиве) литијум-јонске батерије, које се користе за мобилне телефоне, лаптоп рачунаре, бројне мале електронске уређаје, различите електричне алате, електричне аутомобиле и друга возила, а у новије време и за складиштење електричне енергије.

И ове батерије имају већу густину енергије, мању масу (тежину) и дужи радни век. За добијање 1 kWh (киловат-сат) потребно је 0,16–0,18 kg литијум-карбоната. Густина енергије, изражава се у Wh/kg, јесте количина енергије која може да се смести у јединичну масу. Густина снаге, изражава се у W/kg, јесте количина

снаге која може да се добије из јединичне масе. Литијум-јонска батерија за новије мобилне телефоне садржи око 3 g, батерија за лаптоп рачунар 10–30 g, за електричне алате око 40–60 g, а батерија за аутомобиле и камионе 40–100 kg литијум-карбоната.

Неколико појединачних ћелија, међусобно спојених, чини литијумску батерију. Свака ћелија састављена је од позитивне електроде (катоде), негативне електроде (аноде), сепаратора, који раздваја катодни од анодног дела и електролита (који може да буде течни, у облику гела или чврсти). Будући да је литијум изузетно реактиван у елементарном облику, литијум-јонске батерије не садрже елементарни литијум, већ његов оксид, као што је литијум-кобалт-оксид. Ове батерије су пуњиве, што значи да циклуси (пражњења и пуњења) могу да се понављају стотинама (хиљадама) пута. Литијум-јонске батерије имају највећу густину наелектрисања у поређењу с било којим другим батеријама.



Слика 4. Секундарне литијумске батерије.

Фото: Shutterstock

Постоји шест типова литијум-јонских батерија.

1. *Литијум-кобалт-оксид батерија*,  $\text{LiCoO}_2$  (LCO), код које је литијум-оксид катода, а графит анода. Њен радни напон је 3,6 V, специфична енергија 150–200 Wh/kg, густина енергије 400 Wh/l, а број радних циклуса (пуњење/пражњење) 500–1.000. Користе се у новијим мобилним телефонима.
2. *Литијум-манган-оксид батерија*,  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  (LMO), има катоду од литијум-манган-оксида, а аноду од графита. Има радни напон од 3,7 V, специфичну енергију 100–150 Wh/kg и густину енергије од 350 Wh/l. Број радних циклуса (пуњење/пражњење) износи 300–700, а користи се у електричним бициклима, баштенским машинама, медицинској опреми, одвијачима и бушилицама.
3. *Литијум-јовође-фосфат батерија*,  $\text{LiFePO}_4$  (LFP). Тамо где није потребна велика специфична енергија, али су потребни велика сигурност и дуготрајни циклуси, односно велики капацитет батерија, користе се литијум-гвође-фосфатне батерије. Користе се у аутомобилској индустрији (електромобили), за индустријске машине у аутоматизици, роботици, за различите типове возила, аеродромска возила и др. Имају радни напон од 3,2 V, специфичну енергију од 170 Wh/kg и густину енергије од 350 Wh/l. Њихов број радних циклуса (пуњење/пражњење) већи је од 4.000, што

- је утицало на то да се овакве батерије уграђују у многе електричне аутомобиле.
4. *Никл-манган-кобалт батерија*,  $\text{LiNiMnCoO}_2$  (NMC). Овде се користи мешовити оксид никла, мангана и кобалта. Ова батерија има велику специфичну енергију (220–240 Wh/kg). Овакве батерије се најчешће користе у индустрији електричних аутомобила јер могу да дају велику количину енергије, која је смештена у малој маси и малој запремини. Имају радни напон од 3,6 V, специфичну енергију 150–220 Wh/kg и густину енергије од 500 Wh/l. Њихов број радних циклуса (пуњење/пражњење) износи 1.000–2.000.
  5. *Никл-кобалт-алуминијум батерија*,  $\text{LiNiCoAlO}_2$  (NCA). У аутомобилској индустрији, за производњу електричних аутомобила, највише се користе ове батерије. Имају радни напон од 3,6 V, специфичну енергију од 250 Wh/kg и густину енергије од 550 Wh/l. Њихов број радних циклуса (пуњење/пражњење) већи је од 1.000.
  6. *Литијум-титаниј батерија*,  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  (LTO). Одлика овог типа батерија јесте изузетно велики број циклуса (пуњење/пражњење), чак 15.000–20.000. Ове батерије имају мању густину енергије. Њихов радни напон износи 2,4 V, специфична енергија им је 70 Wh/kg, а густина енергије 177 Wh/l. Имају број радних циклуса (пуњење/пражњење) који је већи од 15.000–20.000. Користе се у аутомобилској индустрији.

## Литијум-јонске батерије с чврстим електролитом

Најновији тип литијум-јонских батерија јесу оне са чврстим електролитом. Ове батерије представљају велики напредак у односу на литијум-јонске батерије с течним електролитом јер имају већи капацитет, дужи радни век и брже се пуне. Потпуно су безбедне јер код њих не може да дође до паљења. Код чврстих литијум-јонских батерија нема стварања запаљивих гасова, па су ово најсигурније литијум-јонске батерије. Чврсти електролити су неотровни и не остављају последице у животној средини, нису испарљиви, термално су стабилни, имају добра механичка својства, имају добру јонску проводљивост, омогућавају дифузију литијумових јона и знатно краће време пуњења. Наводи се да су до сада успешно примењени чврсти електролити са сулфидима (литијум, сумпор, хлор и сл.), оксидима (литијум, титан, цирконијум, алуминијум, тантал, лантан), фосфатима (литијум, фосфор, алуминијум, титан, германијум). Јапанска фабрика аутомобила Тојота најавила је производњу оваквих батерија за 2028. годину. Аутомобили ће с новим батеријама прелазити до 1.200 километара, а време пуњења биће скраћено на десет минута.

## Производња и потражња за литијумом

Због све веће употребе литијум-јонских батерија не само за производњу електричних аутомобила него и за производњу многих електричних и

електронских уређаја потражња за литијумом стално расте. Предвиђа се и значајан пораст потражње за литијумом у наредних десет до двадесет година. На пораст потражње за литијумом утицале су и одлуке влада многих земаља да се у наредних десетак година забрани употреба аутомобила с моторима са унутрашњим сагоревањем.

Тако ће забрана производње аутомобила с моторима са унутрашњим сагоревањем важити у Норвешкој до 2025. године, у ЕУ и у Великој Британији до 2035. године. У САД половина аутомобила у продаји од 2030. године треба да буде с „нултом емисијом“. Предвиђа се да ће у Кини већ од 2025. године половина аутомобила бити на погон с „новом енергијом“, а у Индији од 2030. године око 30% аутомобила у продаји биће на електрични погон. У Јапану се од 2030. године планира забрана продаје аутомобила с моторима са унутрашњим сагоревањем.

Имајући на уму овакве, већ донете одлуке, многе владе већ предузимају мере да би се обезбедиле довољне количине литијума којима ће се задовољити нарасле потребе. Европска аутомобилска индустрија сада увози 100% сировина за производњу (литијум, кобалт), углавном из Кине, па је ЕУ донела пропис по којем ова зависност мора што пре да се смањи. На том списку налазе се тридесет четири „критичне сировине“. Осим литијума, ту су и ретки метали, неопходни за производњу литијум-јонских батерија, али и за производњу полупроводника и специјалних легура. Ове сировине су неопходне да би ЕУ могла да напредује не само у производњи



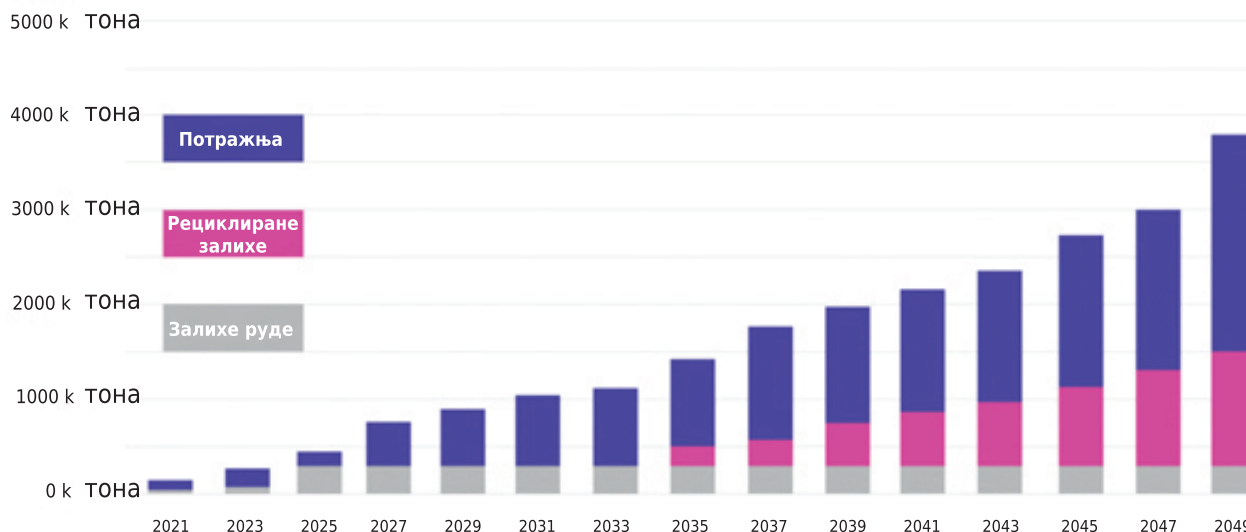
електричних аутомобила него и у производњи полупроводника, компјутерској технологији и вештачкој интелигенцији.

Највеће резерве литијума (око 60% светских резерви) налазе се у Јужној Америци, у Аргентини, Боливији и Чилеу (у тзв. АВС [Argentina, Bolivia, Chile] троуглу). Првих десет земаља с највећим резервама литијума јесу Боливија (21 милион тона), Аргентина (19), Чиле (9,8), Аустралија (7,3), Кина (5,1), ДР Конго (3), Канада (2,9), Немачка (2,7), Мексико (1,7), Чешка (1,3), Србија (1,2). Највећи произвођачи литијума,

према подацима из 2021. године, јесу Аустралија (око 55.000 тона литијума годишње), Чиле (26.000 тона), Кина (14.000 тона) и Аргентина (6.200 тона).

Према предвиђању EV Battery Market за 2033. годину, тржиште батерија у свету вредеће око 508,8 милијарди долара, а у том износу највећи удео имаће литијум-јонске батерије. Овакво предвиђање засновано је и на производњи нових типова батерија с побољшаним особинама и продуженим веком трајања. Предвиђање се односи и на Европу у којој је дошло

5 билиона долара  
Разлика у залихама



Слика 5. Предвиђена потражња литијума до 2049. године (плави ступци), литијум добијени из рециклаже (љубичасти ступци) и производња литијума из рудника (сиви ступци).

Извор: Wallstreet star

до побољшања технологије литијум-јонских батерија, које имају већу густину енергије, краће време пуњења, дужи радни век и побољшану безбедност при раду.

Ево како изгледа предвиђање за пораст потражње литијума у наредних двадесетак година.

У Кини, која је највећи светски произвођач литијум-јонских батерија (са око 75% светске производње), налази се и највећи број великих (гига)фабрика батерија. У Европи се производи око 11%, у САД око 7%, а у свим осталим земљама око 7% од укупне светске производње батерија. Предвиђа се да ће се 2033. године удео европских произвођача повећати на 22%, на рачун кинеских произвођача, чији удео треба да падне на 55%, САД на 18%, док ће све остале змље да производе само 5% од укупне светске производње. Овакво предвиђање поткрепљено је подацима о изградњи нових гигафабрика литијум-јонских батерија: у Немачкој (14), Норвешкој (4), Шведској (3), Мађарској (5), Француској (5), Шпанији (8), Италији (4) и по једна у Пољској, Русији, Чешкој и Србији (France24). Због тога је ЕУ потписала меморандуме о разумевању са Аргентином и Србијом (2023. године), да би се обезбедиле довољне количине литијума за снабдевање фабрика чија се изградња планира. Да би се тај процес убрзао, ЕУ планира да издвоји три милијарде евра за подстицаје у производњи литијума, док се у САД планира улагање од око шездесет милијарди долара за исте намене. У томе се посебно истичу земље у којима се налазе велики произвођачи аутомобила и камиона (АВ Volvo, Mercedes Benz Group AG и Scania АВ).

## Пројекат Јадар

Као што је већ речено, у Србији је у долини реке Јадар, десетак километара југозападно од планине Цер, 2004. године откривен минерал јадарит (Stanley et al., 2007), који садржи литијум и бор. По хемијском саставу то је натријум-литијум-бор-силикат-хидроксид ( $\text{LiNaSiB}_{307}(\text{OH})$ ) или  $\text{Na}_2\text{OLi}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_2(\text{B}_2\text{O}_3)_3\text{H}_2\text{O}$ , с просечним садржајем литијума од 1,8%, односно 3,04% (као  $\text{Li}_2\text{O}$ , после обогаћивања) и бора од 13,1%.

У овом раду нећемо се бавити рударским делом овог пројекта, већ само технолошким поступком за добијање литијум-карбоната и борне киселине [Studija 1], као и отпадним материјама [Studija 2] које настају у овом процесу. Наравно, овај технолошки процес даје се без улажења у детаље.

Технолошки процес, после мљења руде и обогаћивања, обухвата растварање сумпорном киселином, неутрализацију, селективну кристализацију и добијање крајњих производа: литијум-карбоната, борне киселине и натријум сулфата као нуспроизвода. Осим тога, овај процес обухвата и пречишћавање отпадних вода насталих у процесу производње, као и обраду чврстог отпада пре отпремања на депнију.

Пројектом је предвиђена прерада око 1,9 милиона тона руде јадарит годишње и производња 58.000 тона литијум-карбоната годишње, 286.000 тона борне киселине и 259.000 тона натријум-сулфата као нуспроизвода годишње. Концентрат руде јадарита раствара се сумпорном киселином у затвореним посудама, при рН 3, на 90°C, при чему се дозирањем

сумпорне киселине и воде одржава рН око три. На тај начин добија се матична течност богата бором и литијумом, као и сулфатима. Снижавањем температуре добија се засићени раствор из којег се кристалише борна киселина (двостепена кристализација). Исталожена борна киселина се филтрира, суши и меље до одређене гранулације. Додавањем гашеног креча врши се таложење магнезијума и тешких метала, при чему настаје и гипс. После издвајања борне киселине и тешких метала, додавањем натријум-бикарбоната, литијум-сулфат се преводи у литијум-бикарбонат, а повишењем температуре литијум-бикарбонат прелази у литијум-карбонат. Двостепеном кристализацијом добија се литијум-карбонат, који се суши и меље до одређене гранулације. У преосталу течност додаје се сумпорна киселина до рН 6–8, да би се настали карбонати превели у сулфате, а натријум-сулфат се кристалише, суши и меље.

У току извођења процеса врши се контрола излазних гасова:  $PM_{2,5}$  (честице величине 2,5 mm,  $NO_2$ ,  $CO$ ,  $HCl$ ,  $SO_4$ ).

Отпадне воде из процеса производње пречишћавају се у пет фаза: ултрафилтрација (уклањање честица микронске величине), нанофилтрација (уклањање субмикронских честица, реверсна осмоса 1, реверсна осмоса 2 (уклањање јона тешких метала) и јонска измена (уклањање преосталих јона). На тај начин добија се деминерализована вода, а да би се испуштала у реку Јадар потребно је да се изврши блага минерализација (додавање извесне количине минерала до нивоа концентрација присутних у реци Јадар).

Чврсти отпад, настао у процесу производње, суши се до садржаја воде од око 25%, па се такав одвози на депонију чврстог отпада [Studija 1]. Стандардна метода за испитивање опасности чврстог отпада је тзв. тест испирања (излуживања) и дата је у европским и америчким стандардима [Studija 2]. Ова метода изводи се тако што се одређена количина чврстог отпада прелије раствором воде (или киселим раствором), па се одређено време такав узорак непрекидно меша, а затим се изврши анализа раствора да би се одредила концентрације испраних тешких метала. Стандардом су прописане граничне концентрације испраних елемената до којих се отпад сматра безопасним (Townsend et al., EPA). Од неорганских материја анализирају се арсен, баријум, кадмијум, хром, олово, жива, селен и сребро. Тестови чврстог отпада из процеса производње литијума и бора показали су да су „испране“ (излужене) концентрације (антимон, арсен, бакар, жива, кадмијум, молибден, никл, олово, хром, цинк) из чврстог отпада знатно испод границе (100–1.000 пута су мање) дозвољене поменути стандардом. То значи, да из поменутог чврстог отпада, насталог при производњи литијума и бора, неће долазити до испирања тешких метала и до загађивања животне средине.

Из изложеног о технолошком поступку за добијање литијум-карбоната и борне киселине из јадарита види се да се користе уобичајени и добро познати технолошки процеси: растварање киселином, неутрализација базом, таложење и кристализација, филтрирање, сушење, млевење.

Нема запаљивих, ни експлозивних материја, нема високих притисака, ни високе температуре, а циклус је потпуно затворен. У целом технолошком поступку нема никаквих непознатих или нових, неиспитаних процеса.

## Бука и брука око литијума у Србији

Од 2004. године, откад је нађен минерал јадарит у долини реке Јадар (Stanley et al., 2007), па све до 2020. године, литијум је био најбезопаснији и најкориснији елемент периодног система. Пројекат „Јадар“ је 2008, па 2011. године, проглашен стратешким пројектом за Србију. У Стратегији управљања минералним ресурсима Републике Србије до 2030. године, из 2011. године између осталог наводи се: „Јадарски басен, са количном и садржајем литијума и бора у руди је један од најзначајнијих потенцијала у светским размерама“ (Vlada Srbije).

А од 2020. године кренула је негативна кампања против пројекта „Јадар“, уз изношење бесмислица, нетачности и лажи. Све је почело од интервјуа који је Д. Ђорђевић дала једном порталу (balkangreenenergynews), 9. 12. 2000. године, а који је постао политикантски програм неких странака и покрета. У том интервјуу ништа од изреченог није тачно, а тада је први пут објављена и прича о сумпорној киселини на 250°C, те о флуороводоничној киселини, која се уопште не користи у овом технолошком процесу. Неистина је да ће се користити сумпорна киселина на 250°C, да ће паре агресивних киселина отпаравати у атмосферу, да ће уништити

зелени покривач, неситина је да ће се „отпадне рудничке воде“ испуштати у реку Јадар јер не постоје отпадне рудничке воде. Неистина је да ће бити угрожене подземне воде које могу да се користе као вода за пиће и није истина да ће бити угрожени Дрина, па Сава и градови дуж ових река. Неистина је да руде на нашим просторима садрже изузетно токсичне елементе, неистина је да ће се у реку Јадар испуштати отпадне воде из флотације јер у процесу уопште нема флотације, неистина је да ће Србија добити 4% рудне ренте и све еколошке катастрофе које следе, неистина је да ће отварањем рудника страдати сва пољопривреда у његовој околини и дуж реке Јадар и шире и неистина је да ће се загадити животна средина и да ће доћи до оболевања од најтежих неизлечивих болести. Неистина је да је из истражних бушотина излазила токсична рудна вода. Није истина да ће се свакодневно испуштати отпадне воде и хиљаду тона сумпорне киселине, неистина је да ће због рудника на западу Србије Лозница, Ваљево, Шабац и Београд остати без воде и да не набрајам даље. Све неистина до неистине, бесмислице и измишљотине.

Да ствар буде још гора, све те лажи износили су људи са академским звањима и титулама. Тиме и може да се објасни зашто је толико људи поверовало у те лажи. А онда је та негативна кампања кренула по друштвеним мрежама, где је свако, али баш свако, могао да изнесе своје „мишљење“ о пројекту „Јадар“ и о литијуму. Људи су се утркивали ко ће да изнесе запањујуће податке о пројекту „Јадар“ и о литијуму, а неки интересни медији, уз друштвене мреже, здушно су ширили те лажи. Код нас свако може да изне-

се шта хоће о литијуму, а у томе су предњачили неки академици, па глумице, лекари, гинеколози, певачи, спортисти, редитељи и режисери и да не наводим даље, све назовистручњаци за литијум. „Негативне информације, вести и гласине шире се веома брзо“, много брже од позитивних. „Лажне или негативне вести, гласине и информације шире се веома брзо и изазивају хаос и нестабилност у друштвеном поретку. Људи постају зависници од мобилних телефона, а резултат тога је да постају искључени из друштвене стварности“ (Sociologygroup). Осим тога, друштвене мреже остављају последице не само на ментално него и на физичко здравље, а негативно утичу и на креативност. Стално коришћење друштвених мрежа чини човека лењим и мање активним.

Ако се зна да је у последње две године код нас објављено више од 15.000 негативних текстова о пројекту „Јадар“, онда је јасно да је немогуће аргументима у једном тексту побити све бесмислице и лажи које су изречене. Аутор овог рада је у неколико наврата износио праве и истините податке о овом пројекту. У тексту „Литијум у Србији некад и сад“ (Simonović, 2023) наводе се неке од бесмислица и лажи које су изrekli људи са академским звањима и титулама. Забрињавајући је податак да у Србији има више од 300.000 људи који све знају о литијуму („експерти за литијум“), али ништа од оног што знају о литијуму није тачно. „Уништиће се барем 2.000 хектара плодног земљишта (реч је о 390 хектара), раселиће се 22 села (52 домаћинства), трошиће се 500 кубика воде за једну тону литијума (8–9 кубика), ту се налази 10% светских резерви литијума (1,5%), сумпорна киселина на 250°C (90°C)“.

Та прича о сумпорној киселини на 250°C и касније се стално провлачила иако је ауторка те изјаве себе демантовала. Али дух је пуштен из боце и професорку економског факултета у Београду гушиће сумпорни гасови и падаће јој на главу киселе сумпорне кише. А сви могу да се увере, ако потраже праве податке о сумпорној киселини, која је једна од најкоришћенијих сировина у хемијској индустрији, како стоје ствари. По потрошњи сумпорне киселине мери се индустријска развијеност неке земље. У свету се троши више од 380 милиона тона годишње сумпорне киселине, а у Србији преко 600.000 тона годишње. Колико је та прича о сумпорним гасовима, који ће тровати становнике Јадра, Лознице, Шапца, Београда, па и целе Србије лажна, може да се види из податка да сумпорна киселина на 140°C испарава пет пута мање од воде на 0°C (Marti et al., 1997). А зна се да вода на 0°C практично не испарава, па никаквих сумпорних гасова неће ни бити, те неће бити ни гушења становника Србије. Усред Хамбурга, који има преко два милиона становника, налази се фабрика сумпорне киселине Aurubis у којој се годишње производи два милиона тона сумпорне киселине. И никоме у Немачкој није пало на памет да тражи измештање ове фабрике сумпорне киселине, која би гушила становнике Хамбурга.

У још једном свом тексту (Simonović, 2024a) навео сам бесмислице које су износили неки академици и показао да појма немају о теми о којој говоре и износе неистине. Нико од тих најгрлатијих академика није се никада бавио ни литијумом, а ни заштитом животне средине, али то их није спречило да стално говоре о литијуму и заштити животне средине. При томе, кршили

су и крше Кодекс понашања у научно-истраживачком раду, који „налаже да објективност у тумачењу и закључивању мора бити заснована на чињеницама и подацима који се могу доказати и поново проверити“, те „непристрасност и независност од заинтересованих страна, од идеолошких или интересних политичких група“ (Prosveta). Ниједан од навода поменути анти-литијумаша нису до сада демантовали новим подацима. У истом тексту поменут је и политикантски скуп о пројекту „Јадар“, који је одржан у САНУ 2021. године, за који неки академици наводе да је био научни скуп. Тон научности овом политикантском скупу дале су различите невладине организације и групе грађана, као и писмо које су тадашњем председнику САНУ упутиле неке минорне локалне невладине организације и политичке странке.

