

НАУЧНО СТРУЧНИ СКУП



**Р** У Д А Р С Т В О  
У Б У Д У Ћ Н О С Т И  
РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ

ЗБОРНИК РАДОВА

Приједор, мај 2010. године

**РЖР Љубија АД Приједор**

**Универзитет у Бањој Луци  
Рударски факултет Приједор**

## **РУДАРСТВО У БУДУЋНОСТИ РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ**

Приједор  
12-13.мај 2010. године

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна и универзитетска библиотека  
Републике Српске, Бања Лука

622(497.6)(082)

553(497.6)(082)

**НАУЧНО-стручни скуп Рударство у будућности  
Републике Српске (2010 ; Приједор)**

Рударство у будућности Републике Српске :  
Приједор, 12-13. мај 2010. / [уредник Надежда  
Талић ; организациони одбор Владимир Малбашић ...  
[и др.]]. - Приједор : Рудник жељезне руде  
"Љубија" ; Рударски факултет, 2010 (Приједор :  
Print Design). - [129] стр. : илустр. ; 30 цм

Тираж 100.  
ISBN 978-99938-630-8-3

COBISS.BH-ID 1451032

**Научно-стручни скуп  
Рударство у будућности Републике Српске**

**Издавач**

РЖР Љубија АД Приједор  
Универзитет у Бањој Луци  
Рударски факултет Приједор

**Уредник**

Проф. др Надежда Ђалић

**Техничка припрема**

Доц. др Владимир Малбашић  
Љиљана Танкосић, дипл.инж.руд.

**Графичко рјешење корица**

Доц. др Владимир Малбашић  
Љиљана Танкосић, дипл.инж.руд.

**Тираж**

100 примјерака

**Штампа**

Рударски факултет Приједор  
Print Design, Приједор

**Генерални спонзор**

Министарство науке и технологије Републике Српске

## **НАУЧНИ ОДБОР**

Проф. др Надежда Ђалић, БиХ, РС  
Проф. др Слободан Вујић, Србија  
Проф. др Александар Грубић, Србија  
Проф. др Александар Ганић, Србија  
Проф. др Ранко Цвијић, БиХ, РС  
Доц. др Слободан Мајсторовић, БиХ, РС  
Доц. др Владимир Малбашић, БиХ, РС

## **ОРГАНИЗАЦИОНИ ОДБОР**

Доц. др Владимир Малбашић, БиХ, РС  
Доц. др Лазар Стојановић, БиХ, РС  
Доц. др Мирко Ивковић, Србија  
Мр Душан Николић, БиХ, РС  
Мр Алексеј Милошевић, БиХ, РС  
Душко Влачина, дипл.инж., БиХ, РС  
Милан Ћермановић, дипл.инж., БиХ, РС  
Мирослав Глушац, дипл.инж., БиХ, РС  
Томо Беновић, дипл.инж., БиХ, РС  
Дражана Тошић, дипл.инж., БиХ, РС  
Јелена Триван, дипл.инж., БиХ, РС  
Љубица Фигун, дипл.инж., БиХ, РС  
Љиљана Танкосић, дипл.инж., БиХ, РС  
Весна Марчетић, дипл.правник, БиХ, РС  
Марко Муњиза, дипл.информат., БиХ, РС  
Ранка Мандић, техн.секретар, БиХ, РС

## САДРЖАЈ

А. Грубић, Р. Цвијић, А. Милошевић МИНЕРАЛНЕ СИРОВИНЕ РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ	1
В. Бијелић, Б. Адамовић СТРАТЕГИЈА РАЗВОЈА ЕНЕРГЕТИКЕ РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ	20
В. Малбашевић, Р. Цвијић, Ј. Стојановић РУДАРСТВО РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ У АКТУЕЛНИМ УСЛОВИМА ТРАНЗИЦИЈЕ	26
В. Бијелић, Д. Бијелић, Г. Ковачевић УГАЉ КАО ЕНЕРГЕТСКИ ПОТЕНЦИЈАЛ У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ	36
Н. Ђалић, Љ. Андрић, М. Глушац РУДАРСТВО И НАНОТЕХНОЛОГИЈЕ	43
С. Мајсторовић, Д. Тошић ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА АРХИТЕКТОНСКОГ ГРАЂЕВИНСКОГ КАМЕНА КРЕЧЊАКА	51
М. Ивковић, Ј. Триван, Д. Тошић ИСТРАЖИВАЊЕ МЕТАНОНОСНОСТИ И МЕТАНСКИХ УСЛОВА У ПОДЗЕМНИМ РУДНИЦИМА УГЉА	59
С. Мајсторовић, Д. Тошић PRESPLITTING МЕТОДА ДОБИЈАЊА АРХИТЕКТОНСКО - ГРАЂЕВИНСКОГ КАМЕНА КРЕЧЊАКА НА ПОВРШИНСКОМ КОПУ "ХРЕША" ИСТОЧНО САРАЈЕВО	66
Н. Ђалић, Б. Вујин, Љ. Танкосић ФЛОКУЛАЦИЈА КАО ПРЕДУСЛОВ ВАЛОРИЗАЦИЈЕ ЛИМОНИТА ИЗ МУЉА	73
П. Лазевић, С. Деушић НОВИ ПРИСТУП У ТРЕТИРАЊУ МУЉА ИЗ PARNABY ПОСТРОЈЕЊА У РИТЕ "УГЉЕВИК"- РЕПУБЛИКА СРПСКА	81
М. Ђудуровић, Б. Врањеш, Р. Врањеш ПРИМЈЕНА РОТАЦИОНОГ МОТОРА УНУТРАШЊЕГ САГОРЈЕВАЊА ПРОМЈЕНЉИВЕ РАДНЕ ПОВРШИНЕ У РУДАРСКОЈ МЕХАНИЗАЦИЈИ	89
А. Милутиновић, А. Ганић ОДРЕЂИВАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА ЗА ОБЕЛЕЖАВАЊЕ СПИРАЛНОГ ТРАНСПОРТНОГ НИСКОПА ОБЛИКА КОСЕ ЗАВОЈНИЦЕ	99
Д. Тошић, А. Ганић, Р. Микановић СТРАТЕГИЈА РАЗВОЈА ИНФОРМАЦИОНОГ СИСТЕМА ЗА РУДАРСТВО	106
Г. Ковачевић, Н. Малић МЕТОДЕ ОДВАЈАЊА ПЛОДНИХ ПОВРШИНСКИХ ХОРИЗОНАТА ЗЕМЉИШТА ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЈИ МИНЕРАЛНИХ СИРОВИНА	114
М. Милић ФИЗИЧКО-МЕХАНИЧКА СВОЈСТВА КРЕЧЊАКА СА НАЛАЗИШТА "ОТЛОВИЋИ"	122

## МИНЕРАЛНЕ СИРОВИНЕ РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ

Александар Грубић<sup>1</sup>, Ранко Цвијић<sup>2</sup>, Алексеј Милошевић<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Академија наука и умјетности РС, Рударски институт Приједор, e-mail: [aleksandar\\_grubic@yahoo.com](mailto:aleksandar_grubic@yahoo.com)

<sup>2</sup>Комисија за концесије Републике Српске, e-mail: [cvijic.ranko@gmail.com](mailto:cvijic.ranko@gmail.com)

<sup>3</sup>Рударски институт Приједор, Рударски факултет Приједор, e-mail: [rip@teol.net](mailto:rip@teol.net)

### РЕЗИМЕ

У раду је истакнуто да су у Републици Српској истражена бројна лежишта и регистроване појаве различитих минералних сировина: енергетских, метала, неметала, грађевинских материјала и минералних и питких вода, које представљају и значајан привредни ресурс и богатство. Дефинисане су рудоносне формације, а у оквиру њих рудне као носиоци тих орудњења, што са аспекта геолошке науке омогућује реалну прогнозу у погледу откривања нових рудних резерви, као и нових врста минералних сировина. Изграђени су значајни капацитети за експлоатацију, припрему и прераду већине минералних сировина. Све су то резултати интензивних геолошких, експлоатационих и технолошких истраживања прије посљедњег рата. Рат је зауставио готово све истраживачке активности, а санација и покретање производње је још на незадовољавајућем нивоу. Процес транзиције који је у замаху у новим систематским и другим интересним и организационим условима треба тек да покрене производњу и геолошка истраживања у смислу проширене репродукције минерално-сировинске базе и валоризације минералних ресурса.

Кључне ријечи: рудоносне и рудне формације, енергетске, металичне и неметаличне минералне сировине, грађевински материјал, минералне и питке воде.

## MINERAL RAW MATERIALS REPUBLIC OF SRPSKA

### ABSTRACT

In the paper is underlined that in Republic of Srpska numerous deposits and mineralizations of different mineral raw materials: energy, metallic and non-metallic, mineral and fresh waters, representing significant economic resources and natural wealth, were explored and found. Ore-bearing formations were defined, together with ore formations – the carriers of these mineralizations thus providing, from geological aspect, a real prognosis for finding out of new ore reserves as well as new mineral raw materials. Important capacities were built aimed for exploitation, mineral dressing and processing of the majority of mineral raw materials. All the above mentioned activities resulted from intense geological exploration and technological researches carried out before the last war. The war stopped almost all investigation activities, on one hand, and on the other both rehabilitation and starting of production are at low level. The process of transition being in full rise and covering new systems, interest and organizations conditions not yet moved full production and exploration works as regards reproductions of mineral raw material base and valorizations of mineral resources.

Key words: Ore-bearing formations, energy, metallic and non-metallic, built materials and domestic water

## УВОД

На територији Републике Српске, као последица сложених геолошких процеса, налазе се релативно обимни и разноврсни минерални ресурси (угаљ, руде жељеза, олова и цинка, алуминијума-боксит, различити неметали, минералне и др. воде), које се дијелом експлоатишу и дају свој допринос економском и друштвеном развоју Републике Српске. Резерве, на чијој основи се заснива производња тих минералних сировина су највећим дијелом пронађене и истражене у периоду послје другог свјетског рата и то првенствено средствима из буџета тадашње СФРЈ, Републике БиХ, и дијелом средствима привредних организација и њихових удружења. У најновије вријеме, у периоду након посљедњег рата, издвајања за геолошка истраживања из државних извора су практично сведена на минимум, што је утицало негативно на репродукцију минерално-сировинске базе. Ова репродукција, код више минералних сировина нема карактер проширене репродукције већ суштински изостаје и проста репродукција, односно откопане резерве не замјењују новим количинама минералних сировина, па се тако лежишта исцрпљују у апсолутном смислу.

Лежишта минералних сировина Републике Српске нису распоређена хаотично, већ имају геолошки положај који је у строгој зависности од природно - геосторијских услова њиховог настанка. Та правилност у њиховом размјештају огледа се, прије свега, у органској повезаности сваке од сировина са неком од рудоносних формација. Отуда је генерално, али и детаљно познавање рудоносних формација Републике Српске један од битних предуслова за њихово истраживање, оцјењивање и експлоатацију.

Прекарбонске и карбонске геолошке формације су рудоносне по садржају веома важних лежишта гвожђа и природних пигмената (Љубија), барита (Нови Град, Љубија) и архитектонско-грађевинског камена (сански палеозоик). У перму и тријасу настале су рудоносне формације са гипсом и анхидритом (Волари - Петковац), баритом (Видрењак), олово-цинковим рудама (Љубија), архитектонско грађевинским каменом (на више мјеста) и доломитима. Јурски систем је карактеристичан по томе што су за серпентинитску рудоносну формацију везана лежишта азбеста (Петрово), и магнезита (Сњеготина, Борје), затим у дијабаз-рожначкој формацији има мањих лежишта мангана (источна Козара и околина Прњавора) а у кречњачким формацијама архитектонско-грађевински камен. Током креде настала је велика бокситоносна формација источне Босне (Власеница), различити кречњаци и архитектонско-грађевински камен. Из палеогена познате су формације које носе нафту (Мајевица), кречњаке (Козара, Херцеговина), архитектонско-грађевински камен и мала лежишта боксита (Источна Херцеговина). Неоген је богат рудоносним формацијама у којима су позната разноврсна лежишта минералних сировина:

- (1) мрки угљеви (Угљевик, Миљевина, Љешљани, Теслић, Котор Варош, Бања Лука) меки угљеви (Станари, Гацко, Рамићи);
- (2) олово-цинкове руде (Сасе-Сребреница);
- (3) преталожени боксит (Бараћи);
- (4) бентонити (Шипово, Јапра, Станари);
- (5) каолинске глине (Кобаш, Братунац);
- (6) ватросталне и керамичке глине (Приједор, Зворник);
- (7) зеолити (Челинац) и
- (8) угљоносне сировине (Љешљани, Каменград, Гацко и др.);
- (9) нуклеарне сировине (Дервента-Прњавор; Дервента-Укрин, Сребреница-Зворник);
- (10) кварцни пјескови (Брезичани, Омарска, Ивањска, Станари, Милићи);
- (11) нафта (Посавина) и др.

У квартару се налазе формације са шљунковима и пјесковима (уз ријеке Саву, Уну, Сану, Дрину, Босну, Укрину и др.) и опекарским глинама (Приједор, Бања Лука, Градишка). Овоме се могу прибројати и извори геотермалне енергије.

Има у Републици Српској и других минералних сировина повезаних са различитим рудоносним формацијама али, према садашњем стању њихове истражености оне немају прворазредни значај. Због тога им у овом прегледу није посвећена посебна пажња. У даљем тексту се разматрају лежишта и појаве минералних сировина Републике Српске груписана на следећи начин:

1. енергетске сировине;
2. метали;
3. неметали и грађевински материјали;
4. минералне и питке воде.

## ЕНЕРГЕТСКЕ СИРОВИНЕ

### Угљеви

У Републици Српској су развијене четири неогене угљоносне формације:

1. формација лапораца и глина спољашњих Динарида,
2. формација лапоровито-глиновито-кречњачка унутрашњих Динарида,
3. формација кластита и
4. формација глина, пијескова и шљункова на периферији Панонског басена.

Четири главне угљоносне формације изграђују средње дијелове геолошких стубова у низу неогених басена неправилно распоређених у спољашњим и унутрашњим Динаридима и на Панонској периферији. У тим басенима постоје активни рудници угља (Угљевик, Гацко, Станари, Миљевина), тренутно напуштени рудници угља (Љешљани, Теслић, Мешаићи, Бања Лука, Котор Варош) и неистражене појаве угља у низу басена. У активним и неактивним рудницима угља перспективне резерве укупно износе 2.600 000 000 тона [1].

Мрки угљеви у Миљевачком и Гатачком басену везани су за формацију лапораца и глина са угљем. У геолошком стубу се јавља обично неколико слојева (нпр. у Гацку: други подински, први подински, главни и повлатни угљени слој), од којих је један увијек најзначајнији. У Гатачком басену тај слој је дебео 9 до 24m чистог угља. Детаљно истражене резерве овог басена износе 250 000 000t.

Угљевички угаљ лежи у формацији кластита, лапораца, кречњака, пирокластита и угља и садржи један угљоносни хоризонт дебео до 70 m. Истражене резерве басена износе 213 000 000t. Станари садрже формацију глина, пијескова, шљункова и угља и имају слој меког мрког угља дебео око 7m. Детаљно истражене резерве угља овог басена износе 133 000 000t.

### Геотермална енергија

Геотермална енергија- термалне и термоминералне воде на теренима Републике Српске регистроване су у виду бројних извора. Доминатно су извори самоизливни, који су због повећаних количина и квалитета обухваћени углавном плићим бушотинама, путем којих се експлоатише у болничко-бањско-рекреативне објекте и институције. Могућност коришћења геотермалних ресурса добијају све већи значај, посебно за могућу производњу електричне енергије. Ово се углавном односи на просторе гдје се паре високог притиска налазе релативно близу површине, као у Калифорнији, Мексику, Италији, Филипинима, Јапану, односно у свим подручјима са великом вулканском активношћу.

Резултати досадашњих истраживања указују на знатна лежишта геотермалне енергије на територији Републике Српске, поготову сјеверни дио (Семберија-Посавина и Крајина до линије Нови Град-Бања Лука-Добој-Тузла-Зворник). Истраживања и коришћење геотермалне енергије територије Републике Српске још представљају почетну фазу активности у односу на истраживања, коришћења и улагања развијених земаља [1].

Са аспекта практичности и економичности предлажу се првенствено детаљан истраживања хидрогеотермалних система који су везани за тектонски разломљене зоне литосфере велике дубине, као што су утврђени линеаменти, регионални расједи и пукотински системи уз наведена тектонска кретања. Готово редовно унутар њих формирана су лежишта или секундарна топлих вода различите дубине, температуре и хемизма. Успостављеним хидрауличким системом, конвективним десцендентним и асцендентним струјањима долази до формирања извора-самоизлива дуж расједних и пукотинских система или у њиховој непосредној близини. Истовремено или накнадно слиједе детаљна истраживања геопресираних термо-зона на просторима Семберије и Посавине те флишном троуглу Бања Лука – Сарајево. У даљој перспективи треба рачунати и на детаљна истраживања најдубљих петрогеотермалних лежишта са вјероватном заступљености унутар масива неогених вулканита Сребренице, масивима неогених вулканита офиолитске зоне и масивима интрузива Мотајице и Просаре. Наведена истраживања предвиђају обухват лежишта високе енталпије, чија би се енергија, поред болничко-бањско-рекреативног, користила и за производњу електричне енергије и топлификацију [10, 11].

### Нафта и гас

Нафтно-геолошка истраживања Босне и Херцеговине рађена су дуги низ година. Са прекидима су трајала око 100 година. Осим тузланског басена, највећи дио перспективног подручја налази се на теренима Републике Српске. И поред великог обима извршених нафтно- геолошких радова, за наставак истраживања програмирана су велика средства која се не могу обезбиједити из домаћих извора. Остаје једино рјешење израде тендера- промотивних пакета за издавање концесија по већ одређеним приоритетним подручјима. У вези с тим урађен је Програм истраживања нафте и гаса на територији Републике Српске, који у бити представља основни документ за даља истраживања. Истраживања нафте и гаса вршена су кроз два пројекта: Сјеверна Босна и Динариди – подручје Херцеговине. Након анализе резултата истраживања на теренима сјеверне Босне издвојене су три структурне етаже, као приоритетне за даља доистраживања дубоким истражним бушењем и сеизмичким профилирањима. Група енглеских стручњака и домаћих геолога 1990. године урадила је Студију о регионалној нафтно-геолошкој процјени сјеверне Босне. Издвојена су четири нафтно-геолошки потенцијална подручја проспекта, и то:

А. Посавина-1 овај проспект оконтурен је површином од 22 km<sup>2</sup> у подручју јужно од Босанског Шамца, са процијењеним резервама нафте од 64,5 мил. барела (сса 9,2 мил. тона).

Б. Посавина -2 је оконтурена на површини од 14,5 km<sup>2</sup> у подручју југозападно од Орашја, а процијењене резерве нафте износе 42,5 – 108 мил. барела (6,1 – 15,5 мил. тона).

В. Тузлански басен заузима шире подручје од Завида и Рожња, преко Пожарнице, Симиног Хана, долином Јале и долина Тиње, укупне површине 25,5 km<sup>2</sup> . Процијењене резерве нафте износе 99,8 мил. барела (сса 14,3 мил. тона) (Федерација БиХ).

Г. Лопарски басен обухвата шире подручје Лопарске депресије 21 km<sup>2</sup> . процијењене резерве нафте на 83,2 мил. барела (сса 11,9 мил. тона).

Укупно процијењене количине нафте на територији сјеверне Босне су приближно 355 мил. барела (сса 50 мил.тона).

Нафтно-геолошка истраживања по Пројекту Динариди (1990-1991) у потпуности је финансирала америчка компанија АМОСО, која је након једногодишњих проспекционих истраживања извршила елиминацију нафтно-геолошких неперспективних терена, односно прерасла у Amoco Yugoslavia Petroleum Co. са сједиштем у Загребу. Највећи дио истраживања обављен је на теренима јужне

Херцеговине, у наставку тзв. Ластва структуре, из Црне Горе преко Требиња, Невесиња, Мостара до Ливна. Због рата истраживања су прекинута, тако да је нафтно-геолошка потенцијалност неизвјесна.

#### Нуклеарне сировине

Најповољнија подручја за истраживања нуклеарних сировина у Републици Српској су интрузиви Просаре и Мотајице, терцијарни седименти на потезу Дервента-Прњавор-Укрини гдје се код Бањалуке (Петрићевац) истичу гъездасте минерализације у угљеносној серији, терцијарни вулканисти између Сребренице и Зворника и палеозојски масив југоисточне Босне.

#### МЕТАЛИ

##### Руде гвожђа

Економски најзначајнија лежишта гвожђа у Републици Српској везана су за металогенетску област "Љубија", односно за прекарбонске и карбонске рудоносне формације. Минерални носиоци гвожђа су карбонати и хидрооксиди. Рудне резерве концентрисане су у рудним пољима Томашице и Омарске и рудној зони Љубије са рудним пољима Јужних и Централних рудишта и Видрењака. Карбонатне руде су концентрисане у рудним пољима Јужних рудишта и Омарске и учествују са 41%. Највеће рудне резерве утврђене су у оквиру рудоносне формације млађег палеозоика и каледонско-херцинске металогенетске епохе и припадају маринском формационом типу карбонатних базичних и хидроксидних руда, док су континентална лежишта у оквиру палеогено-квартарне рудоносне формације и штајерско-роданске фазе алпијске металогенетске епохе знатно скромнија [5]. Најквалитетније су хидрооксидне руде које учествују у експлоатацији преко 95% и према инсталисаним капацитетима обезбјеђује се производња за више деценија [21]. Досадашња истраживања дала су добре резултате у погледу утврђених резерви које сада износе 350 000 000т. На основу детаљних анализа рудоносних формација процјењује се потенцијалност металогенетске области Љубија на око 800 милиона тона нових рудних резерви, углавном маринског (геосинклиналног) формационог типа [19].

Остале појаве руда гвожђа у Републици Српској везане су за палеозојски магматизам на планини Мотајици, околини Сребренице, Зубци код Требиња и Теслића и немају већи економски значај. Мезозојски продукти распадања и марински преталожени седименти дали су значајне количине никлоносне руде гвожђа на подручју Мокра Гора и Вардиште, које се крећу око неколико стотина милијона тона, које са аспекта одговарајућег обогаћивања и рентабилног коришћења нису технолошки ријешена, па се третирају као ванбилансне [12].

##### Боксити

Боксити у Републици Српској јављају се у четири рудоносне формације. На планинама Видуши и Срнетици у кречњачкој формацији јурске старости налазе се боксити који још нису довољно истражени. У источној Херцеговини палеогени боксити, мостарског басена, само малим дијелом припадају овом ентитету. Занимљиви су и преталожени боксити Бараћа који се налазе у једној неогеној језерској формацији. Сви поменути боксити захтјевају тек озбиљнија истраживања. Најважнија лежишта боксита, међутим, су она из околине Власенице. Ријеч је о црвеним карстним бокситима великих и веома великих димензија кредне старости. Детаљно је истражено њихових 19 лежишта са преовлађујућим бокситом средњег и лошијег квалитета и резервама, које обезбјеђују производњу за једну деценију при експлоатацији од милијон тона годишње [2].

##### Руде олова, цинка и сребра

Палеозојска налазишта олова и цинка везана су за тријаску ремобилизацију олова и цинка из палеозојских лежишта. На основу истражног бушења и картирањем отворених профила на лежишту Брдо код Љубије, у сидеритним масама установљене су зоне обогаћене сфалеритом и галенитом. Садржај Pb и Zn у богатијим дијеловима износио је од 4 до 7%.

На подручју општине Фоча у палеозојским шкриљцима, пјешчарима и кречњацима откривен је читав низ мањих налазишта оловно-цинкове руде. Јављају се у виду тањих жила у којима је осим галенита и сфалерита одређен кварц, сидерит, пирит, халкопирит и тетраедрит. Најинтересантније појаве су: Копилови, Робовићи, Среденик, Ријека, Руднице, Јеловац, Рајковићи и Селиште. На више мјеста око гранитног масива Мотајице, те у шкриљцима и пјешчарима нађене су танке галенино-сфалеритне жилице углавном минералошког значаја.

Тријаска налазишта олова и цинка везана су за порфирит рожначку формацију. На југоистоку Републике Српске, на локалитетима Седреник, Витина, Селиште уочене су појаве олова и цинка у метаморфисаним тријаским кречњацима, а код Калиновника и Челебића, те у зони Шулe-Рајковићи, Попов Мост-Шћепан Поље могу се видјети жиле оловно-цинкове руде у јако алтерисаним еруптивима. У елувијалним наслагама код мјеста Попов Мост регистроване су појаве Pb и Zn, а у каменолому Рогој код Калиновника жилице галенита са церузитом у кречњацима.

Терцијарна лежишта олова и цинка су везана за вулканогено-неогену формацију. На подручју Сребренице регистрован је велики број оловно-цинкових жила које су у простору размјештене у облику лепезе. Дебљина жила је промјенљива, од неколико cm до 5m. Одлагање минералних честица вршено је дуж пукотина у андезитско-дацитским стијенама. Уз минерале олова и цинка установљени су минерали сребра, кадмијума, индијума, бизмута и појаве антимонита, арсена, калаја и бакра. Средњи садржај олова у руди је 4,5%, цинка 6,5%, садржај сребра 50-800g/t, кадмијума 100-500g/t, индијума 0,012%, бизмута 0,041%, бакра 0,5-4% и калаја 0,10-0,58% [12]. Производња је покренута у руднику "Сасе" и то је једини активни рудник у Републици Српској.

#### Бакарне руде

Палеозојске појаве бакра везана су за тријаску ремобилизацију бакра из палеозојских лежишта. На више мјеста код Тјентишта, Јабукe и у југоисточном дијелу Републике Српске, запажене су појаве бакра које нису од економског значаја. Руда се јавља у виду жила у пјешчарима, шкриљцима, конгломератима, рјеђе кречњацима. Дебљине су од 0,1 до преко 1m. На подручју Љубије у лежиштима Брдо, Литица и Козин у сидеритима утврђене су мање концентрације минерала халкопирита, тетраедрита, бурнорита, ковелина, малахита и азурита. У лежишту барита код Благаја у близини Н. Града запажено је да баритне жиле уз сидерит и кварц, садрже мјестимично тетраедрит и халкопирит.

Тријаско-јурске појаве бакра везана су за порфирит-ројначку формацију. У оловно-цинковим жилама које се протежу из лежишта Шупља Стијена у Црној Гори и на југоисточно подручје Републике Српске, регистроване су појаве бакра на локалитетима Крња Јела, Седреник и Челебићи у којима се садржај бакра креће од 0,1 до 0,3%. На сјеверозападу Републике Српске, на планини Козари у зони Црне ријеке запажене су појаве минерала бакра, халкопирита, сфалерита и галенита уз дијабазе и седиментне стијене дијабаз-ројначке формације.

Терцијарна и квартарна лежишта бакра везана за вулканогено-неогену формацију. На сјевероисточном подручју РС, у оловно-цинковим лежиштима Сребренице, утврђена су тања налазишта минерала бакра, енаргита и халкопирита [12].

#### Манганске руде

Тријаска вулканогено-седиментна налазишта мангана везана су за порфирит-ројначку формацију. У рејону Озрена регистрована су налазишта манганске руде. Рудно тијело се јавља у виду дисконтинуираних слојева који плитко залијежу испод рожнаца и глинаца. Дебљина слојева је од неколико cm до преко 1m. Концентрација Mn у руди је преко 40%. На подручју Братунца су запажене појаве Mn у виду сочива дебљине до 0,8m у алтернацији са рожнацима. Заступљени су рудни минерали пиролузит и псиломелан. Код Шековића су констатоване минерализације Mn у виду мањих слојева и сочива у подини којих су анизидски кречњаци, а у кровини вулканогено-

седиментне творевине (рожнаци, аргилити). Дебљина слојева је преко 1m, а дужина 15-20m. Садржај Mn у руди је веома промјенљив и креће се од 15-50%.

У офиолитском појасу Динарида уочена су мања рудна тијела Mn обично у алтернацији са црвеним рожањима. Промјенљивих су димензија, од неколико cm до преко једног метра. Садржај Mn варира у широким границама, најчешће 30 до 40%. Најзначајније појаве су код Котор Вароши, Челинца, Бањалучке Козаре и Рудог и припадају дијабаз-рожначкој формацији.

Предепонована лежишта Mn констатована су на више мјеста у пермокарбонатским седиментима од Србиња и Братунца и кредним седиментима код Гацка. Рудна тијела се јављају као сочива чија дебљина варира од неколико cm па до преко 1,5m. Садржај Mn у руди је промјенљив и креће се од 20 до 50%.

Инфилтрациона лежишта се јављају у зони примарне минерализације Mn, гдје су запуњене пукотине и прслине у кречњацима, рожањима и другим стијенама. Најзначајнија налазишта су у околини Рудог. Минерализације Mn се појављују као сочива дебљине до 1m, која попримају облик простора који запуњавају. Ово су најбогатија налазишта Mn руде у којима је садржај Mn од 40 до 50% [12].

#### Остале минерализације

*Живине* минерализације на теренима Републике Српске регистроване су само као безначајне појаве. Нешто значајније су у подручју Јајце-Мркоњић Град, на локалитетима Ковачевац и Отомаљ. Код села Језера откривена су гнијезда тетраедрита и цинабарита (HgS) која долазе уз баритно-кварцне жиле и сочивасте масе унутар мермера и шкриљаца. Цинабаритна минерализација регистрована је и у Горици, код села Језера. Претпоставља се да је из локалитета централно-босанских рудишта у периоду 1896-1917. добијено преко 100 тона живе (Федерација БиХ).

*Антимонска* квалитетнија руда у нашим одручјима образована је у три врсте и то: кварцно-антимонитна, баритно-антимонитна и антимонско-полиметална руда. Ову трећу групу могли бисмо подијелити на руду гдје је антимон везан са цинком и оловом и у врсту руде гдје је антимон везан са бакром и живом (тетраедритни тип). Главни рудни минерал је антимонит-стибнит-Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>-антимонитски сјајник, који садржи 71,38% Sb и 28,62% S. Током истражних радова у рудном подручју Сребренице нађене су кварцне жиле са антимоном, бертијеритом, буланжеритом и минералима као што су галенит, сфалерит, пирит, марказит итд. Садржај антимона у овим комплексним рудама креће се од 0,5 до преко 10%. Даље истраживање није настављено, јер није ријешена технологија издвајања антимона из оваквих рудних маса. Руда садржи мјестимично минерале волфрама (хибнерит) и нешто злата. Уз наведено регистрован је већи број антимонских минерализација, без већег економског значаја.

Налазишта *злата* везана су углавном за централнобосанско рудогорје (Федерација БиХ), док на теренима Републике Српске нису откривене значајније појаве. У подручју између Јајца и Мркоњић Града, на теренима Отомаља и Цињакова, микроскопским анализама одређено је и елементарно злато у кварцним и кварцно-баритним жилама палеозојске припадности. Истом методом откривено је елементарно злато и на локалитету Булина глава-Благај код Новог Града. Самородно злато откривено је и у подручју Сребренице на локалитету Витловац, затим у кварцним жилама са пиритом, халкопиритом и другим сулфидима код Фоче - село Слатина. Злато се готово редовно налази уз сулфидне минерале бакра, што значи гдје има ових минерализација присутно је и злато.

*Арсен* спада у ријетке елементе у Земљиној кори. Обично се јавља у рудним жилама у друштву са арсенским сребреним и кобалтним рудама, што значи да му је генеза везана за магмате, односно хидротермалне процесе. Главни рудни минерали су реалгар AsS или двоструко As<sub>2</sub>S<sub>2</sub>, који садржи 70,1% As и 29,9% S, затим аурипигмент- As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, када је садржај As- 60,96% и S- 39,04%. Минерали арсена, како сулфиди тако и сулфосоли, могу се наћи у већим или мањим количинама скоро у свим

већим областима БиХ, а посебно тамо гдје има рудишта цинка, олова, антимона, бабра, живе и других метала. Руде арсена су експлоатисане или детаљније истраживане само у оклини Теслића, Сињакова код Мркоњић Града и у подручју Сребренице- Чумановићи, Витловац и Губер-Лисац.

Налазишта *никла и кобалта* представљају само појаве везане уз лежиште гвожђа (Вардиште) и кварцно-халкопиритских сплетова жила и жилица, као и пиротинских тијела уз габроиде, на теренима Боровца- планински масив Чавке, те у зони око села Сочковац, са садржајем никла од 1 до 2%.

Налазишта *калаја, волфрама, молибдена, бизмута и кадмијума* на територији Републике Српске нису специјално истраживана али се процјењују као економски значајна. Бизмут и кадмијум јављају се као пратиоци других метала, као нпр. цинка и олова у Сребреници и неким другим рудиштима. Технологи и металурзи већ су пришли студијама коришћења бизмута и кадмијума из наших полиметалних руда. У подручју Сребренице извјесни дијелови цинкано-оловних жила, нарочито оних који обилују пирхотином, садрже 10, 20, па и преко 30 грама бизмута по тони. Запажен је током рудно микроскопских испитивања минерал бизмутинит. Рудне жиле садрже и више од једног килограма кадмијума на тону, у зависности од врсте (фацијеса) сфалерита, температуре стварања, односно дубина у којима је долазило до орудњавања. Садржај кадмијума у ревиру Сасе износи до 300 g/t.