Неки од академика, иако им то није област интересовања, нити су се њоме бавили, уложили су и улажу огромне напоре не би ли показали да је пројекат „Јадар“ катастрофичан и нешто најгоре што би могло да се деси Србији, а да за то не наводе никакве праве доказе. Све је то у стилу: знам да је то јако опасно, али не знам шта је то опасно и зашто. Али, свеједно, то је опасно, да не може да буде опасније. Они показују толику острашћеност и износе неке ствари којих би се сваки разуман човек постидео. Дobar пример за то су два текста академика С. Вукосавића, иначе професора Електротехничког факултета (области научног рада, које је сам навео: електромеханичко претварање енергије, дигитално управљање, индустријска роботика), објављена у *Нину* (Vukosavić, 2024a, Vukosavić, 2024b). Он нигде, ама баш ниједну реч није рекао шта је то и зашто

толико опасно у пројекту литијума. Он наводи: „[...] реализација пројекта 'Јадар' водила би ка масовној девастацији простора, трајној промени карактера предела, деградацији земљишта, шума, површинских и подземних вода, расељавању становништва, престанку пољопривредних активности и успостављању сценарија перманентног ризика по здравље становништва у широким размерама.“ И, као што то раде прави научници, академик Вукосавић не наводи ниједан доказ за изречене тврдње о општој катастрофи која предстоји Србији, али поуздано зна и то обнародује да ће бити „у широким размерама“. Колико су изнете катастрофичне тврдње неосноване, најбоље може да се види из правих података, који се односе на пројекат „Јадар“. „Масовна девастација простора“ односи се на око 300 хектара, колико би заузимао пројекат Јадар, што чини само 1,02% укупног простора подручја Јадар. А ако се одбију површине с насељима, овај проценат је мањи од 0,5%. Овај податак побија и другу тврдњу академика Вукосавића о „трајној промени карактера предела“. А да се мало потрудио да нађе праве податке о стању земљишта на том подручју, академик Вукосавић могао је да пронађе да „планско подручје сврстано је (мањим делом) у подручја деградираних животне средине са негативним утицајима на човека, биљни и животињски свет“ (Institut za urbanizam, 2019). Године 2014. на том подручју излила се акумулација са отпадним водама и муљем из флотације руде антимона, те је том приликом из рудника „Столице“ у Костајнику дошло до „изливања 1,2 милиона тона рудног отпада“ и „преко 110.000 метара кубних муља од јаловине и отишло у поток Костајник,

који је сезонска притока реке Јадар“ (Агенција за заштиту животне средине, 2018). Том приликом загађено је 120,8 km<sup>2</sup>, што чини 41,1% укупне површине подручја Јадар (која износи 293,91 km<sup>2</sup>). А ако се одбије површина под насељима, проценат трајно загађеног земљишта значајно је већи, вероватно 60–70%. Ако се имају на уму наведени подаци о врсти и степену загађења земљишта и вода, све приче академика С. Вукосавића о некој будућој пољопривредној производњи, којом би се хранила Србија и део Европе (како су говорили улични заштитари) падају у воду. Академик Вукосавић говори о „успостављању сценарија перманентног ризика по здравље становништва у широким размерама“. Али пропустио је (опет намерно) да наведе који су то „перманентни ризици по здравље становништва у широким размерама“. Ето, како изгледа кад академик за своје тврдње скупља податке са уличних протеста и друштвених мрежа, а занемарује доступне праве податке.

Анализа Академије инжењерских наука Србије (АИНС) иста је као политикантски скуп одржан у САНУ, само су они понешто додали да се, на први поглед, не види да је реч о ресавској школи. Они су чак против улагања значајних средстава у инфраструктуру (у складу са оним „да све стане у Србији“), као да ће неко те путеве, евентуалну пругу или нешто од инфраструктуре да понесе из Србије, а да то неће да остане баш у том крају. И овде преовлађује јако залагање да „све стане у Србији“, па и улагање у инфраструктуру.

И академици инжењерци су забринути „јер ће бити онемогућен развој пољопривреде“. Писац ове анализе заборавио је шта је написао у

истом саопштењу, па ће мало даље у тексту да напише и следеће: „Индикативно је да су на удаљености од 20 км низ реку Јадар измерене 8,9 пута веће концентрације арсена и 17,1 веће концентрације бора. У кругу са увећаним садржајем токсичних материја у земљишту, води или ваздуху не може се организовати профитабилна производња здраве хране.“ Дакле, „неће бити онемогућена“, већ је сада и пре почетка рударења и добијања литијума онемогућена производња не само здраве већ било какве хране. У овој анализи АИНС налазе се исте бесмислице и неистине као и у закључцима са поменутог политикантског скупа у САНУ, па је очигледно да је иста рука писала оба ова закључка. Нема смисла да се коментаришу ни бесмислице о хиљадама тона бора, арсена, никла, кадмијума и олова. Како се академицима инжењерцима омакло да ће неко ко планира производњу бора испуштати хиљаде тона бора, да не помињем остале скупе метале, у јаловину. Следи још једна катастрофична тврдња како ће те хиљаде тона тешких метала и арсена „преко Саве и Шапца и Београда, уз настанак сталног ризика по сигурност водоснабдевања већег дела Србије“. Ако је и од академика инжењераца, превише је. Тешко Србији с таквим инжењерцима академицима. А како је дошло до овог саопштења АИНС, могло је да се види из реакције др С. Максимовића на текст академика С. Вукосавића (Maksimović, 2022). „Саткан од површних навода, текст показује да су ветрови свезнања одвели академика у њему непознат простор експлоатације минералних сировина и заштите животне средине. Отуда је и објашњиво што се, као стручњак за електроуправљање, у вакууму без стручних и

56 | научних оријентира не сналази. У намери да буде убедљив, позива се на дневне новине, а не на мериторне рударске и геолошке изворе. Позива се на ауторитет научног скупа у САНУ посвећеног проблему експлоатације литијума, на којем се, колико је мени познато, није чуло мишљење компетентне рударске струке. У намери генерализације ставова Председништва Академије инжењерских наука Србије као ставова инжењера Србије, не констатује се да се од ставова председништва дистанцирало Одељење рударских, геолошких и системских наука“. Ове речи потврђују тврдњу да је иста рука писала оба саопштења, САНУ и АИНС.

Набрајање бесмислица и лажи изречених о пројекту „Јадар“ могло би да потраје. На крају наводимо неколико најбесмисленијих изјава о овом пројекту, којих би се постидео свако са макар мало разума. Књижевница и редитељка Вида Огњеновић изјавила је (Огњеновић, 2024): „Рудник ће прорадити. Страна корпорација ће троструко наплатити уложена средства и продаваће литијум као своју робу. Десетак преживелих с неким девијацијама биће у строго чуваном стационару на Старој планини. А мали број који могу да говоре, са свим девијацијама изазваним отровима, наставиће своју полемику о литијуму...“ Према попису из 2022. године у Србији је било 6.664.449 становника. И замислите да неко, па ма то био и редитељ и књижевник, уопште може да изјави да би од литијума у Србији настрадало 6.664.439 становника, а да ће само десетак да преживи „с неким девијацијама“. Једино што преостаје јесте да се човек пита да ли ико иоле разуман може да изјави овакву глупост. Редитељка је

проналазач достојан Нобелове награде јер до сада није познато да је ико измислио оружје за такво масовно уништење. По својој бесмислености нимало не заостаје ни изјава режисера Горана Марковића: „Само ако не будемо прекривени бушотинама, које уз помоћ хемикалија ваде утробу земље и пејзаже плодне и шумовите Србије претварају у пустињу, ми имамо будућност. Ако људи сада попусте пред бескрупулозним интересима капитала и овдашњом корумпираном влашћу – готови смо“ (Marković, 2024). Режисер све зна, чак и то да ће из бушотина помоћу хемикалија vadити утробу земље, те да ће Србију (плодну и шумовиту) претворити у пустињу. И овај пример показује да незнање не спречава људе да износе бесмислице, којих би се постидео иоле разуман човек. Ови примери показују како је незнање добро распоређено међу књижевницима, редитељима, режисерима, глумцима... Једини коментар на овакве бесмислице јесте латинска изрека: *Beati pauperes spiritu*.

Остаје једно од главних питања у целој овој ујдурми око литијума у Србији: Зашто се толика српска „памет“ није удружила и потрудила да нађе најбоље решење за Србију како у погледу заштите животне средине, тако и у погледу економије, па да све буде на корист Србији? С обзиром на назив – Српска академија наука и уметности, дакле српска и још наука, откуда то да се један, додуше мањи али острашћени део Академије, толико ангажовао и ангажује да заустави пројекат литијума у Србији? Замислите да су се сва та српска „памет“ и све то „знање“ о рударењу и добијању литијума упрегли и заложили да се сви ти „проблеми“, које наводе, реше,



Србија би једина у свету имала најбезбедније рударење и добијање литијума. Али то се није догодило, нити ће да се догоди, јер то није у складу с паролом око које су се сви они окупили: „Да све стане у Србији“.

## Шта треба да се уради

Аутор овог текста предлагао је у својим текстовима (Simonović, 2023) да би „Влада требало да именује радну групу састављену од људи са универзитета и института различитих профила (рударско геолошког, хидролошког, пољопривредног, затим хемичари, физикохемичари, технолози, машинци, биолози и др.) која би, на основу свих расположивих докумената или на основу још неких који би се урадили, те на осно-

ву научне литературе и светских искустава у овој области, предложила Влади одлуку о овом пројекту“.

Требало би да се узму у обзир и новији прописи и одлуке донете у ЕУ, пре свега поштовање стандарда за одговорно рударство (IRMA стандард), којим су прописани услови за одговорно рударство (заштита животне средине, друштвена одговорност...) (Initiative for Responsible Mining Assurance, 2023). Поштовање овог стандарда требало би да буде услов за реализацију пројекта Јадар (Simonović, 2024b). Такође би требало узети у обзир и Резолуцију ЕУ о одрживом производу (REGULATION (EU), 2024) као и ЕУ прописе о дигиталном пасошу производа (Commission Europa, 2024). Уз све то иде и обавезно поштовање свих домаћих и ЕУ прописа о заштити животне средине.

---

## References / Литература

- [AINS]. Academy of Engineering Sciences of Serbia. Available at: [http://www.ains.rs/pretraga.php?kategorija=sve&po\\_datum\\_u=0&trazi=Stav+Akademije+in%C5%BEenjerskih+nauka+Srbije+%28AINS%29+o+realizaciji+Prostornog+plana+pos\\_ebne+namene+za+eksploataciju+i+preradu+miner](http://www.ains.rs/pretraga.php?kategorija=sve&po_datum_u=0&trazi=Stav+Akademije+in%C5%BEenjerskih+nauka+Srbije+%28AINS%29+o+realizaciji+Prostornog+plana+pos_ebne+namene+za+eksploataciju+i+preradu+miner) [In Serbian]
- Aral, H., Vecchio-Sadus, A. (2008). Toxicity of lithium to humans and the environment—A literature review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, LXX (3), 349–356. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147651308000742>
- 58 | Balkangreenenergynews. Available at: <https://balkangreenenergynews.com/rs/rudnik-jadarita-ce-srbiji-doneti-vise-stete-nego-koristi/> [In Serbian]
- Bluml, V., Regier, M.D.; Hlavin, G.; Rockett, I.R.; König, F.; Vysoki, B.; Bschor, T.; Kapusta, N.D. (2013). Lithium in the public water supply and suicide mortality in Texas. *Journal of Psychiatric Research*, XLVII (3), 407–411. DOI: 10.1016/j.jpsychires.2012.12.002
- Commission Europa (2024). Available at: [https://commission.europa.eu/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/ecodesign-sustainable-products-regulation\\_en](https://commission.europa.eu/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/ecodesign-sustainable-products-regulation_en)
- Davis, F.M. (1987). *Douglas County, Georgia: From Indian Trail to Interstate 20*. WH Wolfe Associates, Historical Publications Division: Douglasville
- Edward S. G. (2020). The Minerals of Lithium. *Elements*, XVI (4), 235–240. <https://doi.org/10.2138/gselements.16.4.235>
- Environmental Protection Agency (2011). Available at: <https://sepa.gov.rs/wp-content/uploads/2024/10/Zemljiste-2018-2019.pdf>. [In Serbian]
- EV Battery Market. Available at: [https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/electric-vehicle-battery-market-100188347.html?utm\\_source=mailchimp.com&utm\\_medium=email&utm\\_electric-vehicle-battery-market-24102024](https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/electric-vehicle-battery-market-100188347.html?utm_source=mailchimp.com&utm_medium=email&utm_electric-vehicle-battery-market-24102024)
- FDA. Available at: [https://www.accessdata.fda.gov/drugsatfda\\_docs/psg/PSG\\_017812.pdf](https://www.accessdata.fda.gov/drugsatfda_docs/psg/PSG_017812.pdf)
- Fields, B.D. (2011). The primordial lithium problem. *Annual Reviews of Nuclear and Particle Science*, 61, 47–68. DOI: 10.1146/annurev-nucl-102010-130445
- Figuroa T. L., Barton, S.; Schull, W., Razmilic, B.; Zumaeta, O.; Young, A.; Kamiya, Y.; Hoskins, J.; Ilgren, E. (2012). Environmental lithium exposure in the North of Chile—I”, Natural water sources. *Biological trace element research*, CXLIX (2), 280–290. DOI: 10.1007/s12011-012-9417-6
- Giotakos, O., Nisianakis, P., Tsouvelas, G., Giakalou, V.V. (2013). Lithium in the public water supply and suicide mortality in Greece. *Biological trace element research*, CLVI (1-3), 376–379. DOI: 10.1007/s12011-013-9815-4

- France 24. Available at: <https://webdoc.france24.com/lithium-energy-automobile-industry-bolivia-argentina-chile/>
- Initiative for Responsible Mining Assurance. (2023). Available at: <https://responsiblemining.net/what-we-do/standard/standard-2-0/>.
- Institute for Urban Planning and Architecture of Serbia (2019). Special Purpose Spatial Plan for the Implementation of the Jadarite Mineral Exploitation and Processing Jadar Project. [In Serbian]
- Jadarite Mineral Data. Available at: <https://webmineral.com/data/jadarite.shtml>
- Kaill, A. (1999). *Lithium Turns Fifty-Let's Celebrate a Great Australian*. Child & Adolescent Mental Health Stateside Network Union Street: London, UK
- Kapusta, D., Mossaheb, N., Etzersdorfer, E., Hlavin, G., Thau, K., Willeit, M., Praschak-Rieder, N., Sonneck, G., Leithner-Dziubas, K. (2011) Lithium in drinking water is inversely associated with suicide mortality. *The British journal of psychiatry: the journal of mental science*, CXCVIII (5), 346–350. DOI: 10.1192/bjp.bp.110.091041
- Kavanagh, L., Keohane, J., Cleary, J., Garcia Cabellos, G., Lloyd, A. (2017). Lithium in the Natural Waters of the South East of Ireland. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, XIV (6), 561. <https://doi.org/10.3390/ijerph14060561>
- Kavanagh L., Keohane, G., Cabellos, G., Lloyd, A. and Cleary, J. (2018). Global Lithium Sources—Industrial Use and Future in the Electric Vehicle Industry: A Review. *Resources*, VII (3), 57. doi:10.3390/resources7030057
- Kessing, L.V., Forman, J.L., Andersen, P.K. (2010). Does lithium protect against dementia? *Bipolar Disorders*, XII (1), 87–94. DOI: 10.1111/j.1399-5618.2009.00788.x
- Kovess-Masfety, V., Boyd, A., Haro, J.M., Bruffaerts, R., Villagut, G, Lépine, J.P., Gasquet, I., Alonso, J., ESEMeD/MHEDEA investigators. (2011). High and low suicidality in Europe: a fine-grained comparison of France and Spain within the ESEMeD surveys. *Journal of affective disorders*, CXXXIII (1–2), 247–256. DOI: 10.1016/j.jad.2011.04.014
- Kunasz, I.A. (2006). *Lithium Resources, Industrial Minerals and Rocks*. SME (Society Mining Metallurgy and Exploration): Englewood, CO, USA
- Lenntech. Available at: <https://www.lenntech.com/periodic/water/lithium/lithium-and-water.htm>
- Liaugaudaite, V. , Mickuviene, N., Raskauskiene, N., Naginiene, R. (2017). Lithium levels in the public drinking water supply and risk of suicide: a pilot study. *Journal of trace elements in medicine and biology: organ of the Society for Minerals and Trace Elements*, 43, 197–201. doi: 10.1016/j.jtemb.2017.03.009
- Maksimović, S. (2022). Voices of competent mining experts were not heard. *Politika*. Available at: <https://www.politika.rs/scc/clanak/499142/Nije-se-culo-misljenje-kompetentne-rudarske-struke> [In Serbian]
- Marković, G. (2024). People's uprising will not end until this horrible government topples. *Danas*. Available at: <https://www.danas.rs/vesti/drustvo/goran-markovic-narodna-pobuna-se-nece-završiti-do-pada-ove-uzasne-vlasti/> [In Serbian]
- Marti, J.J., Jefferson, A., Cai, X.P., C. Richert, C., McMurry, P.H., and Eisele, F. (1997). H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> vapor pressure of sulfuric acid and ammonium sulfate solutions. *Journal of geophysical research*, CII (D3), 3725–3735. <https://doi.org/10.1029/96JD03064>
- Mayo clinic. Available at: <https://www.mayoclinic.org/drugs-supplements/lithium-oral-route/description/drg-20064603>
- Minddisorder. Available at: [http://www.minddisorders.com/Kau-Nu/Lithium-carbonate.html#google\\_vignette](http://www.minddisorders.com/Kau-Nu/Lithium-carbonate.html#google_vignette)

- Ohgami H., Terao, T., Shiotsuki, I., Ishii, N., Iwata, N. (2009). Lithium levels in drinking water and risk of suicide. *The British journal of psychiatry: the journal of mental science*, CXCIV (5), 464–465. DOI: 10.1192/bjp.bp.108.055798
- Ognjenović, V. (2024, August 21). Lithium cannot unite the opposition, ideas can. *Nin*. Available at: <https://www.nin.rs/drustvo/vesti/55477/vida-ognjenovic-za-nin-opoziciju-ne-moze-da-ujedini-litijum-mogu-ideje> [In Serbian]
- Oruch, R., Elderbi, M.A.; Khattab, H.A.; Pryme, I.F.; Lund, A. (2014). Lithium: A review of pharmacology, clinical uses, and toxicity. *European journal of pharmacology*, 740, 464–473. DOI: 10.1016/j.ejphar.2014.06.042
- Phillips, M.R. (2010). Rethinking the role of mental illness in suicide. *The American journal of Psychiatry*, CLXVII (7), 731–733. DOI: 10.1176/appi.ajp.2010.10040589
- Prosveta. Available at: <https://prosveta.gov.rs/wp-content/uploads/2018/02/Rada-SKEN-novo.pdf>
- REGULATION (EU), 2024/1781 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 13 June, 2024. Available at: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L\\_202401781](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401781)
- Rumble, J. (2017). *Handbook of Chemistry and Physics*. Boca Raton: CRC Press
- Schrauzer, G.N., Shrestha, K.P. (1990). Lithium in drinking water and the incidences of crimes, suicides, and arrests related to drug addictions. *Biological trace element research*, XXV (2), 105–113. DOI: 10.1007/BF02990271
- Schrauser, G.N. (2002). Lithium: Occurrence, dietary intakes, nutritional essentiality. *Journal of the American College of Nutrition*, XXI (1), 14–21. DOI: 10.1080/07315724.2002.10719188
- Shahzad, B., Mughal, M.N.; Tanveer, M.; Gupta, D.; Abbas, G. (2017). Is lithium biologically an important or toxic element to living organisms? An overview. *Environmental science and pollution research international*, XXIV (1), 103–115. DOI: 10.1007/s11356-016-7898-0
- Sher, L. (2015). Suicide in men. *The journal of clinical psychiatry*, LXXVI (3), 371–372. DOI: 10.4088/JCP.14com09554
- Simonović, B. (2023, November 20). Lithium in Serbia, then and now. *Politika* [In Serbian]
- Simonović, B. (2024a, August 1). Tales about lithium come from the same source. *Politika*. [In Serbian]
- Simonović, B. (2024b, June). Serbia on lithium. *Galaksija nova*, 29. [In Serbian]
- Sociologygroup. Available at: <https://www.sociologygroup.com/pros-cons-social-media/>
- Stanley, C.J., Jones, G.C., Rumsey, M.S., Blake, C., Roberts, A.C., Stirling, J.A.R., Carpenter, G.J.C., Whitfield, P.S., Grice, J.D., and Lepage, Y. (2007). Jadarite, LiNaSiB3O7 (OH), a new mineral species from the Jadar Basin, Serbia. *European Journal of Mineralogy*, XIX (4), 575–580. DOI:10.1127/0935-1221/2007/0019-1741
- [Study 1] Jovović, A. (2003). Environmental Impact Assessment Study of the Jadar Project – Phased Construction of the Processing Plant for the Extraction of Jadarite Minerals Jadar, in Accordance with the Regulations of the Republic of Serbia – Draft Study. Beograd: Rio Sava Exploration. Available at: <https://riotintoserbia.com/> [In Serbian]
- [Study 2] Jovović, A. (2003). Environmental Impact Assessment Study of the Industrial Waste Dump Project of the Jadar Project, in Accordance with the Regulations of the Republic of Serbia – Draft Study. Beograd: Rio Sava Exploration. Available at: <https://riotintoserbia.com/> [In Serbian]
- Sugawara, N., Yasui-Furukori, N., Ishii, N., Iwata, N., Terao, T. (2013). Lithium in tap water and suicide mortality in Japan. *International journal of environmental research and public health*, X (11), 6044–6048. DOI: 10.3390/ijerph10116044

- Szklarska, D. & Rzymiski, P. (2019). Is Lithium a Micronutrient? From Biological Activity and Epidemiological Observation to Food Fortification. *Biological Trace Element Research*, CLXXXIX, 18-27. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1455-2>
- Timmer, R.T., Sands, J.M. (1999). Lithium intoxication. *Journal of the American Society of Nephrology*, X (3), 666-674. DOI: 10.1681/ASN.V103666
- Thomson, M.I. (2007). *Mental Illness*. Greenwood Publishing Group: Westport, CT, USA
- Townsend, T., Jang, Y.C., Tolaymat, T. (2003). A Guide to the Use of Leaching Tests in solid waste management decision making. Available at: <https://semspub.epa.gov/work/09/1112378.pdf>
- Van Deun, K., Hatch, H., Jacobi, S., Kohl, W. (2021). Lithium carbonate: Updated reproductive and developmental toxicity assessment using scientific literature and guideline compliant studies. *Toxicology*, 461, 152907. DOI: 10.1016/j.tox.2021.152907
- Official Page of the Government of the Republic of Serbia. Available at: <https://www.srbija.gov.rs/dokument/45678/strategije-programi-planovi-.php> [In Serbian]
- Vukosavić, S. (2024a, February 22). Serbia's dilemma of the century - to exploit or not exploit lithium in the Jadar Valley. *Nin*, p. 29. [In Serbian]
- Vukosavić, S. (2024b, February 29). Serbian mine would incur annual loss of EUR 21 million. *Nin*, p. 27. [In Serbian]
- Wikipedia. Available at: <https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium>
- WHO (2017). *Mental disorders fact sheet*. Available at: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs397/en/>
- Wallstreet star. Available at: <https://invest.wallstreetstar.com/discovery/>
- Young, W. (2009). Review of lithium effects on brain and blood. *Cell Transplant*, XVIII (9), 951-975. DOI: 10.3727/096368909X471251

---

**Branislav R. Simonović**

Institute of General and Physical Chemistry  
Belgrade (Serbia)

## About lithium and lithium in Serbia

### Summary

62 | This paper summarizes basic information about lithium, its physical and chemical characteristics and its occurrence in different minerals, especially in jadarite. A review of different types of application of lithium and their compounds in different industries, especially in medicine, is presented here. Also, the review of literature data on lithium occurrence in water and various food and its influence on humans is described. The role of lithium in warfare is also mentioned. Detailed data on different types of lithium batteries, including the new type of lithium batteries with solid electrolyte is given. Data on lithium production and lithium demand, including the increase of lithium demand in the near future is summarized in this article. In the part related to the Serbian Jadar project, some basic data on this project is given; that includes the technological procedure of lithium production, solid and liquid waste and landfill for waste deposition, especially in regard to the environmental protection. The part of beginning with the subtitle "Shouting and shame about lithium in Serbia" contains critical review on numerous nonsensical claims, misinformation and lies about lithium and Jadar project, especially about sulphuric acid and lithium toxicity that were spread across Serbia in the past four years, becoming an object of intimidation of Serbian citizens. Aiming to show how nonsensical and false these claims are, the data from valid and credible verifiable sources were cited. The final part of the text contains proposals about things that should be done in relation to the Jadar project.