## НЕМЕТАЛИ И ГРАЂЕВИНСКИ МАТЕРИЈАЛИ

Експлоатација и прерада неметаличних ресурса веома је важан фактор привредног прогреса сваке државе. С обзиром на тренд пораста коришћења неметаличних сировина у свим државама, експлоатација и прерада ових ресурса требало би да заузима доминантну улогу и у привредном развоју Републике Српске. Данашње познавање неметаличних потенцијала представља базу и за процјену могућности и услова за активирање нових комерцијалних лежишта свих заступљених неметала, укључујући и оне који још нису обухваћени експлоатацијом и истраживањима

Неметаличне минералне сировине су рашчлањене у пет група према генетским, геохронолошким и геотектонским критеријумима:

1. Сингенетске неметаличне сировине метаморфинског основног горја- графит, кварцитни и кровни шкриљци, пирофилит (настале метаморфним преображајем примарних егзогенних стијена и везане за палеозојске терене средишње зоне и унутрашњих Динарида);
2. Неметаличне сировине деривати херцинског киселог магматизма-берил, фелдспат, флуорит, горски кристал, хидротермални барит, лискун, жични кварц (локализоване у средишњој зони и палеозојску сјеверне Босне, при чему је сличност парагенеза и начина појављивања у оба подручја знатна);
3. Неметаличне сировине у грађи централне офиолитске зоне – хризотил азбест, магнезит, оливинит, рефракторни хромит, стива и сепиолит, талк, гранат, корунд (везане за босанску серпентинску зону унутрашњих Динарида, већином за ултрамафите);
4. Неметаличне сировине у горње пермско-мезозојско-палеогеним формацијама-бијели боксит, брусни камен, доломит, фосфати, гипс и анхидрит, хидротермално-седиментни барит (због прегледности дат уз хидротермални), кречњаци, силицијски седименти, амфиболски азбест (везан за седименте, егзогене творевине како у спољашњим тако и у унутрашњим Динаридима);
5. Неметаличне сировине формиране при ендегеним и егзогеним неогеним и квартарним процесима (изван ултрамафитског комплекса) – бентонит, боросиликати, дијатомит, камена и калијеве соли, каолин, кварцни пијесци, минерални пигменти, туфови, зеолити и др.

### Керамичке и ватросталне глине

Већина познатих лежишта керамичких и ватросталних глина у Републици Српској груписана су унутар приједорског неогеног басена и везана су за кластичну плиоценско квартарну рудоносну

формацију. Приједорски неогени басен представља издужену депресију чија дужа оса има дужину од 30km и правац пружања СЗ - ЈИ. Сва лежишта глине су везана за рубне дијелове басена и развијена су као нормални члан плиоценске и плиоценквартарне серије. Истражено је преко 15 лежишта која се налазе у четири рудне зоне и то: Брезичани-Козарац, Бишћани-Хамбарине, Томашица-Ћела и Омарска, чије укупне површине износи око 80km<sup>2</sup>. Степен истражености је око 7,6%. Укупне категорисане резерве до сада истражене су око 56 000 000 тона. Највеће, најзначајније и једино у експлоатацији је лежиште Црна Долина, чије резерве износе око 16 000 000 тона. Главна карактеристика глина са већине наведених лежишта је да су због присутног монтморионита добри пластификатори, да имају релативно ниску температуру синтеровања 930 до 1050<sup>0</sup>С, као и повољну боју паљења.

Глина је погодна за производњу електроизолатора, fine, грубе и грађевинске керамике, као исплака за дубинско бушење итд. Варијација корисних и штетних компоненти указује да се не могу очекивати неки значајнији резултати што се тиче могућности проналазак ватросталних варијетета. Повољан географски положај, резерве и квалитет глине са наведених лежишта као и ситуација на тржишту керамичких глина указују на перспективност овог подручја у смислу будуће експлоатације [17].

Поред наведеног, потребно је споменути и лежиште Украина код Челинца, које припада Бањалучком терцијарном басену. Потенцијалне геолошке резерве тамноцрвене глине од 450 000t, омогућују њену успјешну примјену у индустрији грађевинске керамике.

#### Бентонит

Просторно и генетски, лежишта бентонита су везана за неогену пирокластично-угљеносну формацију, односно за вулканску активност која се за вријеме неогена одвијала у скоро свим слатководним басенима. Најмасовније појаве овог ресурса и лежишта која су била у јамској експлоатацији су у околини Шипова: Бабићи, Бабина Грета и Грета. Ту су заступљене бентонитске глине монтморионитског састава, чије учешће у рудној маси износи преко 95%, уз присутне кварц фелдспате и лискуне. Данас је активан само површински коп на лежишту Соколац, чије резерве А + В + С<sub>1</sub> категорије износе 1 300 000t, а потенцијалне 3 600 000t.

Лежиште бентонита Љешљани се налази на око 10 km сјевероисточно од Новог Града. Изграђено је од неколико бентонитских тијела, која се јављају у виду слојева и сочива непосредно у подини угља, између њихових слојева те у његовој високој кровини. Бентонитске глине лежишта изграђене су претежно (са преко 90%) од монтморионита, изразито подређено (са 5%) од угљене супстанце и само спорадично од кварца, фелдспата и лискуна. Испитивања технолошких својстава бентонитских глина лежишта дала су високу оцјену погодности њиховог коришћења као сировина за припрему катализатора, за поступке пречишћавања нафте и нафтних деривата, као и деколораната за избјелјивање. Геолошке резерве бентонитских глина истраживаног дијела лежишта, према обрачуна Ж. Грковића из 1960 износе укупно око 6 милиона тона, од тога у С<sub>1</sub> категорији око 2 100 000t [13].

Потребно је споменути и појаве бентонитских глина у рејону Добоја (Радеш, Жабљак и Трепче) односно појаву Г. Каменице у рејону Зворника.

#### Каолин

Лежишта и појаве каолина у Републици Српској заступљена су у подручју масива Мотајице и у подручју Сребренице. Мотајички гранитски масив налази се у близини ријеке Саве и то између доњих токова, односно ушћа ријека Врбаса и Украине. Подручја са највећим бројем до сада откривених налазишта каолина, односно каолинисаног гранита, налазе се у ободним дијеловима масива у близини контакта са метаморфним и седиментним стијенама Кобањ, Ђидови, Гребско-Камени поток, Филиповића коса су само неки од перспективних локалитета за експлоатацију ове сировине. Експлоатација каолина на овом подручју врши се на ПК каолинског гранита "Башића

Баре" код Србца. Каолинисани гранит користи се у керамичким масама свијетле боје кријепа, као непластична компонента, док се шлемовани каолин користи за добијање санитарне и употребне керамике, за керамичке глазуре и разна пунила.

Каолиноносно подручје Сребренице налази се у источном дијелу Републике Српске, унутар контура сребреничког еруптивног подручја. Овдје је откривено више лежишта и појава каолина примарног типа, који су локализовани углавном у палеозојским шкриљцима.

Лежишта и појаве каолинисаног подручја Сребренице груписане су у два рејона и то: Рејон Братунац са лежиштима Братунац и Тегаре и појавама Бјеловац и Сикирићи. Рејон Сребренице обухвата појаве Вукосављевићи, Црни Губер и Јадар. Општи степен истражености овог подручја са лежиштима и појавама каолина веома је низак, осим лежишта Братунац гдје су доказане билансне резерве од око 4 000 000t. Сирови каолин са тог лежишта се користио у индустријама грађевинске керамике и порцелана, а сепарисани и као пунилац при изради хартије. Данас ни лежиште ни прерађивачки капацитети нису у експлоатацији, али се ускоро предвиђа њихово реактивирање. Каолин лежишта Тегаре је сконцентрисан у санидинском дациту од кога је настао. Степен истражености лежишта је низак, а геолошке резерве се процјењују на око 2 500 000t [13].

#### Опекарске глине

Лежишта опекарских глина су груписане у оквиру неогених басена и углавном су заступљене у свим дијеловима Републике Српске. Најзначајнија лежишта која су у експлоатацији су: "Пукиш" - Лопаре, "Туњице" - Бања Лука те површински копови опекарских глина у Бијељини, Приједору, Рогатици, Братунцу, Сочковцу и Берковићима. Резерве ове сировине су велике, а у фази изградње и обнове Републике Српске потреба у индустрији грађевинских материјала је велика.

#### Кварцни пијесак

Најзначајнија лежишта и појаве кварцног пијеска у Републици Српској налазе се у приједорском басену, подручју Добој - Модрича и подручју Зворник - Козлук. До сада нису пронађена значајна лежишта кварцних пијескова употребљивих за производњу висококвалитетног стакла.

Детаљна геолошка истраживања, испитивања квалитета и могућности обогаћивања кварцног пијеска приједорског неогеног басена изведена су на три лежишта: Алићи, Брезичани и Омарска. Укупне геолошке резерве "А", "В" и "С<sub>1</sub>" категорије наведених лежишта износе 14 100 000t, а потенцијалне резерве се цијене на око 80 000 000t. Генерална карактеристика ове сировине у свим лежиштима је: високо учешће ситних класа, садржај SiO<sub>2</sub> око 90%, садржај Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> око 1%, садржај Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> до 5%, док је учешће класа крупноће +1mm безначајно. Испитивања су показала да се пијесак једноставним поступцима прања и класирања обогаћује до нивоа примјене у производњи амбалажног стакла, керамике, ватросталсталној и индустрији грађевинских материјала и сл., док се високо обогаћени концентрати могу користити у производњи синтетичких зеолита, воденог стакла, силицијум метала, силикона, силикатних пунила и сл. Лежишта кварцног пијеска приједорског неогеног басена су везана за кластичну плиоцен-квартарну формацију [18].

Подручје Добој - Модрича изграђују великим дијелом плиоценски марински седименти, међу којима значајно учешће имају кварцни пијескови. Истраживана лежишта кварцних пијескова овог подручја налазе се у атарима села: Клокотница, Пећник, Љескове воде и носе истоимене називе. Верификоване геолошке резерве лежишта Клокотница "А + В + С<sub>1</sub>" износе 3 500 000t, а лежишта Пећник 1 650 000t. Ови кварцни пијескови и без оплемењивања би могли представљати ресурс за производњу извјесних асортимана амбалажног стакла.

Подручје Зворник - Козлук, у свом средишњем дијелу површине од 80km<sup>2</sup>, обухвата и низ лежишта кварцног пијеска од којих је већина само проспекцијски обрађена (Кисељак, Јасеница, Слатина, Махоћи, Бусија и Табанци). Експлоатацијски обрађена лежишта кварцног пијеска су: Бијела стијена,

Шабића брдо и Грабовци. Једино перспективно лежиште у погледу експлоатације је лежиште Бијела стијена са верификованим геолошким резервама "А + В + С<sub>1</sub>" категорије од 1 500 000t. Могућности и услови примјене кварцних пијесака за производњу равног стакла испитани су у индустријском обиму и при томе добијени апсолутно задовољавајући резултати [13].

#### Магнезит

Магнезитска лежишта Републике Српске генетски и просторно су везана за зону ултрабазичних стјена у Динаридима (серпентинисаних перидотита и серпентинита). Сва до сада истраживана лежишта на овом подручју припадају хидротермалном-жичном типу, ако се изузму мање појаве инфилтрационог типа које се јављају у Петрову. Према геолошком положају могу се издвојити три магнезитска рејона и то:

- магнезити ултрабазичног масива Пастирева и Козаре
- магнезити дијела Кривајско-коњушког масива
- магнезити западног дијела Златиборског масива.

Магнезити ултрабазичног масива Пастирева и Козаре концентрисани су на два поља: Пастирево и Козара. Магнезитске појаве овог рејона су слабо истражене, доста ријетке и без великог економског значаја.

У оквиру Кривајско-коњушког ултрамафитског масива могу се издвојити три рејона: рејон Бања Луке, рејон Прњавора и рејон Мале Укрине. Рејон Бања Луке се састоји од два одјељена магнезитска поља: Сњеготине и Врбање. Истражним радовима детаљно је истражено око 25 магнезитских жица а дјелимично преко 40 жица. Укупно истражене резерве овог рејона износе око 1 400 000t, од чега највећи дио чине резерве "С<sub>2</sub>" категорије, па је и степен истражености доста низак. Све појаве магнезита у рејону Прњаваора концентрисане су на планини Љубић. Укупно је констатовано и истраживано 45 појава размјештених у око 25 локалитета. Највећа утврђена дужина појединих рудних тијела по пружању износи 240m, по паду 55m (Раулића поток), а максимална дебљина од 3,5m констатована је на локалитету Стражбеница. Укупно до сада истражене резерве у рејону Прњавора износе око 240 000t.

Магнезити западног дијела златиборског басена заступљени су са двије мање ултрабазитске масе и чине један одјељени рејон (рејон Рудо). Екстензитет магнезитског орудњења у овом рејону је знатан, али је интензитет врло скроман. Код већине појава резерве се крећу у границама од неколико хиљада тона, а једино у лежишту Дувница оне износе преко 70 000t магнезита [13].

#### Хризотил-азбест

Најзначајнија лежишта и појаве хризотил-азбеста у Републици Српској везана су за формацију ултрабазичних стјена перидотитског типа. Најинтензивнија азбестизација локализована је у Петрову гдје је вршена експлоатација, али је већ одавно обустављена из еколошких разлога. У наведеном рејону налазе се економски најзначајнија лежишта не само у Републици Српској него и шире. Само једно од ових лежишта садржи преко 40 000 000t, са средњим садржајем хризотил-азбестног влакна од око 2,5%. Поред тога у овом рејону постоји веома повољна перспектива за даље повећање сировинске базе. Према својој генези и морфологији рудних тијела, лежишта хризотил-азбеста у рејону Петрова припадају типу највећих свјетских лежишта. У геолошкој грађи рејона заступљене су палеозојске, јурске и терцијарне творевине. Палеозоику, вјероватно старијем, припадају базичне магматске стјене, серпентинисани перидотити и габрови. Јурске творевине су представљене дијабаз-ројначком формацијом и кречњацима. Терцијару припадају киселе магматске стјене, контактено метаморфне и хидротермално-метаморфне стјене, а затим неогени седименти. Поред описаног рејона, у озренском масиву срећу се и друге појаве азбеста које су дјелимично истраживане или су само регистроване. Потребно је споменути и сњеготински ултрабазични масив, гдје је азбестна минерализација констатована у локалитету Брегови на површини од 2ha.

### Талкити

Од неколико налазишта талка на сјеверном ободу Озренског ултрабазичног масива најбоље је истражен локлитет Мушићи источно од Петрова. Дјелимично су истраживани талкити у Жарковцу, а још мање у Тешановићима. На локалитету Мушићи издвојена је зона талкитне минерализације дугачка 150m и широка 60m, у којој је дефинисано 5 "слојева" чистијих талкита дебљине 2-10m. У зони талкизације одеђено је учешће талкита 33%, талккарбонатних стијена 20%, талкизираних карбонатних стијена 23%, талкизираних и карбонизираних серпентинита 24%. Укупне резерве руде на локалитету Жарковац С<sub>1</sub> категорије износе 2 400 000t, а С<sub>2</sub> категорије 1 850 000t.

### Гипс и анхидрит

Сва налазишта гипса и анхидрита на простору Републике Српске везана су за пермску формацију кластита, односно лежишта се налазе само по тектонским зонама вишег реда, гдје су до површине тектоником доведени пермски или пак доњотријаски седименти у које се гипс пробио дијапирским кретањем. Најзначајније лежиште ове сировине које је у експлоатацији, свакако је лежиште Петковац у околини Новог Града са утврђеним билансним резервама гипса "А+В+С<sub>1</sub>" категорије од 6 500 000t и потенцијалним резервама око 2 000 000t. Ове наслаге гипса по генетским карактеристикама припадају секундарном-инфилтрационом типу лежишта, које су настале хидратацијом из анхидрита, а евидентне су као литолошки члан евапоритних наслага, пермтријаске старости. Гипс се јавља у виду неправилног слоја-гипсни шешир-који лежи преко анхидрита непознате дебљине.

Активна експлоатација ове сировине врши се у околини Шипова на лежиштима Волари, Дочићи и Орловача. Лежиште Волари има облик разбијеног сочива при чему је по пружању откривено у дужини од око 400m, а дебљине 30-40m. Овдје је ријеч о бијелом и сивом гипсу који припада бољим квалитетима. Поред описаних лежишта у експлоатацији, лежишта гипса се налазе и у подручјима Мркоњић Града (Медна), Фоче, Тјентишта и Чајнича.

### Барит

Лежишта као и минералшке појаве барита у Републици Српској везана су за процесе настајања порфирит-ројначке формације и за палеозојске пјешчаре, шкриљце и карбонате фације. Најзначајнија лежишта налазе се у Љубијској металогенетској области и везана су за рудоносне формације млађег палеозоика. Дефинисане су рудне зоне Нови Град-Видрењак, Славићка-Бронзани Мајдан и Трамошња са двадесетак појава и лежишта. Највеће резерве барита су за сада истражене у зони Нови Град-Видрењак и то на Стражбеничком и Видрењачком рудном пољу. Највеће лежиште барита је Видрењак са око 1 100 000t, а потенцијалне резерве ове области процјењују се на још око 3 300 000t. Сидеритно-лимонитна рудишта Брдо и Литица код Љубије у извјесним својим дијеловима садрже барит као примјесе, везан за сидеритно кварцне масе. Што се тиче осталих појава у овој зони, ради се о жичним баритним рудним тијелима, дебљине до 10m.

Сочиваста баритна тијела са прослојцима пјешчара и ројнаца у лежишту Церићи сјеверозападно од Бањалуке достижу дебљину од преко 20m, са садржајем ВаСО<sub>4</sub> од 90 до 95%. Лежишта сличног типа налазе се на граници верфенских фација и средњотријаских кречњака у подручју Металке код Чајнича [13].

### Флуорит

Флуоритно-баритна лежишта и појаве се налазе у ширим просторима Приједора. Најзначајније је лежиште Жуне, које се налази у међупростору четири чисто баритна лежишта. Представљено је једном значајном, дјелимично исцрпљеном, готово вертикалном, баритном жицом дебљине до 9m. Она је локализована у палеозојским доломитима, недалеко од контакта са верфенским шкриљцима и пјешчарима. Удио флуорита у грађи предметне жице расте на рачун барита према њеним корјеним дијеловима, а генерално износи око 20% [13].

### Фелдспати

Економски најперспективнији носиоци фелдспата на територији Републике Српске су разни мотајички, борјански и братуначки гранитоиди. Мотајички пегматити и аплити у већини случајева садрже, као битан састојак бар један од алкалних фелдспата - чешће микроклин и ортоклас, него албит и албит-оригоклас. Лабораторијским флотацијским обогаћивањем фракција 50-25 $\mu$  сепарацијског одпада, након издвајања каолина из "каолинске руде" лежишта Ђидови (мотајичка лежишта), добијен је концентрат фелдспата добрих квалитативних карактеристика.

### Минерални пигменти

Налазишта природних минералних пигмената унутар Републике Српске смјештена су у ширим просторима Приједора, Мотајице, Прњавора и Пала. Највећа лежишта минералних пигмената, смјештена су у љубијској металогенетској области и везана су за рудоносне формације гвожђа старијег палеозоика и неогена [21]. Приједорска лежишта и појаве: Томашица, Пухарска, Бишћани, Хамбарине, Чараково и Бабићи, као и појаве код Прњавора: Кулаши и Драгаловци, обухватају поједине слојеве или пакете слојева црвенкастих, жутих и смеђих јако гвожђвитих глина у грађи седиментних комплекса неогених басена. Мотајичке појаве: Сељачка коса и Гавранић, су везане за рецентне коре трошења, а настале су на рачун разних метаморфита, односно горњокредних кластита.

### Туфови

Веће масе туфова на овим просторима констатоване су у неогену љешљанско-кнежичког и прњаворског басена. Просторно и генетски везани су за неогену пирокластично-угљеносну формацију. У прњаворском басену, на ужем простору Прњавор - Укрина, туфови су откривени у саставу слатководних седимената бурдигал-хелвета на слиједећим локалитетима: Пиплићи, Мравићи, Рудоњићи, Танасићи, Тубаково брдо и Раљевац. Од набројаних локалитета, свакако је најзначајније лежиште Пиплићи које се налази на око 5km југоисточно од Прњавора. Једини слој туфа у склопу лежишта просјечне је дебљине од око 10m. Изданци туфа могу се пратити, са мањим прекидима, на дужини од око 300m. Верификоване геолошке резерве овог лежишта "А + В + С<sub>1</sub>" категорије достижу око 650 000t туфа и омогућују примјену ове сировине у цементној и битуменској индустрији.

Угљевички басен у повлати и Гатачки басен у подини угљеног слоја садрже значајне количине туфова. Туфови у подручју Милића и Власенице (сјеверно од Студеног Јадра) на више мјеста налазе се локални мајдани за вађење туфова. Обрађивана су три лежишта: Дубница, Залуковик и Вуковићи. Камен има добре декоративне карактеристике и може се вишенамјенски користити у грађевинарству.

Поред приказаних туфова у прњаворском басену, у околини Шњеготине (Новаковићи) утврђене су билансне резерве *зеолитисаног туфа* од око 6 000t. Рудно тијело је слојевито, по пружању се може пратити у дужини од око 200m, а дебљина му је око 2m.

### Кречњак

Лежишта кречњака на овим просторима везана су за горњопермско-мезозојско-палеогене формације. Учешће кречњака у литостратиграфској грађи постепено се повећава идући од горњег девона и карбона преко пермо тријаса, тријаса, јуре да би у креди достигао максимум заступљености, односно постао основни литолошки члан унутар кога се подређено јављају доломити и доломитични кречњаци. Од креде па до краја миоцена, заступљеност кречњака у литолошком стубу опада, да би у плиоценским наслагама потпуно исчезла [6].

Палеозојски кречњаци су мањег распрострањења, ријетко су хемијски чисти, доста су испуцали и тектонизирани, па им је домен примјене ограничен, а у већини случајева су експлоатациони услови непогодни, па су без већег економског значаја.

Тријаски кречњаци, ширег домена примјене, јављају се на неколико мјеста у виду већих маса, а остали дио чине кречњаци ограниченог дијела примјене (Дервиш Кула) и кречњаци који врло често алтернирају са теригеним творевинама, па су онечишћени. Најзначајнији активни каменоломи кречњака тријаске старости су: Дреновача-Приједор, Бјелајци-Мркоњић Град, Лубово-Шипово, Укрина-Челинац и Лапишница- Источно Сарајево.

Јурски кречњаци представљају квалитетну сировину ширег домена примјене. Најзначајнији активни каменоломи унутар јурских наслага су: Планина и Љубачево-Бањалука и Кркојевци-Нови Град.

Кредне насlage заузимају велике површине и њих уз сличне творевине граде кречњаци ширег домена примјене. Од активних каменолома кредне старости најзначајнији су: Котловићи-Кнежево, Дракуљица-Билећа, Лучин До и Турметин Зубци-Требиње.

У наслагама терцијарне старости кречњаци су подређени, мање масе миоценских кречњака издвојене су на подручјима негонених басена, које услјед примјеса које у себи садрже имају ограничену употребу. Најзначајнија лежишта кречњака палеоценско-еоценске старости су: Хардовац и Липац-Добој и Каменица-Теслић.

#### Доломит

Најзначајнија лежишта доломита налазе се у сјеверозападном дијелу Републике Српске. Ради се о великим тријаским доломитским масама, недовољно истраженим, на потезу Блатна-Отока, код Новог Града и Драготња-Сводна између Приједора и Новог Града. Геолошке резерве само на потезу Отока-Блатна, дужина 5km и ширина 1km, износе преко милијарду тона. Из хемијских анализа видљиво је да би квалитет сировине одговарао захтјевима индустрије за добијање синтер доломита и магнезијум метала. На овом потезу експлоатација се одвија на лежишту Блатна.

Експлоатација доломита одвија се и у каменоломима: Подбрдо и Чираковац-Мркоњић Град и Холијаци-Вишеград. Значајна налазишта доломита налазе се и у рејону Фоче на локалитетима Пуцани камен, Соколина и Челебићи.

#### Креда

У непосредној близини Угљевика (Вучјак) налази се формација литотамнијских кречњака који у свом већем дијелу имају карактеристике, сировине за вишенамјенску употребу (у индустрији папира, минералних ђубрива и стакла, за калцификацију земљишта, у грађевинарству итд). На лежишту постоји активан коп, тренутно малог капацитета иако су резерве импозантне. Значајније масе креде се налазе у Љешљанском неогеном басену у околини Новог Града.

#### Архитектонско-грађевински камен

На лежишту у експлоатацији Садилев Чаир код Хан Пијеска заступљене су слојевите и банковите жуторумене до тамноцрвене крењачке брече и кречњаци доње јуре ("романит"). Билансне резерве комерцијалних блокова који се режу, бресе, обрађују, уграђују у ентеријере и екстеријере А+В+С<sub>1</sub> категорије износе 107 000m<sup>3</sup>. У подручју Српског Сарајева на Хрешу у фази је експлоатација каменолома слојевитих и банковитих, свијетлосивих до бијелих средњетријаских кречњака. Билансне резерве комерцијалних блокова који се највише користи у клесарској дјелатности А+В+С<sub>1</sub> категорије износе 152 000m<sup>3</sup>.

У љубијској металогенетској области су интересантни вангабаритни блокови карбонских кречњака, тријаске брече, лапоровити плочасти кречњаци у Драгоћињи, црни плочасти кречњаци на локалитету Миска Глава, кварц-кератофири, као и кровни шкриљци релативно високог степена кристалинитета. Потенцијалне резерве процјењују се на преко три милијона тона, од чега се на бази локалних отворених мајдана и прорачуна уз остале минералне сировине, истражене резерве могу дефинисати на око 300 000т.

У подручју Власенице и према Шековићима има неколико мјеста са појавама бигра-седре. Значајнија налазишта са повременом експлоатацијом су Врело Тишће и Гачићи.

Између Братунца и Сребренице на више мјеста су пронађени табличасти палеозојски шкриљци који могу да служе за покривање грађевинских објеката за шта их је користило локално становништво. Нешто детаљније истражена лежишта Бољевац и Врањешевећи нису до сада имала значајнију експлоатацију.

Експлоатација мермерисаних кречњака се врши и на лежиштима Зелени Вир код Челинца и Гашица на Просари. Велику потенцијалност као архитектонски камен имају и магматске стјене офиолитске зоне.

### Лапор

Лежишта лапора у Републици Српској су, углавном, везана за неогене басене уз теригено-угљеносну формацију. Геолошке резерве лапора су углавном процијењене, а квалитативне карактеристике најчешће упознате на бази локално узетих проба за хемијске анализе. Нешто детаљније, обрађен је лапор у Љешњанском рудном пољу, гдје је дјелимично истраживан уз угаљ и констатован као кровина наслага угља. На бази истражних радова, наслага лапорца на овом подручју се налазе на површини од око 5km<sup>2</sup>, дебљине и до 200m. Потенцијалне резерве се процијењују на око 520 000 000m<sup>3</sup>. Утврђено је да је лапор употребљив за производњу цемента уз знатнији додатак CaCO<sub>3</sub> компоненте унешене кречњаком [9]. Реална је процјена која указује да се са дубином очекује пораст CaCO<sub>3</sub> у лапору, што указује да је ово лежиште потенцијално, као носилац сировине за цементну индустрију.

Поред описаног, најзначајније лежиште лапора се налази у Гатачком и Угљевичком угљеносном басену гдје се слојеви лапора смјењују са слојевима угља. Резерве су знатне, а квалитет сировине одговара захтјевима цементне индустрије.

### Шљунци и пијесци

Ови природни грађевински материјали изграђују долине изграђују долине свих дужих поточних и ријечних токова. Припадају им и већи дијелови алувијално-плавних секвенци. У геоморфолошком смислу то су аде, плаже и терасе формиране у коритима и на обалама поточних и ријечних корита. Потенцијалност експлоатације је готово неисцрпна.

## МИНЕРАЛНЕ И ПИТКЕ ВОДЕ

### Подземне воде

Недостатак питке воде за снабдијевање становништва као и чисте воде за потребе у индустрији, данас је један од највећих свјетских проблема. На простору Републике Српске постоје значајне акумулације подземне воде. Издвојене су акумулације подземних вода у стијенама интергрануларне порозности, пукотинске и пукотинско-кавернозне порозности. Стијене интергрануларне порозности

захватају подручје слива Саве (Семберија, Шамачко-брчанско поље, Бродско поље, Дубичко поље), слив Босне (сјеверни дио алувијона ријеке Босне), слив Уне (Приједорско-санско поље). Стијене пукотинске и пукотинско-кавернозне порозности припадају сливовима Сане, Врбаса, Дрине (област Романија, Деветак и Јавор, област Јахорина и Требевић, област Добрун, Рудо, Чајниче и Фоча), слив Дрине и Неретве (област Трескавица, Лелија и Зеленгора), слив Неретве и Требишњице (Чемерно, Гацко, Невесиње). Билансне резерве у водоносним срединама интергрануларне порозности износе  $3,17\text{m}^3/\text{s}$ , а укупне  $9,10\text{m}^3/\text{s}$ , док су билансне резерве у водоносним срединама пукотинске и пукотинско-кавернозне порозности  $18,16\text{m}^3/\text{s}$ , а укупне  $41,79\text{m}^3/\text{s}$ . Свеукупни биланс подземних вода је: билансне  $21,71\text{m}^3/\text{s}$ , и укупне  $50,89\text{m}^3/\text{s}$  [4]. Сходно значају подземних вода посебну пажњу треба посветити заштити вода од загађења.

#### Минералне, термалне и термоминералне воде

На простору Републике Српске регистровано је низ појава минералних, термалних и термоминералних вода чија љековитост је већ одавно позната. Осим у медицинске сврхе воде се користе у бањском туризму, спорту и рекреацији, за флаширање као стона минерална вода, за водоснабјевање становништва, а могуће је и енергетско коришћење. Воде припадају различитим хидрохемијским провинцијама.

Најзначајније активне бање су: Мљечаница – Козарска Дубица (сумпоровите минералне воде), Црни Губер - Сребреница (арсенско – жељезовите - сулфатне радиоактивне воде), Вишеградска бања – Вишеград, Кулаши-Прњавор (термалне воде), Дворови – Бијељина, Љешљани-Нови Град, Бања Врућица-Теслић, Српске Топлице, Слатина, Шехер, Лакташи (термоминералне воде), Козлук-Зворник (угљично-киселе минералне воде). Осим активних бања широм Републике јавља се велики број недовољно истражених изворишта минералних, термалних и термо-минералних вода којима се у наредном периоду треба дати већи значај са аспекта могућности коришћења у бањске сврхе [8, 4, 15].

#### ПРИОРИТЕТНЕ МИНЕРАЛНЕ СИРОВИНЕ ЗА ДАЉА ИСТРАЖИВАЊА И ЕКСПЛОАТАЦИЈУ И СТРАТЕГИЈА ИСКОРИШЋАВАЊА МИНЕРАЛНИХ РЕСУРСА

Највећи дио минералних сировина Републике Српске оцјењен је као перспективан за даља истраживања одређених геолошких формација-металогенетских зона и области. С обзиром на свјетске трендове, посебно су потенцирана истраживања лежишта енергетских сировина, што нас обавезује за наставак нафтно геолошких истраживања сјеверног и југоисточног дијела Републике Српске. С обзиром на скупа истраживања, предлаже се израда промоционих пакета – тендера, односно издавање концесија страним нафтним компанијама. Овако конципирана стратегија у доброј мјери зависи и од политичке воље на нивоу власти Босне и Херцеговине.

Што се тиче лежишта угља ту је ситуација јасна, јер је потенцијалност већ одређена, на основу које се планира изградња додатних блокова термоелектрана, односно изградња нових (Станари и Миљевина).

Данас је очита потражња за металима никла, кобалта и других значајних али слабо заступљених метала. Више година стране компаније инсистирају на концесијама за истраживање никлоносног лежишта Мокра Гора-Вардиште, али под притиском заступника екологије иницијативе су неоправдано одбачене.

Поједине неметаличне минералне сировине имају велику потенцијалност. Обезбјеђене су резерве за домаће потребе али и за извоз. Посебно су изражене потребе за минерализацијама бора, међутим на теренима Мајевице код Лопара регистроване су само минералашке појаве на којима се врше истражна бушења. Постоје и многе друге, претежно минералашке појаве, које треба истраживати.

Приликом давања одобрења за истраживање и одобрења за извођење рударских експлоатационих радова надлежни републички органи воде рачуна о рационалном искориштавању минералних ресурса. У последијне вријеме повећан број инвеститора (домаћих и страних) у Републику Српску на искориштавању минералних ресурса. Предузећа која су ангажована на експлоатацији настоје уз што мање трошкова обезбједити већу добит, што повлчи нерационално коришћење лежишта, што је недопустиво у стратешком интересу и према будућим генерацијама. Енергетски потенцијали сврставају Републику Српску у једну од најбогатијих регија у југоисточној Европи. Нажалост, производња енергије у постојећим објектима заснована је на технологијама развијеним прије више од 25 година. Иако се ради о старој технологији производња енергије у домаћим капацитетима на бази минералних ресурса премашује домаће потребе те се вишкови извозе.

Од планираних енергетских пројеката у Републици Српској, заснованих на минералним сировинама, треба истаћи изградњу друге фазе у рудницима Гацко и Угљевик те изградњу термоелектране у Станарима. Постоје индиције да би у руднику Миљевина могло доћи до обнављања производње и изградње енергетског објекта.

За систематско искориштавање ресурса пожељно би било да се уради SWOT анализа, што је уствари дефинисање јаких страна, слабости, прилика и пријетњи које би могле утицати на развој Републике Српске у дијелу минералних ресурса. Јаке стране представљају средства/факторе које Републици (регији или локалној заједници) осигуравају конкурентске предности и одређено подручје чине привлачним за живот и рад. Слабости су фактори или трендови који су препреке или ограничења економском развоју (социјалног, физичког, финансијског, регулаторног, политичког, етничког или традиционалног карактера). Прилике су услови који олакшавају или омогућавају развој конкурентских предности. Пријетње су неповољни трендови који воде ка губитку.

Израдом студија, краткорочних и средњерочних програма истраживања у бити се иницира геоистраживачка дјелатност. Сва истраживања, односно њихови резултати, морају бити под ингеренцијом државе, што значи да је израда студија и програма у надлежности ресорног министарства. Да бисмо у потпуности задовољили критеријуме израде студија и програма, неопходно је извршити анализу комплетне документације и савременом методом оригиналних софтверских пакета МАП (Мултиатрибутивна прогноза оцјене минералних ресурса), на бази великог броја геолошких и аналитичких података са израдом бројних прогнозних карата минералних сировина у различитим метало-генетским јединицама Републике Српске.

## ЗАКЉУЧАК

У Републици Српској као резултат интензивних геолошких истраживања прије рата, откривена су и дефинисана многобројна лежишта енергетских, металичних, неметаличних минералних сировина, грађевинских материјала, минералних и питких вода. Дефинисане су рудоносне формације за које су везане рудне формације датих минералних сировина и рудна лежишта.

Изграђени су многобројни капацитети експлоатације, припреме и прераде већине минералних сировина, који су током рата већим дијелом девастирани, тако да је постојало одсуство било каквих производних активности у овом дијелу дјелатности, а обнављање у послеријатним сложеним економским условима и амбијенту се одвијало веома споро.

Нарушена је организација, планирање и реализација геолошких истражних радова, тако да је евидентна одсутност било каквих истраживачких радова по свим видовима ове гране индустрије.

Постоји оправданост перманентних геолошких истраживања ради дубљег спознавања рудоносних и рудних формација, откривања нових минералних сировина и бољег познавања откривених ради све оштријих захтијева тржишта. То значи да треба тражити лежишта која дају боље квалитативне показатеље и боље услове експлоатације.

Неметали и грађевински материјали су најзначајнији неискориштен потенцијал, за развој минералне економије, па поред постојећих производњи реално је развијати нове.

Минерална стратегија и политика, као и дијелови економске политике Републике Српске, мора преко утицаја државе и оријентације на тржишну привреду у усклађивању интереса државе и приватног власништва, адекватним законодавством, одговарајућим мониторингом у процесу транзиције, који има значајан замах кроз организацију, планирање и извођење геолошких истраживања, обезбједити и покренути минералну економију и репродукцију минерално сировинске базе.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Чичић С., Миошић Н.: Геотермална енергија Босне и Херцеговине, Геоинжењеринг, Сарајево, 1986.
- [2] Грубић А.: Геологија Југословенских боксита, САНУ, Одјелјење природно-математичких и техничких наука, књига 44, 181 страна, Београд, 1975.
- [3] Грубић А., Цвијић Р., Протић Љ.: Оцјена потенцијалности угљеносних формација Републике Српске, Трећи научно-стручни скуп „Енергетика Републике Српске 2001“, „Стање перспективе и правци развоја енергетике Републике Српске“, Зборник радова, страна 50-60, Теслић, 2001.
- [4] Јовановић Л., Ђурић Н., Главаш С.: Прилог познавања биланса подземних вода у РС, Зборник радова ИИ савјетовања у Сребреници, страна 129-135, Сребреница, 1998.
- [5] Јурић М.: Геологија подручја санског палеозоика у сјеверозападној Босни, Геолошки гласник, Посебно издање, 146 страна, Сарајево, 1970.
- [6] Качар Б.: Карбонатне формације сјеверозападне Босне и Херцеговине као минерално сировински потенцијал, Геолошки гласник бр.26, стр.173-219, Сарајево, 1981.
- [7] Катзер Ф.: Геологија Босне и Херцеговине, 527 страна, Сарајево 1926.
- [8] Ковачевић А.: Туристички ресурси- могућности развоја туризма и угоститељства у РС, Зборник реферата, стр. 173-176, Дворови- Бијељина, 1996.
- [9] Малбашкић В.: Услови и могућности производње и пласмана цемента на основу минералних сировина- потенцијала Новог Града, Фонд стручне документације РГИ, Приједор 2001..
- [10] Миошић Н.: Могућности истраживања и коришћења хидрогеотермалних потенцијала Босанске Крајине, савјетовање о енергетским потенцијалима Босанске Крајине, Зборник радова, страна 21-43, Сански Мост, 1985.
- [11] Миливојевић М., Мартиновић М., Јовановић Л., Ђурић Н.: Геотермални ресурси РС-енергетска реалност, Зборник радова ИИ савјетовања у Сребреници, страна 87-99, Сребреница, 1998.
- [12] Милојевић Р., Рамовић М., Кубат И. и др.: Лежишта обојених и црних метала, Минералне сировине Босне и Херцеговине, Књига 3, страна 7-400, Сарајево, 1976.
- [13] Милојевић Р., Варићак Д., и др.: Лежишта неметала, Минералне сировине Босне и Херцеговине, Књига 2, страна 242-441, Сарајево, 1976.
- [14] Николић Д.: Стање и могућности производње минералних сировина у РС, Зборник радова ИИ савјетовања у Сребреници, страна 109-114, Сребреница, 1998.
- [15] Пјанић Р., Гаћеша Н.: Геологија и хидрохемија бање Љешљани код Новог Града, Зборник радова ИИ савјетовања у Сребреници, Сребреница, 1998.
- [16] Пјанић Р., Гаћеша Н., Вујиновић Л.: Нафтно-геолошка истраживања на подручју Босне и Херцеговине са посебним освртом на период 1973-1992. године, Зборник радова ИИ савјетовања у Сребреници, страна 63-73, Сребреница, 1998.
- [17] Протић Љ., Глушац М.: Лежишта керамичких глина у приједорском неогеном басену, Друго међународно савјетовање о површинској експлоатацији глина, Зборник радова, страна 19-25, Пожаревац, 1998.
- [18] Протић Љ., Раковић Н.: Геолошке и технолошке карактеристике кварцног пијеска у приједорском неогеном басену, Фонд стручне документације РГИ, Приједор, 2001.
- [19] Шарац М.: Металогенетске карактеристике рудоносне области „Љубија“, Докторска дисертација, РГФ Београд, 207 страна, Београд, 1977.
- [20] Вујић С., Јанковић С.: Систематско инжењерство у индустрији минерала, едиција, РГФ, 289 страна, Београд, 1991.
- [21] Цвијић Р.: Минерални ресурси жељеза, пелитоидне руде љубијске металогенетске области и перспективе развоја, монографија, РЖР „Љубија“-Приједор, РГФ Универзитета у Београду, 156 страна, Београд, 2001.

## СТРАТЕГИЈА РАЗВОЈА ЕНЕРГЕТИКЕ РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ

Владимир Бијелић<sup>1</sup>, Борислав Адамовић<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Електропривреда Републике Српске, Дирекција за развој, Бања Лука, [vbijelic@ers.ba](mailto:vbijelic@ers.ba)

<sup>2</sup> Министарство индустрије, енергетике и рударства,

### РЕЗИМЕ

Циљ овог рада је да прикажу основне смернице за даљи развој енергетике у Републици Српској. Највећа стопа пораста финалне потрошње енергије у сценарију С1 биће у периоду 2010 – 2020. године. Једна од битних претпоставки за реализацију било којег од сценарија развоја енергетике је енергетска ефикасност. Провођење енергетске политике Републике Српске и планирање развоја енергетског сектора захтјева мјере и активности, односно функционалне механизме који би били у функцији имплементације саме Стратегије. Универзитети треба да допуњавају знања у области обновљивих извора енергије.

Кључне речи: стратегија, енергија, развој, образовање.

### ENERGY DEVELOPMENT STRATEGY SERBIAN REPUBLIC

#### ABSTRACT

The aim of this paper is to basic guidelines for further energy development in the Republic of Srpska. The greatest rate of increase in final consumption of energy in the S1 scenario would be for the period 2010-2020. year. One of the important prediction for the implementation of any of the scenarios energy development is the energy efficiency. Implementation of Serbian energy policy and planning development of the energy sector requires the action and activity, and functional mechanisms that would be in the function implementation of Strategy. The Universities need to complement the knowledge in the field of renewable energy sources.

Key words: strategy, energy, development, education

#### УВОД

Стратегија развоја енергетике Републике Српске посматра три сценарија развоја у оквиру којих су разрађена два сценарија пораста бруто домаћег производа (БДП-а) до 2030. године – високи и ниски БДП. Сценарији који се посматрају су:

- С1 – Виши раст БДП-а – основна карактеристика овог сценарија је брз раст бруто домаћег производа (пожељан сценарио развоја привреде), примјена класичних технологија без активних мјера власти
- С2 – Виши раст БДП-а са мјерама – основна карактеристика овог сценарија је брз раст бруто домаћег производа уз примјену мјера енергетске ефикасности и подстицања кориштења обновљивих извора енергије
- С3 – Нижи раст БДП-а – основна карактеристика овог сценарија је спори раст бруто домаћег производа и примјена класичних технологија без активних мјера власти.

Од три понуђена, од стране аутора је прихваћен сценариј С2 као оптималан за постојеће енергетске прилике у југоисточној Европи.

Основни генератор економског раста Републике Српске је индустрија, која ће убрзано хватати корак с конкурентима на домаћем и тржиштима у регији. Такав динамичан развој омогућит ће најсавременије технологије нових индустријских процеса, а резултат тога је неколико пута спорији раст потрошње енергије од истодобног економског раста индустрије. С растом индустријске производње убрзано расте и теретни транспорт, а с вишим животним стандардом удвостручит ће се и број аутомобила, што унаточ очекиваном осјетном побољшању специфичне потрошње горива прометних возила, значи и више од удвостручења потрошње енергије у промету.

Највећа стопа пораста финалне потрошње енергије у сценарију С1 бити ће у периоду 2010– 2015. и 2015. – 2020. године (3,2% и 3,5%). Највећу стопу пораста имати ће угаљ у периоду од 2005. – 2010. године (34,1%) и гасовита горива у периоду од 2010 – 2015. године (12,8%). Највећи удио у финалној потрошњи енергије у сценарију С1 у 2030. години имати ће течна горива (36,0%), електрична енергија (22,0%), гасовита горива (20,3%) и обновљиви извори (17,4%).

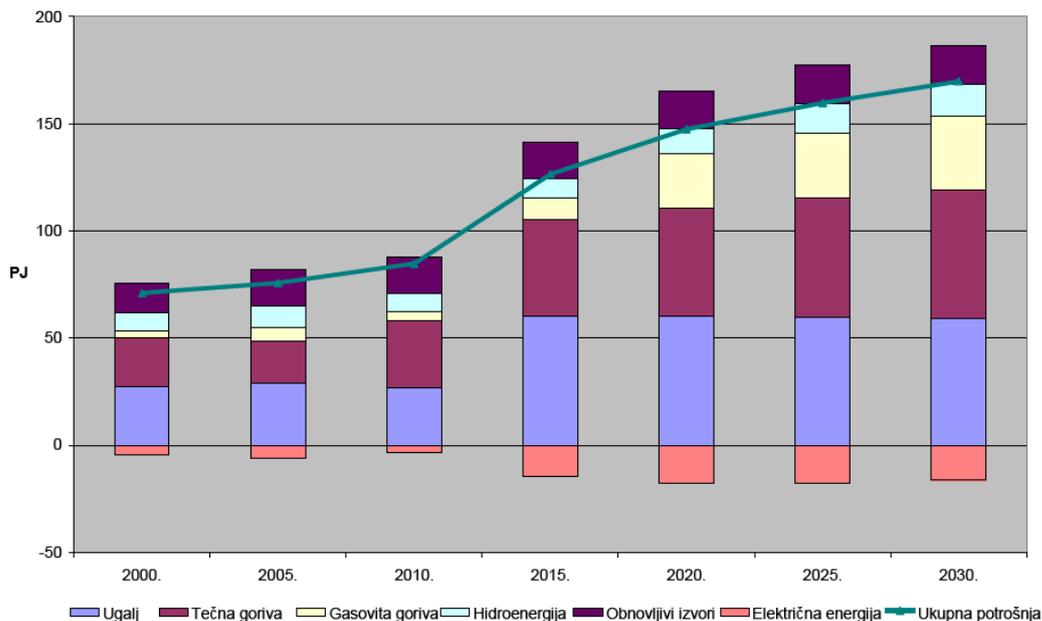
Табела 1. Потрошња енергије по ПЈ  
Table 1. Energy consumption in PJ

	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
ПЈ							
Угаљ	0.41	0.46	2	1.76	1.54	1.23	0.94
Течна Горива	16.13	15.67	19.22	22.81	26.91	30.79	34.21
Гасовита горива	3.5	6.09	3.75	6.85	11.02	15.23	19.3
Обновљиви извори	13.94	16.72	16.73	16.7	17.13	17.1	16.54
Електрична енергија	7.79	9.5	10.73	12.96	15.95	18.36	20.87
Топлинска енергија	0.96	1.2	1.76	2.24	2.58	2.88	3.05
Укупно	42.72	49.64	54.19	63.32	75.13	85.6	94.91

Табела 2. Потрошња енергије у процентима  
Table 2. Energy consumption as a percentage

	2005.-10.	2010.-15.	2015.-20.	2020.-25.	2025.-30.
%					
Угаљ	34.1	-2.5	-2.6	-4.4	-5.2
Течна Горива	4.2	3.5	3.4	2.7	2.1
Гасовита горива	-9.2	12.8	10.0	6.7	4.8
Обновљиви извори	0.0	0.0	0.5	0.0	-0.7
Електрична енергија	2.5	3.9	4.2	2.9	2.6
Топлинска енергија	8.0	4.9	2.9	2.3	1.1
Укупно	1.8	3.2	3.5	2.6	2.1

Највећи пораст потрошње укупно потребне енергије у сценарију С1 бити ће у периоду 2010-2015. године (8,4%) а најмањи у периоду 2025– 2030. године (1,2%). На крају посматраног периода течна горива и угаљ имати ће највеће удјеле у потрошњи (35,1% и 34,9%). Електрична енергија се изводи па због тога њен удио има негативни предзнак. Укупно потребна енергија по енергентима у сценарију С1 приказана је на дијаграму 1.



Дијаграм 1. Укупна потрошња енергије  
Diagram 1. The total power consumption

## ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ

Једна од битних претоставки за реализацију било којег од сценарија развоја енергетике је енергетска ефикасност.

Енергетска ефикасност саставни је дио развојних смјерница свих сектора енергетског система. Посебну пажњу треба посветити енергетској ефикасности у секторима непосредне потрошње, грађевинарства, индустрије и саобраћаја, јер су ту највећи могући ефекти. Мјерама енергетске ефикасности смањује се пораст потрошње енергије, што смањује потребу за изградњом нових капацитета, увозом енергије и повећава сигурност снабдјевања. Енергетска ефикасност данас се сматра новим извором енергије. Повећање енергетске ефикасности уз остварене енергетске уштеде доприноси смањеном коришћењу фосилних горива и смањењу емисија штетних гасова у околину, развоју привреде, повећању броја радних мјеста, те већој конкурентности. У разматрању могућности и потенцијала побољшања енергетске ефикасности, те рационалног управљања енергијом у свим секторима потрошње у Републици Српској, сагледана је тренутна ситуација у сектору грађевинарство – зграде стамбене и нестамбене намјене, саобраћаја и индустрије, те су на основу прикупљених података и сазнања идентификоване могуће конкретне мјере за повећање енергетске ефикасности у појединим секторима потрошње, уз анализу утицаја и посљедица њихове имплементације. При томе је дат нагласак на нужност изградње институционалног и законодавног окружења као једног од основних предуслова успјешне имплементације мјера енергетске ефикасности. Сва расположива искуства других земаља су једногласна у закључку да је без подстицајних мјера на државном нивоу изузетно тешко, готово немогуће, покренути примјену мјера енергетске ефикасности (ЕЕ), које траже веће инвестиције.

## ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА

Провођење енергетске политике Републике Српске и планирање развоја енергетског сектора која/које се утврђује Стратегијом развоја енергетике Републике Српске захтјева мјере и активности, односно функционалне механизме који би били у функцији имплементације саме Стратегије

односно мониторинга и евалуације остваривања свих конкретних задатака успостављених Стратегијом.

Одговорност за провођење Стратегије је у надлежности Владе Републике Српске којој је дана обавеза да путем акционих планова спровођења Стратегије развоја енергетике креира оквир за ефикасно и правовремено постизање заданих циљева.

Акциони планови су главни инструмент планирања, координације и праћења Стратегије енергетског развоја.

Потреба за постављањем институционалног оквира за провођење праћења и оцјену праћења како саме стратегије тако и акционих планова и других стратешких докумената у области енергетике може се остварити унутар саме Владе РС, односно ресорног министарства које би путем неформално успостављеног органа имало обавезу:

надзирати и пратити провођење provedбу Стратегије енергетског развоја РС и акционих планова,

- координирати мјере и активности односно лица задужена за спровођење конкретних задатака,
- системски пратити и прикупљати податке и информације (трендови индикатора) које се односе на спровођење,
- вршити мониторинг над институцијама и лицима одговорним за имплементацију заданих циљева,
- анализирати извјештаје надлежних органа о спровођењу Стратегије и акционих планова,
- оцјењивати начине и резултате спровођења истих,
- предлагати мјере за већу ефикасност спровођења Стратегије и акционих планова,
- потстицати и усмјеравати сарадњу државних органа и других органа те осталих лица задужених за provedбу Стратегије енергетског развоја РС и акционих планова,
- по потреби припремати извјештаје о имплементацији стратешких докумената из области енергетике за потребе јавности,
- подносити Влади РС годишње/трогодишње извјештаје о свом раду, односно резултатима provedбе Стратегије и акционих планова.

## ОБРАЗОВАЊЕ

Добра организација универзитета у Републици Српској и постојање довољног броја факултета и средњих школа за оспособљавање кадрова у енергетици представљају квалитетну основу за надопуну постојећих наставних програма садржајима за унапређење знања у праћењу новијих трендова и стицању нових знања. Ту се првенствено мисли на обновљиве изворе енергије који постају све важнији у производњи енергије те на друго важно подручје које је у РС у самом зачетку - подручје енергетске ефикасности. У подручју обновљивих извора енергије, енергетске ефикасности, истраживања и експлоатације минералних сировина и имплементације нових технологија у енергетици, с обзиром на европске директиве и потенцијале Републике Српске, у надолазећем периоду бити ће потребно око 1 000 високо школованих стручњака из одговарајућих научних подручја и око 250 техничара различитих струка.

Развојна едукацијска платформа за област обновљивих извора енергије (ОИЕ) и енергетске ефикасности требала би имати сљедеће кораке/смјернице:

- дефинисање установа у којима би се одабрале групе ученика/полазника (еко-скупине, ОИЕ скупине, смјерови у едукацијском програму) на које би се односио примјењени систем образовања из обновљивих извора енергије и енергетске ефикасности,
- едукација предавача од стране стручних особа из институција које се баве поменутом тематиком (национални/интернационални стручњаци),

- организовање одговарајуће сатнице и едукацијског курикулума са јасним смјерницама и претпостављеним резултатима за све профиле школства,
- модернизација наставе – осим класичних предавања битно је полазницима приказати и реалне моделе или организовати стручне посјете релевантним институцијама или већ постојећим објектима гдје се може презентовати одговарајућа тематика.

На студијима енергетике и грађевинарства потребно је надопунити постојеће наставне програме новим садржајима о обновљивим изворима и енергетској ефикасности. С обзиром да је заштита животне средине у енергетици све значајније подручје препорује се формирање засебног студија или смјера на студију енергетике Енергетика и заштита животне средине/екоинжењерство (или сличног назива), који би покривао анализу техничких и физичко-хемијских процеса који се догађају у енергетским постројењима, а који доводе до емисија штетних материја у околину.

## ЗАКЉУЧАК

Стратегија енергетског развоја Републике Српске настаје у околностима кад није могуће довољно тачно процијенити кад ће РС бити дио ЕУ. Менутим, визија енергетске стратегије је постављена на начин да ће РС унутар посматраног периода свакако бити дио ЕУ, да треба енергетски сектор усмјеравати према циљевима које је себи поставила ЕУ. При томе, у међувремену, треба уважавати окружење и захтјеве који произилазе из чињенице да је БиХ, а тиме и РС дио Енергетске заједнице југоисточне Европе, којој је БиХ приступила потписом уговора 2006. године. Тим потписом су преузете обавезе које се темеље на принципима ефикасне регулације и либерализације енергетског сектора, слободне конкуренције, сигурног снабдијевања енергијом и обезбјенења заштите животне средине. Тиме је у ствари и за РС преузета обавеза имплементације правног наслеђења ЕУ.

Стратегија је у највећој могућој мјери усклађена са захтјевима заједничке енергетске политике ЕУ те нуди рјешење за остварење темељних циљева везаних уз сигурно снабдијевање, конкурентност енергетског сектора и одрживи развој. Сигурност снабдијевања услов је привредног и друштвеног развоја па је, успркос повећању енергетске ефикасности, енергетски развој и пораст потребан. Влада РС треба бринути о сигурности снабдијевања. Она ће стога пратити тржишна кретања како би на вријеме оцијенила опасност за сигурност снабдијевања. У таквом случају треба охрабривати интерес инвеститора да улажу у поједине дјелатности у енергетском сектору. С друге стране, испуњавање појединих циљева Стратегије може бити значајан допринос развоју индустрије и осталог дијела привреде у РС. Стратегија за своје остварење изискује релативно велике инвестиције, што је прилика за привреду РС да узме добар дио тих инвестиција за себе.

Република Српска не може сама активирати тако велика средства па је логично и оправдано очекивати знатан инвестицијски ангажман иностраних инвеститора. Без обзира на чињеницу застоја свјетске привреде, за сектор енергетике постоји изражен интерес за улагања.

За привреду РС, а нарочито у сектору малог и средњег предузетништва, важно ће бити веће укључивање обновљивих извора енергије. Првенствено ради усвајања нових технологија и отварања нових радних мјеста. Код овога треба бити врло опрезан. Искуство земаља у региону показује да субвенционисање обновљивих извора не доноси ефекте какви су се очекивали, у смислу оживљавања привреде и отварања нових радних мјеста. Инвеститори, који су углавном инострани, готово сву опрему, материјал па и радну снагу, колико је год могуће, добављају из својих земаља. Тако земља у којој се догађају такве инвестиције нема пуно користи од њих. Главну корист узимају инострани инвеститори, односно привреда њихових земаља. Стога је важно да код давања концесија или одобрења за изградњу појединих обновљивих извора енергије, Влада РС или локална заједница условљавају минимални удио домаће опреме, материјала и радне снаге које инострани инвеститори морају узети с територија РС.

Остваре ли се предвиђени циљеви у вези примјене обновљивих извора енергије битно ће се смањити потребна улагања у заштиту животне средине. Како би се потакло улагање у енергетски сектор, због висине потребних улагања, дугорочног карактера улагања и ризичности исхода улагања на непредвидива кретања свјетских цијена енергије, треба обезбиједити повољне услове који ће оваква улагања учинити привлачнима. Повољним услови у овом контексту су: правна сигурност, ефикасна државна управа, макроекономска стабилност, прихватљив ниво порезних давања, одговарајуће људске ресурсе, изграђеност привредне инфраструктуре, заштиту тржишног такмичења, постојање финансијских подстицаја за улагања, постојање специјализованих државних установа за промоцију улагања и сл.

На основу ове Стратегије, Влада РС ће израдити Акциони план који ће бити комплементарни дио са Стратегијом. Акционим планом ће се дефинисати приоритети, рокови и носиоци појединих активности, како би се обезбједили услови за провођење, односно остварење постављених циљева Стратегије.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Студија енергетског сектора БиХ, Модули 1-14, Коначни извјештај, Енергетски институт Хрвоје Пожар, Хрватска; Солузиона, Шпањолска; Економски институт Бањалука, БиХ; Рударски институт Тузла, БиХ; 31. март 2008. године
2. Стратегија развоја електропривреде Републике Српске у периоду од 1995 до 2020 године са освртом на континуитет у даљој будућности; Ђуковић Ј. Екологица, 5 (1998), бр. 121. Енергопројект-Ентел ДД

## РУДАРСТВО РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ У АКТУЕЛНИМ УСЛОВИМА ТРАНЗИЦИЈЕ

Владимир Малбашић<sup>1</sup>, Ранко Цвијић<sup>2</sup>, Лазар Стојановић<sup>3</sup>,

<sup>1</sup> Рударски факултет Приједор Универзитета у Бањој Луци, e-mail: [prodekan@rf-pd.org](mailto:prodekan@rf-pd.org)

<sup>2</sup> Комисија за концесије Републике Српске, e-mail: [r.cvijic@koncesije-rs.org](mailto:r.cvijic@koncesije-rs.org)

<sup>3</sup> Дирекција за инспекцијске послове,

### РЕЗИМЕ

Рударство Републике Српске, као индустријска грана, се налази у специфичној ситуацији, као уосталом и у другим земљама у окружењу насталим распадом Југославије и земљама које имају многобројне проблеме настале немогућношћу прилагођавања процесима транзиције и европским законским регулативама и свјетским трендовима рада и пословања у овој области. Класификација и вредновање минералних ресурса захтијева да се тај процес обавезно спроведе узимајући у обзир све релевантне економске, еколошке аспекте и питања сигурности и безбједности на раду. На доносиоцима пословних одлука у рударству и геологији се константно постављају питања која често доводе у дилему у смислу давања одговора на многобројна питања: Са једне стране питања задовољавања нових захтјева и трендова светског тржишта при чему се одређују све прометне општедруштвене вриједности, па и вриједности рудника и производа рударства (услови свјетског тржишта и општедруштвених економских критеријума вредновања у рударству и геологији везаној за рударство). Са друге стране питања везана за социолошко-друштвене аспекте организовања рударске производње уз израду и формирање методологије чијом се примјеном јасно може сагледати исплативост рада рудника, не само са комерцијалног него и националног аспекта. Из тих разлога треба размишљати да се, на основу сагледавања тренутног стања рударске привреде у Републици Српској, резултата досадашњих искустава концесионарства и приватизације, дефинишу основне смјернице даљњег рада, развоја и коришћења минералних ресурса у Републици Српској и Босни и Херцеговини.

Кључне речи: класификација и вредновање минералних ресурса, смјернице развоја и коришћења минералних ресурса, економски, еколошки и безбједносни аспекти рударске производње

## MINING INDUSTRY OF REPUBLIC SRPSKA IN THE TRANSITION CONDITION

### ABSTRACT

Mining industry of Republic Srpska is situated in the specific situation like other ex Yugoslavia countries with many problems caused by accomodation impossibility to transition processes, european law legislation and world trends in this kind of industry. Classification and evaluation of mineral raw resources demand the process performing with all relevant economic, ecological and work safety aspects.

Numerous questions are posting to decision makers in the mining and geology where is necessary find answers: on the one hand are required demands and world market trends and geology where are defined the all general social values include and mine and mining products values (conditions of world market and general social evaluation criterions for mining industry) on the other hand are questions related to sociological aspects of mining production organization with creating and performing of methodologies for clearly overviewing of mine work payability based on commercial and national aspects. For these reasons is necessary definition of basic guidelinesees for the further work, development and utilization of mineral

resources in the Republic Srpska and Bosnia and Herzegovina based on overviewing of instantaneous estate in the Republic Srpska mining industry and results of concession and privatization experience so far.

Key words: classification and evaluation of mineral resources, guidelines for development and utilization of mineral resources, economic, ecological and safety aspects on the mining industry.

## УВОД

Према постојећим Правилницима о класификацији и категоризацији резерви чврстих минералних сировина или подземних вода те вођењу евиденција о њима, (у наставку Правилници), као и другој документацији која се ради у циљу дефинисања појединих лежишта а у складу са постојећом законском регулативом, процјена вриједности рудника и лежишта минералних сировина, се непотпуно одређује преко економских критеријума и принципа. Правилницима се утврђују масе минералне сировине које се, постојећом техником и технологијом експлоатације и прераде, могу рентабилно користити, а степен рентабилности се пак дефинише општедрушвеним економским и техничким критеријумима ( дефинисаним у Закону о концесијама РС односно подзаконским актима везаним за питања додјелљивања концесије или концесионе накнаде).

Утврђивање садашњег стања и вриједности на тржишту постојећих рудника или потенцијалних лежишта минералних сировина представља веома обиман, високостручан и одговоран посао. Зато су за ове потребе дефинисани Правилници о условима проглашавања јавног интереса при додијелљивању концесија и условима и начину утврђивања концесионе накнаде, за које се може ипак утврдити да нису “општеприхваћени” и да нису коришћени на задовољавајућем нивоу. Разлози за такву констатацију јесу преглед досадашњих резултата концесионарства и приватизације у рударству дати у овом раду, као и постојање потреба за њиховим дорађивањем и усклађивањем са актима и правилима која се користе у Европи и свијету. Уз све то не постоји генерални консензус у државним, стручним и другим институцијама и предузећима на нивоу Републике Српске, која се баве проблематиком и организовањем рударске привреде.

У садашњим условима у Републици Српској, у минералној економији и геоиндустрији, које су биле релативно развијене до почетка последњег рата, отпочео је процес транзиције и у овом сегменту привреде и економије. Тај процес је спор и још увијек постоје дилеме да ли минерално сировински ресурси представљају компаративну предност или оптерећавајуће наслеђе које доноси само проблеме и губитке и тешко се може уклапати у међународну подјелу рада. Ове дилеме се могу разбити ако државни органи најхитније утврде стратегију развоја минерално сировинског комплекса (МСК), минерално сировинске базе (МСБ) и минералне политике као дијела економске политике, уз ревизију или израду потпуно нових законских аката и система управљања.

Под минерално-сировинском политиком се подразумејева низ свјесних и организованих планских активности које држава и њени органи предузимају ради остваривања одређених, унапријед постављених циљева у минерално-сировинском комплексу. Ти циљеви су, прије свега, обезбјеђивање потребних врста и количина минералних сировина из домаћих и иностраних извора, али и повећање степена истражености (познавања) територије земље у најширем геолошком смислу, повећање девизног прилива преко извоза одређених минералних сировина, пораст броја запослених у гранама геолошких истраживања, експлоатације и нарочито прераде и обраде минералних сировина, складнији регионални развој, нарочито неразвијених подручја са утврђеним) истраженим, или потенцијалним минералним ресурсима, привлачење иностраног и домаћег приватног капитала, смањење увоза минералних сировина, заштита и унапређење животне средине и др.

Минерална економија државе је дио њене привреде, а минерална политика је несумњиво дио економске политике у цјелини. Према томе закони тржишне привреде морају бити уважавани у МСК у цјелини и минералној економији. У складу с тим, развија се и МСБ, брже или спорије, у зависности од генералних ставова у држави и у оквиру њеног највишег управљачког нивоа.

## КОНЦЕПЦИЈА И СТРАТЕГИЈА МИНЕРАЛНЕ ПОЛИТИКЕ У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ У САВРЕМЕНИМ УСЛОВИМА

### Концепција минералне политике у Републици Српској

Минерална економија државе је дио њене привреде, а минерална политика је несумњиво дио економске политике у цјелини. Према томе закони тржишне привреде морају бити уважавани у минерално-сировинском комплексу МСК у цјелини и у минералној економији. У складу с тим, развија се и минерално-сировинска база МСБ, брже или спорије, у зависности од генералних ставова у држави и у оквиру њеног највишег управљачког нивоа. Међутим, искуства из држава са веома високо развијеном минералном економијом и МСК недвосмислено показују да постоје увијек и неки интереси који неће, и не могу, разумије се у конкретним ситуацијама, да до краја уважавају искључиво принцип профитабилности. У вези с овим, у свјетској теорији и пракси се већ више деценија инсистира на узимању у обзир (посебно код доношења инвестиционих одлука) двије врсте исплативости улагања: комерцијална и национална исплативост. Нема никаквих разлога да се то не прихвати и у минералној економији Републике Српске, што је већ на неки начин и исказано кроз издвајање производних система од стратешког значаја.