**Keywords:** lithium, occurrence and production, application, Jadar project



**Александар М. Јововић<sup>[1]</sup>**

Универзитет у Београду,  
Машински факултет  
Београд (Србија)

УДК 338.23:622(497.11)  
338.32:553.493.34(497.11)  
338.246.025.13:553.04(4-6EU)  
Прегледни научни рад  
Примљен: 17.12.2024.  
Прихваћен: 24.12.2024.  
doi: 10.5937/napredak5-55503

# Пројекат „Јадар“ у светлу снабдевања критичних сировина

**Сажетак:** У раду је приказана анализа развоја интереса за критичним сировинама у свету у погледу све већих захтева за убрзаним и све већим коришћењем обновљивих извора енергије. У раду су приказани најзначајнији европски прописи, иницијативе и пројекти. Такође, приказане су основне карактеристике пројекта „Јадар“, техничка решења, потенцијални утицаји и мере смањења ових утицаја. Посебно су обрађена испуштања у ваздух и воде, као и начин одлагања индустријског отпада. Сва техничка решења пројектована су у складу са најбољим доступним техникама, описаним у референтним документима ЕУ.

**Кључне речи:** критичне сировине, литијум, „Јадар“

## Увод

Убрзање климатских промена определило је свет ка угљеничној неутралности. Европа се залаже за драстичне промене у сектору енергетике услед постепеног нестајања фосилних горива, убрзани развој и увођење обновљивих извора енергије (ОИЕ) и водоника. Такође, неопходан је виши ниво енергетске ефикасности, неизвесна је судбина нуклеарне енергије, али и масовна електрификација сектора крајње потрошње, првенствено у области електричних возила (ЕВ), која би требало да чине

80% свих друмских возила до 2050. године (IRENA 2022).

Енергетска транзиција укључује три стуба:

- енергетску ефикасност;
- производњу обновљиве енергије; и
- масовну електрификацију сектора крајње употребе.

Према Међународној агенцији за ОИЕ предвиђено је да обновљиви извори чине 90% енергетског микса до 2050, што захтева повећање капацитета са 2.800 GW у 2020. на 27.700 GW 2050. године. Предвиђа се да ће број ЕВ порасти са 3,4 милиона у 2020. на 150 милиона 2050. године.

[1] [ajovovic@mas.bg.ac.rs](mailto:ajovovic@mas.bg.ac.rs) ; <https://orcid.org/0000-0003-2294-5729>

Овај сценарио који је заснован на порасту средње температуре у односу на преиндустријско доба за 1,5°C, условљава да 80% свих друмских возила мора бити на електрични погон до 2050. године.

Такве промене би резултирале утростручењем потражње за електричном енергијом у наредне три деценије, што би довело до мноштва изазова. Иако је енергетска транзиција неопходна за постизање глобалних климатских циљева на отпоран и правичан начин, расте забринутост због доступности и приступачности минерала и метала потребних за њено спровођење (IRENA, 2021, IRENA, 2022).

Кључне технологије као што су соларни панели, ветротурбине и батерије захтевају критичне материјале као што су литијум и елементи ретких земаља (REE). Стога расте забринутост у вези с будућим приступом овим материјалима, потешкоћама у повећању понуде довољно брзо да се уклопи у потражњу, порастом и нестабилношћу цена, као и геополитичким питањима. Ове изазове треба анализирати и узети у обзир у државним плановима енергетске транзиције. У последње време су цене најкритичнијих материјала порасле, у већини случајева као резултат повећане тражње и ограничене понуде. Критични материјали поседују јединствена својства и користе се у различите сврхе. Европска унија и Сједињене Државе препознају 30 односно 35 критичних сировина, али, никл, бакар, литијум и ретки земни метали (неодимијум и диспрозијум) привлаче посебну пажњу због свог значаја и изазова у снабдевању.

Јединствене карактеристике ових материјала дошле су у први план енергетске транзиције

захваљујући бројним технологијама, укључујући ветротурбине, соларне панеле и батерије за електрична возила и складиштење енергије. Осигурати довољне количине ових материјала изазовно је из неколико разлога:

- Тешко их је издвојити;
- Релативно мало земаља има лежишта/резерве;
- Не постоје директне замене за њих;
- Квалитет природних ресурса опада;
- Само мале количине ових материјала могу се рециклирати;
- Брзо повећање понуде је често компликовано услед флукуације цена која произилази из дисбаланса понуде и потражње.

Европска комисија је покренула свој акциони план за критичне сировине 2020. (ЕС, 2020), а прву листу направила је још 2011. године (ЕС, 2023). Друге акције Европске уније укључују идентификовање пројеката рударства и прераде у Европској унији који би могли да буду оперативни до 2025, укључујући *Horizont Europe* који би требало да подржи истраживање и иновације за критичне сировине и развој међународних партнерстава како би се обезбедило снабдевање критичним материјалима који нису откривени у Европској унији.

Европска комисија је покренула Европску алијансу за батерије 2017. године (ЕС, 2017). Њен пројекат индустријског развоја, ЕВА 250 (ЕВА, 250) окупља више од 700 секторских актера с циљем стварања снажне паневропске индустрије батерија. Информациони систем о сировинама Европске комисије јесте центар знања



и информација о критичним материјалима за политике и услуге Европске комисије.

Најзначајнији акт који је донесен у последњим годинама јесте Закон о критичним сировинама (EU Critical Raw Materials Act, CR-MA) (ЕС, 2024), који има за циљ стварање услова који би омогућили да Европа достигне своје климатске циљеве до 2030. године.

Способност брзог повећања залиха и обраде кључна је за избегавање уских грла у производњи. Иако су ресурси појединих критичних материјала попут литијума, релативно велике,

тренутне пројекције указују на то да ће бити потребно огромно убрзање у производњи и преради у кратком временском периоду да би се задовољила растућа потражња за батеријама.

Посебно је значајан утицај државних институција на убрзавање транзиције стварањем ефикаснијих регулаторних и лиценцих процедура које ће омогућити рударској индустрији да

ефикасније реагује на неочекивана и изненадна повећања потражње. Финансијске подршке су такође значајне, па влада САД улаже преко 350 милијарди америчких долара, а ЕУ кроз

Кључне технологије као што су соларни панели, ветротурбине и батерије захтевају критичне материјале као што су литијум и елементи ретких земаља (REE).



Литијум-јонска кућна батерија марке LG и Solar Edge инвертер соларни панел за кућно складиштење енергије инсталиран у гаражи. Аделејд, Јужна Аустралија.

Фото: Shutterstock

Зелени договор више од 250 милијарди евра. Рециклирање критичних материјала је генерално изводљиво с техничке тачке гледишта и већ се широко примењује за неке материјале, посебно бакар и никл. У догледној будућности, међутим, очекује се да ће и ови „нови“ материјали наставити да доминирају у снабдевању, док би рециклажа могла имати већу улогу на дуги рок, посебно ради смањења утицаја рударства.

Међутим, извесно је да ће енергетска транзиција довести до отварања нових рудника и постројења за прераду специфичних материјала. Кључно је да се све активности широм сектора и читавог ланца снабдевања посвете одрживој експлоатацији, сигурним условима рада, локалном економском развоју, поштовању културног и природног наслеђа и нето нултим емисијама угљеника. Да се чланице ЕУ посебно брину о томе указује и унапређена Директива о индустријским емисијама (Industrial and Livestock Rearing Emissions Directive, IED 2.0, 2024/1785). Осим тога, сагледано је да постојећа Директива о рударском отпаду (European Extractive Waste Directive, 2006/21/EC) није у складу са експлоатацијом нових материјала те је започета њена ревизија, као и ревизија референтног документа о најбољим доступним техникама у екстрактивној индустрији (Transport & Environment, 2024).

Произвођачи оригиналне опреме (ОЕМ) као крајњи корисници постављају све више стандарде у одрживој експлоатацији и заштити животне средине, те ова питања неће ни бити само ствар добре воље рударских и прерађивачких компанија и државних прописа и контрола, већ многих организација као што је Иницијатива за обезбеђивање одрживог ру-

дарства (IRMA, 2020). Геополитичке импликације морају се додатно анализирати за сваку земљу посебно, при чему се препоручује да свака држава, у оквиру својих могућности, да приоритет националној производњи како би се смањила зависност од увоза. Мобилизација и додељивање финансијских средстава за подршку истраживању и развоју критичних сировина и њихових одговарајућих технологија обећавају безброј користи и могу постати покретач енергетске транзиције. Тржишни приступи за проширење понуде, као и политичке интервенције како би се одговорило на геополитичку реалност, подједнако су неопходни. Улагања у истраживање, рударство и прераду повећаће отпорност тржишта и разноврсност понуде. Владе такође треба да теже смањењу зависности од критичних материјала.

### Предвиђена потражња за критичним сировинама

Цене критичних сировина значајно варирају на светским берзама услед ратова, нагомилавања резерви, поремећаја на светском тржишту електричних аутомобила и сл. Цене литијума су биле веома нестабилне последњих година. Како купци нагомилавају литијум-карбонат, односно праве резерве, цена је једно време била веома висока, али је затим уследио неминовни пад (SPGLOBAL, 2024). Максимално је износила 27 USD/kg крајем 2017. пре него што су пале на 6 USD/kg средином 2020. и затим се подигле на 14 USD/kg средином 2021. године. Од почетка 2021. оне су стално расле, достигавши око 52 USD/kg

у јануару 2022, с рекордом од 85 USD/kg 14. новембра 2022, да би се спустила на 69 USD/kg (69.000 USD/t) и сада износи око 10.600 USD/kg, односно цена литијум-карбоната је приближно 18.000 USD/t.

Предвиђено је да ће цена бакра достићи 15 USD/kg у наредним годинама (тренутно је 9 USD/kg), након чега следи даљи пораст (Dizard, 2022) с обзиром на то да се очекује да ће електрична возила и обновљиви извори енергије чинити 72% укупног раста потражње за рафинисаним бавром до 2025. године.

Тржишта литијума и електричних возила су уско повезана. На свету се сада вози приближно 17 милиона електричних возила, док је у овој години продаја на нивоу 1,1 милион возила,

с тенденцијом раста, мада нешто мањом од очекиване пре неколико година. Предвиђа се да ће потражња за литијумом за батерије ЕВ расти, тако да ће 75% потражње за литијумом до 2030. потицати од производње батерија (IRMA, 2022).

Цене никла су порасле на највиши ниво од 2012, достигавши 25 USD/kg у фебруару 2022. (Reuters, 2022), док је тренутна цена 16 USD/kg (Trading economics, 2024). Предвиђа се да ће оне наставити да расту у наредним годинама.

Цене неодимијума порасле су од средине 2020. достигавши садашњи ниво од 516 USD/kg (Trading economics, 2024). За разлику од цена злата и сребра, цене REE тешко је пратити у реалном времену, јер се њима не тргује на светским јавним берзама. Цене REE порасле су као резултат

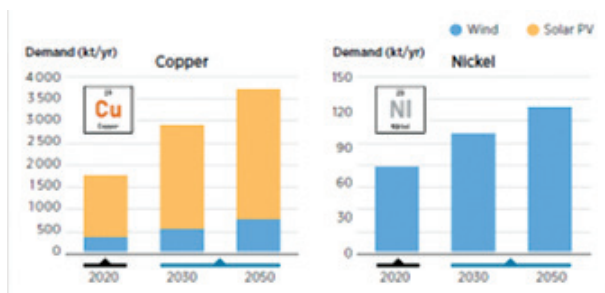


Литијум се користи и у производњи батерија за електрична возила. На слици је приказан аутомобил Фиат Гранде Панда чија је производња недавно започета у Републици Србији.

Фото: Димитрије Гол

повећаних трошкова производње у Кини, где се налази већина прерађивачких капацитета и повећане потражње. Ако цене наставе да расту, произвођачи ће бити подстакнути да траже алтернативне материјале.

На следећој слици дата су предвиђања потрошње појединих критичних сировина на основу моделирања од стране IRENA, при сценарију да средња температура до 2100. године не пређе  $1,5^{\circ}\text{C}$  у односу на прединдустријско доба.



Слика 1. Очекиване потребе за бакром и никлом (у случају реализације сценарија IRENA  $1,5^{\circ}\text{C}$ ) (IRENA, 2022)

Јачање истраживања и међународне сарадње у многим областима може помоћи у смањењу ризика у снабдевању. На пример, у току су напори да се смањи садржај REE у трајним магнетима. Садржај сребра у соларним PV има значајан простор за побољшање ефикасности материјала. Добављачи обично траже таква решења за смањење трошкова производње. Истраживања финансирана од стране јавних и приватних фондова имају кључну улогу у убрзавању овог процеса.

Друге области истраживања укључују развој нових рударских технологија, проширење домаћих извора критичних материјала, побољ-

шање ефикасности материјала и обраде, убрзање иновација производа и проналажење алтернативних материјала, развој технологија рециклаже и побољшање одрживости рударских и прерађивачких операција. Најпожељнија опција јесте поновна употреба производа који је достигао крај свог техничког века кад год је то могуће с обзиром на то да литијум-јонске батерије чији је капацитет опао на 70–80% њиховог почетног капацитета и даље могу да се користе за стационарне апликације за складиштење енергије у електричној мрежи. Ако не постоји одржива опција за поновну употребу производа, он се може поново произвести коришћењем примарних, секундарних и поправљених материјала (Gaustad et al., 2018). Трећа опција је рециклажа.

Блиска сарадња и дељење података могли би да избегну дуплирање истраживачких напора и убрзају резултате. Фокусирање на ове области истраживања и развоја могло би повећати продуктивност и исплативост у целом ланцу вредности уз побољшање снабдевања критичним материјалима.

Након усвајања Европског закона о критичним сировинама, којим ЕУ покушава да постане што самосталнија у експлоатацији и преради критичних сировина, очекује се даља експанзија пројеката, па се овај развој све чешће назива европска ренесанса рударства. У највећем европском налазишту, у долини Горње Рајне, литијум се налази у геотермалним резервоарима слане воде, где процес екстракције подразумева мањи утицај на животну средину. Тамо аустралијска компанија „Вулкан“ планира да покрене комерцијалну производњу литијума за батерије крајем 2026. године. Ипак, изгледа да ће први европски

рудник литијума бити отворен до краја 2026. у алпском региону Корушке, 270 km од Беча и 20 km од индустријског града Волфсберга. У питању је подземни рудник сличан „Јадру“, где је литијум такође у чврстој стени, мада је процењени потенцијал лежишта знатно мањи. Једно од најбогатијих европских налазишта литијума у чврстој стени налази се на немачко-чешкој граници, у минералу цинвалдиту. Чешка развија пројекат „Циновец“, а Немачка „Зинвалд“. Значајне резерве литијума има и Португалија, где је регионална влада Екстремадуре прогласила пројекат Сан Хозеа за пројекат од регионалног и општег интереса (скр. Премија). Пројекат „Баросо“ британске компаније „Savana resources“ најважније је европско лежиште литијума у облику сподумена, такође минерала у чврстој стени. Пројекти за ископавање литијума постоје у Шпанији, Финској, Ирској, Великој Британији, при чему се два пројекта изводе у зонама заштићене природе које носе ознаку Натура 2000. Велики литијумски пројекат „Емили“ компаније „Имерис“ развија се у централној Француској, непосредно уз заштићене букове шуме, које су дом бројним животињским и биљним врстама (Reutner, 2024).

## Пројекат „Јадар“ – техничке карактеристике и утицаји на животну средину

### Основне поставке

Србија је потенцијално у могућности да постане део индустријске револуције Европе, али многа дешавања око пројекта „Јадар“ прете да остане

на маргини успеха. Потенцијали Србије у погледу производње батерија и електричних возила значајни су услед:

- Сопственог јединственог лежишта висококвалитетног литијума;
- Богате традиције у области рударства и индустријске прераде;
- Квалитетних стручњака и истраживача;
- Индустријских зона које могу да подрже развој повезаних индустрија;
- Близине највећих OEM.

Пројекат „Јадар“ има за циљ експлоатацију и прераду јадарита у једном од највећих светских налазишта литијума. Оно се налази недалеко од Лознице, у региону Подриња и Посавине, источно од реке Дрине и јужно од реке Саве, где је у оквиру теренских радова у долини Јадра 2004. откривен нови минерал – јадарит. Новооткривени минерал представља полазну сировину за добијање литијума, односно производа литијум-карбоната, који је неопходан за производњу батерија и компонената за електронику, и бора, који налази велику примену у хемијској индустрији. Корпорација „Рио Тинто“ је током испитивања лежишта истраживала и дефинисала технологију експлоатације руде, затим технологију концентрације руде у концентрат јадарита а потом поступак растварања и селективне кристализације, којим се добијају финални производи за тржиште. Национална стратегија одрживог коришћења природних ресурса и добара („Службени гласник РС“, број 33/12) поставља да се пројекат геолошких истраживања литијума и бора (Јадарски басен) заврши до краја 2014. године. Уредбама („Службени гласник РС“, бр.

104/16 и 106/16) предвиђене су активности отварања лежишта борних и литијумских минерала у долини реке Јадар. Нацртом просторног плана Републике Србије (тачка 4.1), као једно од приоритетних планских решења до 2025. дефинисан је почетак експлоатације руда литијума (код Лознице) и молибдена (MGSI, 2021).

Пре започињања административне процедуре која се односи на израду и добијање сагласности за студију о процени утицаја на животну средину, у складу с Просторним планом подручја посебне намене за реализацију пројекта експлоатације и прераде минерала јадарита „Јадар“ („Службени гласник РС“, број 26/20) издати су локацијски услови. Ови услови издати су за фазну изградњу процесног постројења у циљу израде идејног пројекта, пројекта за грађевинску дозволу и пројекта за извођење.

Упоредо с изградом просторног плана урађен је извештај о стратешкој процени утицаја просторног плана на животну средину („Службени гласник РС“, број 36/17).

Просторни план представља плански основ за реализацију пројекта експлоатације и прераде минерала јадарита „Јадар“ (развој рудника, индустријског постројења и неопходне инфраструктуре), као и за заштиту, коришћење и уређење простора посебне намене. Подручје просторног плана обухвата површину од 293,91 км<sup>2</sup> на територији јединица локалне самоуправе:

❖ Града Лознице – целе катастарске општине (к. о.): Руњани, Липница, Брадић, Брњац, Велико Село, Јаребице, Драгинац, Симино Брдо, Цикоте, Шурице, Ступница, Слатина, Коренита, Горње Недељице, Доње Недељице, Грнчара и Шор;

❖ Општине Крупањ – целе катастарске општине (к. о.): Костајник, Дворска, Брезовице, Красава и Церова.

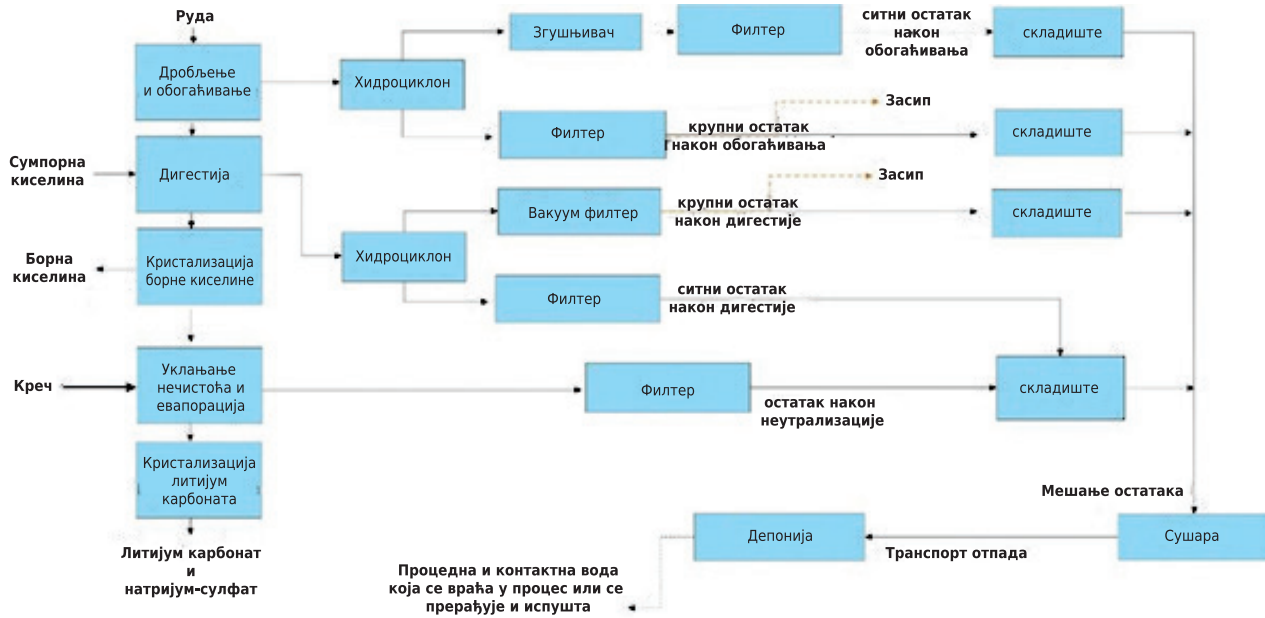
У погледу концепције просторног развоја, будућих функција и намене земљишта, простор потребан за реализацију пројекта „Јадар“ подељен је на више зона и подзона. С циљем омогућавања рада планираног комплекса, потребно је изградити железничку пругу и путеве који ће комплекс повезивати с постојећом инфраструктуром. Такође је потребно изградити гасовод, цевовод за транспорт сирове воде од места захватања до постројења, телекомуникационе и електричне прикључке. Планиран је транспорт помоћних сировина и готових производа железницом и друмским саобраћајем. Зона саобраћајно-инфраструктурног коридора (планираних саобраћајних и инфраструктурних система) у функцији посебне намене обухвата простор коридора планиране железничке пруге, планиране нове деонице државног пута ИБ реда број 27 Ваљево–Лозница који је кључан за приступ комплексу посебне намене, коридора планираног бочног гасовода високог притиска и цевовода техничке воде у функцији посебне намене, површине од 480,02 ха.

#### Опис пројекта и производног процеса прераде руде

Рудник минерала јадарита с процесним постројењем подељен је на три целине и то:

- ❖ Подземни део рудника;
- ❖ Надземни део рудника;
- ❖ Постројење за прераду руде.

Блок шема технолошког поступка приказа на је на слици 2.



Слика 2. Упростиена технолошка шема прераде руде (MF, 2023b)

Идејне пројекте процесног постројења урадио је „Термоенерго-инжењеринг“ из Београда 2022. и налазе се у списку литературе студија о процени утицаја пројекта „Јадар“ – фазне изградње процесног постројења за прераду минерала јадарит „Јадар“ на животну средину у складу с прописима РС (MF, 2023). Такође, израђена су и два пројекта, идејна решења одлагања индустријског отпада на локацији депонија Штавице, која је израдио Институт „Јарослав Черни“ из Београда 2020, која су била основ за израду Студије о утицају депоније индустријског отпада на животну средину (MF, 2023). Студија о процени утицаја на животну средину пројекта подземне експлоатације лежишта литијума и

бора „Јадар“ (RGE, 2023) урађена је на основу Студије изводљивости подземне експлоатације лежишта литијума и бора „Јадар“ (RGE, 2021) и бројне друге документације набројане у списку литературе ове студије.