У принципу, мјере економске политике у Републици Српској, као и у свакој другој држави, имају за циљ:

- дефинисање друштвених економских циљева развоја и циљева економске активности која је у току, у складу са политиком и смјерницама општег друштвеног развоја, односно, у конкретним условима, транзиције у тржишну привреду и суштинских измјена у својинским односима (приватизација);
- избор и утврђивање метода дјеловања на динамику друштвено-економског система, како би се циљеви његовог функционисања остваривали уз максимално уважавање економских принципа и усвојених принципа друштвеног развоја;

Минерална политика у Републици Српској, са циљем да буде кохерентна и постављена на основу објективних информација и сагледавања реалног стања у цјелокупном минерално-сировинском комплексу, обухватала би слиједеће:

1. *Реализација прелиминарне комплексне геолошко - економске анализе резултата досадашњих геолошких истраживања-преглед и то, прије свега, истражених резерви са оцјеном одговарајућих потенцијала за њихово проширење и евентуално могућих будућих економских ефеката који се могу остварити на бази производње и прераде одговарајућих минералних сировина. Ова прелиминарна анализа би обухватила и сагледавање укупног стања у МСК, посебно изграђених рударских и сродних објеката, њихову погонску спремност, потребе за модернизацијом, ревитализацијом и реинжињерингом. Потребно ју је радити у што краћем временском року, при чему представља основу за предузимање наредних конкретних активности у оквиру локалних заједница, одговарајућих ресорних државних органа, Владе и Скупштине Републике Српске.*
2. *Државни органи, посебно Влада и министарство задужено за послове у области геолошких истраживања и рударства, морају јасно да се определијеле у стратешком смислу у односу на*

*геолошка истраживања и цјелокупан МСК. Потребно је јасно одређење шта држава од минерално-сировинског комплекса очекује и тражи, а шта је спремна, са своје стране, да му за узврат пружи (колику и какву подршку и сл.). Истражена минерално-сировинска база и потенцијална база Републике Српске представљају одговарајућу компаративну предност економике и привреде у цјелини, посебно поједине минералне сировине (руде гвожђа, угља, нафте, руде олова и цинка са пратећим елементима, већи број неметаличних минералних сировина, термалне, минерализоване и питке воде). То је, међутим, потребно "озваничити" одговарајућим мјерама, прије свега економске политике (подстицајна буџетска средства, кредити, стимулативни порез, олакшице због исцрпљивости лежишта и др.), али и другим мјерама.*

- 3. У оквиру прелиминарно конципиране стратегије и минералне политике, држава мора јасно да истакне шта задржава "за себе" и под којим условима (национална исплативост, оцјена ефеката према цијенама у сјенци, већинско учешће акција и др.), а шта препушта пуној приватизацији, односно слободном тржишту, иностраном капиталу и сл. Оваква диференцијација је значајна не само у вези с приватизацијом (нарочито стратешких предузећа), већ посебно код давања концесија за проспекцију и / или истраживање, и / или експлоатацију минерално-сировинских ресурса.*
- 4. Слједи детаљна ревизија свих постојећих законско - правних регулатива и норми, односно закона и правилника који се директно или индиректно односе на геологију са геолошким истраживањима, рударство и сродне (комплементарне) области и дјелатости, са уношењем суштинских измјена, примјерених тржишној привреди, а по потреби и израда потпуно нових законских и подзаконских аката. Закони који регулишу области геологије и рударства су: Закон о рударству ("Службени гласник РС" број 107/05) и припадајућа подзаконска акта, Закон о геолошким истраживањима ("Службени гласник РС" број: 51/04), Закон о концесијама ("Службени гласник РС" број: 25/02, 91/06 и 92/09), Закон о страним улагањима, Закон о заштити на раду, Закон о заштити од пожара, Закон о водама, Закон о шумама, Закон о стандардизацији Закон о путевима и др друга законска регулатива која има додирне тачке са активностима и пословима у геологји и рударству*
- 5. Послије обезбјеђења одговарајуће законодавно-правног амбијента у МСК Републике Српске, и стварања одређених институција (које би вршиле послове геолошке службе – нпр. Дирекција за минералне ресурсе / или сличних државних институција), неопходно је приступити поновном оцјењивању свих расположивих минералних ресурса Републике Српске. На, тако формираним, новим основама извршити класификацију истраживаних резерви и утврђивање њихове билансности и профитабилности. Добијени резултати представљаће основу за прецизирање и допуњавање претходно утврђене и тада оријентационе минералне политике и стратегије,*
- 6. Поред тима и броја стручњака који ће бити потребни, мора се предвидјети одакле ће они бити обезбијеђени (домаћи факултетски капацитет и упућивање на школовање у иностранство, специјализације, магистарске студије, докторске студије, привремени рад у иностранству, у компанијама и др.). У оквиру минералне политике и стратегије, потребно је разрадити систематску кадровску стратегију и политику са циљем да се дугорочно обезбиједе кадрови који могу да успјешно примјењују најсавременије методе истраживања и испитивања минерално-сировинских ресурса, уз коришћење најсавременијих метода и опреме,*
- 7. Саставни дио минерално-сировинске политике и стратегије је и разрада политике увоза и извоза минералних сировина у оквиру Републике Српске. Потребно је да се изради дугорочна стратегија минералних сировина које се морају увозити, са количинама по годинама и земљама одакле и при којим условима је то могуће реализовати.*

Минерална стратегија

На основу реализације неких концепцијских активности и послова предстоји даљња разрада минералне стратегије, што је од суштинског значаја за даљњи развој рударства и геологије у Републици Српској. Формирањем минералне стратегије како у смислу приближавања европским и свјетским трендовима, тако и због потребних корекција, које је неопходно извршити на досадашњим реализованим активностима, створиће се услови за лакше, организованије дјеловање и пословање предузећа у овој индустријској грани.

Минерална стратегија треба да се огледа дефинисању следећих питања:

1. *Обезбјеђивање законских оквира на принципима савремене тржишне привреде*, који треба да обезбиједи развој домаће минералне економије у складу са расположивим природним ресурсима, али и другим факторима производње. Одређена законска регулатива има шири домет и далеко изван МСК: Закон о приватизацији, Закон о концесијама, Закон о иностраним инвестицијама, затим законска акта из области заштите животне средине, шумарства, водопривреде и посебно сет закона из области опорезивања, али у овим актима увијек има дијелова који се односе, или треба да се спроводе у оквиру МСК.

2. *Утврђивање и прецизна разрада државних интереса у МСК*, и то како са аспекта комерцијалне исплативости, тако и, у конкретно одређеним случајевима, у односу на националну исплативост. При томе је битно јасно прецизирање минералних сировина и објеката њихове производње и примарне прераде гдје држава има интерес да задржи свој доминантан утицај, што не значи да није могућа и дјелимична приватизација и приватно домаће и међународно инвестирање и у тим случајевима.

3. *На нивоу Републике Српске потребно је да постоје дугорочни планови истраживања минералних сировина (5-, 10- и 20-годишњи), односно стратегија и политика репродукције минерално-сировинске базе*, са прецизно одређеним врстама минералних сировина (геогене и техногене) и географско-металогенетским јединицама, по којима ће се та истраживања реализовати буџетским средствима. Потребно је претходно направити инвентар свих расположивих минералних сировина (истражене и потенцијалне), и то, не само преко натуралних показатеља геолошко економске оцјене, већ користећи синтетичке показатеље ( методе NPV, IRR, односно "Cost-benefit" метода, као типичне динамичке методе, док се статичке методе користе само као помоћне - оцјене без узимања временског фактора у обзир). Поред инвентара, потребно је израдити план домаћих потреба и могућности извоза одређених минералних сировина и упоредити их са расположивом истраженом минерално-сировинском базом и потенцијалним могућностима.

4. *Перманентно праћење стања у МСК, обезбјеђивање подлога за давање концесија, благовремено реаговање на интересовање иностраних и домаћих субјеката за одговарајућа улагања*, односно инвестирања у минералне сировине, захтјева, постављање и разраду адекватног мониторинга минерално-сировинске базе, катастра минерално-сировинских ресурса, и изнад свега, информационог система за управљање цјелокупним МСК. Овакав систем омогућава и боље усклађивање понуде и потрошње минералних сировина и сигнализира постојање дефицита или непотребног суфицита у појединим дијеловима МСК.

5. *У оквиру минералне политике, морају бити разрађене све релевантне мјере из области заштите и унапријеђивања животне средине, а релевантне су са становишта истраживања, експлоатације и прераде минералних сировина*, како би се спријечиле негативне последице ових активности. У основи ових мјера, односно политике заштите средине, треба да буде концепција уравнотеженог развоја, као опште свјетско опредјељење. При томе заштита животне средине не смије да буде ограничавајући фактор, већ стимуланс за рационалније, ефикасније и ефективније искоришћавање минералног богатства, уз коришћење савремених достигнућа науке, технике и технологије, са оријентацијом на оптимално искоришћавање минералних сировина у свим фазама њиховог третмана и уз посебан акценат на технологије без отпадака и што комплексније коришћење лежишта и резерви.

6. *Перманентан развој минерално-сировинске базе и цјелокупног МСК захтијева правовремено обезбјеђивање одговарајућих кадрова и стално унапређивање научно-истраживачког рада у постојећим организацијама*, или онима које ће евентуално бити формиране у ближој, или даљој

будућности. Непрекидне промјене у свјетској техници и технологији гео и рударске индустрије захтјевају стално праћење тих промјена и њиховог прилагођавања, односно стално иновирање научног и стручног знања има прворазредан значај. При томе треба имати у виду да стручњаци који се баве истраживањем, оцјеном, експлоатацијом и прерадом минералних сировина све више морају да буду и добри менаџери, а и у значајној мјери да познају домаћи и инострани маркетинг минералних сировина.

7. Посебна пажња треба да буде усмјерена на адекватно коришћење тзв. "малих лежишта" и стимулисање "мале рударске производње", у складу са вишегодишњим искуствима и опредјељењима ОУН и низа земаља. У питању је мали, приватни бизнис до 50-так, ријеђе више људи, који експлоатишу лежишта која нису интересантна за већи приватни капитал, али се ради о сировинама које имају своје мјесто на тржишту. Овдје се држава појављује у улози стимулатора такве производње, обезбјеђује потребне пројекте (бесплатно), савјетодавну стручну радну снагу и дијелом контролише радове са становишта безбједности и здравља радника, али и у односу на заштиту животне средине.

8. У циљу добијања општедруштвене подршке, минерална политика треба да садржи и

*стратегију односа минерално-сировинског комплекса и шире јавности, различитих асоцијација*

и удружења грађана, или професионалаца, а посебно са свим врстама медија, и нарочито,

локалним друштвено-политичким заједницама на чијој територији се налази активирано, или

потенцијално минерално-богатство.

## ДОСАДАШЊИ ЕФЕКТИ КОНЦЕСИЈА У МИНЕРАЛНО-СИРОВИНСКОМ

### КОМПЛЕКСУ

Република Српска располаже са преко 50 минералних ресурса, од којих је велики број истражен и дијелом уведен у експлоатацију. Постоје реалне геолошке и минералогенетске претпоставке да се пронађу нова лежишта, повећају и квалитетно унаприједи постојеће резерве и створе услови за значајније повећање постојеће производње и извоза.

До 31.12.2009. године закључено је 75 уговора за истраживање и експлоатацију за концесију из области минерално-сировинског комплекса, док су за 58 предузећа уговори у процедури закључивања.

Када се жели извршити анализа досадашњих ефеката концесионарства у Републици Српској у области геологије и рударства, подаци из 2008. године су релевантни и имају задовољавајући обим информација за вршење једне озбиљније анализе. Тако је укупан број закључених уговора о концесијама из области минерално-сировинског комплекса, закључно са 31.12.2008. године, био 60, са 50 концесионих предузећа.

а) У анализи су обрађени подаци, који су пристигли Комисији за концесије РС и то за 46 уговора о концесијама од 39 концесионих предузећа. Од 46 закључених уговора о концесијама, структура додијелених концесија, према врстама минералних сировина је следећи:

- експлоатација/коришћење техничког грађевинског камена 19
- експлоатација минералне, термалне, термоминералне и

питке подземне воде	11
- експлоатација угља	4
- експлоатација неметаличних минералних сировина	4
- експлоатација грађевинског пијеска и шљунка	3
- експлоатација архитектонско-грађевинског камена.....	1
- изградња гасоводног система.....	1

б) Од 46 закључених уговора о концесијама, 6 уговора се односи на истраживање минералних сировина, 18 уговора односи се на коришћење минералних сировина, а 22 уговора односи се на истраживање и коришћење минералних сировина.

в) Уочљив је благи позитиван раст запошљавања у концесионим предузећима, која се баве експлоатацијом минералних сировина у 2008. у односу на 2007. и 2006. годину (приближно 2 572 радника у 2008. години, што је за приближно 509 радника више у односу на 2007. годину и примјетно више у односу на претходне године). Веће запошљавање радника у концесионим предузећима тек предстоји, уколико се реализују започете/планиране инвестиције у овим предузећима.

г) У погледу ефеката реализације концесионих уговора за коришћење минералних сировина по основу регионалног улагања у Републици Српској (привредне регије Привредне коморе РС), видљиво је:

- да највећи број уговора из минерално-сировинског комплекса се реализује на подручју привредне регије Добој, 14 уговора и ови уговори се већином односе на експлоатацију техничко-грађевинског камена (поред „највећих“ уговора- ЗТЦ Бања Теслић, предузеће ЕФТ-а, Станари и Рудник кречњака, Добој).
- У привредној регији Бања Лука реализује се 12 уговора о концесијама, ради се о мањим инвестицијама
- У привредној регији Источно Сарајево реализује се 9 „значајнијих“ уговора о концесијама,
- На подручју привредне регије Требиње реализују 4 уговора, од којих већина има тешкоће у отпочињању реализације, тек 1 уговор је отпочео са реализацијом (Неимарство, д.о.о. Требиње).
- У привредној регији Бијељина се реализује 7 концесионих уговора, од чега највеће ефекте производе уговори за реализацију олова, цинка и боксита (уговори за експлоатацију вода тек треба да произведу веће ефекте у овој регији).

д) Ефекти усклађености коришћења минералних сировина са Просторним планом и регулационим плановима, те рекултивација и коначна намјена простора, указују да је већи број експлоатација минералних сировина усклађен са просторним и регулационим плановима Републике Српске, тј. да ови документи омогућавају несметан наставак коришћења минералних сировина.

ђ) Највећи број минералних сировина које се експлоатишу пласира се на тржиште БиХ и регионалном тржишту (Србија, Црна Гора и Хрватска). Ефекти концесионих улагања по основу квалитета и пласмана минералних сировина, указују да производња техничко-грађевинског камена у великој мјери омогућава примјену ове минералне сировине

е) У приказу проблема-ограничења која отежавају реализацију концесионих уговора, већина концесионара на првом мјесту истиче да је то проблем малог локалног и БиХ тржишта, које ограничава пласман производа, затим је ту проблем нелојалне конкуренције, нелегалних експлоатација и проблем експлоатација из Федерације БиХ, те недостатак већих грађевинских радова. Овоме треба додати и застарјелу опрему, недостатак финансијских средстава за нова улагања у једном предузећу и физичко онемогућавање радова, те недостатак локалне подршке на терену за реализацију концесионих пројеката

## ПРЕГЛЕД АКТУЕЛНИХ ПРОБЛЕМА КОЈИ ОПТЕРЕЂУЈУ РЕАЛИЗАЦИЈУ ЗАКЉУЧЕНИХ УГОВОРА

Да би се обезбиједио будући раст и развој садашњих концесионих предузећа, потребно је пружити системску подршку овим предузећима и радити на отклањању слабости и проблема. Ти проблеми се огледају у следећем:

- Један број концесионих предузећа, који реализују „значајније“ концесионе уговоре, је погођен актуелном свјетском економском кризом, што се тренутно одражава на смањен обим рада ових предузећа
- Анализом достављених података за 2008. годину, уочен је слаб напредак у реализацији уговора из области истраживања и коришћења вода, па је потребно обавити физичку контролу
- Приликом уступања концесионог добра у појединим предметима министарства не консултују локалне заједнице и не организују јавне расправе, код поступка утврђивања јавног интереса, сходно Упутству о процјени постојања јавног интереса.
- Уочен је проблем неусаглашености постојеће законске регулативе из појединих области са Законом о концесијама што се, између осталог, односи на додјелу концесија у водним токовима, за експлоатацију шљунка и пијеска. Земље у окружењу су закључиле већи број концесија за експлоатацију шљунка и пијеска. У Републици Српској још увијек нема таквих закључених уговора о концесијама,
- Пракса је показала да се не поклања довољно пажње Студији економске оправданости, која је основни документ за утврђивање јавног интереса, покретање процедуре додјеле концесија, што код закључивања концесионог уговора ствара одређене проблеме.

## ЗАКЉУЧАК

Инвестирање у рударство представља, по природи ствари, прихватање ангажмана у условима неизвјесности, те је од пресудне важности да се методама процјене, неизвјесност минимизира. Данас су одлуке о инвестирању у рударство све мање хеуристичке, а све више везане за егзактне методе процјене. У сваком случају, за одлучивање о улагању капитала неопходно је посједовати скуп релевантних информација о руднику или лежишту минералних сировина, са јасно дефинисаним циљем који се постиже у овом послу, са одређеним критеријумима потребним за одлучивање, као и познавањем свих постојећих ограничења које овај систем доноси (од природних, техно-економских, до политичких).

У свијету тржишне привреде, одлуку о улагању у рудник за потребе ревитализације или куповину концесија за изградњу новог рудника или акција рудника, инвеститор доноси само, на основу егзактне процјене рударско геолошких и економских параметара, по у свијету признатој методологији, која води рачуна о тржишним критеријумима и да сваки од датих података има реалан интервал повјерења. Одлука је увијек, избор између алтернатива, што значи да, инвеститор има могућност да дјелује у више праваца (уложи новац на неко друго мјесто), јер жели да брзина пораста вриједности капитала буде максималана, а сигурност довољно висока.

Овај, за доскорашње прилике нов, али од сада и неизоставан услов, поставља допунске захтјеве у погледу метода обраде полазних геолошких, рударских и економских података. Неопходно је показати укупну грешку, односно, дати вјероватноћу остварења планираних ефеката. Овај се захтјев односи на све релевантне показатеље за процјену рудних резерви, приказ технологије рада и економску оцјену успјешности рудника.

Исто тако, приликом оптимизације и дугорочног планирања рада рудника неопходно је дефинисати критеријуме, шта се тражи као најбоље решење (да ли најбоље за раднике, власника, државу, локалну заједницу итд), и квантифицирану мјеру исправности рјешења, тј реализовати критеријум оптималности. Нека од ових решења могу да се анализирају

преко математичких модела са којима се описује задатак оптимизације (функција циља), у коме се тражи екстремна вриједност за придодати критеријум кога треба оптимизирати, (нема ограничења да се оптимизира било који циљ у раду рудника). Ипак, у рударству тржишне привреде, најчешће се оптимизира профит, односно, испитује се могућност остварења минималног профита који је неопходно реализовати за власника капитала, у периоду експлоатације рудника, уз позната постојећа ограничења. То може бити и минимални трошак експлоатације, максимално вријеме експлоатације, нека жељена поузданост рада итд, али су скоро сви познати модели везани за оптимизацију профита, (а то, и тражи законска регулативе у свијету). Практична рјешења за оптимизацију постоје, и свијет развијене тржишне привреде их користи. (модел оптимизације мјесечног рада рудника, па и дневне производње, у циљу остварења максималног профита за конкретни дан који предстоји).

Битно је истаћи ограниченост профита који се ствара рударском активношћу и који је циљ оптимизације и то: (1) расположивим резервама руде одређеног садржаја, (2) параметарски дефинисаним капацитетом рудника (у односу на руду и јаловину) и (3) капацитетом објеката припреме минералне сировине, односно, капацитетом крајњег прерађивача (топионица или електрана или др.).

Уз то битан утицај имају и продајна цијена метала, односно електричне енергије (код угља), погонски трошкови, фиксни трошкови и порези, као и инвестициона улагања и камате на ова улагања.

Динамичност и промјенљивост услова рада и пословања рудника, која проистичу из горе наведених ограничавајућих параметара, ствара веома сложен поступак процјене и оцјене појединих рудника или лежишта минералних сировина и захтијева рад милтидисциплинарног тима стручњака - геолога, рудара и економиста, уз примјену рачунарске технологије, како би се убрзао рад код анализе свих варијанти. Важно је напоменути да се у овом послу јављају и специфични проблеми које треба посебно да размотре одговарајући специјалисти других техничких наука.

У актуелном периоду транзиције рударства у Републици Српској приликом доношења одлука и процјена о перспективности рада рудника или истраживања и отварања нових лежишта минералних сировина, имамо ситуацију да потенцијални инвеститори и концесионари практично немају „адекватног саговорника“ у представницима власти и органима управе у Републици Српској. То се може поткријепити са неколико важних чиљеница:

- Непостојање стратегије развоја минерално-сировинског комплекса РС а самим тим ни рударства и геологије као привредних активности које могу бити стратешке али и компаративне предности развоја ради веома повољне географске позиције Републике Српске
- Недовољна систематизованост расположивих података о геолошкој истражености, неорганизовано коришћење таквих података као и потпуно одсуство планова будућих истраживања и дефинисања перспективних подручја и лежишта минералних сировина,
- Неприлагођеност а у одређеним областима и неконзистентност законске регулативе везане за организовање и процјену рударске производње и свих њених аспеката.

На основу горе наведеног, могуће је дефинисати и одређене циљеве развоја минералне политике, што би свакако представљало основу за бржи и организованији развој геологије и рударства у Републици Српској:

- Обезбјеђивање савременог, транспарентног, комплексног и свеобухватног законодавства у области истраживања, експлоатације и примарне прераде минералних ресурса, али и у сфери концесионарства, заштите животне средине и страних улагања.
- Прецизно утврђивање степена геолошке истражености територије Републике Српске, са прегледом свих до сада обављених активности, добијених резултата, и утрошених средстава.
- Стварање оптималне организационе (институционалне) структуре за управљање минерално-сировинским ресурсима и геолошким истраживањима у складу са концепцијом одрживог развоја.
- Разрада, осавремењивање и комплетирање пореске политике у складу са стандардима ЕУ, како би се домаћи и инострани инвеститори привлачили и стимулисали да улажу у минерално-сировински комплекс и остварују приходе у складу са ризицима и неизвјесностима са којима се суочавају.
- Континуирано обезбјеђивање високостручних и најквалификованијих људских ресурса за све подсистеме развоја и коришћења минерално-сировинског комплекса и то како кроз планско и систематско стручно усавршавање постојеће радне снаге, тако и кроз стипендирање нових младих кадрова и упућивање перспективних кадрова на специјализације, магистарске и докторске студије.
- Разрада комплетне политике, праћена одговарајућим конкретним мијерама, у области истраживања и експлоатације малих лежишта у складу са свијетским одређењима и искуствима
- Стимулисање цјелисходног и са праксом уско повезаног научно истраживачког рада у рударству и геологији почев од коришћења и развоја минерално-сировинског комплекса и свих његових подсистема, до покретања и одржавање постојећих рударских производних капацитета, са циљем да се што ефективније, ефикасније, рационалније и комплексније користи расположива минерално-сировинска база са стварањем услова да се реално постојећи потенцијали трансформишу у конкретне производне факторе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Р. Цвијић,.: Институционални оквир у минерално-сировинском комплексу, радни материјал за израду стратегије развоја РС-минерално-сировински комплекс
2. Д. Урошевић.: "Допринос процесу ребилансирања рудних резерви рудника и лежишта минералних сировина у Републици Српској", Архив за техничке науке, Технички институт Бијељина, 2010. год.
3. Р. Цвијић, Д. Миловановић, А. Грубић: "Геолошко-економска карактеризација минералних ресурса Републике Српске и одржив развој", АНУРС, Научни скуп на тему "Ресурси Републике Српске", стр 309-335, Бања Лука, 2008. год.
4. Р. Цвијић: "Одржив развој минералних ресурса Републике Српске и минерална стратегија и политика", Пленарни реферат, III Савјетовање геолога БиХ са међународним учешћем, Зборник радова, стр 20. , 2008. год.

## УГАЉ КАО ЕНЕРГЕТСКИ ПОТЕНЦИЈАЛ У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ

Владимир Бијелић<sup>1</sup>, Дејан Бијелић<sup>2</sup>, Горан Ковачевић<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Електропривреда Републике Српске, Дирекција за развој, Бања Лука, [vbijelic@ers.ba](mailto:vbijelic@ers.ba)

<sup>2</sup>Рударски институт Бања Лука,

### РЕЗИМЕ

У овом раду се даје оцјена садашњег стања одобрених и потенцијалних резерви угља, предиспонираних углавном за површинску и дјелом подземну експлоатацију угља, оцјену садашњег стања рудника угља у Републици Српској, у циљу обезбеђења потребних количина угља за предвиђену потрошњу до 2030 године. Дати су упоредни показатељи за постигнуте и пројектоване цене угља, као и оптимални сценарио развоја енергетике Републике Српске, у којем значајно мјесто заузима угаљ.

Кључне речи: угаљ, резерве, рудници, цијене, развој цијене

### COAL AS ENERGY POTENTIAL IN THE REPUBLIC OF SRPSKA

#### ABSTRACT

This paper gives the evaluation of the present state of approved and potential coal reserves, predisposed mainly for surface exploitation and partially for underground exploitation. It also gives the evaluation of the present state of coal mines in Republic Srpska, in purpose of providing necessary coal quantities for predicted consumption till 2030. Comparative indicators are shown for achieved and projected coal prices, as well as the optimal scenario for development of the energetics of Republic Srpska, in which coal takes significant place.

Key words: coal, reserves, mines, prices, price development

### УВОД

Циљ овог рада је да прикаже резерве угља, садашње и будуће потребе за угљом, као најзначајнијим тренутним извором енергије у Републици Српској. Разлог за коришћење угља као извора енергије је његова распрострањеност и количине задовољавајућег квалитета. Највећи проценат експлоатисаног угља у Републици Српској користи се као извор енергије у термоелектранама (око 91 %), док се мање количине користе као роба широке потрошње. Резерве на којима ће се развијати експлоатација угља су релативно равномјерно распоређене на цјелој територији Републике Српске, од Љешљана на западу, до Гацка на југо-истоку.

Ограничавајући фактор коришћења угљева, како у Републици Српској, тако и у свјету, су ограничене резерве, негативни еколошки утицаји, те је обавезно усавршавање технологија, прецишњавања продуката сагоревања и начина сагоревања угља, уз рекултивацију деградираних површина насталих експлоатацијом. Поред квантитативних и квалитативних параметара угља, као

фактора погодности за експлоатацију, неопходно је узети у разматрање и повољну цијену добијања угља у односу на нафту и гас.

Табела 1. Приказ резерви угља у Републици Српској  
Table 1. Coal reserves in Republic of Srpsk

Рд. Број	НАЗИВ ПРОИЗВОДНОГ КАПАЦИТЕТА И ВРСТА УГЉА	РЕЗЕРВЕ (000 т)				
		Билансне (А+В+С <sub>1</sub> )	Ванбилансне (А+В+С <sub>1</sub> )	Потенцијалне (С <sub>2</sub> +Д <sub>1</sub> +Д <sub>2</sub> )	Укупне геолошке	Експлоатационе (А+В+С <sub>1</sub> )
РЕПУБЛИКА СРПСКА						
1.	Рудник Угљевик (М)	247 409	17 792	114 558	265 201	206 507
2.	Рудник Станари (Л)	82 559	34 668	9 596	126 823	73 271
3.	Рудник Гацко (Л)	269 958	37 862	/	307 320	245 662
4.	Рудник Мљевина(М)	21 200	15 800	40 100	77 100	19 080
5.	Котор Варош(М)	16 410		1 359		
6.	Љешљани (М)	8 843	195	10 000		
7.	Рамићи(Л)	37 596			37 596	33 836.4
Укупно лигнит РС		390 113	72 530	9 596	471 739	352 769
Укупно мрки угаљ РС		293 862	33 787	166 017	342 301	225 587
УКУПНО РС		683 975	106 317	175 613	814 040	578 356

Табела 2. Карактеристике угља рудника Гацко,  
Table 2. Coal characteristics of Gacko mine

		Богутово Село-Сјевер	Богутово Село-Југ	Угљевик – Исток
Имедијатне анализе:				
Влага	%	29.97	28.39	33.54
Пепео	%	17.78	17.83	18.20
Саго. Материје	%	52.24	53.14	47.76
Исп. Материје	%	28.53	30.29	30.19
С-fix	%	23.65	23.45	17.97
Кокс	%	41.50	39.22	37.12
S-укупни	%	4.53	4.96	3.75
ДТЕ	kJ/kg	12639	12805	11419

Табела 3. Карактеристике угља рудника Угљевик,  
Table 3. Coal characteristics of Ugljevik mine

Имедијатне анализе		
Рудник :	Јединица	Просјек
Влага	%	37,97
Пепео	%	15,68
Саг материје	%	45,90
Исп. материје	%	27,54
С-fix	%	18,56
Кокс	%	35,71
S– укупни	%	1,55
ДТЕ	(kJ/kg)	10 174

Табела 4. Карактеристике угља рудника Станари  
Table 4. Coal characteristics of Stanari mine

Имедијатне анализе:		
Рудник	Jedinica	Prosjek
Влага	%	50,75
Пепео	%	5,74
Саг материје	%	43,12
Исп. Материје	%	25,76
С-fix	%	17,60
Кокс	%	23,21
S – укупни	%	0,17
ДТЕ	(kJ/kg)	9646

Табела 5. Карактеристике угља рудника Миљевина  
Table 5. Coal characteristics of Miljevina mine

ЕЛЕМЕНТИ	Ознака и јединица	Сепарисани угаљ из Јаме "Ноздре": -просјек-	ПК "Будањ" средња вриједност равног угља
Укупно влаге	$W^r$ , %	23,22	18,27
Пепео	$A^r$ , %	21,98	28,73
Саг. материје	%	54,80	52,99
Исп. материје	$V^r$ , %	29,07	30,28
С-fix	$C_{fix}$ , %	25,59	22,70
Кокс	%	47,60	51,43
S-укупни	$S^2_{i}$ , %	2,37	2,39
S- Сагориви	$S^r_g$ , %	1,48	1,04
ДТЕ	$H^r_d$ , kJ/kg	13917	12620

Табела 6. Карактеристике угља рудника Котор Варош  
Table 6. Coal characteristics of Kotor Varoš mine

ЕЛЕМЕНТИ	Ознака и јединица	Просјек
Укупно влаге	$W^r$ , %	22.81
Пепео	$A^r$ , %	26.06
Исп. материје	$V^r$ , %	26.21
S-укупни	$S^2_{i}$ , %	1.4
ДТЕ	$H^r_d$ , kJ/kg	14 506

Табела 7. Карактеристике угља рудника Љешљани  
Table 7. Coal characteristics of Lješljani mine

ЕЛЕМЕНТИ	Ознака и јединица	Просјек
Укупно влаге	$W^r$ , %	17.42
Пепео	$A^r$ , %	28.04
Исп. материје	$V^r$ , %	24.89
Фиксни угљеник	$C_{fix}$ , %	28.30
Кокс	%	57.37
Укупни сумпор	$S^2_{i}$ , %	1.53

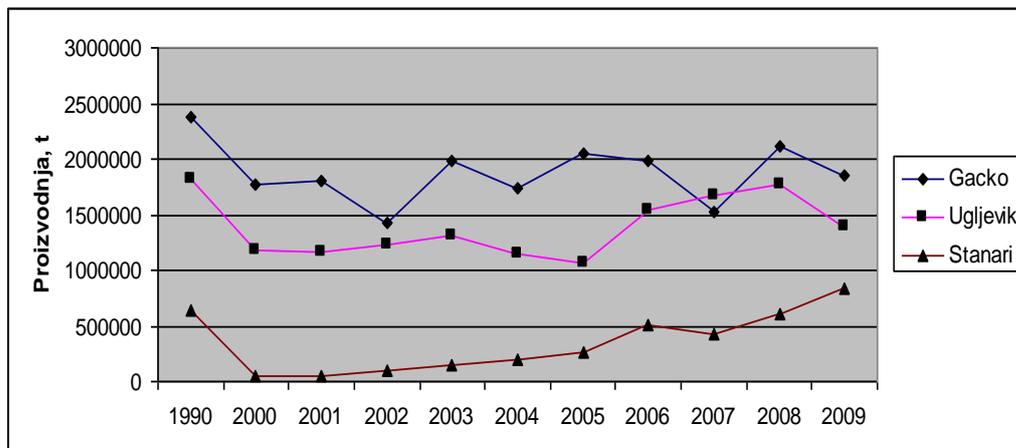
S укупни	S <sup>r</sup> <sub>g</sub> %	1.535
ДТЕ	H <sup>r</sup> <sub>d</sub> , kJ/kg	14396.27

ЕЛЕМЕНТ	Вриједност	Просјек
Груба влага	21,70-40,65 %	31,91
Хидро влага	6,42-13,82 %	10,95
Укупна влага	34,20-48,68 %	42,86
Пепео	9,86-30,59 %	15,82
S – укупни	2,17-5,91 %	3,88
S – сагориви	1,22-3,67 %	2,65
S – везани	0,95-2,24 %	1,23
Саг, материје	31,46-46,81 %	42,76

Tabela 8. Karakteristike uglja rudnika Ramići  
Table 8. Coal characteristics, mine Ramići

## ПОСТОЈЕЋА И ПЛАНИРАНА ПРОИЗВОДЊА УГЉА СА ИНВЕСТИЦИЈАМА

Током 2008 године у Републици Српској је произведено 4 440 627 t угља који се првенствено експлоатисао површинском експлоатацијом. Експлоатација угља у руднику Угљевик и Гацко се првенствено заснива на потребама термоелектрана Угљевик и Гацко док се производња на руднику Станари одвија у зависности од тржишних потреба. Из дијаграма производње угља до 2008 године је видљива тенденција раста производње угља у односу на ранији период.

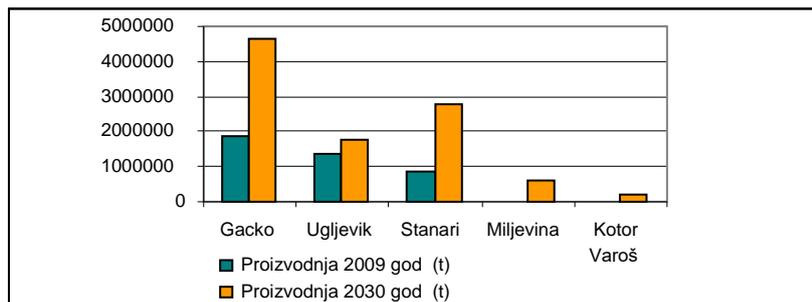


Дијаграм 1. Производња угља од 1990 до 2009 године.  
Diagram 1. Coal production from 1990 to 2009

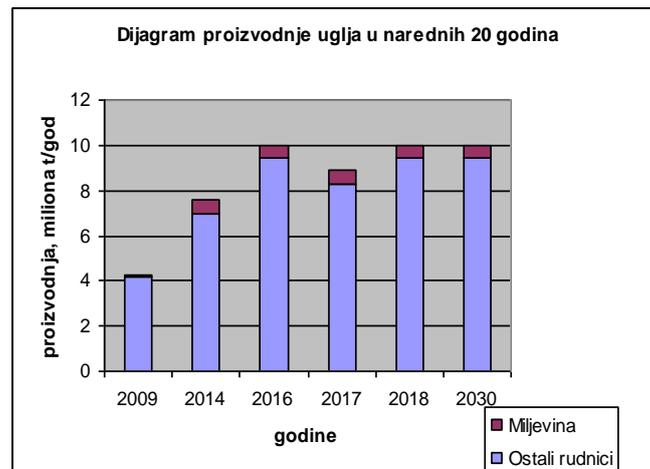
У наредних 20 година, планирано је да се повећа капацитет рудника Гацко и Станари, ревитализује производња рудника Миљевина и покрене производња на лежиштима Масловаре и Хрваћани код

Котор Вароши. Тиме би се производња угља повећала за 125% или на 10 000 000 t угља који ће бити испоручиван на три термоелектране и једну енергану. Због штетног утицаја сагорјевања угља, за термоенергетске комплексе Угљевик и Гацко започете су активности на смањењу емисије штетних гасова, а термо-енергетски објекти који се буду градили биће еколошки прихватљиви.

На дијаграму 2. је приказана тренутна и пројектована производња угља у Републици Српској, односно, динамика експлоатације у наредних 20 година (преломне године).



Дијаграм 2. Производња/пројекција угља-по рудницама  
Diagram 2. Production / projection for coal-mines



Дијаграм 3. Производња угља-укупна  
Diagram 3. Production of coal-total

Укупне инвестиције у сектор угља (обнова рударске механизације, отварање нових копова на постојећим локацијама и проширење капацитета, отварање нових рудника) у периоду 2010-2030. године процењују се на око 607,22 милиона КМ.

Табела 9. Предвиђене инвестиције у руднике  
Table 9. Predicted Investments in mines

РУДНИК	НАЗИВ ОБЈЕКТА У КОЈИ СЕ ИНВЕСТИРА	ВРИЈЕДНОСТ ИНВЕСТИЦИЈЕ x 10 <sup>6</sup> КМ
Угљевик	Експлоатационо поље Угљевик-исток	58
	Механизација и инфраструктура на ПК Богутово село	31.5

Гацко	ПК угља Гацко и ПК техничког грађевинског камена-Поникве	284.7
Станари	ПК Расковац и ПК Остружња	218.4
Котор Варош	Рудник Котор Варош	14.62

## ПРОЦЕНА ТРЖИШТА, ПРОИЗВОДНИХ И ПРОДАЈНИХ ЦИЈЕНА УГЉА

Уважавајући трендове развоја угљарске производње и укупне тржишне услове везане за производњу, прераду и потрошњу угља, дати су упоредни показатељи за постигнуте и пројектоване цијене:

Табела 10. Цијене добијања угља по рудницима-пројектоване и тренутне  
Table 10. Prices of getting coal-mines in the projected and current

	Гацко		Угљевик		Станари		Миљевина		Котор Варош	
	КМ/т	КМ/ГЈ	КМ/т	КМ/ГЈ	КМ/т	КМ/ГЈ	КМ/т	КМ/ГЈ	КМ/т	КМ/ГЈ
Садашње цијене	35,46	4,14	36,95	3,63	27,44	3,04	-	-	-	-
Цијене из пројекта	28,81	3,39	44,88	4,31	27,44	3,04	40,0	3,20	35,00	2,50

## ЗАКЉУЧАК

Угаљ је најзначајни домаћи ресурс, који може значајно смањити активности око увоза енергије. Обезбјеђује снабдијевање постојећих термоенергетских објеката за њихов вијек експлоатације и послуже ревитализације.

Постојеће резерве угља омогућавају изградњу нових термоенергетских објеката у мјери у којој за њихову градњу постоји интерес (од 600 – 1 000 MW). Кроз додатне анализе постојећег стања резерви угља, њиховог степена истражености, квалитета и других особина, утврдиће са њихова билансност и експлоатабилност, у циљу што поузданијег снабдевања постојећих и будућих термоенергетских објеката на угаљ. Проучавањем битних фактора који утичу на производну цијену угља, која има најзначајнији утицај на цијену добивене енергије, потребно је цијену угља, а тиме и енергије добивене из њега, прилагодити цијенама тих видова енергије на светском тржишту.

Из изнесених података је видљиво да ће до 2030 године гро производње угља и даље бити на термоенергетским објектима у саставу електропривреде Републике Српске. Приватни сектор ће се лакше прилагодити захтевима тржишта, што је видљиво из пројектованих производних цијена угља.

Ограничавајући фактор коришћења угљева, како у Републици Српској тако и у свијету, су ограничене резерве, негативни еколошки утицаји, те је обавезно усавршавање технологија, пречишћавања продуката сагорјевања и начина сагорјевања угља, уз рекултивацију деградираних површина насталих експлоатацијом. Поред квантитативних и квалитативних параметара угља, као фактора погодности за експлоатацију, неопходно је узети у разматрање и повољну цијену добијања угља у односу на нафту и гас, као и сигурност при експлоатацији, нарочито у рудницима са површинском експлоатацијом.

У наредних 20 година могуће је повећање производње угља на укупно 10 милиона тона годишње са основним циљем производње електричне и у мањој мјери топлотне енергије. Ограничавајући фактор у развоју сектора угља могу бити будуће обавезе у погледу смањења емисије угљендиоксида. Због штетног утицаја сагоријевања угља, за термоенергетске комплексе Угљевик и Гацко започете су активности на смањењу емисије штетних гасова, а термоенергетски објекти који се буду градили морају бити еколошки прихватљиви.

Добра организација универзитета у Републици Српској и постојање довољног броја факултета и средњих школа за оспособљавање кадрова у енергетици, представљају квалитетну основу за надопуну постојећих наставних програма садржајима за унапређење знања, у праћењу новијих трендова и стицању нових знања. Ту се првенствено мисли на обновљиве изворе, који постају све важнији у производњи енергије, те на друго важно подручје које је у РС у самом зачетку - подручје енергетске ефикасности. У подручју обновљивих извора енергије, енергетске ефикасности, истраживања и експлоатације минералних сировина и имплементације нових технологија у енергетици, с обзиром на европске директиве и потенцијале Републике Српске, у надолазећем периоду биће потребно око 1 000 високо школованих стручњака из одговарајућих научних подручја и око 250 техничара различитих струка.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Студија енергетског сектора БиХ, Модули 1-14, Коначни извјештај, Енергетски институт Хрвоје Пожар, Хрватска; Солузиона, Шпањолска; Економски институт Бањалука, БиХ; Рударски институт Тузла, БиХ; 31. март 2008. године
3. Стратегија развоја електропривреде Републике Српске у периоду од 1995 до 2020 године са освртом на континуитет у даљој будућности; Ђуковић Ј. Екологица, 5 (1998), бр. 121. Енергопројект-Entel DD

## РУДАРСТВО И НАНОТЕХНОЛОГИЈЕ

Надежда Ћалић<sup>1</sup>, Љубиша Андрић<sup>2</sup>, Мирослав Глушац<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Рударски факултет Приједор, e-mail: nada.calic@gmail.com*

<sup>2</sup>*Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина Београд,*

<sup>3</sup>*Водовод АД Приједор*

### РЕЗИМЕ

Развој савременог рударства захтева примену напредних технологија као што су и нанотехнологије. У том смислу глобално рударство је, као велики корисник, значајан покретач развоја нанотехнологија, с једне стране, и извор материјала за значајан део добијања наноматеријала (минералних прахова) поступцима припреме минералних сировина, с друге стране. У нашим условима често се понавља фраза да је рударство нискоакумулативна делатност, да су високи трошкови производње и ниске цене готових производа, што рударство ставља у неравноправан положај са другим, много мање захтевним делатностима. Истовремено, могућности се не користе у довољној мери. У том смислу наше рударство би у оквиру својих производних програма требало да подстиче развој поступака за повећање квалитета својих производа и да отвори могућности стварања додатне вредности. У овом раду се даје само пример могућности увођења у производне програме рударских компанија добијања нано прахова.

Кључне речи: рударство, нанотехнологије, нанопрахови, механохемијско активирање

## MINING AND NANOTECHNOLOGY

### ABSTRACT

The development of modern mining requires advanced technologies such as nanotechnology. Accordingly, the global mining, as a big user, is an important driver of development of nanotechnologies, on one side, and a source of obtaining of material for a significant part of nanomaterials (mineral powders), by the procedures of mineral processing, on the other side. In our situation the phrase is often repeated that the mining activity is low accumulative, that the production costs are high and the prices of finished products are low, what places mining in an unequal position among other, less demanding activities. At the same time, opportunities are not used sufficiently. Accordingly, our mining, within their production programs, should instigate the development of procedures to increase the quality of the products and to open up the possibility of creating additional value. In this paper, only one example of the possibility to introduce into the production programs of mining companies the derivation of nanopowders, is given.

Key words: mining, nanotechnology, nanopowders, mechano-chemical activity

### УВОД

Често се понављају фразе да је рударство нискоакумулативна делатност, да су високи трошкови производње и ниске цене готових производа што рударство ставља у неравноправан положај са

другим, много мање захтевним делатностима. Оно што ми често истичемо јесте да посленици у области рударства на овим просторима, веома често, много више воде рачуна о трошковима производње него оствареној добити и то траје веома дуго. Истовремено, могућности се не користе у довољној мери.

У овом раду желимо да укажемо на могућности прераде висококвалитетних концентрата до добијања нових материјала, наноматеријала, материјала са додатом вредношћу, на бази минералних прахова, добијених тренутно најпримењивијим поступком добијања нанопрахова у пракси познатим поступком микронизације, односно веома финог млевења до гтк честица реда величине пар микрона, при чему значајан део материјала има димензије мање од микрона. Радови из ове области последњих година се веома често публикују у часописима и зборницима радова који третирају област науке и производње нових материјала, али се на скуповима рудара ретко појављују.

## НАНОТЕХНОЛОГИЈЕ

Нанотехнологија је ново научно поље изучавања, добијања и коришћења материјала на нивоу атома и молекула чије велике резултате тек очекујемо у будућности како у свету медицине, војне индустрије, рачунских технологија тако и другим делатностима посебно у области рударства.

Почетак развоја нанотехнологије је на прелазу из 20. у 21. век, а предвиђања су да ће то бити једна од најважнијих наука овог века. Теоретски темељ нанотехнологији и нанонауци поставио је нобеловац Р. Фејнман пре више од 50 година својим познатим радом „There is Plenty of Room in the Bottom“ („Постоји доста простора на дну“ или у слободном преводу "У микро и нано свету је огроман простор"). Р. Фејнман је први изнео могућност стварања микро система тврђом да "принципи физике не говоре против могућности померања материје, атом по атом". Ипак, има пуно доказа да су материјали са карактеристикама данашњих нано материјала били познати у давна времена (трајне боје за косу древних египћана, Ликурков бокал ("Lycurgus cup") израђен у Риму у 4. столећу који на дневној светлости изгледа зелено, а ако се извор светлости постави у бокал изгледа црвено. Стакло садржи мале количине наночестица (од 5 до 40 nm) злата и сребра, које дају ова оптичка својства. Глазуре на ренесанским керамिकाма такође спадају у подручје нанотехнологије, као и посебне врсте гвожђа произведене 500 година п.н.е за израду бодежа и мачева.

Данас, нанотехнологија у ужем смислу означава процесе постављања појединих атома у молекулу на место које тачно желимо, како је то природа одувек радила, да би се конструисали уређаји димензија неколико нанометара ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ). Овом врстом технологије материјали, објекти и машине израђују се молекулима. Оно што је најатрактивније јесте чињеница да се "већина машина, средстава и уређаја сачињених од молекула понашају као молекули, што ће рећи имају способност да се самокоригују, поправљају и репликују". Нанонаука и нанотехнологија представљају конвергенцију класичних наука као што су хемија, физика и биологија у делу структуре и динамике материје на нивоу атома и молекула на коме почивају њихова макроскопска својства, и модерних микробиологије, генетике, као и информатике и микроинжењеринга.

Нанотехнологије су постигле највећи напредак у развоју софтвера и хардвера и генетичког инжењеринга и даљем развоју рачунару толико битних компоненти. Декслерови институти су већ направили неколико серија молекуларних компјутера који су не само практично неуништиви, тако што се по принципу живих ћелија сами поправљају и замењују своје нефункционалне делове, већ су незамисливо смањили димензије крајњег производа. Ограничења представљају могућности човековог коришћења. У Центру за интегрисане наносистеме, америчке Националне научне фондације, тим научника са Калифорнијског универзитета, направио је радио пријемник од једне једине наноцевчице угљеника.

Научна и технолошка очекивања од нанотехнологије стимулисала су опсежна истраживања наносвета, и јавила се добра истраживачка конкуренција. Нанороботика се развија у правцу

конструисања интелигентних сензора, актуатора, и система мањих од 100 nm. Очекује се да ће бити могуће директно слагање молекула или супермолекула ради градње већих наноструктура, што у крајњем може водити до самосклапања моћних наномашина-робота. Који ће облик имати будући нанороботи, још увек није јасно. Нису јасни ни задаци које ће ти нанороботи извршавати.

Нанотехнологије пружају многобројне могућности развоја материјала измењених и за многе потребе побољшаних својстава за примену у електроници, оптоелектроници, машинству, хемијском инжењерству, микробиолошким и биомедицинским подручјима.

У ширем смислу речи нанотехнологија, као научно поље изучавања, добијања и коришћења материјала на нивоу атома и молекула, подразумева све процесе који се баве добијањем материјала чије се димензије могу изразити нанометрима, његовим карактеристикама, могућностима добијања наноматеријала унапред задатих карактеристика и његовим коришћењем.

## НАНОТЕХНОЛОГИЈЕ И ГЕОЛОГИЈА И РУДАРСТВО

У циљу ефикаснијег и поузданијег прилагођавања рударске индустрије новом компетитивном окружењу, посебно у погледу заштите околине и повећања безбедности и тражења могућности да се задовоље све већи захтеви потрошача у погледу количина и квалитета сировина, рударска индустрија мора да примени напредне технологије, укључујући сателитске комуникације, компјутерско моделовање и коришћење паметних сензора и робота уз већу примену информационог технологија. У том смислу, као област примене садашњих и будућих достигнућа у развоју нанотехнологија, рударство има улогу снажног покретача њеног развоја.

Фундаментална и револуционарна новина у нанотехнологији лежи у могућности циљаног утицаја на својства материјала преко димензија честица садржаних у њему. На површини нано честице одигравају се процеси који нису карактеристични за кристалну структуру комадног материјала. С обзиром да у својству наноматеријала велику примену имају минерални нанопрахови, рударство има значајну улогу и у нанотехнологијама преко изналажења лежишта, експлоатације лежишта, добијања висококвалитетних концентрата и "нанонизирајућег" млевења минерала до добијања нанопрахова који се понашају битно различито од данашњих микроструктурираних материјала. Ситнија зрна у структури резултирају већом густоћом, много повољнијим механичким својствима као и комбинацијама других својстава. Тако метали могу постати полупроводници или мењати изворну боју, керамика постати савитљива или прозирна као стакло итд

## НАНОМАТЕРИЈАЛИ - СУБМИКРОНСКИ И НАНОФАЗНИ-ПРАХОВИ

Појам "наноструктурирани" (или "нанофазни") материјали односи се на оне материјале чије су димензије фаза (честица прашка, зрна структуре или произведених слојева) реда величине од неколико нанометара до пар стотина нанометара. Наночестице и нанопрахови који се могу произвести у облику суспензија (колоида), сол-гелова и аерогелова отварају могућности развоја низа нових производа. Ситне честице имају много већу активну површину у односу на њихову запремину или масу, што повећава хемијску активност и растворљивост у води. Специфична својства и понашање наноматеријала у односу на материјал из кога се добија потичу од тога што наночестице имају врло велику специфичну површину, која у интеракцији с непосредним окружењем мења њихово понашање и својства (електрична, магнетна, механичка итд.), а у њиховој производњи важно је то што је могуће то понашање предвидети. За врло ситне нано честице важе закони квантне механике, гдје се јавља истовремено и корпускуларна и таласна природа тих честица. Прахови се производе из гасовите, течне или чврсте фазе. Нас посебно интересују минерални прахови који се добијају из чврсте фазе. Дакле, наночестице имају врло велику специфичну површину, која у интеракцији с

**непосредним окружењем мења њихово понашање и својства. Испитивања површине јединке из субмикронских и нанофазних прахова показала су да површина јединке не представља само границу фаза већ да се, поред спољашње површине раније дефинисане као граница фаза, мора узети у обзир и унутрашња површина, одређена вредностима порозности материјала.**

На бази многобројних истраживања добијања наноматеријала и испитивања механичких, механо хемијских, магнетних, електричних, оптичких и хемијских својстава добијеног наноматеријала утврђена је могућност управљања, односно програмирања својстава материјала адекватном контролом процеса добијања нових прахова, али и материјала из којих настају.

## МЕТОДЕ ПРОИЗВОДЊЕ НАНОМАТЕРИЈАЛА

За израду наноструктурираних материјала данас постоји читав низ технолошких поступака који су или прилагођени или посебно развијени. Методе производње наноматеријала деле се у две групе. Прва је производња наноматеријала "атом по атом" или "слој по слој" ("bottom-up approach"), а друга се састоји од ломљења микроструктуре у наноструктуру ("top-down approach"). У прву групу убрајају се методе:

- 1) кондензација инертним гасом,
- 2) електродепозиција,
- 3) магнетронско распрашење,

а у другу:

- 1) микронизирајуће ("нанонизирајуће") млевење или механичко активирање, механо-хемијско активирање или механичко легирање
- 2) кристализација из аморфне фазе,
- 3) интензивна пластична деформација
- 4) посебне хемијске методе (нпр "sol-gel"),

Најстарије и начешће коришћене методе за добијање нанопрахова су кондензација инертним гасом и микронизирајуће млевење. Многи аутори дају предност микронизирајућем млевењу.

Класични млинови нису погодни за микронизацију до финог и посебно веома финог гранулометријског састава (ггк испод 1  $\mu\text{m}$ ), који је неопходан за савремене домене индустријске примене, какве су нанотехнологије. Интензивна фундаментална и развојна истраживања процеса механоактивације за развој нових материјала омогућила су и развој нових конструкционих решења за ултра fine високоенергетске млинове – механоактиваторе и тиме их укључили у најсавременије технологије производње нових материјала (нанофазних прахова) који су данас веома профитабилни и у великом су развојном успону. За добијање субмикронских и нанофазних прахова користе се механоактиватори, који раде на принципу ударног дејства, удара и трења и др. За сва ова могућа дејства користе се дезинтегратори, колоидни (perl-atritori), вибрациони, планетарни, ултрацентрифугални, Jet-струјни механоактиватори и др. У циљу побољшања енергетске ефикасности целокупног процеса уситњавања најбоље је у процес механичке активације ићи после класичног млевења, са што ситнијим материјалом ггк од 100 до 500  $\mu\text{m}$ .

Поред типа уређаја, за сам процес механоактивације, код савремене карактеризације субмикронских и нанофазних прахова, користи се и веома сложена и савремена инструментална техника. Од инструменталних техника за детаљну карактеризацију производа механоактивације најчешће се

користе: флексибилни вишеканални анализатор крупноће честица, затим термички анализатори за одређивање ДТА и ТГА и рентгенски дифрактометри за рентгенске анализе.

Када се ради о припреми минералних сировина у добијању субмикронских и нанофазних прахова, као нових материјала, ради се о поступцима млевења до честица димензија испод микрона веома висококвалитетних концентрата квалитета чистих минерала, који се касније могу применити у многим областима као пиезоелектрични материјали, органски кристали, високотемпературни суперпроводници, легуре, пунила, премази итд. Институт ИТНМС у Београду са својим сарадницима се веома рано укључио у истраживања добијања минералних прахова, органобентонита и сл. што се данас убраја у нанопрахова. ИТНМС је остваривао и сарадњу са колегама из Републике Српске на добијању материјала нових квалитета, нанофазних прахова механо-хемијском активацијом природних материјала добијених из различитих лежишта региона и то преваходно из неметаличних минералних сировина, као што су лискун, глиница, апатит, алумосиликати, зеолити, каолинит, фелдспат, монтморионит и др. Истим поступком успешно су вршена и истраживања механо-хемијског легирања.

Ова испитивања су показала да у процесу механо-активације до нанометарских димензија долази до промена које могу бити:

- 1 Хемијске промене,
- 2 Повећање слободних површина материјала,
- 3 Повећање површинске реактивности материјала,
- 4 Поремећаји трансформације у структури решетке и
- 5 Прелаз кристалног тела у аморфно стање.

На новонасталој површини одигравају се процеси који нису карактеристични за структуру комадног материјала и које се могу означити као релаксација и реконструкција површине. Релаксација је последица промене силе привлачења атома у материјалу у функцији положаја атома, која може бити последица престанка дејства механичке силе „нанонизирајућег“ млевења. Као узрок релаксације површине настаје повлачење атома са површине ка унутрашњости, мења се међуатомско растојење између прва два слоја атома и оно је мање од међуатомског растојања у унутрашњости кристала, услед чега настаје порознија површина. Релаксација је више изражена уколико је кристална решетка „отворенија“, односно код прахова добијених у процесу деловања механичких сила, односно микронизирајућег или „нанонизирајућег“ млевења.

Реконструкција површине је последица миграције атома након релаксације. Реконструкција површине у субмикронским и нанофазним-праховима доприноси образовању новог типа кристалне решетке различитог од оног у унутрашњим слојевима материјала. Истраживања у области субмикронских и нанофазних прахова добијених механо активирањем материјала омогућују измену својстава материјала у жељеном правцу.

Захваљујући својим особинама (боји, густини, индексу рефлексације, проводљивости, облику, величини и структури микро честица, итд.) субмикронски и нанофазни-прахови добијени далекосежним млевењем најчешће се користе као пунила и премази у синтези савремених материјала, где дају посебне особине овим материјалима (повећава отпорност на проводљивост топлоте, звука и струје, сјај, апсорпциону способност и др.).

Код поступака добијања нанопрахова поступцима далекосежног уситњавања (микронизације, "нанонизације") појављује се негативна појава да честице нановеличине, будући да имају врло велику површинску енергију, теже агломерацији и адсорпцији страних честица. Из тога произлазе

екстремни захтеви у погледу контроле поступака и допуштеног онечишћења. Ипак, можемо рећи да је микронизирајуће млевење још увек најинтересантнија метода добијања нано прахова.

### ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕ НЕМЕТАЛНИХ ПРАХОВА

Захваљујући својим особинама (боји, густини, индексу рефлексије, проводљивости, облику, величини и структури микро честица, итд.) субмикронски и нанофазни-прахови се користе као пунила и премази у синтези савремених материјала, где дају посебне особине овим материјалима (повећава отпорност на проводљивост топлоте, звука и струје, сјајност апсорпције и др.).

Као пунила и прахови најчешће се користе:

1. у индустрији папира: каолин, талк, азбест, гипс, барит, "blanc fixe", креда, магнезит, калцит, диатомејска земља  $TiO_2$ ,  $SiO_2$ ,  $ZnO_2$ , глинаца  $Al_2O_3$ ,  $Al(OH)_3$ .
2. у индустрији пластичних маса:  $CaCO_3$ , каолин, лискуни, талк, азбест, воластонит и гипс, Са-силикат, као и Mg-силикат (таложни), "blanc fixe" глинаца,  $Al(OH)_3$ ,  $Sb_4O_6$ ,  $CaCO_3$  (tal.),  $BaCO_3$  (tal.),  $MgCO_3$  (tal.).
3. у индустрији еластомера: За гуме  $ZnO$ , каолин,  $CaCO_3$  (природни и таложни),  $TiO_2$ , лискуни,  $MgCO_3$ ,  $BaCO_3$ , за силиконе: ргва група (пунила и прахова за ојачавање, финоћа честица 10-200 nm): фини  $SiO_2$ ,  $SiO_2$  добијен у парној фази, преципитован  $SiO_2$ , диатомејски  $SiO_2$  и природни кварцни песак и друга група (финоће честица до 10  $\mu m$ ): исталожени  $CaCO_3$ , разне глине, "blanc fixe".
4. у фармацеутској индустрији: гипс, Mg-карбонат, каолин, талк и неки силикати,
5. у козметичкој индустрији: талк, бентонитне глине, "blanc fixe".
6. у индустрији боја и лакова: пунила,
7. прахови-пигменти:  $TiO_2$  (највише употребљавани бели пигмент,  $ZnO$ , "blanc fixe", лискуни (за боје у аутомобилској индустрији), и угљеник.
8. пунила, прахови-допунски пигменти: Силикатни прахови (талк, каолин, лискуни (мусковит), фелдспат, силицијумска земља, воластонит, шкриљац; синтетизовани Са-силикат (таложни) и Mg-силикат (таложни)); Оксидни прахови (кварц, дијатомејска земља; Карбонатни прахови (калцит, магнезит, доломит, креда; Сулфатни прахови (барит, гипс);
9. пунила, прахови-адитиви:
10. антипенушавци (на бази силикона);
11. дисперзивна и средства за квашење (  $CaCO_3$ , каолин, диатомејска земља и талк углавном азбестни);
12. површински адитиви ( $CaCO_3$ , лискуни, талк, каолин, диатомејска земља и  $SiO_2$ );
13. сикативи (средства за сушење): безводни гипс,  $ZnO$ ;
14. конзерванси;
15. реолошки адитиви (пирогени  $SiO_2$ , бентонит, каолин,  $MgCO_3$  и талк);
16. светлосни катализатори (за аутомобилске боје) :  $ZnO$  и угљенично црно;
17. инхибитори корозије (талк, лискун, каолин и  $CaCO_3$ ).

### ЗАКЉУЧАК

Сви циљеви развоја савременог рударства воде примени напредних технологија као што су нанотехнологије. У том смислу глобално рударство, као велики корисник, је значајан покретач развоја нанотехнологија с једне стране и извор материјала за значајан део добијања наноматеријала – минералних прахова који се добијају поступцима припреме минералних сировина, с друге стране.

У нашим условима често се понављају фразе да је рударство нискоакумулативна делатност, да су високи трошкови производње и ниске цене готових производа, што рударство ставља у неравноправан положај са другим, много мање захтевним делатностима. Истовремено, могућности се не користе у довољној мери. У том смислу наше рударство би у оквиру својих производних

програма требало да подстиче развој поступака за повећање квалитета својих производа и да отвори могућности стварања додате вредности.

Експериментална истраживања и постигнути резултати у Србији показала су да добијање нано материјала на бази минералних прахова механохемијским поступцима у домену савремених технологија није једноставан задатак и да је за то потребно освајање технологија за добијање веома висококвалитетних концентрата и дефинисање оптималних услова механоактивације тако да добијени нано материјал има унапред строго дефинисане, структурне, минералоске, механичке и физичко-хемијске особине.

У Институту ИТНМС у Београду извршена су многобројна сложена експериментална истраживања механохемијске активације за добијање нано материјала на бази минералних прахова, при чему се знатан део испитивања односи на минерале из лежишта Републике Српске. Испитивањима су утврђене основне карактеристике производа механохемијски активираних материјала (гранулометријски састав, облик зрна, специфична површина и др.) и важнији технолошко-технички параметри самог процеса, кинетички параметри механохемијске активације, чијом изменом се мењају и реакционе способности материјала, промена површинске енергије кристала, параметри јединичне ћелије, степен аморфизације материјала, вредности термодинамички нестабилних стања, насталих прерасподелом и вишком унете енергије активације.

У складу са захтевима индустрије за производима у домену нано материјала, у току су интензивна истраживања механохемијске активације минерала калцита, карбоната, цемента, боксита, талка, угља, и др.

## ЛИТЕРАТУРА

1. К.Ткачова, "Mechanical activation of minerals", Volume 11, Developments in Mineral Processing, Elsevier, 1989.
2. P. Schmidt, R. Körber: Planetary mills, Aufbereitungstechnik, 32, Nr.12, Universität, Gesamthochschule Essen, Germany, 1991.
3. Y. Tamai, S. Mori: Mechanical activation on inorganic powders Vibromiling, Zeitschrift für anorganische und allgemeine chemie, Volume 476., Iss 5., 1981.
4. M. Senna, M. Shinozak: Effects of number and size of milling balls on the mechanochemical activation of fine crystalline solids, Volume 20, N<sup>o</sup>1, 1981.
5. V. Molchanov, O. Selezneva, E. Zhironov: Aktivacya mineralov pri izmelchenii, Nedra Moskow 52-60, 1988.
6. Q.Q. Zhao, G. Jimbo, "Mechanism of ultrafine grinding in planetary ball mill", 7<sup>th</sup> European Symposium on Comminution, Part.2, 652-666, Ljubljana, 1990.
7. K. Wefers, C. Micra: Alcoa Technucal paper N<sup>o</sup> 19, Revised, Alcoa laboratories, Pittsburg, P. A., USA, 1987.
8. Ljubisa Andric, Nadezda Calic, Dusan Salatic, Sinisa Milosevic: "Theoretical principles of mechanical activation during processes in new construction mills", XXIV International Mineral Processing Congress, 24-28 Septembar, Beijing, Kina, ISBN 978-7-03-022711-9, p.609-617
9. Ljubiša Andrić, Nadežda Čalić, Miroslav Glušac: Mehanoheмијска активација у добивању нових материјала (Mechanochemical activation in obtaining of new materials), VIII Ssvetovanje i tehnologa Republike Srpske, Banja Luka, 21-22 novembar, 2008, ISBN 978-99938-54-26-5, p.116
10. Ljubiša Andrić, Siniša Milošević, Nadežda Čalić, Dušan Salatić, Zagorka Aćimović-Pavlović: "Reactivity and change of the physical-chemical characteristics of the materials by mechanochemical

activation“, XXI International Serbian Symposium on Mineral Processing, 04-06 November 2008, Bor, Serbia, ISBN 978-86-80987-63-7, p.180-191.

11. [www.phy.hr/](http://www.phy.hr/) Посебни, нови, наноматеријали и њихова својства
12. [oc.raf.edu.rs](http://oc.raf.edu.rs) Колико смо спремни за примену нанотехнологије?
13. Dragan Z. Šaletić, Branislav V. Selić i Gyula Mester, *Journal on Computing*, Vol. 1, 2009. S-38-48

## ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА АРХИТЕКТОНСКОГ ГРАЂЕВИНСКОГ КАМЕНА КРЕЧЊАКА

Слободан Мајсторовић<sup>1</sup>, Дражана Тошић<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Рударски факултет Приједор, smajstorovic@rf-pd.org*

<sup>1</sup>*Рударски факултет Приједор*

### РЕЗИМЕ

Досада на нашем терену није вршена подземна експлоатација архитектонско- грађевинског камена али због потребе за његовим експлоатисањем и на основу прописа заштите животне средине разматра се могућност преласка са површинске на подземну експлоатацију ове врсте минералне сировине. Подземна експлоатација архитектонског грађевинског камена је веома сложен процес али примјеном овог начина експлоатације значајно се смањује штетни утицај експлоатације на околину. Такође нема потребе за додатним трошковима одлагања јаловине и увођење робусне механизације за њено пребацивање, смањен је број људи у експлоатацији, што све утиче на смањење укупних трошкова експлоатације.

Кључне ријечи: подземна експлоатација, архитектонско -грађевински камен.

## UNDERGROUND EXPLOITATION OF LIMESTONE DIMENZION STONE

### ABSTRACT

Until recently in the our region not applied the underground exploitation of dimension stone, but because of the need for his exploits on the basis of regulations of environmental protection considering the possibility of moving from surface to underground mining of this type of mineral raw materials but the application of this method of operation significantly reduces the harmful effects of exploitation on the environment. Also there is no need for additional waste disposal costs and the introduction of robust machinery for its transport, reduced the number of people in the operation, all of which affect the reduction of the total cost of exploitation.

Key words: underground exploitation, dimension stone.

### УВОД

Експлоатација архитектонског грађевинског камена кречњака традиционално припада површинској експлоатацији, међутим последњих година прошлог вијека дошло је до значајног развоја подземне експлоатације, било да се на постојећим каменоломима прелазило на подземни рад придобијања каменних блокова или да су отворани нови подземни каменоломи.

Примјена природних материјала у грађевинарству, па самим тим и примјена архитектонског грађевинског камена, значајно расте што захтијева повећање производње камених блокова при чему значајно расте и количина откритке и количина тзв. каменог отпада. Површинска експлоатација архитектонског грађевинског камена специфична је по ниском степену искориштења стијенске масе при добијању камених блокова, при чему се стварају значајне количине каменог отпада које постају значајан проблем и реметилачки фактор природног окружења.

Имајући све наведено у виду те пратећи тенденције развоја експлоатације, прераде и потрошње архитектонског грађевинског камена кречњака у развијеном свијету неопходно је размишљати о увођењу подземне експлоатације и у нашим каменоломима украсног или архитектонског грађевинског камена.

### ОСНОВНИ РАЗЛОЗИ ЗА УВОЂЕНЕ ПОДЗЕМНЕ ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ

Основни разлози за увођења подземне експлоатације архитектонског грађевинског камена могу се дефинисати кроз три основна критерија:

1. еколошки критерији
2. економски критерији
3. технолошки критерији

Економски и технолошки критерији односе се на услове добијања камених блокова (низак коефицијент искориштења, односно велике количине каменог отпада према сразмјерно малој количини комерцијалног блока, као и значајно повећање откритке) односно на временску зависност рада површинског копа (немогућност рада каменолома у зимским условима).

Еколошки критерији све више постају доминантни, са укупним развојем друштва развија се и његова еколошка свијест, односно његов однос према природи. Тако нпр. у Carrari (Италија) од укупне годишње производње 1,2 милиона t. подземном експлоатацијом се добије око 25 %, односно од око 220 активних рудника архитектонског грађевинског камена око 50 ради са подземном експлоатацијом (Fornari & Bosticco, 1994). Такође према истраживањима (Moser & Obendorfer, 1994) технички камен посебно доломити и кречњаци ће се у блиској будућности експлоатисати подземно.

Основни негативни утицаји површинске експлоатације архитектонског грађевинског камена на природу су:

- деградација природног масива стварањем отворених деградираних површина на којима се потпуно елиминише присуство биљног и животињског свијета. Послије завршене експлоатације на једном експлоатационом пољу постоји обавеза рекултивације деградираних експлоатационог поља што значајно поскупљује производњу камених блокова током цијеле експлоатације.
- стварање значајних количина каменог отпада који се јавља у процесу добијања комерцијалних камених блокова, као и значајних количина откритке која је представљена површинским слојем деградираних кречњака и глиновитих материјала. Просјечни коефицијент искориштења стијенске масе при површинском начину добијања камених блокова износи од 12% до максималних 30% код примјене савремених технологија. Овако добијене значајне количине каменог отпада потребно је депоновати што захтијева додатно нарушавање природе, као и додатне трошкове за рекултивацију депонија каменог отпада.