Носилац пројекта, „Rio Sava Exploration“, ангажовао је неколико специјалистичких инжењерских компанија, укључујући и HATCH, у развоју нове и иновативне технологије за производњу циљаних минералних производа литијум-карбоната, борне киселине и натријум-сулфата. Испитивање узорака и истраживање спроведено је у Бандури (Аустралија) како би се тестирала и развила нова технологија. До данас је обављено више од 2.000

испитивања да би се унапредило оптимално решење за вађење минерала из руде јадарит.

Све студије урађене су у складу са Законом о процени утицаја на животну средину („Службени гласник РС, бр. 135/04 и 36/09) и Правилником о садржини студије о процени утицаја на животну средину („Службени гласник РС“, број 69/05).

Целокупно постројење и сви његови системи пројектовани су у складу с БАТ-ом, а према референтним документима (БРЕФ):

- ❖ Емисије из складишта, 2006;
- ❖ Индустрија обојених метала, 2017, БАТ закључци 6/2016;
- ❖ Енергетска ефикасност, 2009;
- ❖ Уобичајени третмани отпадних вода / отпадних гасова / системи управљања у хемијској индустрији, 2017, БАТ закључци 6/2016;
- ❖ Системи индустријског хлађења, 2001;
- ❖ Неорганске хемикалије – амонијак, киселине, средства за заштиту биља, 2007;
- ❖ Третман отпада, 2018, БАТ закључци 8/2018.

Детаљан преглед усаглашености с БАТ/БРЕФ дат је у посебном поглављу студије. У складу са чланом 17. Закона о процени утицаја на животну средину („Службени гласник РС“, бр. 135/04 и 36/09) и Правилником о садржини студије о процени утицаја на животну средину („Службени гласник РС“, број 69/05), студије о процени утицаја садрже:

1. податке о носиоцу пројекта;
2. опис локације на којој се планира реализација пројекта;

3. опис пројекта;
4. приказ главних могућности које је носилац пројекта разматрао;
5. приказ стања животне средине на локацији и ближој околини (микро и макро локација);
6. опис могућих значајних утицаја пројекта на животну средину;
7. процену утицаја на животну средину у случају удеса;
8. опис мера предвиђених с циљем спречавања, смањења и, где је то могуће, отклањања сваког значајнијег штетног утицаја на животну средину;
9. програм праћења утицаја на животну средину;
10. нетехнички краћи приказ података наведених у тач. 2)–9);
11. податке о техничким недостацима или непостојању одговарајућих стручних знања и вештина или немогућности да се прибаве одговарајући подаци.

Постројење за прераду руде налази се у подзони производно-индустријских активности (Подзона 2А), а обухвата простор и површине потребне за изградњу и формирање комплекса у коме се врши прерада руде и производња литијум-карбоната, натријум-сулфата и борне киселине. У оквиру пројекта „Јадар“ могу се издвојити следеће основне производне целине:

- ❖ Подземна експлоатација руде минерала јадарита пројектног квалитета око 1,64%  $\text{Li}_2\text{O}$ ;
- ❖ Надземни део комплекса рудника, који укључује обогаћивање руде и произ-



- водњу концентрата јадарита са око 3,04%  $\text{Li}_2\text{O}$ ;
- ❖ Индустијска прерада концентрата јадарита с циљем добијања тржишних финалних производа, борне киселине, литијум-карбоната и нуспродукта натријум-сулфата (у просторном плану ова целина носи назив Подзона производно-индустијских активности 2А);
  - ❖ Депонија индустијског отпада;
  - ❖ Снабдевање пројекта „Јадар“ свежеом водом захватањем воде из алувиона реке Дрине, пумпање подземне воде из јаме рудника, затим коришћење воде за процес и на крају прерада отпадних вода пре испуста у реку Јадар;
  - ❖ Довод електричне енергије с два далековода 110 kV и два трансформатора снаге 63/75 MVA (с могућношћу оптерећења до 82 MVA у нужним ситуацијама). Потребне за електричном енергијом комплекса посебне намене (погона за прераду) износе око 43 MW, уз максимално очекивано, тј. вршно оптерећење од око 54 MVA;
  - ❖ Довод природног гаса за потребе производно-индустијских активности до мерно-регулационе станице у комплексу (довод цевоводом под притиском од 50 бара, у дужини 11 km);
  - ❖ Повезивање комплекса оптичким каблом ради обезбеђења савремених комуникација;
  - ❖ Изградња саобраћајница за допрему нормативног материјала, превоз радника и отпрему производа;

- ❖ Изградња железничког прикључка од Лознице до локације пројекта „Јадар“, у дужини 8,6 + 4 km за потребе пријема потрошног материјала и отпреме производа.

Најважнији параметри пројекта:

- ❖ Сировинска база: пројекат „Јадар“ има за циљ експлоатацију и прераду 1,9 mt годишње руде јадарит;
- ❖ Готови производи: минерал јадарит представља полазну сировину за добијање литијум-карбоната (~56 kt/god), борне киселине (~286 kt/god) и натријум-сулфата (~259 kt/god) као споредног производа;
- ❖ Прикључак на гас: предвиђена годишња потрошња гаса 2,603,000 GJ. Овим идејним пројектом предвиђен је развод гаса у оквиру Подзоне 2А;
- ❖ Прикључак на телекомуникациону мрежу: овим идејним пројектом предвиђени су интерни телекомуникациони системи у оквиру Подзоне 2А;
- ❖ Прикључење за сирову воду: Идејним пројектом предвиђено је прикључење на доводни цевовод сирове воде из реке Дрине и развод сирове воде у оквиру процесног постројења у Подзони 2А. За потребе рада постројења предвиђено је коришћење сирове воде из бунара наноса Дрине, непосредно поред реке Дрине (алувион реке Дрине). Дневни максимални унос воде од 2025. до 2040. године износиће 4,8 Ml/dan, док је очекивани просечни унос воде 1 Ml/dan, у зависности од количине инфилтрације подземне воде у рудник;

- ❖ Прикључак за пијаћу воду: снабдевање пијаћом водом врши се из водоводне мреже Лознице. Просечне потребе за водом износе 0,55 л/с односно 48 м<sup>3</sup>/дан;
- ❖ Контрола емисије прашкастих материја: врећастим филтерима;
- ❖ Контрола емисије сумпорних једињења: за третман отпадног гаса из процеса растварања предвиђен је скруббер за уклањање сумпорних једињења као што су H<sub>2</sub>S и киселе магле из тока отпадног гаса богатог угљен-диоксидом;
- ❖ Прикупљање и одвођење технолошких отпадних вода: у оквиру процесног постројења предвиђено је постројење за третман санитарне отпадне воде, као и постројење за третман технолошких отпадних вода. Отпадне воде ће се испуштати у реку Јадар након третмана. Идејним пројектом предвиђен је одвод пречишћених отпадних вода до екстерног прикључка на цевовод за одвод отпадних вода до реке Јадар.
- ❖ Депоновање чврстог отпада: чврсти отпад, настао у процесу прераде одлагаће се на депонији индустријског отпада. Од постројења за третман отпада до депоније транспортоваће се камионима.

Потрошња основних хемикалија:

- Сумпорна киселина (t/god) 344.414;
- Хидратисани креч (t/god) 62.085;
- Натријум-карбонат (t/god) 105.000;
- Натријум-хидроксид (t/god) 40;
- Хлороводонична киселина (t/god) 1.874.

## Приказ кључних утицаја и начина третмана

### • Ваздух

Емисије ће бити сведене на минимум применом најбољих доступних техника и пракси (филтери, стални надзор квалитета ваздуха и превентивне мере као што су млазнице за прскање воде, радно време итд.).

Моделирање: промене у дизајну пројекта су се одразиле на моделирање квалитета ваздуха, што је резултирало развојем пет различитих модела током више година. Резултати модела неретко су и били повод за измене и унапређење самог пројекта.

- Модели загађења ваздуха израђени су на претпоставкама које су најгори могући случај. Не репрезентују стварно стање на терену током извођења радова већ само служе за правилан одабир адекватних мера за избегавање или умањење могућих утицаја пројекта на животну средину.

- Моделирање утицаја пројекта „Јадар“ на квалитет ваздуха током фазе изградње, експлоатације и затварања, извршено је за следеће загађујуће материје: TSP (укупне суспендоване честице), суспендоване честице PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, HCl и SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> као индикатор присуства H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

- Моделом су обухваћени извори повезани с пројектом без позадинског загађења. У оквиру анализираних сценарија урађене су симулације распрострањања загађења при чему су концентрације загађења добијене моделом представљене графички путем приземних изоплета (линије које повезују тачке с истом

концентрацијом загађујуће материје). За метеоролошке услове коришћени су сатни подаци за пуних пет календарских година (2016–2020). Резултати моделирања квалитета ваздуха упооређени су с референтним вредностима и приказани у складу с дефинисаним начином приказивања и периодима усредњавања из Уредбе о условима за праћење и захтевима квалитета ваздуха („Службени гласник РС“, бр. 11/10, 75/10 и 63/13).

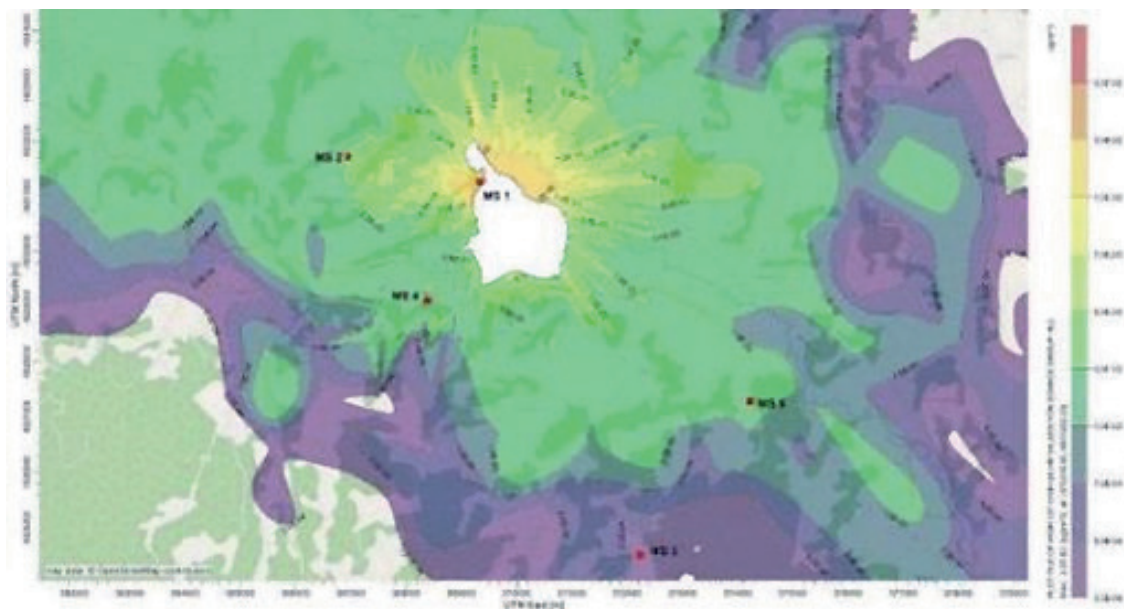
- Додатно, за моделирање дисперзије загађивача коришћен је конзервативни приступ – неповољни метеоролошки услови, максималне активности у току радног времена, максимално коришћење опреме;

- За процену утицаја на квалитет ваздуха коришћен је софтверски пакет AERMOD (US EPA) (пример једног резултата дат је на Слици 3).

Утицаји идентификовани моделирањем:

- Емисије прашине, представљене као укупне суспендоване честице (TSP) идентификоване су као главна загађујућа материја за све фазе пројекта. TSP – површине с прекорачењима налазе се углавном дуж јужне границе главног подручја пројекта, југозападне границе депоније Штавице и дуж приступног пута ка Штавицама. Концентрација експоненцијално опада до 500 м од границе где је у складу са задатим граничним вредностима;

| 75



Слика 3. Максималне приземне концентрације  $H_2SO_4$  за период усредњавања од једног дана [ $\mu g/m^3$ ] (MF, 2023a).

- $\text{NO}_2$  се емитује око парних котлова, покретне опреме и транспортног пута, а достиже граничну вредност на раздаљини од 200 м. Због интензивне употребе камиона и машина концентрација  $\text{NO}_2$  могла би да буде повећана у односу на прописан стандард квалитета ваздуха, али само на краће временске периоде, а у оквиру дозвољених краткотрајних прекорачења у складу с прописима;

- Потенцијални утицај других загађивача ( $\text{CO}$ ,  $\text{HCl}$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) на квалитет ваздуха у домену модела је низак и не би направио никакву значајну разлику на квалитет ваздуха. Утицај ових полутаната своди се на деловање у непосредном окружењу опреме и ношење заштите на радном месту оператера постројења.

Моделовањем распрострањања потенцијалних полутаната идентификоване су зоне угрожености на основу најгорег могућег сценарија и даље ће се усвојити и предузимати мере које ове утицаје смањују и одржавају концентрације у дозвољеним границама или испод граничних вредности. Мере ублажавања утицаја:

- ✓ заштитне баријере;
- ✓ систем за сакупљање прашине и издувни систем за основну опрему која ствара прашину;
- ✓ уређаји за пречишћавање излазног гаса (вентури скрубери);
- ✓ мере одржавања и чистоће на лицу места;
- ✓ одлагање отпадних материјала с мање висине;
- ✓ избегавање или минималан транспорт земљишта;

- ✓ коришћење прскалица за воду;
- ✓ покривање, затварање или обнављање вегетације на депонијама и складиштима где год је изводљиво;
- ✓ праћење стања ветра;
- ✓ управљање радним временом;
- ✓ ограничење брзине;
- ✓ мере енергетске ефикасности за смањење потрошње горива и електричне енергије.

#### • Воде

Планирање управљања водама као један од највећих изазова има задатак, с једне стране, да обезбеди оптималну количину воде неопходну за процес експлоатације и прераде минералне сировине, док, с друге стране, мора да обезбеди да не дође до штетних утицаја на режим вода у непосредном окружењу будућег комплекса. У току развоја пројекта „Јадар“, односно током израде техничке документације, осмишљен је и пројектован систем за управљање водама тако да се изврши максимална рецикулација вода уз учешће у водном билансу око 2/3 сопствених извора (одводњавање подземног рудника као и прикупљање кишнице на самој локацији) с циљем минимизирања количине вода коју је неопходно обезбедити из екстерних извора. Вишак воде који се може јавити у систему, у складу са захтевима које налаже хијерархија управљања водама, након што се исцрпу могућности за рецикулацију или поновну употребу, пречишћава се и испушта у складу са захтевима и циљевима заштите животне средине.

Анализа водног биланса и планирање потреба за водом током развоја пројекта „Јадар“ – рађена је уз помоћ наменских модела, који имају могућност комплексног прорачунавања с различитим променљивим улазним параметрима ради оптимизације коришћења водних ресурса и адекватног планирања. Овако сложени модели са сваком променом, нпр. у рударским плановима или технолошком поступку, доводе до измена у самом водном билансу, те су улазне као и излазне вредности трпеле одређене измене током времена. Последњи модел је рађен током 2023. године.

Оперативна филозофија управљања атмосферским отицајем осмишљена је тако да све три лагуне за прихват површинског отицаја, као и базен процесних вода, држи „празне“, како би пун капацитет увек био слободан за евентуални прихват екстремних кишних догађаја. Као резултат ове филозофије јавља се потреба за допремањем „свеже“ воде у условима када недостаје воде на самој локацији. „Свежа“ вода користи се за снабдевање резервоара сирове воде с циљем задовољавања потреба за водом у процесном постројењу у случајевима када нема довољних прилива вода из система за одводњавање подземног рудника као и од прикупљене кишнице. Вршна потреба за допремањем „свеже“ воде (П100) процењена је на 4,2 Мл/дан (приближно 48 л/с), која се јавља у 33. години рада постројења. Средња вредност варира током година и износи између 1 и 2 Мл/дан (11 и 23 л/с).

У случајевима када се јавља вишак воде у лагунама за прихват атмосферског отицаја, као и у базену процесне воде, постројење за третман отпадних вода у процесном постројењу добија

информацију да се јавио вишак у капацитету, који је потребно третирати и на крају испустити у реку Јадар. Максимални протицај отпадних вода који би се испуштао у ову реку јавља се у почетним данима пете године рада постројења (прва година фазе достизања нормалне производње) када се користи пун капацитет двоструке реверзне осмозе да третира воду за испуштање у реку, а када је смањена потреба за водом у процесном постројењу (током фазе достизања нормалне производње).

Од 5. до 7. године производња се увећава и потреба за водом у процесном постројењу се повећава. Оперативне активности достижу нормалне вредности у 8. години, капацитет потребан за испуштање воде у реку је 90 м<sup>3</sup>/h (25 л/с). Средња вредност протицаја отпадних вода варира око 0,5 Мл/дан (око 6 л/с).

Потребно је нагласити да се допремање сирове воде, односно испуштање пречишћених отпадних вода не дешава истовремено, односно ово су две одвојене операције условљене количином воде у водосабирним лагунама. Другим речима, када је повећан прилив подземних вода или прилив атмосферских падавина потребно је ослободити се вишка воде који се јавља у систему, односно супротан процес јавља се у случајевима када нема довољног прилива вода те је потребно обезбедити додатне количине из алувиона реке Дрине.

У случају неадекватног управљања водама у свим фазама развоја пројекта „Јадар“, како површинским отицајем тако и отпадним водама с локације планираног комплекса, може доћи до нарушавања режима подземних и површинских вода на предметној локацији. Основни ризици

у вези с планираним рудником и процесним постројењем (као једна целина), који су детаљно сагледани а могу се јавити приликом планирања оваквих активности јесу: утицај одводњавања на режим вода, отпадне воде и њихов третман и евакуација, захватање вода за потребе рада планираног постројења, као и појава великих вода и њихов утицај на планиране објекте. Локација планирана за формирање депоније за одлагање индустријског отпада због своје физичке одвојености може се посматрати као независна целина и повезани утицаји могу се посматрати независно. Доминанти утицаји везани за планирану депонију односе се на управљање површинским

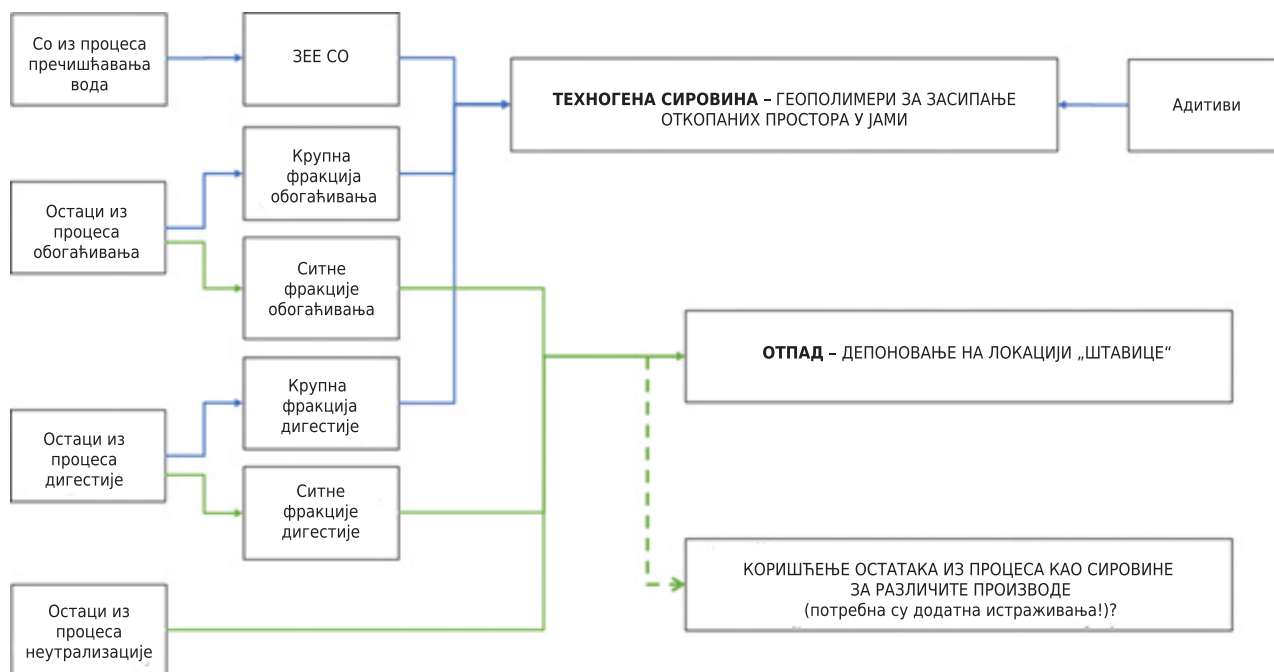
отицајем, као и контролу процедурних вода које се могу јавити на овој локацији.

• **Отпад**

Принцип управљања остацима из производних процеса приказан је на слици 4.

Развој пројекта „Јадар“ подразумевао је и одређене измене у контексту решења за управљање отпадом, а с циљем смањења утицаја на животну средину и оптимизацију производног процеса. Постојеће техничко решење подразумева да се сва три процесна остатка (од обогаћивања руде, растварања концентрата и уклањања нечистоћа) умешавају у форми хидромешавине

78 |



Слика 4. Принцип управљања остацима из производних процеса прераде руде јадарита (MF, 2023b).

и затим филтрирају, суше до нивоа влаге 25% и затим одлажу у сувој форми на депонију Штавице. Такође, ~29% процесног остатка може бити искоришћено у рударској запуни – а све ради смањења негативних утицаја на животну средину.

Наведени предлог технолошког решења за управљање отпадом одабран је на основу разматрања најповољније опције по животну средину, а у складу са чл. 6. и 44. Закона о управљању отпадом („Службени гласник РС“, бр. 36/09, 88/10, 14/16, 95/18 – други Закон и 35/23). Ово ће обезбедити да се одабраним техничким решењем површина и запремина простора потребног за формирање депоније свде на минимум, да се смањују штетна својства отпада, побољшава геотехничка стабилност одлагалишта, олакшава процес хидроизолације и сакупљања процедурних вода у односу са случајем да се фракције остатка одлажу засебно. Наведено техничко решење предмет је исходавања дозвола и биће додатно оптимизовано с циљем добијања процеса са *нула отпада*, односно да сав процесни остатак буде искоришћен као производ с одређеном наменом (рударска запуна, грађевински материјал, пољопривредна индустрија, путоградња и друго).