Поред ових негативних утицаја површинска експлоатација архитектонског грађевинског камена има и одређене предности у односу на подземну експлоатацију а то су:

- дјелимично ограничење количина камених блокова који се могу добити по једној радној машини, односно у одређеним фазама рада и развоја подземног рудника архитектонског грађевинског камена радна машина на сјечењу и одвајању камених блокова неће бити довољно искориштена.
- мања почетна инвестициона улагања у прирему и отварање рудника, док су трошкови даље производње камених блокова успоредиви са трошковима површинске експлоатације. Међутим, подземне просторије које остају по завршетку подземне експлоатације се могу вишеструко корисно употријебити што значајно погодује увођењу подземних рудника архитектонског грађевинског камена.

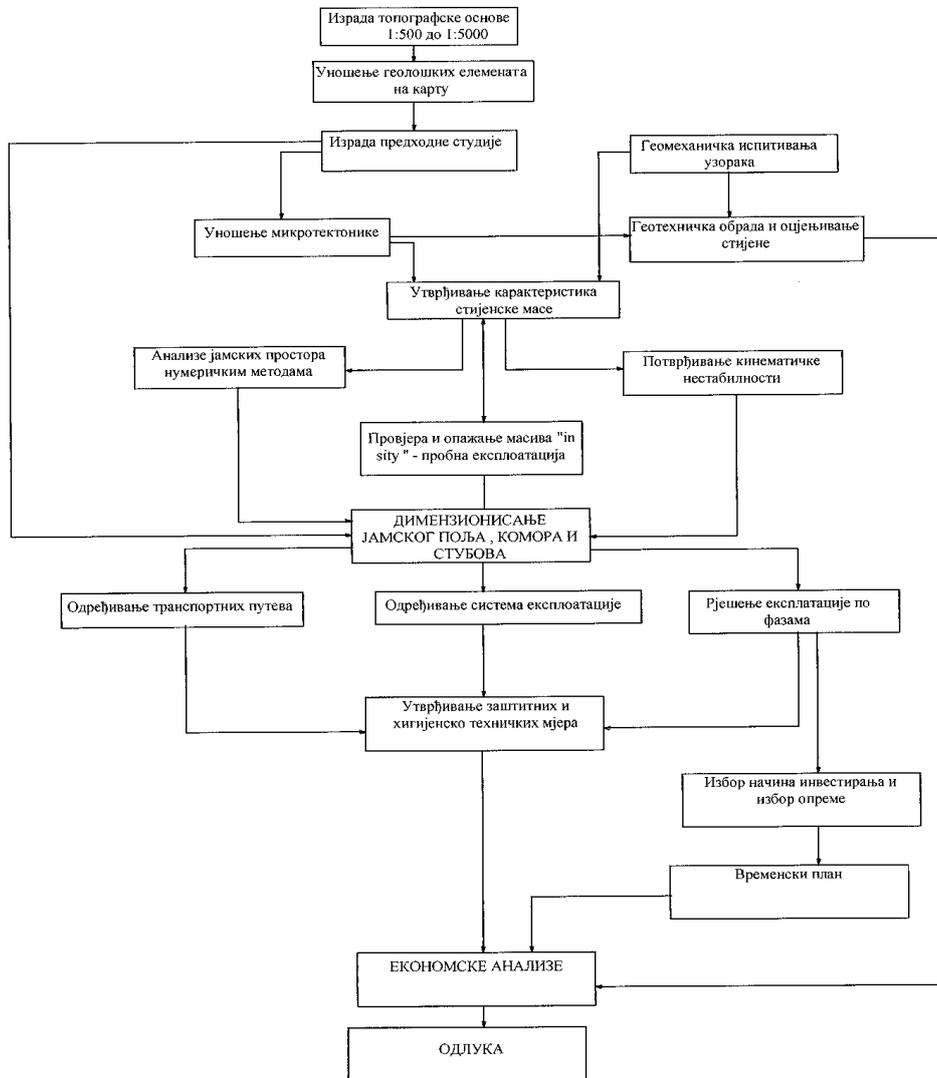
Са развојем еколошке свијести захтјеви за заштитом природе постају толико прецизни да једноставно не дозвољавају могућност избора. Примјена природних материјала у грађевинарству захтијева значајно повећање производње при чему се мора потпуно удовољити и високим еколошким стандардима што неупитно намеће закључак да ће се у будућности добијање архитектонског грађевинског камена вршити искључиво подземном експлоатацијом.

За развој будуће подземне експлоатације архитектонског грађевинског камена неопходно је извршити дефинисање параметара и услова будуће експлоатације на конкретном лежишту, првенствено:

1. истражити и дефинисати геомеханичке особине стијенске масе,
2. истражити и дефинисати основне техничко економске параметре примијењене механизације од зависности од технолошких параметара будуће експлоатације,
3. истражити и дефинисати технолошке параметре будуће експлоатације а посебно коефицијент искориштења стијенске масе,
4. дефинисати опште услове отварања, припреме и откопавања лежишта.

Отварање и развој рудника са подземном експлоатацијом архитектонског грађевинског камена је врло сложен процес, који се састоји од више специфичних фаза рада. На Слици 1. дат је дијаграм тока фаза пројектовања рудника са подземном експлоатацијом архитектонског грађевинског камена (Fornari & Vosticco, 1994).

ДИЈАГРАМ ТОКА ФАЗА ПРОЈЕКТОВАЊА ПОДЗЕМНЕ ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ  
АРХИТЕКТОНСКОГ ГРАЂЕВИНСКОГ КАМЕНА



Слика 1. Дијаграм тока фаза пројектовања рудника са подземном експлоатацијом архитектонског грађевинског камена ( Fornari & Bosticco , 1994 )

Figure 1. Flow chart for investigation required to mine planning of limestone underground exploitation

## МЕТОДЕ ПОДЗЕМНЕ ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ АРХИТЕКТОНСКОГ ГРАЂЕВИНСКОГ КАМЕНА

Методу откопавања одређује откопани простор у коме се врши откопавање, транспорт и управљање непосредном кровином и подином откопа. Према томе основна метода подземног откопавања архитектонског грађевинског камена кречњака је коморно стубна метода откопавања (room and pillar). Припрема лежишта за ово откопавање врши се израдом извозних ходника кроз масив украсног камена, односно у процесу припреме лежишта врши се добијање каменних блокова, а сам поступак израде ових просторија мало се разликује од поступка рада у откопу.

У почетној фази рада и развоја рудника архитектонског грађевинског камена са подземном експлоатацијом потребно је дефинисати неколико међусобно повезаних проблема:

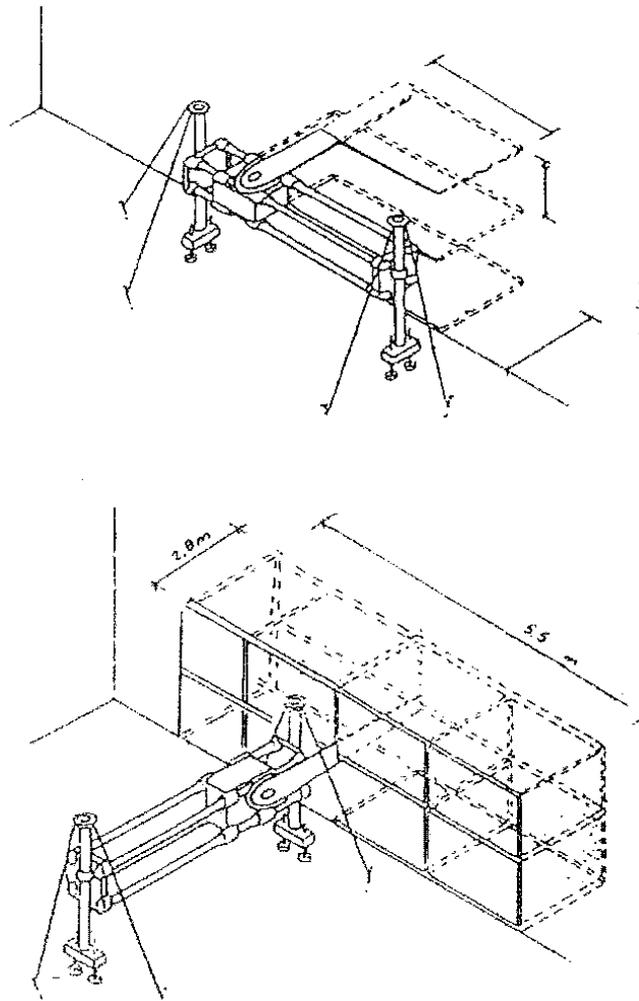
- дефинисати односе између површина комора према површинама кровине која налијеже на заштитне стубове,
- димензионисати заштитне стубове у зависности од: величине отворених комора, дубине на којој се врши експлоатација и природних карактеристика масива.
- дефинисати димензије откопних комора према услову стабилности, а у сагласности са радним условима машина који раде на добијању и одстрањивању камених блокова.

Добијање камених блокова коморно стубном методом врши се на три основна начина:

1. експлоатација камених блокова израдом задњег реза дијамантском жицом,
2. експлоатација камених блокова израдом задњег реза подземном сјекачицом,
3. експлоатација камених блокова директним ломљењем задње стране блока помоћу водених јастука.

Систем добијања камених блокова започиње израдом хоризонталних и вертикалних резова како је то приказано на Слици 1. За израду ових резова најчешће се користи подземна сјекачица фирме Fantini из Рима типа G70 која има следеће техничко технолошке карактеристике:

- маса	6000 kg
- маса хидрауличног погона	2000 kg
- брзина ревног ланца	0 – 071 m/sec
- брзина напредовања	0 – 7 cm / min
- ширина реза	38 mm
- корисна дубина реза	2,4 m
- потрошња воде	20 lit / min
- укупна инсталисана снага	70 kW
- минималне димензије радног простора	6 x 3 m

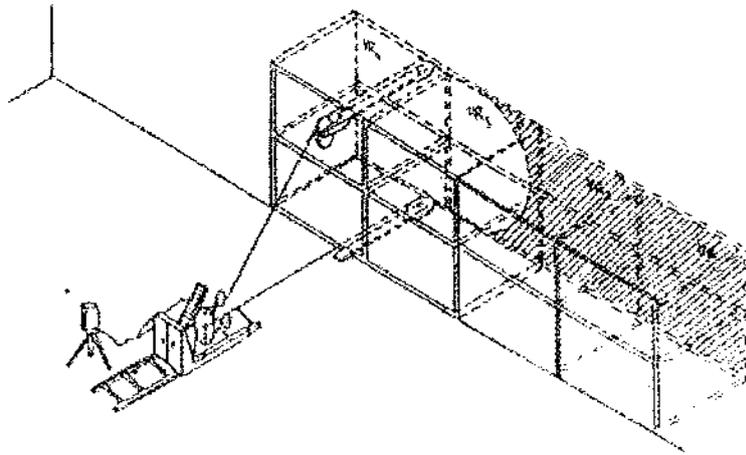


Слика 2. Израда хоризонталног и вертикалног реза сјекачицом ( I.Kotman )  
Figure 2. Horizontal and vertical cut works with chain saw machine

Код примјене технологије добијања камених блокова израдом задњег реза са дијамантском жицом потребно је вертикалне резове извести тако да на једном крају захвата омогућимо израду усјека ширине 60 cm гдје се врши цијепање блокова примјеном воденог јастука. Након цијепања комада и њиховог вађења из усјека поставља се колина са водилицама за дијамантску жицу која се провлачи кроз вертикални рез и одрезује се позадинска страница каменог блока.

Технологија добијања камених блокова израдом задњег реза са дијамантском жицом има одређене недостатке:

- врло компликован систем рада,
- временски дуг процес добијања блокова,
- мањи коефицијент искориштења стијенске масе,
- повећана потрошња воде.



Слика 3. Добијање камених блокова израдом задњег реза са дијамантском жицом  
Figure 3. Back cut of the stone blocks with diamond wire

Код примјене технологије са израдом задњег реза подземном сјекачицом принцип рада је јако сличан предходном, што значи да се после израде вертикалних и хоризонталних засјека врши разбијање блокова стијенске масе у једном од бокова откопне коморе при чему се одабере бок коморе који је у контакту са тектонском пукотином. У тако добивену нишу смјешта се подземна сјекачица и почиње одсијецање задње стране каменог блока. Овакав начин добијања камених блокова је значајно једноставнији у односу на предходни и постижу се значајно већи учинци на добијању камених блокова. Основни недостатак оваквог начина рада су већа улагања у набавку подземне сјекачице.

Метода експлоатације директним цијепањем задње стране каменог блока врши се тако што се камени блокови који су обрађени вертикалним и хоризонталним подсијецањем под притиском водених јастука уметнутим у међупросторе хоризонталних резова, цијепањем одвајају од цјелине масива. Значајна предност оваквог начина је рада је значајно повећање продуктивности, нема потрошње воде, једноставан и јефтин рад. Као недостатак се јавља неправилна форма добијеног блока као и нешто мање искориштење добијених блокова при даљој преради.

## ЗАКЉУЧАК

Високи трошкови површинске експлоатације архитектонског грађевинског камена који се условљавају повећаном количином откривке, строгим еколошким нормама у смислу заштите околине у процесу експлоатације као и рекултивације односно враћању деградираног експлоатационог простора првобитној намјени условили су значајан развој рудника са подземном експлоатацијом.

У нашим условима добијање архитектонског грађевинског камена углавном се врши површински, међутим горе наведени разлози су довољни да се почне са размишљањима о увођењу подземне експлоатације у ову област, при чему се првенствено мисли на рудник "Хреша" који се налази у близини великих урбаних центара Сарајева и Источног Сарајева. У том смислу за будући развој овога рудника било би потребно издвојити дио лежишта на коме ће се извршити пробна подземна експлоатација како би се дефинисали сви потребни параметри будуће подземне експлоатације.

Позитивни резултати који би се добили пробном подземном експлоатацијом сигурно би довели до отварања и експлоатације и других лежишта архитектонског грађевинског камена који се за сада сматрају непогодним за експлоатацију управо из разлога велике откривке.

## ЛИТЕРАТУРА

1. I. Cotman ( 1996 ): Пробна подземна експлоатација архитектонско-грађевинског камена у каменолому "Канфанар" , Истра , Рударско-геолошко нафтни зборник , Вол. 8 стр. 81-89, Загреб
2. Fornaro, M&Bosticco, L.(1994): Underground Stone Quarrying in Italy, Marmomacchine Internacional, 7, 22-51.

## ИСТРАЖИВАЊЕ МЕТАНОНОСНОСТИ И МЕТАНСКИХ УСЛОВА У ПОДЗЕМНИМ РУДНИЦИМА УГЉА

Мирко Ивковић<sup>1</sup>, Јелена Триван<sup>2</sup>, Дражана Тошић<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ЈП ПЕУ Ресавица, *mirko.ivkovic@jpreu*

<sup>2</sup> Рударски факултет Приједор

### РЕЗИМЕ

Сложеност проблематике владања гасним односима у ваздушним струјама вентилационих система у подземним рудницима угља са присуством метана намеће потребу континуираног истраживања услова метаноносности и метанообилности. Ово посебно добива на значају узимајући у обзир чињенице да се рударски радови спуштају на све веће дубине и да се повећава интензитет експлоатационих радова. Фундаментална истраживања неопходна су ради благовременог упознавања гасних односа у нашим лежиштима угља ради елиминисања потенцијалних извора угрожавања запосленог људства и подземних објеката. За извођење радова експлоатације угља у подземним рудницима прописани су посебни поступци и мјере заштите, те примјена специфичне опреме а што све више утиче на повећање цијене коштања производње угља. У овом раду даје се краћи осврт на проблематику метаноносности и анализе метанских услова те основна искуства везана за подземне руднике Србије и Босне и Херцеговине.

Кључне ријечи: метаноносност, метанообилност, експлоатација угља.

## RESEARCH OF COAL SEAM METHANE CONTENT AND THE METHANE CONDITIONS IN THE UNDERGROUND COAL MINES

### ABSTRACT

The complexity of the issues of the gas relations in air flow of the ventilation systems in underground coal mines with the presence of methane, a need for continuous research of the conditions of coal seam methane content and methane accumulation. This is particularly of importance of taking into account the fact that the mining works down to the growing depth and to increase the intensity of exploitation of works. Fundamental research is necessary for timely introduction of gas relations in our deposits of coal in order to eliminate potential sources of threat to employee personnel and ground facilities. For works in underground coal mines are laid down the specific procedures and measures for protection, and application specific equipment which is increasingly influenced by the increasing cost of coal production. This paper gives a brief overview of the issues of methane accumulation and analysis of conditions and basic experiences related to underground mines of Serbia and Bosnia and Herzegovina.

Key words: methane accumulation, coal seam methane content, coal mining.

### УВОД

Изучавање геологије гаса, рудничке гасодинамике и и гасних односа у угљеним лежиштима предмет су бројних научно-стручних техничких истраживања и анализа. Ова истраживања у рударски развијеним земљама сразмјерна су опасностима и катастрофалним догађајима изазваних присуством опасних гасова у подземним рудницима. Метан, као највећа опасност у рудницима угља, изазвао је низ великих рударских катастрофа како у свијету тако и на просторима бивше Југославије.

Тачно и претходно упознавање метаноносности у конкретним радним срединама услов је за израду прогнозе издвајања метана, што омогућава савлађивање угрожености метаном кроз пројектовање адекватних система експлоатације и провјетравања, те предузимање одговарајућих мјера заштите. По нашим прописима није у потпуности дефинисана потреба истраживања метаноносности, него је наложена статистичка обрада вриједности метанообилности израдом биланса метана и израде елабората о категоризацији јама и класификацији већ израђених рударских просторија по угрожености од метана. Већи број рударских стручњака радили су на проблематици истраживања метаноносности и метанообилности, из чега је проистекло низ методологија прогнозе издвајања метана у рударске просторије и посебно откопа.

У суштини ове методологије можемо класификовати на двије групе:

- методе засноване на статистичким подацима о појавама метана у конкретном лежишту,
- методе засноване на истраживању метанообилности на основу утврђене метаносности.

Треба истаћи да је утврђивање природне метаноносности угљених слојева сложено са аспекта идеалне тачности услед утицаја низа фактора, као што су: степен метаморфизма угља, сорпциона способност, порозност и гасопропусност и геолошки односи у лежишту.

Метан се у рудницима угља издваја из угљених слојева и пратећих наслага како равномјерно путем есхалације тако и у облику "пухача" (истицање под притиском или у екстремним случајевима у виду избоја. Практично метан је стални пратилац рударских радова а превентивним мјерама се настоји учинити безопасним.

Основне мјере су спријечавање накупљања метана у недозвољеним концентracијама и елиминисање евентуалног извора упале а што подразумјева у првом реду редовну оперативну и аутоматску контролу гасова и употребу опреме у противексплозивној заштити.

У превентивној заштити од метана посебну улогу има истраживање метаносности и метанских услова а што се обрађује у овом раду.

## ОСНОВНЕ НАПОМЕНЕ О МЕТАНОНОСНОСТИ И МЕТАНООБИЛНОСТИ

Под појмом метаноносност угљених слојева се подразумјева количина метана коју садржи у природним условима јединица њихове масе или запремине и изражава се у  $m^3/t$  или  $m^3/m^3$ . Примарна метаноносност је количина метана настала у фази карбонификације угљене материје и она се временом мјењала зависно од тектонских покрета, дубине и гасопропусности стијенског масива.

На величину метаносности угљених слојева утичу следећи фактори: степен метаморфизма угља, асорпциона способност, порозност и гасна пропустљивост слојева, влага, дубина залијегања, хидрогеолошке карактеристике и угљеносност лежишта.

Уколико је виши степен метаморфизма утолико је већа метаноносност. Утврђено је да се сорпциона способност повећава са повећањем степена метаморфизма, односно са смањењем садржаја волатилних материја, притиска гаса и пораста температуре. Гасна пропустљивост угљених слојева утиче на метаноносност и мања је код угљева него пратећих стијена.

Хидрогеолошка својства лежишта утичу на метаноносност у случајевима високе оводњености када временом одређена количина метана мигрира са водом. Величина угљености лежишта, односно број угљених слојева и њихова дебљина утичу на метаноносност, чија је вриједност већа код веће угљености.

Са аспекта вентилације рудника битан је појам гасног капацитета угља а који преставља количину гаса у слободном и сорбираном стању, при датој температури и притиску, која садржи јединица маса или запремина угља а изражава се у  $\text{cm}^3/\text{g}$  и  $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ . Гасни капацитет угља одређује се у лабораторијским условима и данас је развијено више методологија за њихово утврђивање. Зависност гасног капацитета метана од притиска дефинише се изотермом сорпције (по Ленгмиру):

$$\frac{X_s}{p} = \frac{ab}{a + ap}$$

$X_s$ - количина сорбираног метана ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )

$p$ - притисак гаса (МПа)

$a$  (МПа<sup>-1</sup>) и  $b$  ( $\text{cm}^3/\text{g}$ ) - константе Ленгмира.

Према методологији Лидина, гасни капацитет се одређује из односа:

$$X_s = \frac{65,5(100 - A - \phi_u)}{V_1^{0.146} \left( \frac{a_1}{p} + b_1 \right) e^n (1 + 0,31\phi_u) \cdot 100} + \frac{mp}{k}$$

$A$ - садржај пепела (%)

$\phi_u$ - влажност угља (%)

$V_1$ - садржај волатилних материја (%)

$a_1$  и  $b_1$ - коефицијенти зависни од степена метаморфизма:

$a_1 = 2,4 + 0,21 V_1$  и  $b_1 = 1 - 0,004 V_1$

$p$ - притисак гаса (МПа)

$n$ - температурни коефицијент

$m$ - запремина пора у угљу ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )

$t$ - температура (C°)

$k$ - коефицијент сабијања гаса завистан од притиска и темературе

$$n = \frac{0,2t}{0,933 + 0,007}$$

По Етингену гасни капацитет се одређује из односа:

$X_s = b_2 \cdot V_1^m \cdot e^{mp}$  гдје су вриједности  $b_2$ ,  $m$  и  $n$  утврђене емпиријски и износе:  $b_2 = 24,54$ ,  $m = 0,477$  и  $n = 0,202$ .

Табела 1. Вриједност коефицијента сабијања гаса ( $k$ )

Table 1. Compression gass coefficient ( $k$ )

Притисак (МПа)	Температура (C°)				
	0	10	20	30	40
0.1	1.0	1.04	1.08	1.12	1.18
1.0	0.97	1.02	1.06	1.10	1.14

2.0	0.95	1.00	1.04	1.08	1.12
3.0	0.92	0.97	1.02	1.06	1.10

Количина метана која се издваја у ваздушну струју рудника дефинише се као метанообилност, при чему се разликују апсолутна метанообилност (количина метана) и релативна метанообилност (количина метана која се издваја у руднику и израђава се по тони ископине-угља). Према вриједностима метанообилности врши се категоризација рудника по степену угрожености рудника метаном а што је одређено техничким нормативима.

#### МЕТОДЕ ОДРЕЂИВАЊА МЕТАНОНОСНОСТИ

За одређивање вриједности метаноносности једног лежишта путем испитивања утврђују се вриједности параметара:

- природне метаноносности угља
- садржаја метана у испитној бушотини,
- утврђене метанообилности рудничких просторија,
- садржаја метана у рудничкој просторији при обустављеном провјетравању.

Природна метаноносност се утврђује узимањем узорака угља у руднику или бушотини, у херметичке посуде, те се у лабораторијским условима утврђује састав одређеног гаса.

Садржај метана у узорку се израчунава се на сув угаљ и чисту супстанцу (без влаге и пепела) из односа:

$$Z = \frac{Z_g \cdot 100}{100 - (\phi - p)} \quad (\text{cm}^3/\text{g}) \quad (\text{m}^3/\text{t})$$

$$Z = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3}{m_u} \quad (\text{cm}^3/\text{g})$$

$Z_1$ - количина метана који се ослободи у херметичкој посуди

$Z_2$ - количина метана која се издвоји у млину прије мљењења

$Z_3$ - количина метана која се издвоји при мљењењу

$m_u$ - маса узорка угља (g)

$\phi$ - садржај слободне и хигроскопне влаге у узорку (%)

$p$ - садржај пепела у узорку (%)

Бржи метод од претходног је утврђивање садржаја метана у испитној бушотини, која се буши на челу радилишта (дужине 4-6 минута) и из исте периодично (сваких 15 минута) узимају узорци који се анализирају на састав, а за метаноносност се усваја највећа вриједност.

#### ПРОГНОЗЕ ИЗДВАЈАЊА МЕТАНА

Прогноза издвајања метана у рудницима углавном се заснивају на одређивању издвајања метана из откопног угља и количине метана која притиче из слоја и околних стијена, кроз прелине и пукотине.

Истраживањима је утврђено да се у рудницима највеће количине метана ослобађају при откопавању угља различитим методама и технологијама добијања. У свијетској рударској пракси за прогнозу издвајања метана (прогноза метаноносности) користи се више метода и то методе: Шульца, Штифкена, Винтера, Патајског, Скочилског, МасНил и „Статистичка метода“. У овом раду обрађују се основа „Статистичке методе“ а која се може са релативном тачношћу примјенити и за услове наших лежишта угља. Ова метода се заснива на претпоставци да метанообилност расте равномјерно са дужином. Подаци добијени мјерењима на вишим хоризонтима и етажама се користе за давање прогнозе метанообилности за ниже хоризонте. Прогноза метанообилности се одређује из односа:

$$Q_m = \frac{H' - H_0}{L} + 2 \quad (\text{m}^3/\text{t})$$

H' - дубина нижег хоризонта за који се прогнозира метанообилност (m)

H<sub>0</sub> - дубина хоризонта на којем је метан есхалирао (m)

L - степен метанообилности, изражава дубину (m) која изазива повећање метанообилности за 1 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/t.

$$L = \frac{H_2' - H_1'}{Q_2 - Q_1} \quad (\text{m}/\text{m}^3/\text{t})$$

H<sub>2</sub>' - дубина доњег активног хоризонта

H<sub>1</sub>' - дубина горњег активног хоризонта

Q<sub>2</sub> - утврђена метанообилност доњег хоризонта

Q<sub>1</sub> - утврђена метанообилност горњег хоризонта

Дубина зоне гасне провјетрености одређује се путем дијаграма гасне зоналности.

У активни рудницима почетак метанске зоне се сматра дубина на којој релативна метанообилност достиже вриједност 2-3 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/t.

Дубина зоне гасне провјетрености израчунава се образцем:  $H_0 = H_1' - L(Q_1 - 2)$  (m)

Примјена ове методе тражи сређену техничку документацију о извршеним мјерењима гасно-вентилационих параметара рудника, те се на основу документације израчунавају:

- средње мјесечно издвајање метана утврђено на основу мјерења у вентилационом ходнику откопа,
- средња концентрација метана у тачки мјерења на основу образца.

$$f_n = \frac{\sum f_s}{n} \quad (\%)$$

f<sub>n</sub> - концентрација у поједином мјерењу,

n - број мјерења у мјесецу.

Средња маса протока ваздуха у излазној ваздушној струји:

$$Vn = \frac{Vs}{n}$$

V<sub>s</sub> - мјерена маса протока ваздуха при сваком појединачном утврђивању метана (m<sup>3</sup>/min),  
n - број мјерења.

- средње мјесечно издвајање се израчунава из образаца:

$$g_d = 14,4 \cdot Vn \cdot f_n \quad (\text{m}^3/\text{dan})$$

- средња дневна производња откопа (Po) се рачуна обрасцем:

$$Po = \frac{Pm}{n_{rd}} \quad (\text{t}/\text{dan})$$

Pm- мјесечна производња откопа,  
n<sub>rd</sub>- број радних дана.

- средња мјесечна релативна метанообилност Q<sub>m</sub> се израчунава из односа

$$Q_m = \frac{g_d}{Po} \quad (\text{m}^3/\text{t})$$

Вриједности средње метанообилности се уносе у график са координатама Н (дубина) и метанообилност (Q<sub>m</sub>) и методом математичке статистике се одређује функционална зависност Q<sub>m</sub>=f(N).

На основу ових података на картама се уносе изоленије метанообилности. Интерполацијом вриједности за веће дубине у графику Q<sub>m</sub>=f(N) се могу одредити прогнозе вриједности метанообилности за хоризонте чија се експлоатација пројектује.

У случају када је прираштај метанообилности са дубином промјењива а не константна величина,

умјесто израза  $Q_m = \frac{H' - H_0}{L} + 2$  користи се израз  $Q_m = \frac{H' - H_2'}{L} + Q_m$  (m<sup>3</sup>/t).

## ЗАКЉУЧАК

Узимајући у обзир потенцијалне опасности које у подземним рудницама угља узрокују појаве метана неспоран је закључак да се проблематици издвајања метана мора прићи стручно уз уважавање поставки научних истраживања и стечених искустава.

Дати преглед различитих метода прогнозе издвајања метана из угљених слојева и пратећих наслага које се примјењују у рударској пракси у свијету показала су значај који се придаје изучавању појава метана и елиминисања угрожености метаном. Будући развој рудника угља предвиђа спуштање рударских радова на све веће дубине а којима се са сигурношћу и метаноносност, што захтјева комплексно праћење гасно-вентилационих односа у садашњој фази експлоатације и систематско претходно испитивање откопних поља уз технички документоване параметре природних услова.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ивковић М.: Рационални системи подземног откопавања слојева мрког угља велике дебљине у сложеним условима експлоатације, Докторска дисертација, РГФ Београд, 1997.
2. Стијепановић М.: Стање сигурности и техничка заштита у рудницама са подземном експлоатацијом угља у Србији, Часопис Рударски радови бр. 1/2001, Бор 2001.
3. Ивковић М.: Правци техничког, економског, тржишног и друштвеног развоја и реструктурирање рудника са подземном експлоатацијом угља за период 2001- 2006, Часопис Рударски радови бр.1/2001, Бор 2001.

4. Ивковић М., Младеновић А.: Осавремењавање подземне експлоатације угља у циљу повећања производње и заштите запослених, Часопис Рударски радови бр. 1/2001, Бор 2001.
5. Ивковић М, Ивковић Љ., Младеновић А.: Утицај подземне експлоатације угља на угрожавање животне средине, Часопис Рударски радови бр.1/2001, Бор 2001.
6. Ивковић М.: Истраживање и формирање евиденције утицаја на животну средину од последица експлоатације угља, Часопис Архив за техничке науке, бр.1, Бјељина 2009.
7. Ђукановић Д., Ђукановић Д.: Анализа зависности остварених трошкова и брзине израде подземних просторија у рудницима угља у Србији, Часопис Рударски радови бр. 1/2005, Бор 2005.

## PRESPLITTING МЕТОДА ДОБИЈАЊА АРХИТЕКТОНСКО - ГРАЂЕВИНСКОГ КАМЕНА КРЕЧЊАКА НА ПОВРШИНСКОМ КОПУ "ХРЕША" ИСТОЧНО САРАЈЕВО

Слободан Мајсторовић<sup>1</sup>, Дражана Тошић<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Рударски факултет Приједор, *smajstorovic@rf-pd.org*

<sup>1</sup>Рударски факултет Приједор

### РЕЗИМЕ

У овом раду је објашњена примјена нове методе минирања, тзв. presplitting метода на откопавању архитектонско- грађевинског камена. У односу на одређене класичне метода откопавања грађевинског камена, овом методом откопавања се све технолошке фазе експлоатације реализују са бољим искориштењем стијенске масе, смањењем учешћа људског рада на тешким и опасним пословима, повећаним учешћем савремене механизације и смањеним трошковима експлоатације. Presplitting метода је метода глатког минирања чијом се примјеном смањује или у већини случајева елиминише ломљење и прекомјерно уситњавање околне стијенске масе између бушотина дуж линије откопаног поља. Ова метода се најчешће примјењује на каменоломима са циљем повећања производње и сигурних услова рада.

Кључне ријечи: метода откопавања, експлоатација архитектонско- грађевинског камена, минирање, подсецање.

## PRESPLITTING METHOD OF LIMESTONE EXPLOITATION ON SURFACE MINE "HRESA" EAST SARAJEVO

### ABSTRACT

In this article are explained the application of the new methods of mining, so called. presplitting method of dimension stone mining. With respect to certain classical methods of dimension stone mining, this method of mining in all technological stages of exploitation realized with the better recovery of rock mass, reducing the participation of personnel work on the difficult and dangerous jobs, the increased participation of modern mechanization and reduced costs of operation. Presplitting method is smooth blasting method whose implementation will reduce or eliminate most of the breaking and excessive fragmentation of the surrounding rock mass between boreholes excavated along the lines of the stope. This method is usually applied to quarries in order to increase production and the secure working conditions.

Key words: method of mining, exploitation of dimension stone, blasting, undercut.

### УВОД

Експлоатација архитектонско - грађевинског камена кречњака на локалитету "Хреша" код Сарајева има јако дугу традицију. За вријеме турске владавине кречњаци са локалитета "Хреша" служили су

као основни грађевински материјал. Познато је да је 1530 године плато Гази Хусрефбегове цамије изграђен од кречњака са Хреше, као и многи други грађевински објекти из тог периода. Од истог камена за вријеме аустроугарске окупацију урађена је Градска вијећница, а у каснијем периоду: Народно позориште, Главна пошта, Правни факултет, као и многи други монументални споменици у Сарајеву, Какњу, Варешу, Жепчу, Грмечу итд.

Лежиште архитектонско - грађевинског камена кречњака "Хреша" налази се сјеверо источно од Сарајева на удаљености око 6 км. Макадамским путем дужине око 1,5 км лежиште је повезано са асфалним путем Сарајево - Црепољско, преко кога се остварује комуникациона веза са Сарајевом, Источним Сарајевом и даље са цијелим простором.