Индустријски отпад, предвиђен за одлагање на депонију индустријског отпада Штавице, по последњој карактеризацији отпада извршеној на основу лабораторијских анализа од стране лабораторије Анахем, а у складу са захтевима Правилника о категоријама, испитивању и класификацији отпада („Службени гласник РС“, бр. 56/10, 93/19, и 39/21, дефинисан је као отпад индексног броја 19 03 06\*. Класификован је као опасан отпад због повећаног садржаја бора у

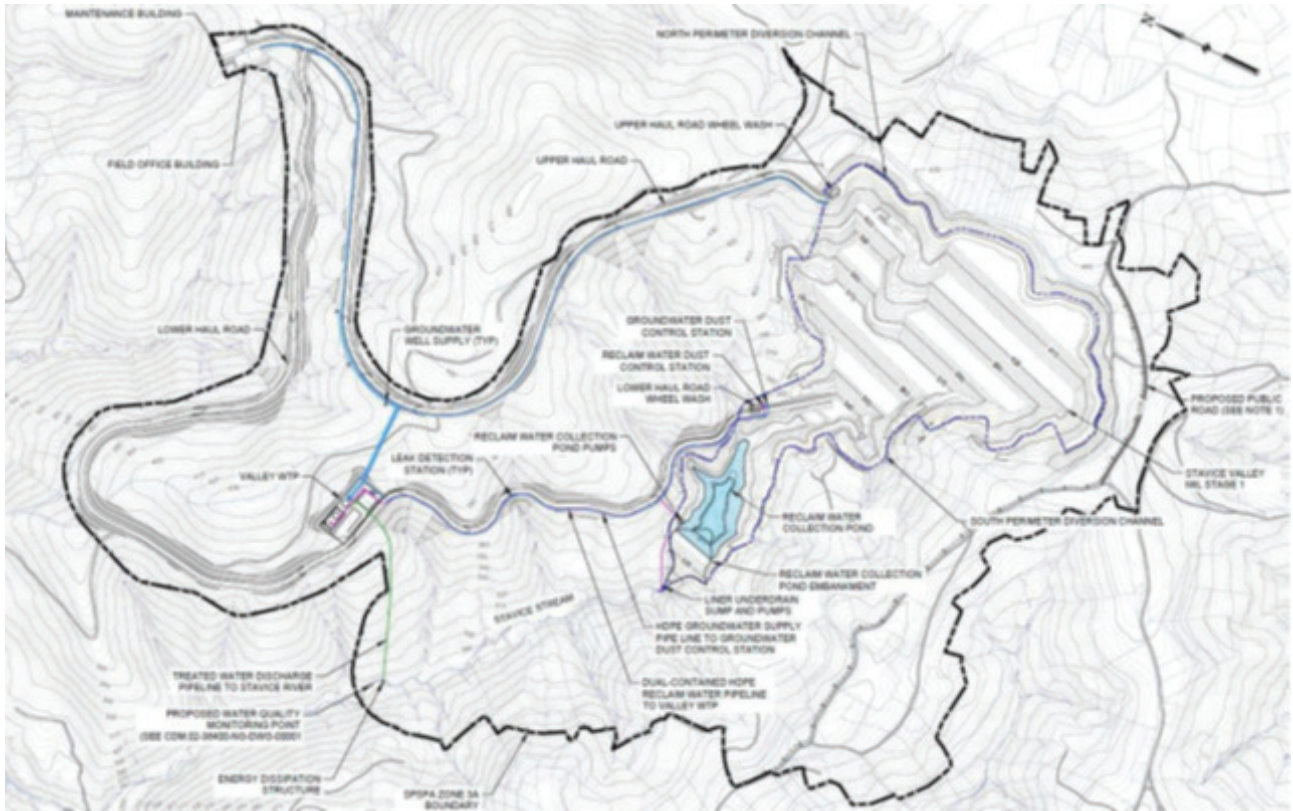
елуату према опасним карактеристикама Н15. Отпад не садржи угљоводонике ни једињења кисеоника, азота и сумпора, нити органохалогена једињења. Уредбом о одлагању отпада на депоније („Службени гласник РС“, број 92/2010), предметни отпад може се одлагати на депоније опасног отпада.

Узорак на ком је спроведена карактеризација представља мешавину три поменута тока отпада на начин да одсликавају пропорционални удео одређених токова у реалности, а по сценарију коришћења ~29% укупне масе отпада у рударској запуни.

У оквиру подзоне депоније налазе се депонија индустријског отпада и пратећи објекти, организовани и груписани у складу с технолошком шемом и захтевима инвеститора, и то:

- депонија индустријског отпада;
- иницијална брана депоније;
- прихватни базен за прикупљање воде;
- постројење за обраду и прераду прикупљене воде и резервоари;
- ободни канал за прикупљање површинске воде;
- приступне саобраћајнице (пошљунчене);
- наткривен простор за паркирање машина и камиона;
- бунар за снабдевање водом и постројење за третман воде;
- резервни бунар за воду за контролу емисије прашине;
- трафостаница;
- други објекти исте или компатибилне намене депоновању индустријског отпада и административна зграда за послене.

Распоред поменутих објеката приказан је на слици 5.



Слика 5. Распоред објеката депоније индустријског отпада (MF, 2023b)

Отпад ће у почетку бити одлаган на источном крају долине Штавице у слојевима до 95% збијености по стандардном Прокторовом опиту. Депонија ће имати активне и неактивне делове (зоне). Активне зоне ће бити оне у којима се отпад одлаже, разастире и збија. Одлагање отпада вршиће се на активним радним етажама које ће депонију подићи на пројектовану надморску висину. Предности

овог приступа изградње укључују следеће:

- Оперативна флексибилност за транспорт и депоновање отпада;
- Мали отисак депоније у почетку рада због смањења капиталних трошкова;
- Прогресивно затварање депоније након што свака фаза достигне пројектовану висину.



Утицај депоновања индустријског отпада на околину обухвата простор означен као Подзона ЗБ и односи се на простор у коме су могући утицаји услед депоновања индустријског отпада. Граница Подзоне ЗБ одређена је на растојању од 500 m у односу на границу Подзоне ЗА. Одлагање индустријског отпада (суви остатак) на депонију пружа повољније параметре у погледу утицаја на животну средину и могућности ефикаснијег управљања ризицима у Подзони утицаја депоније у односу на варијантно решење које би подразумевало јаловиште (депоновање течног отпада).

## Закључак

Нацрти студија засновани су на истраживањима која је спровело више од 100 домаћих и међународних независних стручњака, укључујући 40 универзитетских професора с више од 10 факултета. Научна истраживања показују да се пројекат „Јадар“ може безбедно реализовати уз поштовање највиших домаћих и међународних стандарда заштите животне средине.

Нацрти објављених студија резултат су укупно шест и по година рада, који је започео прикупљањем података о почетном стању, након

чега је спроведено више од 23.000 биолошких, физичких и хемијских анализа земљишта, воде, ваздуха и буке. Нацрти студија су свеобухватни и засновани су на обимним подацима који омогућавају прецизне закључке о потенцијалним утицајима на животну средину и одговарајућим мерама заштите. Објављивање нацрта студија на 2.000 страница, с пратећим објашњењима, не представља почетак званичног поступка процене утицаја на животну средину који предвиђа закон Републике Србије.

Радни нацрти студија процене утицаја на животну средину пројекта „Јадар“ представљају најсвеобухватније студије ове врсте које су икада рађене у Србији. У студијама су детаљно анализирани постојеће стање животне средине, оцењено техничко решење и његов потенцијални утицај на животну средину и здравље људи израдом бројних модела, прорачуна и експеримената. На основу тога, у студијама су наведени сви познати потенцијални ризици и предложена одговарајућа решења за ублажавање утицаја, чиме је показано да се овај пројекат може одговорно и безбедно реализовати. Учешће НВО, универзитетске заједнице, пројектантских компанија, академија, заинтересоване јавности у будућој јавној расправи додатно ће осигурати изврсност пројекта.

---

## References/ Литература

- Dizard, J. (2023, January 8). West needs to step up supply of copper for the energy transition. Financial Times. EBA, 250. Available at: <https://www.eba250.com/>
- EC (2017). Available at: [https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/industrial-alliances/european-battery-alliance\\_en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/industrial-alliances/european-battery-alliance_en)
- EC (2020). Available at: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_20\\_1542](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_1542)
- EC (2023). Available at: [https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials\\_en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials_en)
- 82 | EC (2024). Available at: [https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/critical-raw-materials-act\\_en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/critical-raw-materials-act_en)
- European Extractive Waste Directive, 2006/21/EC. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2006/21/oj>
- Gaustad, G., Krystofik, M., Bustamante, M., Badami, K. (2018). Circular economy strategies for mitigating critical material supply issues. *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 135, 24-33. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.002>
- Industrial and Livestock Rearing Emissions Directive, IED 2.0, 2024/1785. Available at: [https://environment.ec.europa.eu/topics/industrial-emissions-and-safety/industrial-and-livestock-rearing-emissions-directive-ied-20\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/industrial-emissions-and-safety/industrial-and-livestock-rearing-emissions-directive-ied-20_en)
- IRENA (2021). Available at: <https://www.irena.org/publications/2021/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook>
- IRENA (2022). Available at: <https://www.irena.org/Digital-Report/World-Energy-Transitions-Outlook-2022>
- IRMA (2020). Available at: <https://www.electrive.com/2020/11/12/mercedes-to-source-cobalt-and-lithium-with-standard-for-responsible-mining/>
- Law on Environmental Impact Assessment. Official Gazette of the RS, no. 135/04 and 36/09. [In Serbian]
- Law on Waste Management. Official Gazette of the RS, no. 36/09, 88/10, 14/16, 95/18 – other law and 35/23. [In Serbian]
- MF (2023a). Study on the environmental impact of the Jadar Project – phased construction of the processing plant for the processing of the mineral jadarite „Jadar”, in accordance with the regulations of the Republic of Serbia. [In Serbian]
- MF (2023b). Study on the environmental impact of the industrial waste landfill. [In Serbian]
- MGSI (2021). Draft Spatial Plan of the Republic of Serbia. Available at: <https://www.mgsi.gov.rs/cir/dokumenti/javni-uvod-u-nacrt-prostornog-plana-republike-srbije-od-2021-do-2035-godine-i-izveshtaj-o> [In Serbian]
- National Strategy for the Sustainable Use of Natural Resources and Goods. Official Gazette of the RS, no. 33/12. [In Serbian]
- Regulation on the categories, testing, and classification of waste. Official Gazette of the RS, no. 56/10, 93/19, and 39/21. [In Serbian]
- Regulation on the conditions for monitoring and air quality requirements. Official Gazette of the RS, no. 11/10, 75/10, and 63/13. [In Serbian]

Regulation on the contents of the environmental impact assessment study. Official Gazette of the RS, no. 69/05. [In Serbian]

Regulation on the disposal of waste in landfills. Official Gazette of the RS, no. 92/10. [In Serbian]

Regulation on the Establishment of the Implementation Programme for the Spatial Plan of the Republic of Serbia for the period 2016–2020. Official Gazette of the RS, no. 104/16. [In Serbian]

Regulation on the Establishment of the Implementation Programme for the Regional Spatial Plan for the area of the Kolubara and Mačva Administrative Districts for the period 2016–2020. Official Gazette of the RS, no. 106/16. [In Serbian]

Report on the Strategic Environmental Impact Assessment of the Spatial Plan. Official Gazette of the RS, no. 36/17. [In Serbian]

Reuters (2022, January 11). *Nickel prices soar to highest since 2012*.

Reutner, U. (2024). Energy and raw material base in transition, POWTECH TECHNOPHARM. Available at: <https://www.powtech-technopharm.com/en/industry-insights/2024/article/lithium-from-europe-first-milestones-reached>

RGF (2021). Feasibility study of underground exploitation of lithium and boron deposits in Jadar. [In Serbian]

RGF (2023). Environmental impact assessment study for the underground exploitation project of lithium and boron deposits in Jadar. [In Serbian]

| 83

Spatial Plan for the Special Purpose Area for the implementation of the Jadar mineral exploitation and processing project. Official Gazette of the RS, no. 26/20. [In Serbian]

SPGLOBAL (2024). Available at: <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/our-methodology/price-assessments/metals/lithium-carbonate>

Trading economics (2024). Available at: <https://tradingeconomics.com/commodities>

Transport & Environment (2024). Mining waste: time for the EU to clean up, Making the case for a revision of the EU Extractive Waste, Directive. Available at: [https://www.transportenvironment.org/uploads/files/2024\\_08\\_TE\\_briefing\\_revision\\_Extractive\\_Waste\\_Directive.pdf](https://www.transportenvironment.org/uploads/files/2024_08_TE_briefing_revision_Extractive_Waste_Directive.pdf)

**Aleksandar M. Jovović**

University of Belgrade,  
Faculty of Mechanical Engineering  
Belgrade (Serbia)

## Jadar Project in light of critical raw materials supply

### Summary

84 |

The paper provides an analysis of the global growth in demand for critical raw materials in terms of increasing demands for faster and greater use of renewable energy sources. The paper presents the most important European regulations, initiatives and projects. It also describes the basic characteristics of the Jadar Project, technical solutions, potential impacts and measures to reduce these impacts. Special attention is paid to emissions into air and water, as well as the method of disposal of industrial waste. All technical solutions are designed in accordance with the best available techniques, described in EU reference documents.

**Keywords:** critical raw materials, lithium, Jadar



**Саша М. Јовановић<sup>[1]</sup>**

Универзитет у Приштини  
са привременим седиштем  
у Косовској Митровици  
Факултет техничких наука  
Косовска Митровица  
(Србија)



**Милош М. Чоловић<sup>[2]</sup>**

Универзитет у Приштини  
са привременим седиштем  
у Косовској Митровици  
Факултет техничких наука  
Косовска Митровица  
(Србија)



**Огњен Д. Поповић<sup>[5]</sup>**

Рударски институт  
Београд  
Београд (Србија)

УДК 338.23:622(497.11)  
338.32:553.493.34(497.11)  
338.24:502.131.1(497.11)  
Кратко (претходно)  
саопштење  
Примљен: 09.12.2024.  
Прихваћен: 24.12.2024.  
doi: 10.5937/napredak5-55288



**Милица П. Томовић<sup>[3]</sup>**

Универзитет у Приштини  
са привременим седиштем  
у Косовској Митровици  
Факултет техничких наука  
Косовска Митровица (Србија)



**Мирсад Р. Тарић<sup>[4]</sup>**

Универзитет у Приштини  
са привременим седиштем  
у Косовској Митровици  
Факултет техничких наука  
Косовска Митровица (Србија)



**Мирослав М. Мајсторовић<sup>[6]</sup>**

МБВ Минерос д.о.о  
Пасковац (Србија)

---

# Ризици откопавања руде литијума и њихово ублажавање

**Сажетак:** Литијум је кључни минерал за савремену технологију и глобалну енергетску транзицију. Његова примена у батеријама за електрична возила, паметне уређаје и системе складиштења обновљиве енергије чини га незаменљивим ресурсом. Међутим, процес његове експлоатације носи значајне ризике по животну средину, локалне заједнице и здравље радника. Потрошња воде, деградација земљишта, загађење и расељавање становништва најчешћи су изазови. Пројекат „Јадар“ у Србији представља будући позитиван пример примене одрживог рударства. У овом раду анализирају се главни ризици и мере за њихово ублажавање, укључујући иновације у технологији, рекултивацију земљишта и укључивање локалних заједница.

**Кључне речи:** литијум, рударство, мере ублажавања, рекултивација, еколошки ризици

---

[1] sasa.m.jovanovic@pr.ac.rs ; <https://orcid.org/0009-0006-9728-0695>

[2] milos.colovic@pr.ac.rs ; <https://orcid.org/0000-0003-1621-7936>

[3] milica.tomovic@pr.ac.rs ; <https://orcid.org/0000-0002-8692-5877>

[4] mirsad.taric@pr.ac.rs ; <https://orcid.org/0009-0008-7502-015X>

[5] ognjen.popovic@ribeograd.ac.rs ; <https://orcid.org/0000-0001-9005-0092>

[6] miroslavserbia@gmail.com

## 1. Увод

Литијум је постао један од најзначајнијих метала 21. века, захваљујући својој суштинској улози у савременој технолошкој и енергетској транзицији. Литијум је мек, сребрнастобео алкални метал у другој периоди Периодног система елемената. Литијум је врло лак метал и има најмању густину међу свим чврстим елементима (под стандардним условима), а такође је и елемент најмање густине међу чврстим елементима. Његова употреба у батеријама за електрична возила, паметне телефоне, преносне уређаје и системе за складиштење обновљиве енергије учинила га је стратешким ресурсом. Раст потражње за литијумом је експоненцијалан, с прогнозама да ће до 2050. потребе за овим металом порасти више од пет пута у односу на тренутни ниво. У контексту борбе против климатских промена, литијум је кључни елемент у производњи батерија за складиштење енергије из обновљивих извора као што су соларне и ветро електране. Поред тога, развој електричних возила као замене за фосилна горива зависи од стабилног снабдевања овом минералном сировином. Ова теза је поставила метал литијум у центар пажње светских економија и подстакла геополитичке аспирације за контролу његових резерви. Откриће јадарита у Србији – јединственог минерала који садржи литијум и бор – представља потенцијал за економски напредак. Пројекат „Јадар“ компаније „Рио Тинто“, као један од највећих рударских подухвата у региону, има за циљ да Србију позиционира међу водеће произвођаче литијума у свету. Ипак, овај пројекат изазива бројне контроверзе због могућих еколошких и социјалних

последица. Главни изазови рударства литијума укључују деградацију земљишта, потрошњу воде, загађење, као и потенцијалне сукобе с локалним заједницама. Примери из Чилеа, Аустралије и Аргентине показују да рударске активности могу значајно утицати на еко-системе и локалне популације ако нису праћене одрживим праксама.

Овај рад има за циљ да пружи свеобухватан преглед ризика повезаних с рударством литијума, као и могућности за њихово ублажавање. Посебан акценат стављен је на примену савремених технологија, као што су затворени системи за рециклажу воде и сензори за мониторинг ризика, који могу значајно унапредити сигурност и смањити еколошки утицај. Да би се унапредила еколошка одрживост, пројекти попут „Јадара“ могу интегрисати мере заштите животне средине, укључујући рекултивацију земљишта након експлоатације и програме за подршку локалним заједницама.

Кроз анализу ризика и предлоге мера за њихово ублажавање, овај рад тежи да допринесе дубљем разумевању комплексности рударства литијума и његовог утицаја на друштво и животну средину. Циљ је да се идентификују кораци који ће омогућити одрживу експлоатацију овог важног ресурса уз минималне негативне последице.

## 2. Еколошки ризици услед откопавања руде

### Потрошња воде

У сушним подручјима, као што је пустиња Атакама у Чилеу, ова потрошња често превазилази расположиве водне ресурсе, остављајући локалне

заједнице без довољно воде за пољопривреду и свакодневне потребе, док на локацијама богатијим водним ресурсом вода из рудника често доспева у локалне реке. У подручјима са slabим системима за управљање отпадним водама токсични материјали могу продрети у водоносне слојеве, што угрожава опстанак еко-система. Употреба филтрационих система и затворених система за воду помаже у минимизацији овог ризика.

### Деградација земљишта

Подземна експлоатација има изузетну предност у односу на површинску експлоатацију уз квалитетно пројектантско доношење одлуке о методи експлоатације руде литијума. У многим случајевима, деградација земљишта резултира немогућношћу његове обнове без обимних рехабилитационих пројеката. Примена рекултивације, која укључује садњу локалних биљака и стабилизацију тла, значајно може побољшати постојеће услове, али тај процес је дуготрајан и скуп.

### Загађење ваздуха

Током откопавања, честице прашине ослобађају се у јамском ваздуху где могу узроковати проблеме у смислу алергија и плућних болести. Ово се успешно може отклонити коришћењем савремених система за вентилацију рудника у подземној експлоатацији.

### Загађење вода

Вода из рудника често доспева у локалне водотокове. У подручјима са slabим системима

за управљање отпадним водама, токсични материјали могу продрети у водоносне слојеве, што угрожава опстанак еко-система. Употреба филтрационих система и затворених система за воду помаже у минимизацији овог ризика.

### Губитак биодиверзитета

Уништавање природних станишта услед рударства има директан утицај на локалну флору и фауну. У региону Атакама, популације птица и инсеката смањене су за 30% због губитка природних извора хране и воде. Поред тога, велики транспортни путеви, који се граде ради приступа рудницима, убрзавају уништавање станишта.

Програми за очување угрожених врста, као што су компензациона станишта, показали су се ефикасни у смањењу ових ефеката, али захтевају значајна финансијска улагања.

## 3. Социјални, економски и здравствени ризици

Социјални и економски ризици услед откопавања руде литијума често су последица комплексне динамике између рударских компанија, локалних заједница и националних економија. Иако рударство доноси потенцијалне економске користи, укључујући стварање радних места и повећање државних прихода, оно, такође, изазива бројне друштвене изазове који се морају пажљиво сагледати.

## Расељавање становништва и социјалне тензије

Један од најзначајнијих социјалних ризика рударских активности јесте расељавање локалних заједница. У многим случајевима рударске компаније преузимају земљиште које припада локалном становништву, присиљавајући га да напусти своје домове и традиционалне изворе прихода. Ово је често праћено социјалним тензијама, незадовољством и протестима. Пример из Боливије показује како је велики рударски пројекат довео до дуготрајних сукоба између компаније и домородачких заједница.

88 |



Слика 1. Боливија, земља са највише литијума на свету (BIZLife, 2023)

У Србији, у оквиру пројекта „Јадар“, компанија „Рио Тинто“ спровела је јавне расправе и програме компензације како би ублажила социјалне тензије. Такви програми укључују пресељење погођених породица, као и финансијску помоћ за проналажење нових извора прихода.

Поред тога, улагање у изградњу локалне инфраструктуре, попут школа, болница и путева, може значајно допринети смањењу конфликта.

## Економска зависност и нестабилност

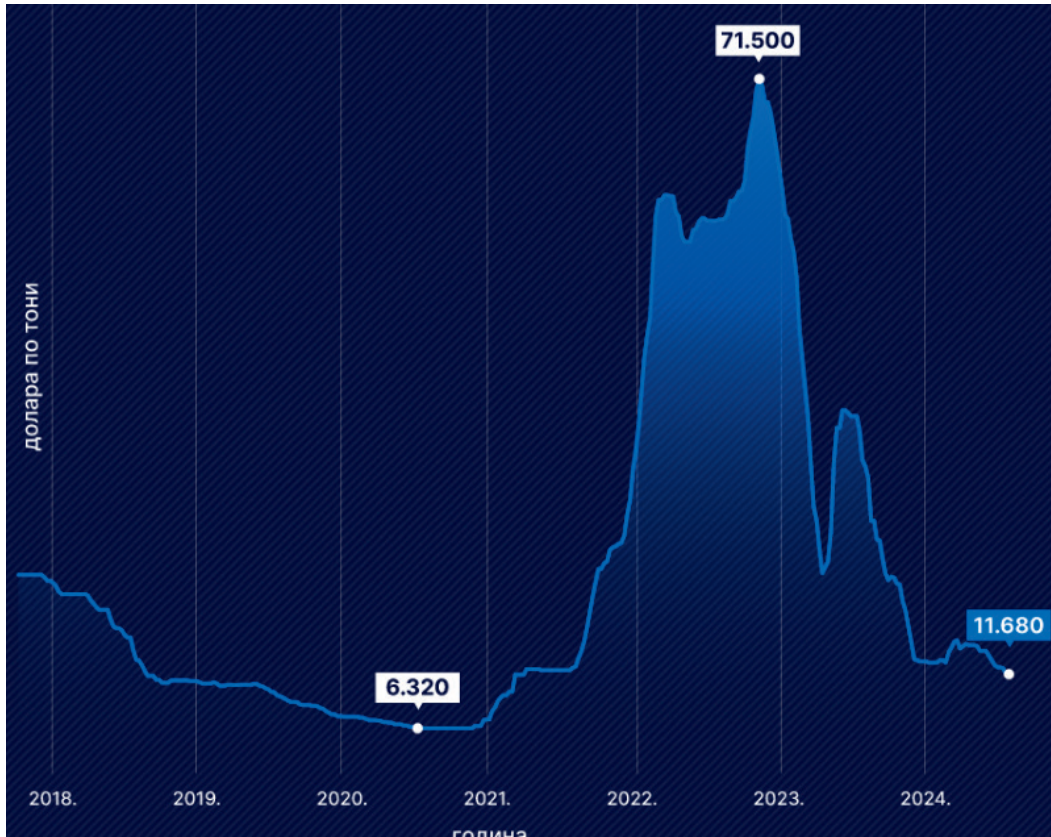
Економска зависност од рударства представља дугорочни ризик за многе земље које се ослањају на извоз руде литијума. Волатилност цена на светском тржишту чини економије које зависе од минералних ресурса осетљивим на промене. Пример су Чиле и Кина, где су велике флукуације цене литијума утицале на државни буџет и економску стабилност.

Цене литијума на светском тржишту показују значајну волатилност, што директно утиче на економију земаља које се ослањају на извоз овог метала. На пример, у периоду од 2020. до 2022. цена литијума је порасла са 6.320 долара на 71.500 долара по тони, да би потом уследио пад од око 80% од краја 2022. године. (RTBalkan, 2024)

На пример, ако цена литијума данас нагло порасте због повећане потражње за електричним возилима, а сутра нагло падне због открића нових резерви, то је пример високе волатилности.

Да би се овај ризик смањило, потребна је диверзификација економских активности. У Србији, у оквиру пројекта „Јадар“, планирано је улагање у локалне високотехнолошке индустрије које би могле смањити економску зависност од рударства. Да би се то постигло, планира се изградња фабрике литијум-јонских батерија, а касније и производња електричних возила. Поред тога, део прихода од рударства може се





Слика 2. Графикон цене литијума на кинеској берзи (RTBalkan, 2024)

уложити у развој образовних и истраживачких центара који ће подстаћи иновације и обезбедити одрживу економију у будућности.

### Конфликти око права на земљиште

Чести су у рударским регионима посебно када локалне заједнице немају јасну правну документацију о својој имовини. У неким случајевима, ово доводи до дуготрајних правних спорова који могу зауставити или одложити рударске про-

јекте. У пројекту „Јадар“ компанија је посветила пажњу откупу земљишта по фер тржишним ценама како би се избегли правни и социјални конфликти.

### Социјални програми као решење

Да би се ублажили социјални ризици, многе компаније уводе програме друштвене одговорности. Ови програми укључују улагање у образовање, здравство и развој локалних предузећа.

У пројекту „Јадар“ један од циљева јесте улагање у еколошку едукацију локалног становништва, као и пружање обука за раднике који ће бити ангажовани у рударском и производном сектору.

### Здравствени ризици

Радници и локално становништво могу бити изложени здравственим ризицима услед рударских активности.

Изложеност токсичним супстанцама: контакт с хемикалијама које се користе у процесу екстракције може довести до здравствених проблема запослених у производњи.

Респираторни проблеми: прашина и емисије из рудника могу изазвати болести дисајних путева.

Несреће на раду: рударство је по природи опасно занимање с високим ризиком од повреда.

## 4. Мере за ублажавање ризика

### Еколошке мере

Рециклажа воде смањује потрошњу за 40% (Marković, 2009). Употреба мање токсичних хемикалија, као што су биолошки разградиве супстанце (RenovablesVerdes, 2024). Инсталација система за пречишћавање ваздуха и воде.



Слика 3. Поглед из ваздуха на поља литијума у пустињи Атакама у Чилеу, Јужна Америка - надреални пејзаж где се рађају батерије

Фото: Shutterstock

## Социјалне мере

Укључивање локалних заједница у процес доношења одлука. Компензациони програми за погођене породице. Улагање у локалну инфраструктуру, укључујући школе и болнице.

## Технолошке мере

Системи за праћење ризика, попут сензора за гасове и система раног упозорења, смањују ризике у подземним рудницима. Коришћење напредних алгоритама и ГИС технологија омогућава ефикасније планирање рударских радова (Rudarstvo.org, 2024).

## 5. Рекултивација терена након експлоатације

Представља кључни корак у смањењу негативних ефеката рударских активности. Основна сврха рекултивације јесте враћање земљишта у стање које омогућава његово поновно коришћење, било за природне еко-системе, пољопривреду или рекреативне сврхе. У рударству литијума, где је често реч о осетљивим еколошким регионима, овај процес добија још већи значај. (Envirotis Holding)

### Примена рекултивације у пројекту „Јадар“

Овај пројекат у Србији пример је планираног приступа рекултивацији. Након завршетка рударских активности, планирано је да се део терена оспособи за пољопривреду, док ће други

делови бити пошумљени локалним врстама биљака, као што су храст и багрем. Тиме се обезбеђује не само еколошка одрживост већ и економска добит за локално становништво (Rio Tinto, 2019).

### Примери успешне рекултивације

#### *Рурска област, Немачка:*

Бивши рудници угља у Руру трансформисани су у јавне паркове и језера, која данас представљају туристичке атракције. Рекултивација је укључивала уклањање токсичних материја, изградњу нове инфраструктуре и стварање станишта за локалне животињске врсте.

#### *Пустиниња Атакама, Чиле:*

У овој области делови напуштених рудника претворени су у центре за посматрање птица. Коришћењем природних техника рекултивације, попут поновног пуњења водоносних слојева, рударске компаније успеле су да обнове делове еко-система.

#### *Гринбушес, Аустралија:*

Овај рудник литијума спровео је биолошку рекултивацију у сарадњи с локалним научним тимовима. Садња еукалиптуса и успостављање нових природних станишта допринели су брзом опоравку земљишта.

### Технички аспекти рекултивације

#### *Процес рекултивације често укључује:*

Техничку санацију: стабилизација терена, уклањање токсичних материја и нивелисање



Слика 4. Минерал Јадарит, Природњачки центар Србије Свилајнац.

Фото: Shutterstock

земљишта; биолошку санацију: садња локалних биљних врста ради враћања природног еко-система; еколошки мониторинг: праћење резултата рекултивације током дужег периода како би се осигурала стабилност нових еко-система.

### *Изазови и трошкови*

Рекултивација је веома скуп процес. Процењује се да трошкови рекултивације могу чинити до 20% укупних трошкова рударског пројекта. Упркос томе, дугорочне користи, укључујући смањење еколошких ризика и повећање квалитета живота локалних заједница, оправдавају ове трошкове.

## 6. Закључак

Откопавање литијума представља изазов, али и могућност за значајан економски и технолошки напредак. Уз примену одрживих пракси и поштовање свих домаћих и ЕУ прописа о заштити животне средине, као и IRMA стандарда о одговорном рударству, могуће је минимизовати еколошке, друштвене и здравствене ризике. Пројекат „Јадар“ у Србији служи као пример одговорног приступа који укључује

савремене технологије, транспарентност и сарадњу с локалним заједницама. Кроз рециклажу воде, употребу мање токсичних хемикалија, модерне вентилационе системе и рекултивацију терена, рударство литијума може постати модел за одрживи развој у индустрији. Међутим, неопходно је наставити с иновацијама и улагањем у истраживање како би се створиле нове технологије које додатно унапређују ову делатност.

## References / Литература

- BIZLife (2023). Available at: <https://bizlife.rs/zemlja-sa-najvise-litijuma-na-svetu/> [In Serbian]
- Envirotis Holding. Available at: <https://envirotis.eu/sr/sanacija-i-rekultivacija/napu-teni-rudnik> [In Serbian]
- Marković, N. (2009). *Household waste: from problem to solution*. Beograd: OSCE [In Serbian]
- RenovablesVerdes (2024). Available at: <https://sr.renovablesverdes.com/биоразградиви-материјали/> [In Serbian]
- Rio Tinto (2019). Sustainable development: our approach to the „Jadar“ Project. Available at: <https://www.riotinto.com/-/media/Content/Documents/Operations/Jadar/RT-Jadar-Environmental-sustainability-SR.pdf>
- RTBalkan (2024). Available at: <https://rt.rs/ekonomija/101365-litijum-cene-svetske-berze-pad/> [In Serbian]
- Rudarstvo.org (2024). Available at: <https://rudarstvo.org/inovacije-u-rudarstvu-kako-illumineation-menja-industriju-u-evropi/> [In Serbian]

**Saša M. Jovanović**

University of Priština with temporary Head Office in Kosovska Mitrovica  
Faculty of Technical Sciences  
Kosovska Mitrovica (Serbia)

**Miloš M. Čolović**

University of Priština with temporary Head Office in Kosovska Mitrovica  
Faculty of Technical Sciences  
Kosovska Mitrovica (Serbia)

**Milica P. Tomović**

University of Priština with temporary Head Office in Kosovska Mitrovica  
Faculty of Technical Sciences  
Kosovska Mitrovica (Serbia)

**Mirsad R. Tarić**

University of Priština with temporary Head Office in Kosovska Mitrovica  
Faculty of Technical Sciences  
Kosovska Mitrovica (Serbia)

**Ognjen D. Popović**

Mining institute Belgrade  
Belgrade (Serbia)

**Miroslav M. Majstorović**

MBV Mineros d. o. o.  
Paskovac (Serbia)

## Risks of Lithium Ore Mining and Their Mitigation

### Summary

Lithium is a key mineral for modern technology and the global energy transition. Its use in batteries for electric vehicles, smart devices, and renewable energy storage systems makes it an indispensable resource. However, the extraction process poses significant risks to the environment, local communities, and worker health. Water consumption, land degradation, pollution, and displacement of populations are among the most common challenges. The Jadar Project in Serbia represents a potential positive example of sustainable mining practices. This paper analyses the main risks and mitigation measures, including technological innovations, land reclamation, and community involvement.

**Keywords:** lithium, mining, mitigation measures, reclamation, environmental risks



**Верица С. Јовановић<sup>[1]</sup>**  
Институт за јавно здравље Србије  
„Милан Јовановић Батут“  
Београд (Србија)



**Игор Л. Драгичевић<sup>[2]</sup>**  
Завод за јавно здравље Шабац  
Шабац (Србија)

УДК 338.23:622(497.11)  
502.175  
Прегледни научни рад  
Примљен: 17.12.2024.  
Прихваћен: 24.12.2024.  
doi: 10.5937/napredak5-55502

# Јавноздравствени значај мониторинга површинских вода, земљишта, ваздуха и биолошког мониторинга и одрживо рударство

**Сажетак:** Савремени технолошки напредак у рударству укључује увођење еколошких стандарда и мера заштите, које значајно доприносе очувању природних ресурса и спречавању потенцијално штетних утицаја на животну средину омогућавајући рану идентификацију и минимизацију ризика. Рударска индустрија има значајну улогу у економском развоју друштва, док у исто време рударство подразумева примену стратегија за очување стања животне средине и здравља као императив очувања јавног здравља кроз примену савремених метода мониторинга параметара животне средине и здравственог стања становништва. Рударењем и геолошким истраживањима могу настати потенцијално токсични елементи (ПТЕ), који у одређеним концентрацијама, у различитим медијумима животне средине, представљају изазове како за животну средину, тако и за здравље људи. Мониторинг животне средине је кључна и обавезна стратегија за постизање одрживог рударства. Одрживи развој рударства кроз ефективан мониторинг воде, земљишта, ваздуха и биолошких индикатора у рударским подручјима омогућава очување еколошке равнотеже и здравља људи на територији експлоатације руда.

**Кључне речи:** рударство, мониторинг, површинске воде, земљиште, ваздух, биомониторинг

## Увод

Рударство представља кључну индустријску грану, која значајно доприноси развоју друштва,

економије и технологије. Експлоатација минерала и метала обезбеђује неопходне ресурсе за бројне секторе, укључујући грађевинарство, производњу електронске опреме, саобраћај и

[1] verica\_jovanovic@batut.org.rs ; <https://orcid.org/0000-0002-9650-0709>

[2] igordragicevic@yahoo.com ; <https://orcid.org/0000-0003-4895-3399>

обновљиве изворе енергије. Ова индустрија такође подстиче технолошке иновације и развој инфраструктуре, чиме доприноси модернизацији друштва. С обзиром на значај очувања природних ресурса и заштите животне средине, активности у рударству одвијају се уз примену најсавременијих регулатива и мера које осигуравају одрживост, а укључују мере заштите животне средине, здравља популације и безбедности и здравља запослених у овој индустрији. Надлежне институције и различити сектори, укључујући различита министарства, активно доприносе интеграцији еколошки одговорних пракси у свим фазама рударских процеса. Овим приступом тежи се постизању баланса између економског развоја и очувања природних еко-система, што доприноси дугорочном очувању здравља становништва и животне средине. Захваљујући оваквом приступу, рударство остаје незаменљиво за дугорочни економски и технолошки напредак, али захтева континуирани мониторинг животне средине.

Јавноздравствени аспект у рударству односи се на идентификацију, праћење и управљање здравственим ризицима повезаним с рударским активностима да би се очували животна средина и здравље људи. Ово обухвата процену утицаја рударских процеса на квалитет површинских вода, земљишта и ваздуха применом интегрисаних система мониторинга. У ширем смислу, мониторинг је неопходан у многим дисциплинама, од заштите животне средине и индустрије до здравства и јавних политика, јер омогућава доношење одлука на основу поузданих података. Мониторинг се дефинише као континуирани процес надгледања, посматрања и прикупља-

ња података о одређеном процесу или стању са циљем доношења релевантних закључака (Кнежевић, et al., 2015). Неки од начина контролесања утицаја рударства на животну средину, значајни за јавно здравље, јесу мониторинг животне средине у ширем смислу, мониторинг земљишта, мониторинг вода, мониторинг ваздуха и биолошки мониторинг.

Мониторинг животне средине у ширем смислу јесте систематски процес који укључује прикупљање и анализу података о одабраним параметрима који карактеришу стање животне средине са циљем благовремене детекције промена, доношења одлука и спречавања негативних утицаја на животну средину (Ehlers & Kastler, 2009; European Comission [EC] 2003). Јавноздравствени значај као приоритет на територији Републике Србије заснива се на мониторингу параметара животне средине као што су квалитет воде, земљишта, ваздуха и мониторингу биолошких параметара. Приликом планирања мониторинга животне средине и одабира параметара за праћење треба узети у обзир својства животне средине и потенцијалне хазарде, извор, простирање и промене хазарда у животној средини и потенцијалне рецепијенте. Приликом експлоатације руде, а посебно металних руда, један од предвиђених хазарда јесте ослобађање метала и металоида који спадају у групу потенцијално токсичних елемената (potentially toxic elements – PTE). Методе и параметри у мониторингу потенцијално токсичних елемената биће условљени пре свега медијумом (земљиште, вода, ваздух или биолошки материјал) у којем се прате потенцијално загађујуће супстанце. При томе треба имати у виду да се



Верица С. Јовановић

Игор Л. Драгичевић

Јавноздравствени значај мониторинга површинских вода, земљишта, ваздуха и биолошког мониторинга и одрживо рударство

одвија стална размена супстанци између воде, седимената, земљишта, ваздуха и живих организама, те се у план мониторинга мора укључити сваки од споменутих медијума (Nieder, 2024).

Мониторинг квалитета вода, земљишта и ваздуха у рударским подручјима значајан је елемент јавноздравствених стратегија, које утичу на очување животне средине и здравља становништва у оквиру мултидисциплинарног приступа праћења фактора ризика по људско здравље. Осим наведених врста мониторинга, издваја се биолошки мониторинг, који је као додатна метода значајан за оцену кумулативног потенцијалног дејства ризика пореклом из процеса експлоатације руда на животну средину и евентуалних утицаја на људско здравље.

Циљ овог рада је сагледавање кључних елемената и метода мониторинга животне средине (површинских вода, ваздуха, земљишта) са циљем очувања јавног здравља у Србији, укључујући и евентуално методе биолошког мониторинга у рударским подручјима и њихову примену у процени ризика по људско здравље.

## Прописи који уређују процес мониторинга животне средине у контексту рударских активности

Процес мониторинга животне средине у Републици Србији у контексту рударских активности уређен је низом закона, подзаконских аката и

правилника, који су усклађени с међународним стандардима и директивама Европске уније (ЕУ). Кључни прописи укључују Закон о заштити животне средине („Службени гласник РС“, бр. 135/04, 36/09, 36/09 – др. закон, 72/09 – др. закон, 43/11 – УС, 14/16, 76/18, 95/18 – др. закон, 94/24 – др. закон), који дефинише обавезе мониторинга квалитета ваздуха, воде, земљишта и биодиверзитета, као и поступке процене утицаја на животну средину и стратешке процене утицаја. Закон о рударству и геолошким истраживањима („Службени гласник РС“, бр.

101/15, 95/18 – др. закон и 40/21) обавезује на надзор и санацију животне средине током и након експлоатације минералних сировина, уз израду студија о утицају на животну средину. Закон о

водама („Службени гласник РС“, бр. 30/10, 93/12, 101/16, 95/18, 95/18 – др. закон) регулише заштиту и одрживо коришћење водних ресурса, укључујући редовно праћење квалитета површинских и подземних вода у близини рударских објеката.

Закон о процени утицаја на животну средину („Службени гласник РС“, број 94/24) прописује поступке процене утицаја пројеката на животну средину, укључујући примену јавних расправа, закључке стручних тела и континуирани мониторинг током реализације пројеката. Закон о управљању отпадом („Службени гласник РС“, бр. 36/09, 88/10, 14/16, 95/18 – др. закон и 35/23) уређује управљање рударским отпадом и мониторинг потенцијалног загађења из јаловишта и других отпадних материјала.

Јавноздравствени аспект у рударству односи се на идентификацију, праћење и управљање здравственим ризицима повезаним с рударским активностима да би се очували животна средина и здравље људи.

Република Србија хармонизује своје прописе у овој области с директивама ЕУ, што омогућава примену највиших стандарда заштите животне средине у области рударства. Кључне институције које налажу спровођење мониторинга јесу Агенција за заштиту животне средине, Министарство заштите животне средине и Инспекција за заштиту животне средине уколико прописи Републике Србије то налажу.

Примена законских одредаба у области мониторинга доприноси смањењу потенцијално негативног утицаја рударских активности на животну средину и здравље становништва, омогућава правовремену идентификацију и отклањање потенцијалних ризика и подржава одрживи развој и заштиту природних ресурса.

Закон о јавном здрављу РС („Службени гласник РС“, број 15/16) дефинише као кључну обавезу државе очување јавног здравља и примену свих стратегија мониторинга животне средине ради њеног очувања.

## Елементи мониторинга животне средине

Мониторинг животне средине заснива се на праћењу задатих параметара, који могу бити квалитативни или чешће квантитативни. У мониторингу животне средине најчешће се прате хемијски, физичко-хемијски и биолошки параметри. Претходно дефинисани параметри могу се мерити или одређивати *in situ* или узорковањем и накнадним одређивањем. У зависности од природе параметара, њихова вредност се може мерити континуирано или интермитентно

(Ruppen, 2021). У плану мониторинга неопходно је дефинисати: географско подручје на којем се врши мониторинг; параметре који се прате и средину (медијум); план и начин директног мерења или узорковања; услове чувања и транспорта узорака; обраду узорака; анализу узорака; план обраде података; план анализе података, начин приказивања и дисеминације резултата.

У процесу мониторинга животне средине треба обезбедити и планом предвидети израду стандардних протокола за сваку фазу мониторинга; обуку особља које ће изводити мониторинг; логистичке услове за примену мониторинга, као и одговарајућу акредитацију и сертификацију институција које спроводе мониторинг (ЕС, 2003; Modoi, 2014).

## Мониторинг површинских вода, земљишта и ваздуха

Наведене врсте мониторинга кључне су за очување јавног здравља. Очување јавног здравља подразумева заштиту животне средине, али и очување здравља становништва. Прецизно дефинисање испитиваног подручја и његових карактеристика неопходно је за ефикасно спровођење наведених мониторинга (Loreda et al., 2010). Дефинисање географског подручја подразумева познавање његове величине и тачног положаја. Такође, за мониторинг површинских вода потребно је мапирање читавог слива, укључујући и притоке водних тела која се налазе на рударском подручју (Wei et al., 2018). Осим тога, треба одредити положај делова водних тела у односу на места/подручја вађења и пре-

раде руде, као и одлагања отпада, и дефинисати који се делови налазе узводно, а који низводно од ових места (Modoi, 2014, Jiménez-Oyola et al., 2023; Ruppen, et al., 2021).

За стручно спроведен мониторинг вода веома је значајно познавање састава и структуре стена и земљишта, као и јаловина, пре свега због њихове потенцијалне интеракције с површинским водама. Јаловине су споредни производ процеса рударства, тј. експлоатације и прераде руда у облику течног муља, односно суспензија. Треба истаћи да хемијски састав суспендованих честица зависи од састава руде, стена и земљишта, као и хемикалија коришћених за прераду руде. Из наведеног разлога особине јаловине зависе од њиховог састава, киселости, сапинитета, расподеле величине честица, садржаја чврсте материје и конзистенције (Gorakhki & Bareither, 2016; Wang et al., 2014). Пратећи ток експлоатације руде јесте одговорно управљање генерисаним отпадом. Веома значајна превентивна пракса у заштити животне средине јесте правилно управљање отпадом насталим током експлоатације руде што је императивна радња у одрживом рударству.

Треба истаћи, такође, да у опис карактеристика испитиваног подручја рударства улазе и климатолошки подаци, пре свега просечна годишња температура, количина падавина и сезонски распоред падавина (Loredo et al., 2010). Количина падавина утиче на биогеохемијске процесе у земљишту и током дужих сушних периода може доћи до снижавања киселости земљишта и додатне мобилизације ПТЕ и њиховог преласка у воду (Modoi et al., 2014). За квалитетно спровођење мониторинга вода значајан

параметар је и брзина протока у текућим водама која је такође уско повезана с климатским параметрима (Nordstrom, 2011).

У мониторингу квалитета површинских вода у рударским подручјима прати се, пре свега, концентрација супстанци од интереса за одређену врсту рудника. Дефинисани параметри прате се интермитентно, узорковањем воде и накнадном анализом узорака. Такође, параметри, као што су рН и електрична проводљивост, прате се *in situ*, односно директним мерењем, при чему се могу пратити или интермитентно или континуирано, постављањем одговарајућих сензора и система за аутоматско бележење резултата мерења (Ruppen et al., 2021). За процес мониторинга површинских вода увек треба дефинисати тачна места узорковања (мрежу места узорковања), време и учесталост узимања узорака (календар узорковања) као и контролу квалитета узорковања (Behmel et al., 2016; Jiang et al., 2020).

Приликом израде плана за мониторинг земљишта треба одредити тип земљишта према величини честица (песковито, муљевито или глиновито), што представља први корак у анализи. Такође, изузетно значајно за мониторинг земљишта јесте и праћење киселости земљишта, уз истовремено испитивање хемијског састава, укључујући садржај органских материја које значајно утичу на особине земљишта у спровођењу мониторинга земљишта. Посебну пажњу треба посветити садржају и облицима елементарна као што су алуминијум (Al), гвожђе (Fe) и манган (Mn), јер њихови оксиди често служе као центри за копреципитацију других елементарна, што може указати на њихово понашање у

земљишту (Rinklebe et al., 2019). Важно је знати да на токсичност, мобилност и биолошку расположивост ПТЕ утиче и њихов облик, односно специјација, која зависи од биогеохемијских процеса у земљишту који, осим од рН вредности, зависе од бројних параметара, укључујући и неке елементе који потичу од активности микроорганизама (Frohne et al., 2014; Ponting et al., 2021).

Према Ринклебе и сарадницима, приликом планирања узорковања, осим дефинисања места и времена, неопходно је познавање профила земљишта и дефинисање дубине с које се узима узорак (Rinklebe et al., 2019). Такође, Нидер и Бенби наводе да су концентрације елемената у честицама земљишта у сталној равнотежи с водом која се налази у порама земљишта, чиме постају доступни живим организмима (Nieder & Benbi, 2023). Због овакве динамике ПТЕ између земљишта и воде треба мапирати хидролошке карактеристике подручја, као и евидентирати потенцијално плавна подручја (Ponting et al., 2021). Према доступној литератури иновације у мониторингу земљишта условљене су све бржим развојем сензора и њиховом применом. Међутим, тренутно су узорковање и накнадна анализа узорака и даље методе које се рутински примењују.

Главни изазови повезани с рударском индустријом односе се на депоније рударског отпада које могу утицати на животну средину. Због своје хемијске природе, која укључује недостатак хранљивих материја и високу концентрацију метала и металоида, рударска одлагалишта (депонија) могу потенцијално негативно утицати на животну средину због чега су безбедносне мере у процесу управљања отпадом изузетно значајне.