### ОПИС ЛЕЖИШТА

Економски корисну сировину на овом лежишту представљају наслаге најнижег издвојеног литофацијалног пакета у ладинским творевинама тј. слојевити до банковити кречњаци са рјеђим сочивастим прослојцима и усамљеним муглама рожнаца који у рудном тијелу чине штетну примјесу. Досадашњим истраживањима која су углавном била усредсређена на литофацијални пакет утврђено је да се исти простире по правцу генералног пружања (СЗ - ЈИ) на дужини од око 400 m и по правцима пада (СЗ и ЈИ) на просјечној ширини од око 250 m тј. да захвата терен површине око 10 ha.

Лежиште је са југоисточне стране ограничено расједом пружања СИ - ЈЗ дуж је ЈИ блок релативно спуштен и тиме граница са млађим пакетом у том дијелу има тектонски карактер, док је на осталим дијеловима лежишта граница између ових пакета нормалног карактера односно континуираног слиједа.

Терен истраживаног дијела лежишта се под углом од 15° диже од најнижег хипсометријског нивоа 1060 m у југозападном дијелу па до највишег од око 1180 m у сјеверо западном дијелу, односно у висинском распону од око 120 m. Урађеним истражним бушењем одређено је простирање рудног тијела по дубини од 1060 до 1112 m односно у распону од 52 m.

### СИСТЕМ ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ

Систем експлоатације је одређен поредак (редослијед) извођења основних и помоћних радова који обезбјеђују планирани капацитет површинског копа и пуно искориштење опреме.

Систем експлоатације на површинском копу "Хреша" чине следећи технолошки процеси:

- Рад на откривци
- Добијање блокова

Производња камених блокова мора задовољити ове захтјеве: повећање брзине експлоатације, експлоатацију свих слојева одједном, тако да су за прераду и продају увијек на располагању блокови из свих слојева, вађење што већих и што боље обликованих блокова, прилагођених димензијама гатера на којима се прерађују, експлоатација мора бити јефтина с тиме да осигурава економичност и развој каменолома, повећање производње и производности.

Са становишта развоја технике, технологије и екологије од експлоатације се такође захтјева: смањење људи у производњи, а тиме повећање продуктивности по раднику, смањење буке у експлоатацији, смањење прашине у експлоатацији, смањење и поједностављење броја фаза у експлоатацији.

Захваљујући развоју науке и технике и у индустрију архитектонског камена уводе се савременији стројеви, као што су: ланчане сјекачице, дијамантне жичне пиле, зрачни и хидраулични јастуци.

Комбинацијом употребе неких од ових стројева усавршен је нови начин експлоатације са основним циљем да се утиче на: смањење радног времена рад у једној смјени, смањење бушења на минимално могућу мјеру, избегавање великих припремних радова, елиминација класичне хеликоидалне пиле која данас све више прелази међу музејске примјерке индустријског развоја, покушај експлоатације свих слојева одједном, тако да понуда буде што боља, односно потражња задовољена.

Висина етажа на површинском копу "Хреша" одабрана је на основу природних фактора лежишта (услојености, правца слојевитости и др.) као и одабране методе експлоатације односно техничко технолошке карактеристике основне технолошке опреме на добијању блокова.

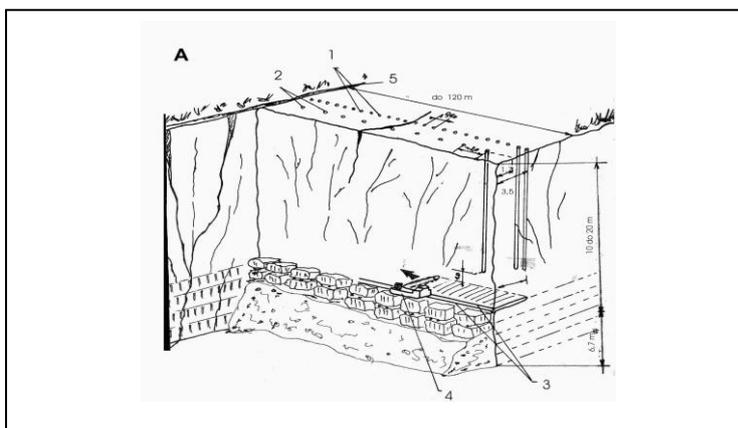
Обзиром на наведене услове усваја се висина етажа :  $h = 6 - 8 \text{ m}$

#### Рад на откривци

Presplitting техника предходног одсијецања је метода минирања гдје се примјењује стуб експлозивног пуњења пречника мањег од пречника бушотине, односно гдје се бушотински притисак подешава радијалним зазором. Експлозивни стуб се поставља у центар бушотине без контакта са зидовима бушотине. За то се примјењују експлозивна пуњења у картонским или пластичним цијевима са пластичним наставцима којима се пуњење центрира у бушотини.

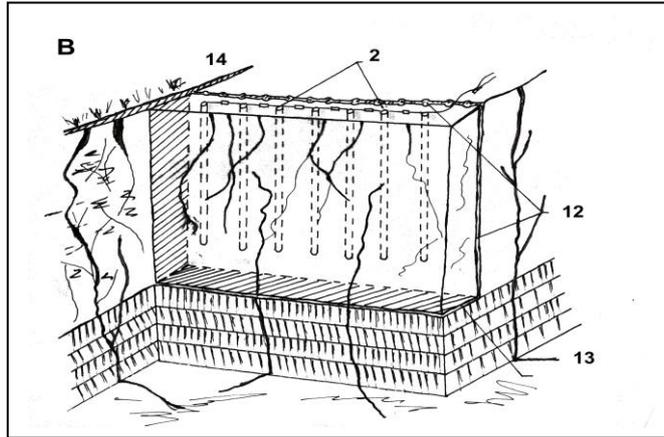
Уз постојећу фронт (етажу) каменолома изради се насип од блокова на који се поставе водилице којима се креће ланчана сјекачица "FANTINI G.50.81.RA/TC P" са краком 3,0 m (Слика 1). Ова сјекачица треба да начини рез дуж границе корисних (експлоатабилних) слојева и откривке. Овај рез се у принципу протеже од једне слободне плохе до друге отворене плохе (природне пукотине).

Истовремено са израдом хоризонталног реза (може и прије или касније) на површини се буше рупе  $\phi 64 \text{ mm}$  и то тачно окомито на хоризонтални рез, с тиме, да бушотине завршавају приближно 1,0 m изнад реза. Бушотине се буше у одређеном размаку једна од друге, а избојница им је 3,0 m (колики је рез ланчане пиле). Ове бушотине се пуне експлозивом овјешеним на детонирајући штапин који се иницира електрично тренутно, те цијепањем настаје пукотина која потпуно одвоји откривку као чврсти блок одвојен од масива од 10 до 20 cm. Блок легне на банак, тј. на пијесак од ланчане пиле.



Слика 1. Постављање сјекачице за подсијецање откривке

Figure 1.  
overburden



Chain saw machine setting for  
cutting

Слика 2. Подсјечена откривка и избушене бушотине за presplitting минирање и уситњавање блока  
Figure 2. Sheared overburden and drilled wells for presplitting blasting and breaking of stone blocks

За бушење бушотина за presplitting минирање као и за минирање блока који се уситњава одабран је пречник бушења од 64 mm , а за бушење се користи сонда за бушење VENETI HDM 024.

Емпиријски поступак прорачуна presplitting минирања базиран је на експерименталним резултатима примјене ове методе и параметри бушења и минирања се одређују на следећи начин:

Размак између контурних бушотина:

$$A_k = (10 - 14) \times D_b$$

$D_b = 64 \text{ mm}$  - пречник контурних бушотина

Усваја се :  $A_k = 10 \times D_b = 64 \text{ cm}$

Количина експлозива у стубном пуњењу :  $p_s = 0,815 \times A_k^2 = 0,33 \text{ ( kg/m )}$

Специфична потрошња експлозива износе од 12 до 18  $\text{g/m}^3$ , што овиси о томе, да ли пукотину отварамо по пружању или по паду слоја. Приликом минирања ради отварања пукотине потребно је пазити да експлозив има гурајуће дјеловање, да не дође до превртања врло нестабилног дијела откривке (високо тежиште). У том случају би врло јако оштетили банак.

Бушотине су напуњене експлозивом спорог дјеловања. За оваква минирања фабрика "Детонит" коорпорације "Трајал" из Крушевца (Србија) производи посебну групу експлозива типа ДЕМЕКС који имају следеће карактеристике:

КАРАКТЕРИСТИКЕ	ДЕМЕКС 1	ДЕМЕКС 2	ДЕМЕКС 3
Густина ( kg/ l )	0,725	0,625	0,725
Брзина детонације (m/s)	1500	1700	1900
Гасна запремина (l/ kg)	683	1030	751
Топлота експлозије (kJ /kg)	2835	2885	2964

У недостатку експлозива типа ДЕМЕКС успјешно се може радити и с Метанкамниктитом као најспоријим експлозивом фирме "Камник" или Метандетонитом 2 фирме "Детонит".

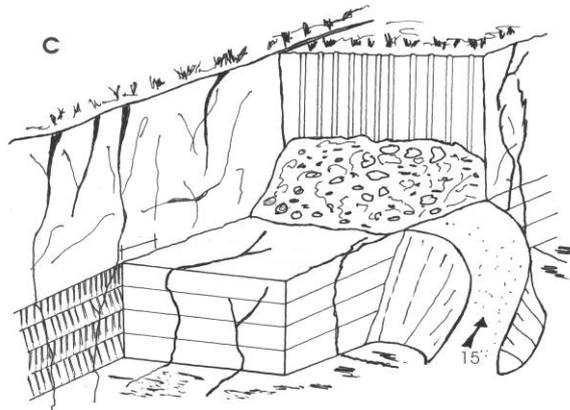
КАРАКТЕРИСТИКЕ	Метандетонит 2	Метанкамниктит
Густина ( kg / l )	1,05 – 1,15	0,9
Брзина детонације ( m/s )	3000 – 3200	3100
Гасна запремина ( l / kg )	679	698
Топлота експлозије ( kJ / kg )	2410	2344

Иницирање контурних минских бушотина врши се тренутним електричним упаљачем. Овако "одсјечена" маса откривке, претходно избушена за масовно минирање, остаје сачувана у једном комаду (Слика 2).

Минирање одвојеног блока откривке врши се израдом вертикалних минских бушотина у одвојеном блоку, бушотине се пуне експлозивом "Амонал" и минирају иницирањем са детонирајућим штапином.

КАРАКТЕРИСТИКЕ	АМОНАЛ φ 50 mm
Густина ( kg / l )	1,05
Брзина детонације ( m/s )	4300
Гасна запремина ( l / kg )	965
Топлота експлозије ( kJ/kg )	4249

Дубина бушења минских бушотина за разбијање блокова откривке једнака је дубини бушења за presplitting. Изминира се пуњењем од 200 до 250 g/m<sup>3</sup> и након уситњавања се утоваривачем очисти с банка (Слика 3).



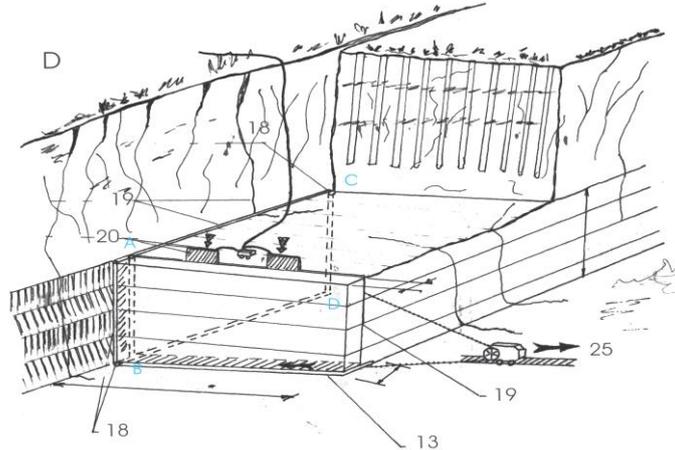
Слика 3. Одминирана откривка  
Figure 3. Blasted overburden

Минирање одвојеног блока откривке мора се вршити непосредно након отварања пукотине тј. док се блок још налази "у зраку". Количина експлозива у бушотинама добије се на основу специфичне потрошње  $q = 200 - 250 \text{ g/m}^3$ . Бушотине се зачепљују на дужини од једне трећине дубине, а чеп се обавезно ради од глиновитог материјала.

Одминирана откривка захвата се утоварачем и транспортује до локације унутрашњег привременог одлагалишта.

## Добијање блокова

Након описаног скидања откривке вађење блокова камена започиње хоризонталним подсијецањем банка по контакту експлоатацијског слоја и подине по цијелој дужини етаже. Дубина подсијецања је у принципу приближно 3m (двострука ширина блока камена).



Слика 4. Одвајање "фете" од масива  
Figure 4. Separation of "feta" from the massive

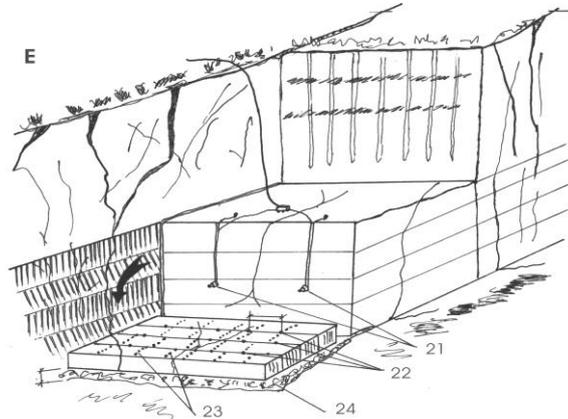
Дужина једне "фете" ограничена је или тектонским дисконтинуитетом или умјетно изведеним вертикалним резом дијамантном пилом. На Слици 4. је приказан случај кад је потребан бочни вертикални рез који се може урадити раније за цијели банак, површине од 100 до 150 m<sup>2</sup>. Израдом бушотина CD (φ150 mm) и BD (φ42 mm) омогућено је добивање вертикалне површине ABCD. Подсјечена "фета" одвојена бочно вертикалним резом или постојећом пукотином одваја се вертикалним резом паралелним челу етаже тако, да се дијамантном жицом испили рез окомит на рез ланчане пиле (Слика 4). Завршетком овога реза "фета" је припремљена за обарање.

Прије почетка обарања на подножју етаже се припреми постелица од земље и камена дебљине од 30 до 50 cm. Постелица мора бити равна, а гранулација камена у њој што ситнија и једноличнија, да не дође до пуцања "фете" при паду на њу. У вертикални рез се увлаче два до три велика пластична "јастука" овисно о потребној сили. Јастуци се пуне зраком под притиском од 2 до 3 bara, услјед чега почиње нагињање "фете" (Слика 4). У отвор који настаје нагињањем "фете" спуштају се комади дрва. Након одвајања и проширења отвара од 40 до 50 cm, на врху се у проширени рез постављају хидраулични потискивачи (фирме Venetti IS 166 потисне силе 3000 N), који настављају гурање и нагињање "фете". "Фета" се нагиње и истовремено се потискивачи (уколико треба) спуштају по два до три пута на ниже у проширеном резу. Тежиште "фете" се помиче дотле док се "фета" сруши на припремљену постелицу.

Оборена "фета" је тиме припремљена за бушење и цијепање блокова (Слика 5). У слојевитом кречњаку се бушотине буше на два начина:

Бушотинама распоређеним дуж слојница на размацама од 30-ак cm "фета" се дијели на слојеве којих може бити од 4 до 6. С обзиром на лако попуштање дуж слојница, у односу на "класичну" методу, постиже се прва велика уштеда која износи и више од 50%. Овим бушењем и цијепањем се добије бочна страница односно ширина блока. Бушотине распоређене на главама блока одређују дужину блока. Дубина тих бушотина је од 1,2 до

1,3 m, па се више не морају употребљавати велике лафетне бушилице, што такође олакшава посао. У даљој модернизацији ове фазе вјероватно ће се поновно примијенити дијамантне пиле.



Слика 5. Метода експлоатације слојевитих лежишта с подсјецањем и presplitting минирањем откривке ("Фета" припремљена за цијепање и добијање блокова)

Figure 5. Underground method of layered deposits exploitation with undercut and overburden presplitting (prepared "Feta" for splitting and exploiting of stone blocks)

За формирање комерцијалних блокова украсног камена из оборене "фете" може се врло успјешно примјењивати мобилна сјекачица за обраду блокова која се монтира на трактор JCB, за каменолом "Хреша" препоручује се мобилна сјекачица TERNА 70 ВUC 28.03.07 фирме FANTINI.

## ЗАКЉУЧАК

У ранијем периоду експлоатација примарних блокова архитектонско - грађевинског камена кречњака на лежишту "Хреша" вршена је селективним откопавањем монолита из компактних - здравих дијелова укупне кречњачке масе. Сам технолошки процес добијања блокова обухватао је следеће технолошке фазе рада: Откопавање, утовар и транспорт кровинске и међуслојне јаловине до предвиђеног мјеста на одлагалишту. Бушење, минирање, утовар и транспорт оштећеног - пукотински деградираног дијела кречњачке масе. Откопавање примарних блокова из монолитног (неоштећеног) дијела слоја и банкова методом бушења паралелних ослабљујућих бушотина и цијепање хидрауличним цилиндрима. Одгуравање - потискивање, превртање или преношење блокова на радни плато и по потреби накнадно форматизирање и класификација блокова у прописане паралопипедне облике. Утовар и транспорт блокова до постројења за више степене обраде. Коефицијент искориштења лежишта при оваквом начину рада износио је до максималних 14 %, са јако великим удјелом мануелног рада. Увођењем савремене механизације и примјена савремене технологије добијања блокова, као и високо квалитетан стручни надзор омогућили су далеко веће искориштење кречњачке масе, при чему је свеукупно искориштење кречњачке масе у комерцијалне блокове око 30%.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Главни рударски пројекат експлоатације архитектонско - грађевинског камена кречњака на површинском копу "Хреша" Источно Сарајево, доо "Mining", 2008 год

## ФЛОКУЛАЦИЈА КАО ПРЕДУСЛОВ ВАЛОРИЗАЦИЈЕ ЛИМОНИТА ИЗ МУЉА

Надежда Ђалић<sup>1</sup>, Бранка Вујин<sup>2</sup>, Љиљана Танкосић<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Рударски факултет Приједор, e-mail: [ncalic@rf-pd.org](mailto:ncalic@rf-pd.org)

<sup>2</sup>Рударски институт Приједор, e-mail: [rip@teol.net](mailto:rip@teol.net)

<sup>3</sup>Рударски факултет Приједор, e-mail: [ljtankosic@rf-pd.org](mailto:ljtankosic@rf-pd.org)

### РЕЗИМЕ

Морфолошке и структурне карактеристике руда лимонита појединих лежишта или рудних тела, већ при откопавању, узрокују добијање великих количина муља, класе крупноће испод 30  $\mu\text{m}$ . Сваки даљи поступак повећава удео ових класа из којих се уобичајеним поступцима припреме минералних сировина не може издвојити концентрат задовољавајућег квалитета, те често представљају отпад непогодан за депоновање. Примена конвенционалних поступака припреме минералних сировина на муљеве или мешавине са високим процентом муља веома је отежана, а каткада и немогућа. Флокулација муља са високим садржајем лимонита и селективна флокулација лимонита из муљева са нижим садржајем лимонита су потенцијално атрактивни процеси за третирање таквих сировина. У овом раду су приказани и анализирани прелиминарни резултати испитивања флокулације лимонита деловањем полиакриламида, као услова за даљи поступак валоризације лимонита.

Кључне речи: лимонит, флокулација,

## FLOCCULATION AS A PRECONDITION FOR UTILIZATION OF LIMONITE FROM SLUDGE

### ABSTRACT

Morphological and structural characteristic of limonite ore from some beds or mineral bodies, already at excavation, cause getting of large quantity of mud of size class below 30  $\mu\text{m}$ . Each further procedure increase share of these classes, from which it is not possible to derive concentrate of satisfactory quality utilising ordinary mineral processing procedures, and therefore often represent waste not convenient for disposal.

The application of conventional procedures to prepare mineral mud or mixed with a high percentage of silt is very difficult, and sometimes impossible. Flocculation sludge with high content of limonite and selective flocculation limonite from mud with the lower content of the limonite are potentially attractive process for the beneficiation of this material. This paper presents preliminary results and analysis of research of limonite flocculation with polyacrylamide as condition for further process of valorization limonite from mud.

Key words: limonite, flocculation,

### УВОД

Примена конвенционалних поступака припреме минералних сировина на муљеве или мешавине са високим процентом муља веома је отежана, а каткада и немогућа. Флокулација и селективна флокулација су потенцијално атрактивни процеси за третирање таквих сировина. Процес се базира на стварању услова у којима се полимер флокуланта адсорбује селективно на површини једног минерала, а не на другима.

Морфолошке и структурне карактеристике руда лимонита појединих лежишта или рудних тела, већ при откопавању, узрокују добијање великих количина муља, класе крупноће испод 30  $\mu\text{m}$ . У процесу уситњавања руде лимонита по правилу се стварају нове количине муља које у себи често садрже висок удео лимонита. Због тога, макако успешан поступак концентрације био, искоришћење гвожђа у односу на руду је ниско с обзиром да, већ у току откопавања, уситњавања, прања и одмуљивања руде, велики део прелази у отпадни муљ који је, по својим елементарним карактеристикама, између колоидног раствора (честице крупноће испод 1  $\mu\text{m}$ ) и суспензије (честице крупноће до стотинак  $\mu\text{m}$ ). Ово наравно повећава трошкове производње, утрошак енергије и смањује профит, може се рећи у мери у којој се издваја отпадни муљ. Због тога решавање овог проблема није изазов само за истраживаче него и за власнике рудника

У овом тренутку, у највећем броју случајева муљ са високим садржајем лимонита представља отпад, али и потенцијалну сировину за добијање ситозрног концентрата лимонита. Концентрација корисних компонената или одвајање више корисних компонената из муљева, више од двадесет година изазов је за утврђивање технолошког поступка добијања концентрата, са задовољавајућим технолошким и економским перформансама, не само када је у питању лимонит и не само поступцима припреме минералних сировина.

Један од поступака који у припреми минералних сировина има највећу вероватноћу да да позитивне резултате јесте поступак у који се свакако укључују и процеси таложења, филтрирања и пелетизације веома ситнозног концентрата лимонита.

У овом раду су приказани прелиминарни резултати испитивања могућности примене поступка флокулације и селективне флокулације отпадног муља-прелива хидроциклона на сепарацији рудника „Mittal“ у Приједору који су урађени у оквиру пројекта“. , који финансира Министарство за науку и технологију Републике Српске у делу који се односи на флокулацију муља са садржајем Fe преко 52%, који по том критеријуму представља задовољавајући концентрат лимонита. Циљ ових испитивања био је да се утврди могућност добијања муља са довољно ниским садржајем воде да се оствари успјешно филтрирање и касније успјешна пелетизација.

У овом раду разматрана су само питања флокулације у двофазном систему: лимонит вода, само деловањем флокуланата типа полиакриламида тако да се и дискусија односи на такве случајеве не укључујући и могућност примене других реагенаса у циљу стварања повољних услова за флокулацију.

## ОСНОВЕ

Основни проблем који се јавља при сепарацији различитих минералних компонената из муљева јесте чињеница да су муљеви псеудо колоидна стања, када деловање физичких сила, карактеристичних за концентрацију поступцима припреме минералних сила, као што су сила гравитације, магнетска сила или електрична сила чији интензитет директно зависи од масе зрна, па према томе и крупноће, практично не делују на чврсте честице него су много више изражене силе Брауновог кретања, међумолекулске силе, електростатичке силе одбијања, Ван дер Ваалсове силе интеракције између два дипола, стална или индуквана. Ван дер Валсовој привлачности супротстављају се одбојне Борове силе, до којих долази када се молекули приближавају и када дође до међусобног одбијања попуњених молекулских орбитала. Смањењем размака међу молекулима одбојне силе врло брзо расту. Честице остају у води стално у покрету због електростатичког наелектрисања које изазива њихово узајамно одбијање и доводи до стабилности система, а утицај физичких сила на кретање честица је онемогућен. У том условима се ради о стабилним системима. Да би се створили услови за ефикасно деловање физичких сила као што је у таложењу сила гравитације потребно је пре свега да се електростатичко наелектрисање површина честица неутралише како не би долазило до међусобног одбијања честица. За постизање задовољавајуће брзине таложења најситнијих зрна (нпр. честица колоидних димензија, али и оних неколико пута крупнијих) потребно је извршити претходно дестабилизацију система.

Дестабилизација система теоријски се може постићи променом карактеристика медијума (компресијом двојног електричног слоја, смањењем вискозности) и променом карактеристика колоидних честица (адсорпцијом јона електролита на површинама честица што резултира смањењем, односно неутралисањем наелектрисања честица, чиме се уклањају разлози стабилности система или адсорпцијом полимера и образовањем мостова између честица чиме се оне удружују образујући флокуле).

## ФЛОКУЛАЦИЈА

У припреми минералних сировина могу бити интересантни муљеви у којима је хемијски састав чврстих честица задовољавајући, на пример муљ из руде лимонита садржи преко 50% Fe са задовољавајућим учешћем осталих корисних или штетних компонената и муљеви који представљају потенцијалну сировину из којих је потребно одвојити две или више различитих чврстих фаза, односно различитих минералних компонената. У првом случају проблем је ефикасно одвајање течне фазе. Уколико се проблем не може решити у процесу згушњавања и филтрирања и при релативно врло високим разликама у притисцима могуће је применити претходни поступак флокулације или коагулације у зависности од крупноће честица и примењених реагенаса, односно у зависности од механизма удруживања честица у флокуле већих димензија на које ће физичке силе израженије деловати и довести до успешнијег истискивања воде у процесу таложења или кретања флокула под дејством разлика у притисцима.

У литератури се често термини коагулација и флокулација користе као синонимим. Постоје и мишљења да коагулација претходи флокулацији. Ми смо склони другом мишљењу по коме дестабилизација неутралисањем површинског наелектрисања додавањем неорганичких једињења је процес коагулације. Процес формирања крупнијих агломерата од партикула из суспензије деловањем високомолекуларних полимера је флокулација. Измена површинског наелектрисања зрна је само један од механизма флокулације. Исто тако значајан механизам је и стварање мостова између зрна преко молекула флокуланта. У физичким пољима, ако је веза између зрна у флокули довољно чврста па се флокула не разбија у условима кретања флуида или зрна, деловање сила привлачења или одбијања делују на флокулу као на јединствен систем. Зато је при избору флокуланата и услова флокулације веома важно имати у виду задовољавајућу постојаност флокула. У повољним природним условима флокулација може настати као спонтани процес који се одиграва у циљу смањења слободне површинске енергије.

## ФЛОКУЛАНТИ

У припреми минералних сировина као флокуланти се веома често користе органска једињења типа полимера, која у води образују полимерне низове-макромолекуле са високим степеном полимеризације ( $n=500-5000$  и више), великом молекулском масом и знатном дужином (и до 1 микрометар).

У зависности од састава поларне групе полимери се дијеле на: нејоногене полимере, који садрже нејоногене групе ( $-OH$ ,  $>CO$ ), као што је скроб, оксиетилцелулоза, полиакрилонитрил и др., анјонске полимере, који садрже анјонске групе  $-COOH$  или  $-COONa$ ,  $-SO_3O$  или  $-SO_3Na$ ,  $-OSO_3Na$  и др.), нпр. Na-полиакрилат; катјонске полимере, који садрже катјонске групе ( $-NH_2$ ,  $-NH$ ), нпр.: полиетиленамин, полиакриламид и др., и амфотерне полимере, који садрже анјонске и катјонске групе, нпр.: хидролизован полиакриламид. Врло значајна карактеристика амида с аспекта механизма њиховог деловања је да могу да граде водоникове везе.

Водоникове везе су специфичан тип дипол-дипол везе. Њихова сила представља најјачу међумолекулску силу. Јавља се између атома водоника везаног за кисеоник, азот или флуор, и електронегативног атома. Водоников атом на тај начин премошћује два атома, па се водоникова веза назива и водоников мост. Други атоми, сем водоничног, не могу да образују тип водоничне везе,

зато што имају око језгра унутрашње љуске електрона, које условљавају јако одбијање између њих и електрона суседних молекула.

Поред тога што се користе у припреми минералних сировина полиакриламиди се као флокуланти користе у пречишћавању отпадних вода, у индустрији папира итд, с тим што је постављено и питање штетности по здравље људи у пречишћавању вода за пиће и индустрији хране.

### МЕХАНИЗАМ ФЛОКУЛАЦИЈЕ

У случају када се за флокулацију мора применити флокулант, независно од његове природе и услова флокуирања, може се рећи да се процес флокулације одвија у два стадијума:

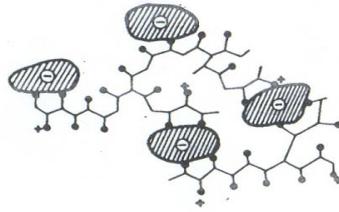
- У првом стадијуму одиграва се адсорпција флокуланта на површини честица које се удружују,
- У другом стадијуму долази до удруживање честица захваљујући деловању адсорбованог реагенса.

Са теоријског аспекта оба ова стадијума су изазов за истраживаче. Објављен је велики број радова како из области флокулације у припреми минералних сировина, пречишћавању отпадних вода, хемијској, прехранбеној, текстилној индустрији, индустрији папира, рафинацији нафте и др. Можемо рећи да је механизам флокулације доста истраживан и да према сазнањима до данас није јединствен него зависи од природе минерала, врсте примењених реагенас, рН вредности итд и да се одвојено морају изучавати механизам адсорпције реагенаса и измена површине минерала насталих деловањем реагенаса и механизам удруживања честица.

Адсорпција флокуланата на површини зрна зависи од њихових поларних група и може се одвијати на бази физичке и хемијске адсорпције и, када се ради о флокулантима који могу да граде водоникову везу, као што је случај са полиакриламидима, на бази деловања водоникове везе. Физичка адсорпција одиграва се деловањем електростатичких сила које доводе до адсорпције флокуланата на основу супротног наелектрисања површине и активног јона флокуланта, без обзира на њихову хемијску природу или деловањем диполних сила привлачења како се објашњава флокулација јонских типова кристала (флуорит) флокулантима типа нејонских полиакриламида

Хемијска везе су производ хемијских сила привлачења метала са површине минерала и полимерних група чиме је могуће формирање површинског једињења ковалентном или јонском везом. Кординационе везе су могуће када се ради хелатима или образованим комплексним једињењима која настају адсорпцијом полимера на површини минерала. Водоникове везе настају када атом водоника из органског једињења ствара везу са јако електронегативним атомима кисеоника, сумпора или азота будући да атом водоника има својство да прими електроне од атома из површине минерала образујући водоникову везу

Агреговање честица флокулацијом, може се остварити хидрофобизацијом њихових површина хидрофобизирајућим реагенсима, најчешће типа масних киселина или деловањем високомолекуларних полимера, односно реагенсима типа флокуланата. Флокулација честица минерала хидрофобизацијом настаје као последица смањења енергије хидратације минерала тако да су силе адхезије мање од кохезионих сила што условљава удруживање честица у агрегате-флокуле. При томе није искључено да делују молекулске силе привлачења између угљоводоничних ланаца адсорбованих на површинама различитих честица. Флокулација високомолекуларним полимерима настаје удруживањем честица за рачун адсорпције молекула или мицела полимера (флокуланта) који својим угљоводоничним радикалима образују између честица „мостове“. Сликвито објашњење од кога се често полази је да се макромолекуле флокуланата са више поларних група адсорбују поларним групама на више честица и да адсорпција тече двостепено – прво се свака макромолекула учвршћује са неколико активних група на једну честицу (примарна адсорпција), а затим се са слободним групама учвршћује на друге честице, везујући их „мостовима“ (секундарна адсорпција).



Слика 1. Шематски приказ флокуле деловањем полиакриламида  
 Фигуре 1. Schematic presentation of floccule under the influence of polyacrylamide

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО

Непосредни циљ ових испитивања јесте да се деловањем флокуланата смањи потребно време таложења муља, ради заштите животне средине, који се у противном таложи годинама и представља непогодан отпад.

Опити таложења су рађени у функцији времена таложења лимонита из муља у природним условима таложења, у функцији рН и у функцији концентрације различитих флокуланата типа полиакриламида.

### УЗОРАК ЗА ИСПИТИВАЊА

Као узорак за испитивања коришћен је прелив хидроциклона за одвајање муља као дефинитивне јаловине на постројењу за припрему руде лимонита у Омарској следећих карактеристика;

рН пулпе	7,2
Густина пулпе	1098,57 g/l
Садржај чврстог у пулпи	138 g/l; 12,5% P <sub>v</sub> или 3,98% P <sub>m</sub>
Специфична густина чврсте фазе	3,5 g/cm <sup>3</sup> ;

Табела.1. Гранулометријски састав и хемијски састав по класама крупноће чврстог  
 Table 1. Granulometric and chemical composition by sizeClass of solid

Класа крупноће	M, g	M, %	Fe	Mn	SiO <sub>2</sub>
Улаз	138,00	100,00	52,62	1,39	7,00
+ 0,025	16,66	12,07	47,72	1,25	16,80
- 0,025+0,017	2,08	1,51	51,02	1,32	9,65
-0,017+0,012	7,25	5,25	52,52	1,35	7,62
-0,012+0,009	23,24	16,84	54,57	1,35	4,18
-0,009	88,77	64,33	53,07	1,43	5,79

### РЕАГЕНСИ

Као флокуланти у овом раду коришћени су реагенси типа полиакриламида CH<sub>2</sub>CHCONH<sub>2</sub>, произвођача са различитом дужином ланца који су у овом раду обележени ознакама А, В, С и D. За регулисање рН вредности коришћен је натријум хидроксид.