Један од ефеката рударских активности јесте деградација земљишта, која се посебно испољава у близини рударских локација (Ali et al., 2021). У овим подручјима тло може потенцијално бити контаминирано тешким металима и металоидима, па се овакве појаве обавезно превенирају. Савремене методе одлагања рударског отпада укључују раздвајање фракција, као и згушњавање, исушивање и компримовање јаловине (отпада), чиме се могу смањити потенцијални утицаји рударског отпада на животну средину (Furnell et al., 2022; Onifade et al., 2024).

Према Закону о заштити ваздуха („Службени гласник РС“, бр. 36/09, 10/13 и 26/21 – др. закон) да би се обезбедило ефикасно управљање квалитетом ваздуха, успоставља се интегрисани систем за праћење и контролу нивоа загађења, као и за вођење базе података о стању квалитета ваздуха, познат као мониторинг квалитета ваздуха.

Мониторинг квалитета ваздуха представља један од кључних инструмената, чија примена доприноси очувању здравља становништва и заштити животне средине. Ова пракса је посебно важна у рударским подручјима где индустријске активности могу значајно утицати на концентрацију загађујућих материја у ваздуху. Системом мониторинга квалитета ваздуха успоставља се државна и локална мрежа мерних станица и/или мерних места за фиксна мерења квалитета ваздуха. Рударске активности сврставају се међу најзначајније људске делатности које могу допринети емисији прашине и аеросола у зависности од типа рудника, захватају велике површине на глобалном нивоу и укључују присуство потенцијално токсичних елемената

Верица С. Јовановић

Игор Л. Драгичевић

Јавноздравствени значај мониторинга површинских вода, земљишта, ваздуха и биолошког мониторинга и одрживо рударство

(ПТЕ) (Csavina et al., 2012). Значај мониторинга ваздуха огледа се у правовременом откривању повећаних концентрација загађујућих супстанци, што омогућава брзе интервенције и доношење мера за заштиту становништва. Посебно је важно нагласити да редовно праћење квалитета ваздуха омогућава процену дугорочних трендова, чиме се доприноси стратешком планирању и унапређењу јавног здравља у Србији.

## Биолошки мониторинг и рударство

Биолошки мониторинг представља метод праћења концентрације одређених параметара и важан је приступ за процену утицаја загађивача, као што су потенцијално токсични метали и металоиди, на људско здравље и животну средину у рударским областима. Рударске активности често доводе до ослобађања потенцијално токсичних елемената (ПТЕ), као што су арсен (As), кадмијум (Cd), олово (Pb), али и сребро (Ag), жива (Hg) и цинк (Zn) (Rakete et al., 2021). Коришћење биолошког мониторинга омогућава идентификацију присутности метала и металоида и процену нивоа изложености живих организама.

Биомониторинг представља трајно, дугорочно или периодично праћење, процену биолошких и еколошких промена (параметара) уз коришћење специфичних методолошких

Данас, у Републици Србији, у складу с прописима, наведене врсте мониторинга у рударским подручјима јесу кључне заштитне стратегије за очување животне средине и јавног здравља у целини.

приступа (Hirvonen, 2008). Такође, биолошки мониторинг је примена живих организама као биоиндикатора промена у животној средини

у простору и времену. Појам „биоиндикатори“ први пут је увео Клементс 1920. године да би означио организме који својим присуством на одређеном станишту указују на еколошке ус-

лове тог станишта. Биолошки мониторинг се из методолошких разлога дели на различите категорије у зависности од типа животне средине у којој се прате промене, а то су: мониторинг ваздуха (где се као биоиндикатори користе лишјајеви и маховине); мониторинг водене средине (с биоиндикаторима као што су алге, бактерије, рибе и други организми који указују на промене у стању воде); и мониторинг земљишта (где се као биоиндикатори користе више биљке, односно вегетација) (Metcalf, 1989).

Такође, повремено и најчешће пројектног типа, спроводе се и анализе биолошких узорака у хуманој популацији. За овакве методе потребне су посебне сагласности испитаника или постојање законске регулативе. У тим случајевима на основу анализираних биолошких узорака као што су крв, урин, коса или пљувачка у хуманој популацији могуће је пратити кумулативни утицај ових контаминаната на здравље популације, али и на еко-системе који се налазе у непосредној близини рударских подручја (Molina-Villalba et al., 2015; Rakete et al., 2021).

Према Нагајоти, тешки метали и металоиди присутни у земљи не могу се разградити због

своје постојаности и стабилности, већ се биоакумулирају и тиме постепено доспевају у биљке, животиње и људе преко ваздуха, воде и ланца исхране (Nagajoti, 2010). Арсен, кадмијум, шестовалентни хром, бакар, олово, метил-жива, никл, цинк јесу тешки метали који имају способност биоакумулације (U. S. Environmental Protection Agency [EPA], 2000). Такође, према подацима Агенције за заштиту животне средине (ЕПА) процес биоакумулације праћен је и процесом биомагнификације, где се концентрације штетних супстанци повећавају како се крећу ка врху ланца исхране, а најугроженији су предатори на врху ланца због конзумирања великих количина згађених организама (EPA, 2021). Фактори биомагнификације представљају однос концентрације метала у телу предатора у поређењу с пленом, чиме се јасно прати како метали пролазе кроз ланац исхране и повећавају концентрације у организму предатора (Ciesielski et al., 2006).

У контексту површинских вода и земљишта у рударским регионима, биолошки мониторинг се користи за идентификацију извора загађења и процену његових дугорочних ефеката (Costa & Teixeira, 2014). Специфични организми, као што су рибе, биљке и микроорганизми, познати као биоиндикатори, омогућавају рано препознавање загађења у води и присуства загађујућих супстанци, што помаже у процени његових последица на стабилност еко-система (Сакај et al., 2024; Chovanec et al., 2003).

Биолошки мониторинг се такође, али веома ретко, користи и за процену изложености локалног становништва, нарочито у подручјима где се обављају рударске активности, које потенцијално могу довести до повећане концентрације ПТЕ

у околину, за процену здравствених ризика како за раднике у рудницима, тако и за локално становништво (Michalak & Chojnaska, 2014). Коришћење биолошког мониторинга у рударским областима доприноси бољем разумевању еколошких и здравствених ризика повезаних с потенцијално токсичним елементима, чиме се омогућава ефикаснији мониторинг животне средине (EPA, 2022). Оваква примена наведеног мониторинга спроводи се спорадично.

## Одрживи развој рударства и мере заштите животне средине и здравља становништва

Према литератури, са аспекта јавноздравствене анализе постоје две основне методе експлоатације руда: површинска и подземна.

Површинска експлоатација руда, према литератури, даје већу ефикасност и безбедност, али потенцијално може да наруши балансе у животној средини. Подземна експлоатација руде еколошки је прихватљивија (Sahu et al., 2015).

Имајући у виду до сада наведене чињенице у вези с мониторингом у различитим медијима, већина аутора дефинише одрживо рударство или одрживи развој рударства као праксу која постиже равнотежу између економских, еколошких и друштвених фактора (Laurence, 2011). Закључује се да одрживи развој рударства подразумева постизање баланса између економске исплативости, техничке изводљивости, еколошке одговорности и друштвеног утицаја, уз фокус на интеграцију концепта одрживости у стратегије доношења одлука (Pavan Kumar, 2014). Минимизирање утицаја

**Верица С. Јовановић**

**Игор Л. Драгичевић**

Јавноздравствени значај мониторинга површинских вода, земљишта, ваздуха и биолошког мониторинга и одрживо рударство

на животну средину у свим фазама животног циклуса рудника кључно је за подршку одрживом развоју рударства, што се постиже ефикасним управљањем животном средином (Hilson & Murck, 2000). Према Лоренсу, безбедност се у рударству постиже кроз одговорно управљање ризицима, ефикасне системе мониторинга и извештавања, сталну едукацију, обуку и унапређење капацитета људства запосленог у рударству, али и опреме и радних процеса (Laurence, 2005). Све наведене активности представљају мере које доприносе заштити животне средине и здравља становништва, чиме се обезбеђује дугорочна одрживост рударских пројеката.

Пре почетка рада рудника, као прва и најзначајнија мера, спроводи се студија процене утицаја на животну средину која се примењује на пројекте у индустрији, рударству, енергетици, саобраћају, туризму, пољопривреди, шумарству, водопривреди, управљању отпадом, комуналним делатностима, као и за пројекте у заштићеним природним и културним добрима. Према Закону о процени утицаја на животну средину („Службени гласник РС“, бр. 135/04 и 36/09), студија о процени утицаја на животну средину анализира квалитет животне средине, осетљивост на одређеном простору, утицаје постојећих и планираних активности, као и мере за спречавање штетних ефеката на животну средину и људско здравље. Пре отварања рудника, примењује се пракса да је компанија која иницира отварање и рад рудника у обавези да осигура да ће у наведеној студији бити детаљно обрађени и приказани сви потенцијални кумулативни утицаји пројекта на животну средину. Још важније, за сваки од детектованих потенцијалних утицаја неопходно

је таксативно навести мере за њихову минимизацију, као и планове мониторинга за различите медијуме. Мониторинг како животне средине, тако и здравственог стања становништва представља кључне аспекте у одрживом рударству, где треба обезбедити редовност спровођења, континуитет како би се благовремено идентификовали и минимизирали потенцијални негативни утицаји на животну средину и здравље људи.

## Унапређење безбедности и одрживости у рударству – савремене праксе

| 103

Током последњих година глобално пажња у рударству усмерена је на унапређење правних оквира, који регулишу безбедност у рударском сектору. Овај напредак је резултат сарадње влада и међународних организација, које су свесне потреба за модерним приступом решавању нових изазова и смањењу негативних последица рударских активности на животну средину и људско здравље.

Међународни савет за рударство и метале (ICMM) представља једну од важних иницијатива и окупља водеће светске компаније у сектору рударства и металургије. Њихов сет основних принципа пословања промовише одговорно пословање у рударству, еколошку одрживост и сигурност радника (International Council on Mining & Metals [ICMM], 2024). Последњих година тренд у свету јесте унапређење законодавства у области рударства. Евидентира се да се на националном нивоу бројне земље унапређују законодавство да би одговориле на локалне специфичности и изазове унутар рударске индустрије.

У пракси, компаније у рударском сектору примењују различите мере за обезбеђивање безбедног радног окружења. Наведено обухвата квалитетне програме обуке за едуковање радника о ризицима посла у рударству и заштитним и превентивним мерама, примену савремених технологија за аутоматизацију и мониторинг услова рада у рудницима, као и употребу личне заштитне опреме (Arbak, 2015; Agboola et al., 2020; Kursunoglu et al., 2022). Осим наведеног, креирање ефикасних планова за реаговање у хитним ситуацијама и континуирано праћење здравственог стања радника помажу у превенцији и правовременом лечењу уколико је потребно. Веома значајна карактеристика одговорног пословања у области рударства јесте и унапређење информисања заједнице. Укључивање локалне заједнице у процесе доношења одлука такође има велики значај и овакво поступање компанија које управљају рудником ствара поверење и развија могућности сарадње између компанија и заједница.

Пратећи развој рударства, али и метода мониторинга различитих параметара животне средине, континуирани напредак технологија које се у наведеној индустрији примењују, интеграција напредних технологија, попут вештачке интелигенције и роботике, заједно смањује степен излагања радника опасностима и оптимизује безбедносне стандарде (Hyder et al., 2019). Истовремено, глобални тренд ка одрживим праксама у рударству захтева смањење потенцијално негативних утицаја на животну средину (Gorman & Dzombak, 2018). У светлу све веће потражње за ресурсима, рударска индустрија имаће обавезе да балансира између одрживости ове гране, заштите здравља радника и тржишних потреба.

## Закључак

Одговорно управљање рударским активностима, посебно у контексту потенцијалних пројеката који се спроводе у свету, али и на територији Републике Србије, захтева свеобухватан приступ који укључује примену најсавременијих одрживих технолошких решења у рударству, примену мера заштите животне средине и транспарентно учешће свих заинтересованих страна у постизању одговорног управљања рударским активностима. Свеобухватан приступ подразумева примену модерних технологија, унапређење регулативе и јачање сарадње између држава и компанија које изводе послове у наведеној индустрији. Овакав приступ је кључ за постизање одговорног рударства, које је безбедно за раднике, становништво и животну средину. Примена најбољих доступних техника за управљање отпадом, пречишћавање воде и контролу емисија ПТЕ у подручјима рада рудника омогућава минимизацију њиховог потенцијално негативног утицаја на животну средину и здравље становништва. Континуирани мониторинг животне средине и укључивање локалних заједница у праћење информација у вези с радом рудника доприноси унапређењу информисаности становништва о примењеним технологијама и безбедносним мерама.

Интеграција мултисекторске сарадње између државних институција, научних организација и цивилног сектора и локалних самоуправа доприноси ефикаснијем решавању изазова или непредвиђених догађаја у вези с рударством, уз придржавање домаћих и европских стандарда



Верица С. Јовановић

Игор Л. Драгичевић

Јавноздравствени значај мониторинга површинских вода, земљишта, ваздуха и биолошког мониторинга и одрживо рударство

у рударству и заштити животне средине. Осим техничких мера, подизање степена информисаности и свести становништва, али и информисаности запослених у овој индустрији, има

значајну улогу у постизању одрживости рударства и очувању природних ресурса и безбедне животне средине.

---

## References/Литература

- Agboola, O., Babatunde, D. E., Isaac Fayomi, O. S., Sadiku, E. R., Popoola, P., Moropeng, L., Yahaya, A., & Mamudu, O. A. (2020). A review on the impact of mining operation: Monitoring, assessment and management. *Results in Engineering*, 8, 100181. doi.org/10.1016/j.rineng.2020.100181
- Ali, B., Loubna, B., & Leila, B. (2021). Impacts of mining activities on soil properties: case studies from Morocco mine sites. *Soil Science Annual*, 71 (4), 395–407. doi.org/10.37501/soilsa/133011
- Arbak, P. (2015). Precautions for the Prevention of Mine Accidents and Related Respiratory Emergencies. *Turkish Thoracic Journal / Türk Toraks Dergisi*, 16 (1), 25–26. doi.org/10.5152/ttd.2015.007
- Behmel, S., Damour, M., Ludwig, R., & Rodriguez, M. J. (2016). Water quality monitoring strategies - A review and future perspectives. *The Science of the total environment*, 571, 1312–1329. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.235
- Cakaj, A., Drzewiecka, K., Hanć, A., Lisiak-Zielińska, M., Ciszewska, L., & Drapikowska, M. (2024). Plants as effective bioindicators for heavy metal pollution monitoring. *Environmental Research*, 256, 119222. doi.org/10.1016/j.envres.2024.119222
- Chovanec, A., Hofer, R., & Schiemer, F. (2003). Chapter 18 Fish as bioindicators. *Trace Metals and Other Contaminants in the Environment*, 639–676. doi.org/10.1016/s0927-5215(03)80148-0
- Ciesielski, T., Pastukhov, M. V., Fodor, P., Bertenyi, Z., Namieśnik, J., & Szefer, P. (2006). Relationships and bioaccumulation of chemical elements in the Baikal seal (*Phoca sibirica*). *Environmental Pollution*, 139 (2), 372–384. doi.org/10.1016/j.envpol.2004.12.040
- Costa, C., Teixeira, J. P. (2014). Biomonitoring. *Encyclopedia of Toxicology*. doi.org/10.1016/B978-0-12-386454-3.01000-9
- Csavina, J., Field, J., Taylor, M. P., Gao, S., Landázuri, A., Betterton, E. A., & Sáez, A. E. (2012). A review on the importance of metals and metalloids in atmospheric dust and aerosol from mining operations. *Science of the Total Environment*, 433, 58–73. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.06.013
- Ehlers, M., Kastler, T. (2009). Environmental monitoring. In: Bullinger, H. J. (ed.), *Technology Guide*. Berlin, Heidelberg: Springer. doi.org/10.1007/978-3-540-88546-7\_71
- European Commission. (2003). Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on the General Principles of Monitoring. Available at: [https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2020-03/superseded\\_mon\\_bref\\_0703.pdf](https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2020-03/superseded_mon_bref_0703.pdf)

- Frohne, T., Rinklebe, J., & Diaz-Bone, R. A. (2014). Contamination of Floodplain Soils along the Wupper River, Germany, with As, Co, Cu, Ni, Sb, and Zn and the Impact of Pre-definite Redox Variations on the Mobility of These Elements. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 23 (7), 779-799. doi.org/10.1080/15320383.2014.872597
- Furnell, E., Bilaniuk, K., Goldbaum, M., Shoaib, M., Wani, O., Tian, X., Chen, Z., Boucher, D., & Bobicki E.R. (2022). Dewatered and Stacked Mine Tailings: A Review. *ACS ES & T Engineering*, 2 (5), 728-745. doi.org/10.21202/acsestengg.1c00480
- Gorakhki, M. R. H., & Bareither, C. A. (2016). Effects of Salinity on the Geotechnical Characterization of Fine-Grained Soils and Mine Tailings. *Geotechnical Testing Journal*, 39 (1), 45-58. doi.org/10.1520/GTJ20140283
- Gorman, M. R., & Dzombak, D. A. (2018). A review of sustainable mining and resource management: Transitioning from the life cycle of the mine to the life cycle of the mineral. *Resources, Conservation and Recycling*, 137, 281-291. doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.06.001
- Hilson, G., & Murck, B. (2000). Sustainable development in the mining industry: clarifying the corporate perspective. *Resources Policy*, 26 (4), 227-238. doi.org/10.1016/s0301-4207(00)00041-6
- Hirvonen, A. (2008). *Biomonitoring*. Springer EBooks, 355-58. doi.org/10.1007/978-3-540-47648-1\_643
- Hyder, Z., Siau, K., & Nah, F. (2019). Artificial Intelligence, Machine Learning, and Autonomous Technologies in Mining Industry. *Journal of Database Management*, 30 (2), 67-79. doi.org/10.4018/jdm.2019040104
- International Council on Mining & Metals. (2024). Mining principles: Performance expectations for environmental, social and governance practices. Available at: <https://pimcore.icmm.com/website/publications/pdfs/mining-principles/mining-principles.pdf?cb=59962>
- Jiménez-Oyola, S., Valverde-Armas, P.E., Romero-Crespo, P. et al. (2023). Heavy metal(loid)s contamination in water and sediments in a mining area in Ecuador: a comprehensive assessment for drinking water quality and human health risk. *Environ Geochem Health*, 45, 4929-4949. doi.org/10.1007/s10653-023-01546-3
- Jiang, J., Tang, S., Han, D., Fu, G., Solomatine, D., & Zheng, Y. A. (2020). Comprehensive review on the design and optimization of surface water quality monitoring networks. *Environmental Modelling & Software*, 132, 104792
- Knežević, D., Nišić, D., Cvjetić, A., Randelović, D., Sekulić, Z. (2015). *Monitoring in the environment - Selected chapters*. Beograd: Univerzitet u Beogradu - Rudarsko geološki fakultet. [In Serbian]
- Kursunoglu, N., Onder, S., & Onder, M. (2022). Evaluation of Personal Protective Equipment Usage Habit of Mining Employees Using Structural Equation Modeling. *Safety and Health at Work*, 13 (2). doi.org/10.1016/j.shaw.2022.03.004
- Laurence, D. (2005). Safety rules and regulations on mine sites - The problem and a solution. *Journal of Safety Research*, 36(1), 39-50. doi.org/10.1016/j.jsr.2004.11.004
- Laurence, D. (2011). Establishing a sustainable mining operation: an overview. *Journal of Cleaner Production*, 19 (2-3), 278-284. doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.08.019
- Loredo, J., Petit-Domínguez, M. D., Ordóñez, A., Galán M. P., Fernández-Martínez, R., Alvarez, R., & Rucandio M. I. (2010). Surface water monitoring in the mercury mining district of Asturias (Spain). *Journal of Hazardous Materials*, 176, 323-332. doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.11.031
- Metcalf, J. L. (1989). Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: History and present status in Europe. *Environmental Pollution*, 60 (1-2), 101-139. doi.org/10.1016/0269-7491(89)90223-6

- Michalak, I., Chojnacka, K. (2014). Effluent Biomonitoring. *Encyclopedia of Toxicology*. doi.org/10.1016/B978-0-12-386454-3.01008-3
- Modoi, O.-C., Roba, C., Török Z., & Ozunu A. (2014). Environmental risks due to heavy metal pollution of water resulted from mining wastes in northwest Romania. *Environmental Engineering and Management Journal*, 13 (9), 2325–2336. http://omicron.ch.tuiasi.ro/EEMJ/
- Molina-Villalba, I., Lacasaña, M., Rodríguez-Barranco, M., Hernández, A. F., Gonzalez-Alzaga, B., Aguilar-Garduño, C., & Gil, F. (2015). Biomonitoring of arsenic, cadmium, lead, manganese and mercury in urine and hair of children living near mining and industrial areas. *Chemosphere*, 124, 83–91. doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.11.016
- Nagajyoti, P. C., Lee, K. D., & Sreekanth, T. V. M. (2010). Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 8 (3), 199–216. doi.org/10.1007/s10311-010-0297-8
- Nieder, R., & Benbi, D. (2024). Potentially toxic elements in the environment – a review of sources, sinks, pathways and mitigation measures. *Reviews on Environmental Health*, 39 (3), 561–575. doi.org/10.1515/reveh-2022-0161
- Nordstrom, D.K. (2011). Hydrogeochemical processes governing the origin, transport and fate of major and trace elements from mine wastes and mineralized rock to surface water. *Applied Geochemistry*, 26, 1777–179. doi.org/10.1016/j.apgeochem.2011.06.002
- Onifade, M., Zvarivadza, T., Adebisi, J. A., Said, K. O., Dayo-Olupona, O., Lawal, A. I., & Khandelwal, M. (2004). Advancing toward sustainability: The emergence of green mining technologies and practices. *Green and Smart Mining Engineering*, 1 (2), 157–174. doi.org/10.1016/j.gsme.2024.05.005
- Pavan Kumar, N. (2014). Review on Sustainable Mining Practices. *International Research. Journal of Earth Sciences*, 2 (10), 26–29. Available at: [https://www.isca.me/EARTH\\_SCI/Archive/v2/i10/4.ISCA-IRJES-2014-030.pdf](https://www.isca.me/EARTH_SCI/Archive/v2/i10/4.ISCA-IRJES-2014-030.pdf)
- Ponting, J., Kelly, T.J., Verhoef, A., Watts, M.J., Sizmur, T. (2021). The impact of increased flooding occurrence on the mobility of potentially toxic elements in floodplain soil – A review. *Science of The Total Environment*, 754, 142040
- Rakete, S., Moonga, G., Wahl, A.-M., Mambrey, V., Shoko, D., Moyo, D., Muteti-Fana, S., Tobollik, M., Steckling-Muschack, N., & Bose-O'Reilly, S. (2021). Biomonitoring of arsenic, cadmium and lead in two artisanal and small-scale gold mining areas in Zimbabwe. *Environmental Science and Pollution Research*. doi.org/10.1007/s11356-021-15940-w
- Rinklebe, J., Antoniadis, V., Shaheen, S. M., Rosche, O., & Altermann, M. (2019). Health risk assessment of potentially toxic elements in soils along the Central Elbe River, Germany. *Environment international*, 126, 76–88. doi.org/10.1016/j.envint.2019.02.011
- Ruppen, D., Chituri Owen, A., Meck Maideyi, L., Pfenninge, r N., & Wehrli, B. (2021). Community-Based Monitoring Detects Sources and Risks of Mining-Related Water Pollution in Zimbabwe. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 754540. doi.org/10.3389/fenvs.2021.754540
- Sahu, H. B., Prakash, N., & Jayanthu, S. (2015). Underground Mining for Meeting Environmental Concerns – A Strategic Approach for Sustainable Mining in Future. *Procedia Earth and Planetary Science*, 11, 232–241. doi.org/10.1016/j.proeps.2015.06.030
- U.S. Environmental Protection Agency. (2000, February). Bioaccumulation testing and interpretation for the purpose of sediment quality assessment: Status and needs (Table 4-2). Available at: <https://archive.epa.gov/water/archive/polwaste/web/pdf/bioaccum.pdf>

- U. S. Environmental Protection Agency. (2021). Toxics in the food web. Available at: <https://www.epa.gov/salish-sea/toxics-food-web>
- U.S. Environmental Protection Agency. (2022). Introduction to biomonitoring topics. Available at: [https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-10/biomonitoring\\_intro.pdf](https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-10/biomonitoring_intro.pdf)
- Wang, C., Harbottle, D., Liu, Q., & Xu, Z. (2014). Current state of fine mineral tailings treatment: A critical review on theory and practice. *Minerals Engineering*, 58, 113-131. doi.org/10.1016/j.mineng.2014.01.018
- Wei, W., Ma, R., Sun, Z., Zhou, A., Bu, J., Long, X., & Liu, Y. (2018). Effects of Mining Activities on the Release of Heavy Metals (HMs) in a Typical Mountain Headwater Region, the Qinghai-Tibet Plateau in China. *International journal of environmental research and public health*, 15 (9): 1987. doi.org/10.3390/ijerph15091987
- 

**Verica S. Jovanović**

Institute of Public Health of Serbia "Milan Jovanović Batut"  
Belgrade (Serbia)

**Igor L. Dragičević**

Public Health Institute of Šabac  
Šabac (Serbia)

## The Public Health Importance of Monitoring Surface Water, Soil, Air, and Biological Monitoring, and Sustainable Mining

### Summary

Modern technological advancements in mining involve the implementation of environmental standards and protective measures that significantly contribute to preserving natural resources and preventing potentially harmful impacts on the environment. These advancements enable early identification and minimisation of risks. The mining industry plays a vital role in the economic development of society while simultaneously adhering to strategies for environmental preservation and public health protection. This is achieved through modern methods for monitoring environmental parameters and population health. Mining and geological exploration may lead to the presence of potentially toxic elements (PTEs), which in certain concentrations across various environmental media pose challenges to both the environment and human health. Environmental monitoring is a crucial strategy for achieving sustainable mining. Sustainable mining development through effective monitoring of water, soil, air, and biological indicators in mining areas ensures the preservation of ecological balance and public health in regions where mineral exploitation occurs.

**Keywords:** mining, monitoring, surface water, soil, air, bio-monitoring

# Book Reviews



**Наташа М. Ракетић**<sup>[1]</sup>

Факултет за медије и комуникације  
Београд (Србија)

УДК 070:929 Лукач С.(093.42)

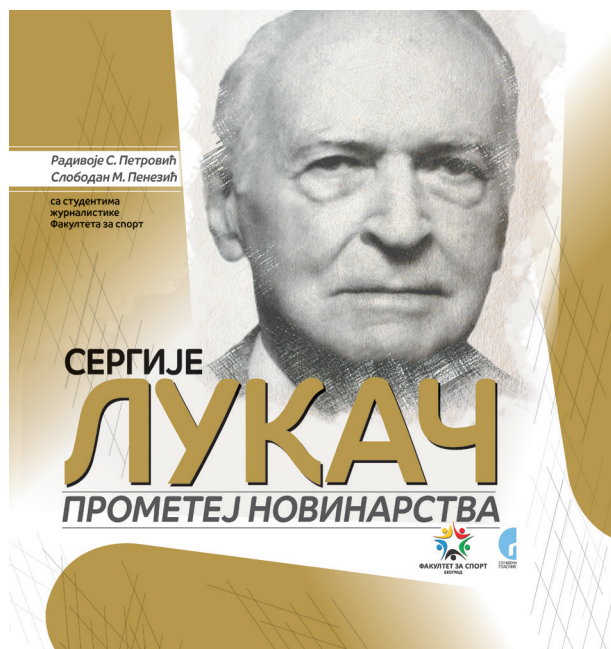
Приказ

Примљен: 20.05.2024.

Прихваћен: 09.07.2024.

doi: 10.5937/napredak5-51128

# Ванвременска новинарска мисија Сергија Лукача Споменик омиљеном професору



Радивоје С. Петровић, Слободан М. Пенезић са студентима журналистике Факултета за спорт (2023). *SERGIJE LUKAC - PROMETEJ NOVINARSTVA*. Београд: Факултет за спорт, Универзитет „Унион – Никола Тесла“; Службени гласник, 251 стр.

Име професора Сергија Лукача у мом професионалном животу присутно је од 1992. године, када сам као студент новинарства на Факултету политичких наука озбиљно ушла у теорију медија. Касније, као већ искусан новинар на Радио Београду, имала сам прилику да с њим урадим и један интервју. Иако нисмо радили заједно, од Сергија Лукача научила сам много и доскора сам се питала како је могуће да о човеку који је задужио новинарство и бројне генерације новинара школоване баш на ФПН-у

[1] nraketic@gmail.com ; <https://orcid.org/0009-0001-4102-6421>

не постоји монографија која би, на неки начин, била знак поштовања и захвалности за све знање које је несебично делио. У том смислу, дело *Сергије Лукач – Прометейев новинарскив*, чији су аутори два професора – Радивоје С. Петровић и Слободан М. Пенезић, представља на неки начин споменик који су новинари подигли свом професору.

Ова књига, у седам поглавља – „Заборављени узор“, „Новинарска библија“, „Животни печат“, „Спринтер на дуге стазе“, „Завет новинарским потомцима“, „Тако је писао Серж“, „Ходајући Лукачевом стазом“, сагледава живот и рад Сергија Лукача из више угла. Пре свега, кроз новинарску призму, јер је професор Лукач био пре свега новинар. Објавио је 1.549 текстова, а у *НИН*-у је провео 25 година. Други угао на који аутори стављају фокус јесте академски рад професора Лукача и рад катедре за новинарство, коју је на ФПН-у у Београду основао 1968. године. За 17 година рада његова предавања пратило је 17 генерација са више од 1.000 студената.

Петровић и Пенезић даље у књизи представљају Сергија Лукача и преко спорта, јер је познато да је „спорт доживљавао као врлину и начин живљења“, односно његовог карактера, који су красиле особине врсног ерудите, полиглоте, човека посвећеног поштовању етичких принципа.

Додату вредност овом обимном истраживачком делу дају и сећања Лукачевих савременика и најближих сарадника, који не одвајају његову приватну и професионалну страну, већ у тој синергији представљају човека који је имао поштовање целокупне јавности. Аутори наводе да су разлози за приређивање ове монографије вишеструки. Пре свега, за њих је ова монографија „покушај да остане макар писани споменик, који

ће генерацијама које долазе бити путоказ ка врхунским журналистичким знањима, а онима који га се дуго нису сећали, прилика да отплате, макар и делимично, огроман морални дуг према свом колеги, пријатељу или професору“. Други, такође важан мотив, јесте и прилика да се у прикупљање грађе и истраживање укључе студенти спортског новинарства Факултета за спорт Универзитета „Унион – Никола Тесла“ из Београда, јер „осим што се упознали са његовим новинарским радом, искуство које су стекли радом на монографији моћи ће да примене у свом даљем професионалном ангажовању“. Радивоје Петровић и Слободан Пенезић истичу, са чиме сам потпуно сагласна, да је „мисао професора Лукача данас важнија него икада, у ери повратка традиционалним принципима новинарства и када покушавамо вратити достојанство професији и поверење публике“.

Монографија није само омаж професору, новинару, ерудити већ и уџбеник новинарства. Наиме, кроз цео рад се провлаче поуке и савети професора Лукача који је био пример да теорија и пракса могу и морају да иду заједно. То у књизи потврђује и његова асистенткиња на факултету, професорка Неда Тодоровић, која истиче да је „професор визионарски схватио да су ова два пута једини могући начин модерног образовања новинара.“ Начин на који је видео новинарску професију можда најбоље описује оно што је својевремено написао Моша Пијаде, а професор знао често да цитира да „новинар половину времена пише о ономе што не зна, а другу половину мора да ћути о ономе што зна“. Ова монографија није само дело за подсећање оних који су били савременици Сергија Лукача, већ и водич за младе новинаре. Зато аутори врло



пажљиво, на правим местима, уз добре примере различитих ситуација из живота Сергија Лукача изводе централна места Лукачеве, како је називају, новинарске библије у којој су најважније три ствари: „прво, довољно широко образовање, из кога се лако креће у неку специјализовану област, друго, познавање техника изражавања, управљања технологијама медија и осећања мере у емоционалном дозирању информација, и треће, интелектуална сигурност личности, која се не плаши да изрази своје ставове – али само оне, ослоњене на темељно преиспитане чињенице“. Истина је била један од кључних појмова

око којих је градио свој однос према новинарству, притом с великом свести о друштвеном контексту у коме је стварао. Томе је учио и новинаре и предвиђао да ће новинара у 21. веку чекати велики притисци, јер ће бити и већа потреба да се „уведе монопол своје истине“. Петровић и Пенезић у том контексту подсећају и на речи професора да је „задатак новинара да грађанима помогну да заузму сопствене ставове, да доносе одговорне одлуке. Потпуна информација је услов и почетак демократије“. Аутори наводе и да је професор Лукач био први који је запазио продор жена у тадашњем југословенском новинарству,



Сергије Лукач са пријатељима из Мостарске гимназије

Фото: Радивоје Петровић

примећујући да су жене те које „оријентишу на интервју, нешто компликованију и продубљенију форму, на супрот кратким и брзим разговорима“.

Иако посвећена новинару и професору журналистике, ова монографија није намењена само новинарима, јер је Сергије Лукач био много више од тога. У целом делу се провлаче сећања на бројне ситуације из његовог живота, који је био необичан од првих дана. Наиме, на развој његовог карактера свакако је утицала чињеница да му је мајка била Швајцаркиња, а отац Србин из Босне, као и то да је током детињства и одрастања био у „судару

различитих култура“ између Сарајева и Мостара, преко Берна, Будимпеште Београда и Загреба. Најраније дане живота обележио је Други светски рат, савременик је послератне диктатуре пролетаријата, распада СФРЈ... Осим новинарства, његова велика љубав била је спорт. Осим атлетике, волео је фудбал, скијање, а у сећањима на Сергија Лукача, његов колега, новинар Милан Милошевић је забележио да је Лукач „до дубоке старости гајио класичну античку врлину која спаја здраво тело са здравим духом... говорио да игра открива личност више него било шта друго“. Професор Раде



Сергије Лукач са колегама из прве српске агенције за односе с јавношћу Р.Р.А.

Фото: Радивоје Петровић

Вељановски као посебну специфичност Лукачевог рада издваја то што је спорт сматрао друштвеним феноменом, а његово спортско новинарство на „нивоу филозофије спорта и отуда посебно драгоцено за почетнике у овој грани новинарства“. Сам Лукач је сматрао да „спортски новинар је извештач, коментатор, писац репортажа, он интервјуише личности, дакле, мора да буде вешт у свим новинарским жанровима“.

У петом поглављу монографије *Сергије Лукач – Прометјеј новинарства* аутори изводе неку врсту завета новинарским потомцима, јер је „Сергије Лукач био и остао професионални и људски узор генерацијама новинара“, човек који је урадио много да бисмо могли да идемо у корак са светом када је реч о технологијама, комуникацијама, медијима и новинарству уопште. Зато је ангажовање студената новинарства Факултета за спорт на Универзитету „Унион – Никола Тесла“ на прикупљању грађе за ову монографију, практичан рад из истраживачког новинарства и смерница за неке будуће сличне пројекте.

Водећи нас, на моменте и белетристички, кроз живот и рад Сергија Лукача, Радивоје Петровић и Слободан Пенезић вешто преплићу сећања Лукачевих савременика, догађаје из личног и професионалног живота, новинарски и академски ангажман, животне поруке професора и све то са закључком да би „у време када су темељни принципи ваља-

ног обављања новинарског посла одавно на озбиљном испиту, а идеали ове професије често сасвим потиснути у други план, овај преглед Лукачевог новинарско-академског манифеста могао савршено послужити као светионик и путоказ у мраку у којем већ дуго лутају многи који се данас, прилично без основа, сматрају новинарима и медијима“.

Ова монографија није повратак ни сећање на прошлост, већ исто тако и поглед у будућност, нека врста путоказа младима који тек улазе у свет новинарства, а професионалцима подсетник на повратак основним принципима професије, части и знању. Начин на који је приређена монографија многим може да буде мотив „за повратак професионализму, знању, истини, поштењу и части, свему што краси лик и дело Сергија Лукача у мору манипулација и пропагандних наслага које су поред осталог озбиљно уздрмале и статус једне лепе, корисне, а некада надасве одговорне професије“.

Због свега наведеног, ово дело препоручујем као литературу не само онима који се баве или ће се бавити новинарством него и целокупној читалачкој публици, која, читајући монографију о професору Сергију Лукачу, може да разуме изазове који стоје пред данашњим новинарством и да преиспита своја очекивања од новинара и медија, односно степен сопственог критичког промишљања стварности, о чему је и сам професор Лукач често говорио.

## References/ Литература

Petrović, R., Penezić, S. (2023). *Sergije Lukač – Prometheus of Journalism*. Belgrade: Faculty of Sport, University “Union – Nikola Tesla”, Službeni glasnik. [In Serbian]



---

Списак рецензената  
за научни часопис *Напредак* у 2024.  
List of peer reviews  
for the journal *Progress* in 2024.

Име и презиме / Name Surname	Титула / Academic degree	Афилијација / Affiliation	Звање / Academic position
<b>Базић, Јован</b>	Доктор наука	Универзитет у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици, Учитељски факултет	Редовни професор
<b>Bazić, Jovan</b>	PhD	University of Priština, in Kosovska Mitrovica, Teacher Education Faculty	Full Professor
<b>Бајић, Предраг</b>	Доктор наука	Универзитет Унион- Никола Тесла Факултет за спорт	Доцент
<b>Vajić, Predrag</b>	PhD	Union-Nikola Tesla University Faculty of Sport	Assistant Professor
<b>Балтезаревић, Боривоје</b>	Доктор наука	Институт за српску културу Приштина - Лепосавић	Научни сарадник
<b>Baltazarević, Borivoje</b>	PhD	Institute for Serbian culture Priština - Leposavić	Research Fellow

<b>Благојевић, Стеван</b>	Доктор наука	Институт за општу и физичку хемију, Београд	Виши научни сарадник
<b>Blagojević, Stevan</b>	PhD	Institute of General and Physical Chemistry, Belgrade	Senior Research Fellow
<b>Богдановски, Машан</b>	Доктор наука	Универзитет у Београду, Филозофски факултет	Ванредни професор
<b>Bogdanovski, Mašan</b>	PhD	University of Belgrade, Faculty of Philosophy	Associate Professor
<b>Бојковић, Зоран</b>	Доктор наука	Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет	Редовни професор
<b>Bojković, Zoran</b>	PhD	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering	Full Professor
<b>Васин, Горан</b>	Доктор наука	Универзитет у Новом Саду, Филозофски факултет	Редовни професор
<b>Vasin, Goran</b>	PhD	University of Novi Sad, Faculty of Philosophy	Full Professor
<b>Васковић Јовановић, Мина</b>	Доктор наука	Универзитет у Крагујевцу, Факултет инжењерских наука	Ванредни професор
<b>Vasković Jovanović, Mina</b>	PhD	University of Kragujevac, Faculty of Engineering	Associate Professor
<b>Велички, Лазар</b>	Доктор наука	Универзитет у Новом Саду, Медицински факултет	Редовни професор
<b>Velički, Lazar</b>	PhD	University of Novi Sad, Faculty of Medicine	Full Professor

Списак рецензената за научни часопис  
Напредак у 2024.

List of peer reviews  
for the journal *Progress* in 2024.

<b>Вуксановић, Дивна</b>	Доктор наука	Универзитет уметности у Београду, Факултет драмских уметности	Редовни професор
<b>Vuksanović, Divna</b>	PhD	University of Arts in Belgrade, Faculty of Dramatic Arts	Full Professor
<b>Вулетић, Владимир</b>	Доктор наука	Универзитет у Београду, Филозофски факултет	Редовни професор
<b>Vuletić, Vladimir</b>	PhD	University of Belgrade, Faculty of Philosophy	Full Professor
<b>Гавриловић Божовић, Маријана</b>	Доктор наука	Универзитет у Крагујевцу, Факултет инжењерских наука	Доцент
<b>Gavrilović Božović, Marijana</b>	PhD	University of Kragujevac, Faculty of Engineering	Assistant Professor
<b>Глишин, Вања</b>	Доктор наука	Институт за политичке студије, Београд	Научни сарадник
<b>Glišin, Vanja</b>	PhD	Institute for Political Studies, Belgrade	Research Fellow
<b>Гогић, Миљан</b>	Доктор наука	Универзитет у Црној Гори, Историјски институт	Научни сарадник
<b>Gogić, Miljan</b>	PhD	University of Montenegro, Historical Institute	Research Fellow
<b>Деспотовић, Љубиша</b>	Доктор наука	Институт за политичке студије, Београд	Научни саветник
<b>Despotović, Ljubiša</b>	PhD	Institute for Political Studies, Belgrade	Principal Research Fellow

<b>Ерић, Дејан</b>	Доктор наука	Београдска банкарска академија	Редовни професор
<b>Erić, Dejan</b>	PhD	Belgrade Banking Academy	Full Professor
<b>Игњатовић, Драган</b>	Доктор наука	Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет	Редовни професор
<b>Ignjatović, Dragan</b>	PhD	University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology	Full Professor
<b>Јаковљевић, Ђорђе</b>	Доктор наука	Ковентри Универзитет (Уједињено Краљевство - Велика Британија), Истраживачки центар здравствених наука	Редовни професор
<b>Jakovljević, Đorđe</b>	PhD	Coventry University (United Kingdom - Great Britain), Research Centre for Health and Life Sciences	Full Professor
<b>Јовић, Слађана</b>	Доктор наука	Универзитет у Београду, Факултет безбедности	Редовни професор
<b>Jović, Slađana</b>	PhD	University of Belgrade, Faculty of Security Studies	Full Professor
<b>Јововић, Александар</b>	Доктор наука	Универзитет у Београду, Машински факултет	Редовни професор
<b>Jovović, Aleksandar</b>	PhD	University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering	Full Professor
<b>Калуђеровић Радоичић, Татјана</b>	Доктор наука	Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет	Редовни професор
<b>Kaluđerović Radoičić, Tatjana</b>	PhD	University of Belgrade, Faculty of Technology and Metallurgy	Full Professor



Списак рецензената за научни часопис  
Напредак у 2024.

List of peer reviews  
for the journal *Progress* in 2024.

<b>Кандић, Александар</b>	Доктор наука	Универзитет у Београду, Филозофски факултет, Институт за филозофију	Научни сарадник
<b>Kandić, Aleksandar</b>	PhD	University of Belgrade, Faculty of Philosophy, Institute for Philosophy	Research Fellow
<b>Кнежевић, Динко</b>	Доктор наука	Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет	Редовни професор
<b>Knežević, Dinko</b>	PhD	University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology	Full Professor
<b>Колоња, Божо</b>	Доктор наука	Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет	Редовни професор
<b>Kolonja, Božo</b>	PhD	University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology	Full Professor
<b>Коцвар, Владимир</b>	Доктор наука	Универзитет у Прешову, Православни богословски факултет	Доцент
<b>Kocvar, Vladimir</b>	PhD	University of Prešov, Faculty of Orthodox Theology	Assistant Professor
<b>Лукнар, Ивана</b>	Доктор наука	Институт за политичке студије, Београд	Научни сарадник
<b>Luknar, Ivana</b>	PhD	Institute for Political Studies, Belgrade	Research Fellow
<b>Лутовац, Светислав</b>	Доктор наука	Универзитет Мегатренд, Правни факултет	Ванредни професор
<b>Lutovac, Svetislav</b>	PhD	Megatrend University, Faculty of Law	Associate Professor

<b>Лутовац, Стеван</b>	Доктор наука	Факултет за менаџмент, Сремски Карловци	Доцент
<b>Lutovac, Stevan</b>	PhD	Faculty of Management, Sremski Karlovci	Assistant Professor
<b>Митровић, Драгана</b>	Доктор наука	Универзитет у Београду, Факултет политичких наука	Редовни професор
<b>Mitrović, Dragana</b>	PhD	University of Belgrade, Faculty of Political Sciences	Full Professor
<b>Митровић, Љубиша</b>	Доктор наука	Универзитет у Нишу, Филозофски факултет	Професор емеритус
<b>Mitrović, Ljubiša</b>	PhD	University of Niš Faculty of Philosophy	Professor emeritus
<b>Младеновић, Владимир</b>	Доктор наука	Универзитет у Крагујевцу, Факултет техничких наука	Редовни професор
<b>Mladenović, Vladimir</b>	PhD	University of Kragujevac, Faculty of Technical Sciences	Full Professor
<b>Пантовић, Радоје</b>	Доктор наука	Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору	Редовни професор
<b>Pantović, Radoje</b>	PhD	University of Belgrade, Technical faculty in Bor	Full Professor
<b>Радовановић, Снежана</b>	Доктор наука	Универзитет у Крагујевцу, Факултет медицинских наука	Ванредни професор
<b>Radovanović, Snežana</b>	PhD	University of Kragujevac, Faculty of Medical Sciences	Associate Professor

Списак рецензената за научни часопис  
Напредак у 2024.

List of peer reviews  
for the journal *Progress* in 2024.

<b>Симоновић, Бранислав</b>	Доктор наука	Институт за општу и физичку хемију, Београд	Научни саветник
<b>Simonović, Branislav</b>	PhD	Institute of General and Physical Chemistry, Belgrade	Principal Research Fellow
<b>Станковић, Весна</b>	Доктор наука	Универзитет у Крагујевцу, Факултет медицинских наука	Редовни професор
<b>Stanković, Vesna</b>	PhD	University of Kragujevac, Faculty of Medical Sciences	Full Professor
<b>Стојадиновић, Миша</b>	Доктор наука	Институт за политичке студије, Београд	Научни саветник
<b>Stojadinović, Miša</b>	PhD	Institute for Political Studies, Belgrade	Principal Research Fellow
<b>Танасковић, Ирена</b>	Доктор наука	Универзитет у Крагујевцу, Факултет медицинских наука	Редовни професор
<b>Tanasković, Irena</b>	PhD	University of Kragujevac, Faculty of Medical Sciences	Full Professor
<b>Томић, Бобан</b>	Доктор наука	Висока школа за комуникације, Београд	Ванредни професор
<b>Tomić, Boban</b>	PhD	Higher School of Communications, Belgrade	Associate Professor
<b>Траиловић, Драган</b>	Доктор наука	Институт за међународну политику и привреду, Београд	Научни сарадник
<b>Trailović, Dragan</b>	PhD	Institute of International Politics and Economics, Belgrade	Research Fellow

<b>Ђирић, Марија</b>	Доктор наука	Универзитет у Крагујевцу, Филолошко-уметнички факултет	Редовни професор
<b>Ћирић, Марија</b>	PhD	University of Kragujevac, Faculty of Philology and Arts	Full Professor
<b>Ханић, Хасан</b>	Доктор наука	Београдска банкарска академија	Професор емеритус
<b>Нанић, Насан</b>	PhD	Belgrade Banking Academy	Professor emeritus
<b>Цветковић, Владимир</b>	Доктор наука	Универзитет у Београду, Факултет безбедности	Редовни професор
<b>Светковић, Владимир</b>	PhD	University of Belgrade, Faculty of Security Studies	Full Professor
<b>Шмакић, Катарина</b>	Доктор наука	Факултет за дипломатију и безбедност, Београд	Доцент
<b>Ѕмакић, Катарина</b>	PhD	Faculty of Diplomacy and Security, Belgrade	Assistant Professor