## ПОСТУПАК ОДРЕЂИВАЊА БРЗИНЕ ТАЛОЖЕЊА ЛИМОНИТА

Опити таложења рађени су у уређају за флокуирање са 5 пехара запремине по 1 литар (слика 1). Флокуланти су припремљени у виду 5 % раствора и додавани у пехаре са узорком до жељене концентрације. Резултати испитивања приказани су у табелама и на дијаграмима.



а)  
Слика 2.а) Уређај за флокуирање  
Figure 2.a) Device for flocculation



б)  
Магнетна мјешалица.  
b) Magnetic mixer

Висина пехара 127 mm  
Запремина пехара 1000 ml

## ПРИКАЗ И ДИСКУСИЈА РЕЗУЛТАТА ИСПИТИВАЊА

Резултати испитивања приказани су у таблицама 2,3,4 и 5. где је:

U – Утрошак флокуланта (g/t)

Vs – средња брзина таложења, mm/min, tk - критично вријеме таложења, min,

Pv, Pv\* – запремински удио чврсте фазе, након 15 min и након 24 часа %,

Pm, PV\* – масени удио чврсте фазе, након 15 min и након 24 часа %.

Табела 2 Резултати испитивања флокуланта А  
Table 2 The research results of flocculant A

Опит	Флокулант А							
	pH	U (g/t)	tk (min)	Vs	Pv (%)	Pm (%)	Pv* (%)	Pm* (%)
1	7,1	----	90,0	1,3	4,3	16,6	13,9	74,6
2	7,1	100	2,5	30,4	7,8	33,8	10,4	36,4
3	7,1	250	3,5	20,6	7,6	32,6	10,2	35,2
4	10,2	----	47,5	2,9	3,2	12,4	10,3	50,8
5	10,2	100	1,5	38,0	7,1	31,6	8,0	36,6
6	10,2	250	4,5	18,0	5,1	21,1	8,6	39,9

Табела 3 Резултати испитивања флокуланта Б  
Table 3 The research results of flocculant B

Број опита	Флокулант Б							
	pH	U (g/t)	tk (min)	Vs	Pv (%)	Pm (%)	Pv* (%)	Pm* (%)
1	7,1	----	90,0	1,3	4,3	16,6	13,9	74,6
2	7,1	100	4,8	10,5	10,5	49,7	13,1	52,3
3	7,1	250	2,2	23,7	11,3	54,9	13,9	57,5
4	10,2	----	47,5	2,9	3,2	12,4	10,3	50,8
5	10,2	100	9,5	8,0	4,6	18,9	9,1	42,6

6	10,2	250	1,5	36,7	7,5	33,7	8,2	37,8
---	------	-----	-----	------	-----	------	-----	------

Табела 4 Резултати испитивања флокуланта Ц  
Table 4 The research results of flocculant C

Број опита	Флокулант Ц							
	pH	U (g/t)	t <sub>k</sub> (min)	V <sub>s</sub>	P <sub>v</sub> (%)	P <sub>m</sub> (%)	P <sub>v</sub> * (%)	P <sub>m</sub> * (%)
1	7,1	----	90,0	1,3	4,3	16,6	13,9	74,6
2	7,1	100	0,6	105,2	10,3	48,3	12,9	50,9
3	7,1	250	0,9	66,3	11,3	54,9	13,9	57,5
4	10,2	----	47,5	2,9	3,2	12,4	10,3	50,8
5	10,2	100	5,5	10,5	6,0	25,7	8,2	37,6
6	10,2	250	3,5	19,4	6,0	25,7	7,9	35,6

Табела 5 Резултати испитивања флокуланта Д  
Table 5 The research results of flocculant D

Број опита	Флокулант Д							
	pH	U (g/t)	t <sub>k</sub> (min)	V <sub>s</sub>	P <sub>v</sub> (%)	P <sub>m</sub> (%)	P <sub>v</sub> * (%)	P <sub>m</sub> * (%)
1	7,1	-----	90,0	1,3	4,3	16,6	13,9	74,6
2	7,1	100	2,3	24,0	8,7	39,1	11,3	41,7
3	7,1	250	0,5	142,0	8,7	39,1	11,3	41,7
4	10,2	-----	47,5	2,9	3,2	12,4	10,3	50,8
5	10,2	100	9,5	7,8	4,6	18,9	8,6	39,9
6	10,2	250	1,5	43,3	6,7	29,2	7,9	35,6

Анализом резултата таложења лимонита у функцији pH, без флокуланта и са флокулантима типа полиакриламида при концентрацији 100 и 250 g/t на pH 7,1 и 10,2 могу се извести следећа запажања.

1. Далеко најдуже критично време таложења  $t_k$  остварује се при таложењу без флокуланта на природној pH вредности (7,2), а затим при таложењу без флокуланта на pH 10,2. Сагласно томе, брзина таложења  $V_s$  без флокуланата је много мања, чак и преко 70 пута, ако посматрамо резултате таложења у току 15 минута.
2. Анализом резултата таложења лимонита без флокуланта после 15 минута таложења остварен је и знатно мањи саджај чврстог у исталоженом производу ( $P_m$  и  $P_v$ )
3. У случају коришћена флокуланта очигледно је да долази до негативног ефекта флокуирања, односно до заробљавања велике количине воде унутар флокула што резултира знатно нижим садржајем чврсте фазе у исталоженом производу после 24 часа таложења ( $P_m^*$  и  $P_v^*$ ).

## ЗАКЉУЧАК

Једна од могућности валоризације лимонита из муља јесте поступак флокулације муља са високим садржајем жељеза дјеловањем флокуланата и диспергатора. Одвајањем исфлокулираног-исталоженог производа добија се муљ задовољавајућег садржаја гвожђа, а његова дефинитивна валоризација остварује се каснијим филтрирањем и пелетизацијом филтрираног муља. Овим поступцима се добија нови производ и повећава укупно искоришћење лимонита из руде. У неким случајевима то може да значи повећање искоришћења лимонита из откопане руде за више од 30%. Овим се остварује вишеструка предност: добија се још један користан производ, смањује се или искључује потреба за посебним депоновањем јаловине, смањују се еколошки проблеми и уништење плодне земље изградњом објеката за ускладиштење јаловине. Успешност таложења, како у природним условима тако и у присуству флокуланта или регулатора рН средине, промјенљива је величина, зато је избор реагенса за побољшање таложења посебан изазов. С обзиром да, у овом раду, приказаним прелиминарним испитивањима флокулирања нисмо добили довољно низак садржај чврсте фазе у исталоженом производу, настављамо испитивања у циљу изналажења оптималних услова таложења и избора селективног флокуланта.

## Захвалност

У овом раду приказана су прелиминарна испитивања селективне флокулације лимонита урађена у оквиру пројекта „Истраживање релевантних феномена у процесима експлоатације минералних сировина“, који дјелимично финансира Министарство науке и технологије Републике Српске.

## ЛИТЕРАТУРА

1. M. Glover, Yao-de Yan, Graeme J. Jameson and Simon Biggs, Bridging flocculation studied by light scattering and settling, *Chemical Engineering Journal* V 80 , 1.dec 2000. pp 3-12
2. A. Schmitt, M. A. Cabrerizo-Vilchez, R. Hidalgo-Álvarez and A. Fernández-Barbero, On the identification of bridging flocculation: An extended collision efficiency model *Book Series Progress in Colloid and Polymer Science*, Publisher Springer Berlin / Heidelberg., pp 105-109
3. Shuji Sakohara, Takashi Kimura, Kazuo Nishikawa On the mechanism of flocculation of suspensions by polyacrylamide *Journal of Mining Science* Volume 3, Number 3 / May, 1967 Springer New York
4. Simon Biggs, Michael Habgood, Graeme J. Jameson and Yao-de Yan Aggregate structures formed via a bridging flocculation mechanism *Chemical Engineering Journal* V 80 , 1.dec 2000. pp 13-22
5. Zhioilang Zhang ; Siqing Xia ; Jianfy Zhao ; Jiao Zhang ; Characterization and flocculation mechanism of high efficiency microbial flocculant TJ-F1 from *Proteus mirabilis* *Journal Colloids and surfaces*. 2010, vol. 75, no1, pp. 247-251 [5 page(s) (article)]  
Publisher Elsevier, Amsterdam
6. Bulatović, str. 263 *Mehanizam selektivne adsorpcije polimera*
7. Н. Ћалић, М. Глушац, И. Мирослав: Концентрација лимонита из муља, VIII Савјетовање хемичара и технолога РС, Бања Лука, 27. и 28. новембар 2008.
8. Лука В. Кнежић: Коагулација и флокулација, Технолошко- металуршки факултет, Београд
9. Yosry A. Attia: Fine Particle Separation by Selective Flocculation Published in: *Separation Science and Technology*, Volume 17, March 1982 , pages 485 - 493

## НОВИ ПРИСТУП У ТРЕТИРАЊУ МУЉА ИЗ PARNABY ПОСТРОЈЕЊА У РИТЕ "УГЉЕВИК"-РЕПУБЛИКА СРПСКА

Предраг Лазих<sup>1</sup>, Славен Деушић<sup>1</sup>

*Рударско-геолошки факултет, Београд, plazic@rgf.bg.ac.rs*

### РЕЗИМЕ

Поступак чишћења угља у атогеној суспензији у Parnaby бубњу и хидроциклонима у последњих низ година добија све више на значају у земљама бивше Југославије (Србија, Црна Гора Република Српска). Овај поступак чишћења угља показао се као ефикасан поготову за млађе угљеве, доста је једноставан а уз то је и ценовно прихватљив. Као производи овог процеса јављају се Чист угаљ (ЧУ) крупноће -100(80)+0.5 mm, Јаловина крупноће -100 (80)+0,5 mm и муљ крупноће -0, 5+0 mm. Третман овог муља у прошлости је подразумевао (по правилу) таложење у таложницима са испуштањем преливне воде у водотокове. Најновије тенденције, које су у потпуности у складу са еколошким захтевима, подразумевају другачији третман муља из Parnaby процеса. Овај третман најчешће подразумева згушњавање и филтрирање муља уз враћање преливне воде из згушњивача у тзв "затворени циклус"

Кључне речи: згушњавање, филтрирање, повратна вода, затворени циклус

## NEW APPROACH TO SLUDGE TREATMENT FROM PARNABY PLANT IN RITE "UGLJEVIK"-REPUBLICA SRPSKA

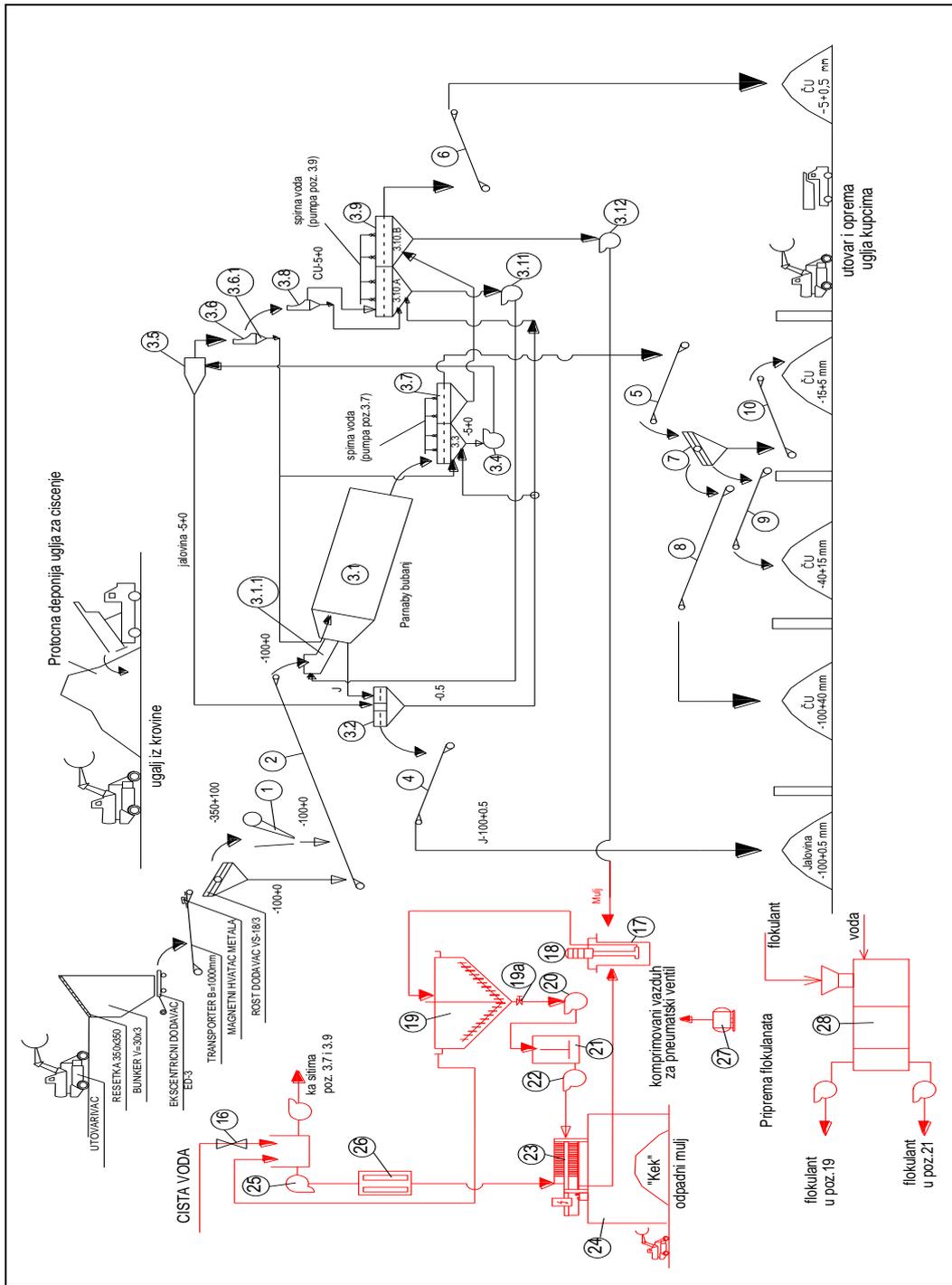
### ABSTRACT

The Parnaby process for coal cleaning in autogenous suspension in the last years has more significance in the countries of former Yugoslavia as are (Serbia, Montenegro and Republic Serbia). This process is proved as very efficient, specially for cleaning younger coals, by its simplicity and low operating costs. The main products of this process are, Clean Coal - size (100(80) + 0.5mm, Tailing – size 100(80)+0.5mm and sludge – size -0.5+0mm In the past, the treatment of this sludge has been done by natural sedimentation in tailing ponds with leaking of overflow water to recipient. New tendency, which are in quite accordance with ecological demands, means that sludge from Parnaby proces must be treated on other way. This proces involves thickening and filtering of sludge with return of clarified water from thickener to main proces for coal cleaning.

Key words: thickening, filtering, returned water , closed circuit

### УВОД

Постројење за чишћење угља на П.К. "Богутово Село" - Угљевик изграђено је 1997 године, према пројекту Сектора за пројектовање - Р.О. за истраживачко развојне послове, Вискоза развој, из Лознице. Намењено је чишћењу угља I-вог и II-гог кровинског слоја, на принципу гравитацијске концентрације у аутогеној суспензији, према Parnaby поступку. Као резултат чишћења угља, овим поступком, добија се чист угаљ крупноће -100+0,5 mm, јаловина крупноће -100+0,5 mm и муљ крупноће -0,5+0 mm.



Слика 1 Шема технолошког процеса чишћења угља са ПК "Богутово Село" Угљевик  
Fig.1 Coal cleaning flow sheet in ПК "Bogutovo Selo" Ugljevik

Пројектним решењем предвиђено је да се чист угаљ класира на четири класе крупноће, комад, коцка орах и ситан и да се депонује на привремене депоније одакле се отпрема купцима.

Јаловина се такође привремено складишти на депо одакле се отпрема на коначно место депоновања. Муљ се одлаже у таложнике којих тренутно има изграђено пет при чему вода прелива из једног у други и потом одлази у водоток. С обзиром да муљ садржи честице глине и да има малу брзину

таложења то значи да преливна вода садржи повећан удео суспендованих честица. Како је овакав »третман« муља неадекватан руководство рудника је одлучило да приступи решавању овог проблема на одговарајући начин.

## ТЕХНОЛОГИЈА ЧИШЋЕЊА УГЉА У АУТОГЕНОЈ СУСПЕНЗИЈИ

Суштина овог начина чишћења угља огледа се у следећем:

Заједно са равним угљем крупноће  $-100+0$  mm и спирални нагнути бубањ убацује се и аутогена суспензија одговарајуће густине. Низ бубањ тече аутогена суспензија потпомогнута динамичким ефектом спирале и са собом носи лаку фракцију (чист угаљ). Јаловина као тежа пада на дно бубња и њу спирала износи супротно од кретања суспензије и чистог угља.

Лака фракција излази из бубња заједно са суспензијом и одлази на сито отвора 5 mm. Просев сита крупноће  $-5+0$  mm представља ситан угаљ и суспензију и он се помоћу муљне пумпе шаље на батерију хидроциклона где се врши чишћење ситне класе угља. Чист угаљ крупноће  $-5+0.5$  mm одлази преко два лучна сита на посебно вибро сито где се врши откапавање и прање чистог угља. Ситнозрна јаловина као песак хидроциклона спаја се са крупнозрном јаловином и одлази на сито за откапавање а потом транспортном траком на депо јаловине.

Чист угаљ крупноће  $-100+5$  mm одлази на сито за испирање и потом на сито за класирање на три сортимана  $-100+40$  mm,  $-40+200$  mm и  $-20+5$  mm. а чист угаљ крупноће  $-5+0.5$  mm одлази посебном транспортном траком на депо за ову класу.

Као производ процеса чишћења угља у аутогеној суспензији јавља се и муљ крупноће  $-0.5+0$  mm који представља вишак суспензије и који треба да се адекватно третира у циљу заштите животне средине. Наиме у постојећем технолошком процесу "третман" муља је подразумевао таложее муља у таложницама направљеним у терену а преливна вода која је садржавала значајну количину суспендованих материја испуштана је у водоток.

## ПРЕГЛЕД МОГУЋИХ ПОСТУПАКА ПРЕЧИШЋАВАЊА ОТПАДНИХ ВОДА

Пошто је тешко наћи разлоге примене таложника у технологији чишћења отпадних вода мокрих сепарација угља, поставља се питање њихове алтернативе. Модеран приступ у решавању проблема отпадних вода мокрих сепарација угља представља континуално чишћење, које за крајњи циљ има враћање течне фазе у технолошки процес и добијање чврсте фазе у стању погодном за транспорт и складиштење са крупнозрном јаловином. Иако сваки од процеса има неке своје специфичности, заједничка им је карактеристика да у суштини укључују две технолошке операције: згушњавање и филтрирање.

### ЗГУШЊАВАЊЕ

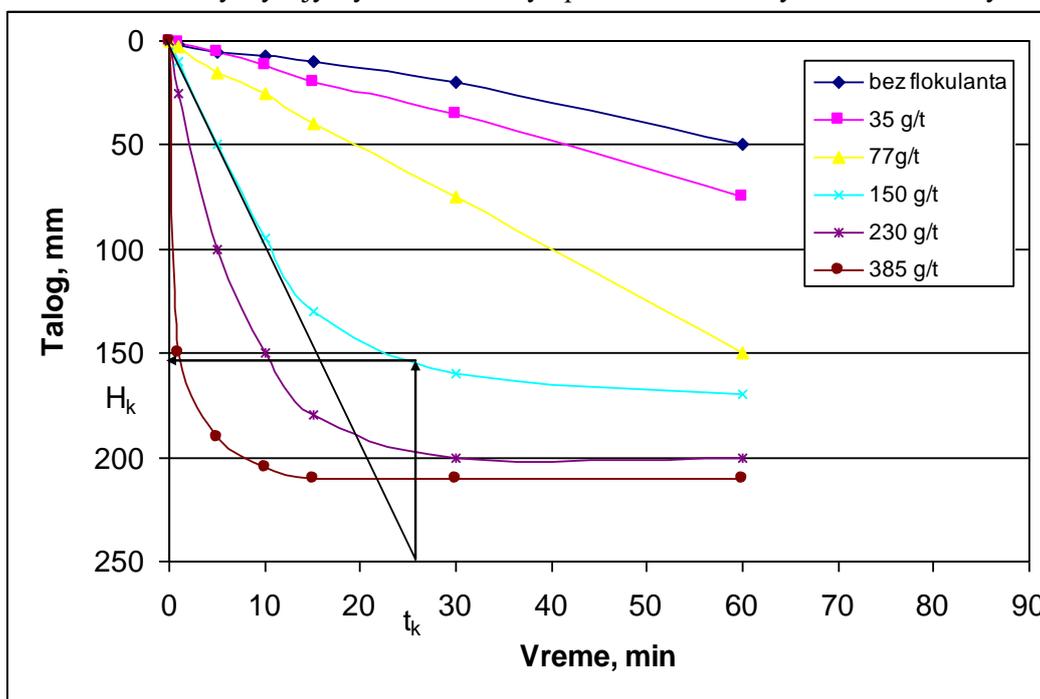
Веома ретко се дешава да се отпадне воде мокрих сепарација угља могу филтрирати без претходног згушњавања. Чист угаљ као резултат процеса чишћења мора се испирати знатним количинама воде под притиском (не мање од  $0.5$  m<sup>3</sup>/t материјала који се испира), при чему долази до знатнијег разређења отпадних вода.

#### Цилиндрични згушњивачи

Згушњивачи су најраспрострањенији уређаји за згушњавање у припреми минералних сировина. Најчешће су цилиндричног облика са отвором за прањење на дну, кроз који се згуснути муља, под дејством споро ротирајућих грабуља континуално празни. Мање или више бистар прелив се прикупља и одводи каналом смештеним по горњем ободу згушњивача.

Рад згушњивача може се одвијати без употребе флокуланата и са њиховом употребом. Уопштено говорећи, употреба флокуланата смањује димензије згушњивача, дакле инвестиционе трошкове али

поскупљује оперативне трошкове. Некада се употреба флокуланата због природе муља не може ни избећи што се показало и услучају муља из Parnaby постројења Богutowo село-Угљевик



Слика 2 Криве таложења муља из Parnaby постројења Богutowo село-Угљевик  
Fig. 2 Sedimentation curves of sludge from Parnaby plant Bogutowo selo-Ugljevik

Рад згушњивача базира се на гравитацијском таложењу чврсте фазе. Површина згушњавања мора бити довољно велика да обезбеди време потребно да свака од честица прође сваку од зона згушњавања и омогући и најспоријим честицама да стигну до дна згушњивача. Исто тако, она мора бити довољно велика и да обезбеди бистар прелив. Од згушњивача се дакле може захтевати да:

1. обезбеди песак одређене густине
2. обезбеди бистар прелив
3. обезбеди и бистар прелив и довољно згуснути материјал

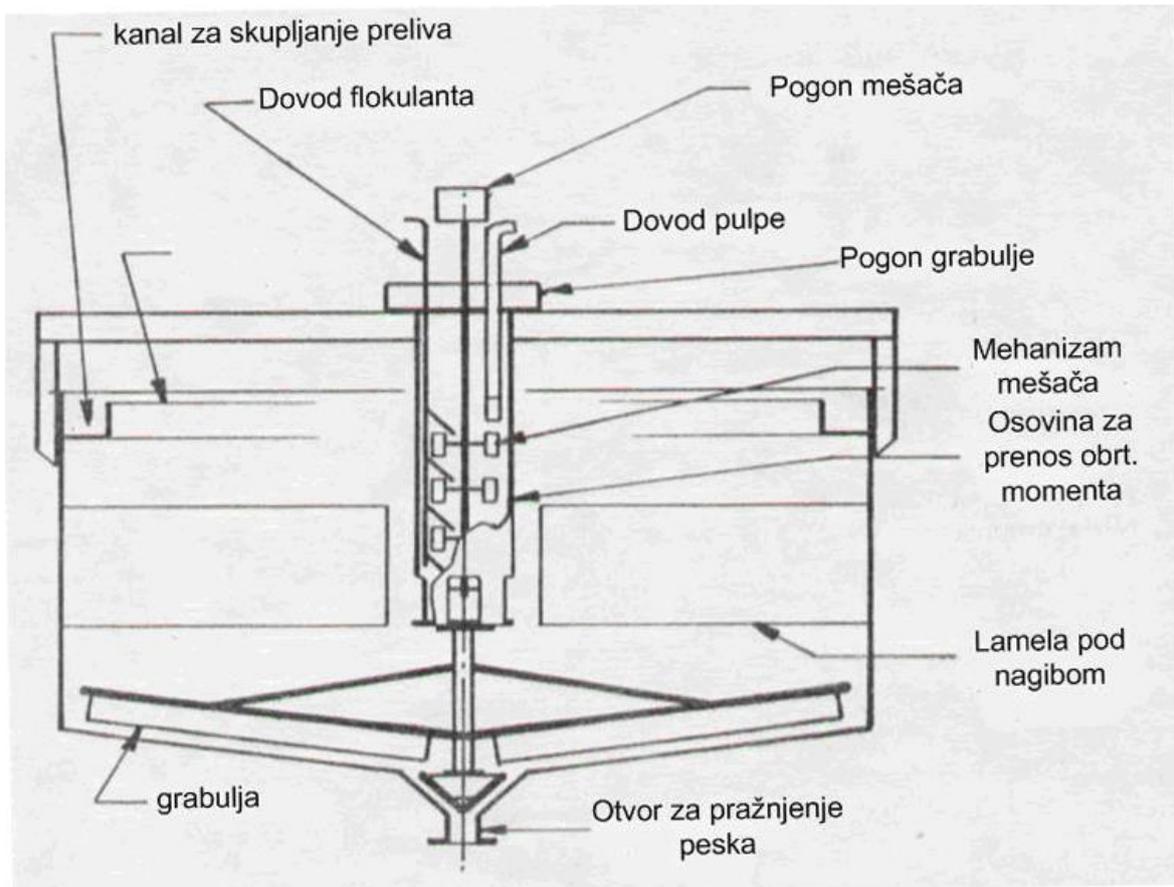
Најчешће се поставља један од прва два наведена захтева. Што се чишћења отпадних вода мокрих сепарација угља тиче, први захтев је најчешћи. Муљ се мора згуснути до густине коју захтева следећа фаза процеса његове прераде (филтрирање нпр.) а за испирање продуката чишћења угља и није важно да ли ће повратна вода садржати 30 mg/l или 60 mg/l чврсте фазе.

Посебну врсту цилиндричних згушњивача чине тзв. високо капацитативни згушњивачи (High rate thickeners).

Веома снажни флокуланти омогућили су тако интензивно таложење флокулисаних честица да је потребна површина за згушњавање у неким случајевима достигла ниво и од 0.15 m<sup>2</sup>/t/dan. У "обичне" згушњиваче пулпа се уводи на врху згушњивача и чврсте честице полако тону ка дну где се завршава коначно згушњавање. Високо капацитативни згушњивачи, шематски приказани на слици 10. су тако конципирани да се отпадне воде уводе у згушњивач ближе његовом дну, директно у зону згуснуте пулпе (puhp bed). Чврсте честице које су управо уведене у овај слој бивају "ухваћене" а течна фаза почиње свој пут нагоре кроз згуснути материјал непрестано се филтрирајући. Горњи део слоја згуснуте пулпе одржава се непрекидно у флуидизираним стању док се коначно згушњавање завршава у доњем делу слоја згуснуте пулпе.

Претходно описана технологија рада високо-капацитативних згушњивача, у односу на конвенционалне згушњиваче, нуди низ предности:

- већи капацитет
- мање димензије, пречник ових згушњивача је, за исти капацитет, између трећине и половине пречника класичних згушњивача
- бољу контролу процеса, због мање запремине згушњивача брже је реаговање на промену радних параметара, што пак омогућава прецизнију аутоматску контролу и минимизира људски рад на контроли



Слика 3. Високо – капацитативни згушњивач фирме Eimco  
Fig.3. The Eimco high rate – thickener

- даје гушћи песак, пошто је густина песка згушњивача директно пропорционална количини додатог флокуланта, његова густина може се одржавати на потребном нивоу контролом додавања флокуланта
- чист прелив, ињектирање отпадне воде директно у зону згуснуте пулпе обезбеђује да најфиније честице не буду изнесене са флуидом у прелив, преливи садрже типичних 20 до 50 ppm суспендованих материја.
- ниске трошкове инвестиције који су за пола мањи од трошкова набавке одговарајућег конвенционалног згушњивача
- могућност уградње у затвореном простору због знатно мањих димензија, мања осетљивост на климатске утицаје

Недостатак високо-капацитативних згушњивача је што морају да користе флокулант и што га користе у већој количини од класичних згушњивача.

## ФИЛТРИРАЊЕ

Филтрирање отпадних вода мокрих сепарација угља одувек је био посебан и специфичан проблем, пре свега због због уобичајеног високог учешћа глиновитог материјала. Веома успешни поступци филтрирања на диск филтерима или бубњастим филтерима концентрата метала, показали су се безуспешним када је требало филтрирати отпадне воде мокрих сепарација угља. Напредак на овом пољу донело је увођење центрифуга али се убрзо показало да поред изванредно високе потрошње електричне енергије [6] и не дају довољно чврст "колач", погодан за лак транспорт и депоновање. Одвајање чврсте фазе из отпадних вода мокрих сепарација угља, после фазе згушњавања у различитим типовима згушњивача, врши се данас углавном на два типа уређаја:

- Хоризонтални трачни филтери
- Трачне филтер пресе
- Филтер пресе

Филтер пресе су посебно ефикасне у случајевима муљева чији већи део чине честице глине величине 2-10  $\mu\text{m}$ . Са знатно већим притисцима који се сада примењују, 50-60 bar уместо традиционалних 10-15 bar, филтер пресе постају веома примамљиве за нарочито тешке услове рада [7].

#### ФИЛТЕР ПРЕСЕ

Филтер пресе савремених конструкција могу да обезбеде притисак и до 140 бара што је изузетно важно код филтрирања материјала са високим садржајем глине какав је муљ из процеса чишћења угља Парнабу технологијом. Фелтер преса предвиђена је за тешке услове рада и погодна је за филтрирање концентрата металних минерала, угља, и отпада. Обезбеђују кек са малим садржајем влаге, могу да дају капацитет до 250 t/h и посебно су погодне за филтрирање производа чије честице имају крупноћу од неколико микрометара.



Слика 4 Филтер преса фирме METSO-MINERALS  
Fig. 4 The METSO-MINERALS filter press

#### ЗАКЉУЧАК

Пошто се у процесу прераде ровног угља Парнабу поступком стварају отпадне воде које у себи садрже честице угља и јаловине крупноће - 0.5+0 mm ради еколошки и технолошки безбедног

наставка рада постројења треба приступити изградњи дела постројења за третман отпадне воде како она не би ишла у водоток.

Свесни ограничености досадашњег начина третирања отпадних вода, руководство Рудника Угљевик одлучило је да започне низ активности којима је крајњи циљ увођење, савременог, поузданог, еколошки безбедног и економски исплативог система третирања отпадних вода. Анализа која се даје представља рекапитулацију досадашњих истраживања у овом правцу и она показује следеће:

- Да су на располагању савремени системи за третирање отпадних вода који испуњавају постављене захтеве у погледу поузданости и еколошке безбедности
- Добијени резултати потврђују успешну употребу средстава за поспешивање згушњавања (флокуланти), без којих је функционисање савремених система за пречишћавање отпадних вода тешко изводљиво.

Ова анализа указује на захтеве које будуће постројење за прераду отпадних вода мора да испуни:

- Да садржај воде у крајњем производу третирања отпадних вода буде такав, да омогућава несметану манипулацију, транспорт и депоновање са осталом јаловином
- Да инвестиције у опрему буду што ниже
- Да одабрани процес конзумира што мање електричне енергије.
- Да се потрошња флокуланта који ће представљати главни оперативни трошак сведе на најмању могућу меру
- Да генералне димензије овог постројења омогуће његов смештај у затворен простор.

Ове услове може да испуни реконструисано постројење чија је идејна шема дата на слици 18 а шема дела постројења за пречишћавање отпадне воде на слици 19. Реконструисано постројење обухвата комплетно постојеће Ранабу постројење уз додатак згушњивача, система за дозирање флокуланата, филтера и транспортне траке за "кек". Овом реконструкцијом обезбедиће се тзв. "Затворени циклус" повратне воде и обезбедиће се знатно нижа потрошња свеже воде. Поред тога добиће се исфилтрирани муљ у виду "кека" који ће моћи безбедно да се транспортује до коначног одлагалишта.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Стеван Ђокић, Михајло Цанић: Могу ли таложни базени решити проблем отпадних вода мокрих сепарација угља, Рударски гласник, 1/1989, Београд
2. Технолошке основе пројектовања постројења за припрему минералних сировина, монографија Рударског института – Београд, Београд, 1999
3. D.L. Kong, Thickeners, Mineral Processing Plant Design, Published by Society of Mining Engineers of the American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, New York. 1978
4. The Sala Lamella Thickener, Sala Information SIM 374
5. Russell L. Cook and John J. Childres, Trans AIME, Vol 264, 1978
6. Mark C. Fisher and Michael G. Schill, The dewatering of fine coal refuse with a цонтинуос хигх performance Belt filter press, . ME, Oktober 1981
7. F. Donhauser, New Developments in Dewatering of Clay, Aufbereitungs-technik 36, 1995
8. Проспектни материјал фирме Delfilt Ltd. U.K. везан за DELKOR Horizontal Belt Filters
9. Проспектни материјал фирме Pannevis из Холандије
10. Проспектни материјал фирме METSO MINERALS
11. Анализа постојећег стања са предлогом решења отпадних вода постројења за обогаћивање угља на П.К. Богутово село Угљевик, Рудинг, Београд, 2006.
12. Студија чишћења угља из рудника "Угљевик", Рударски институт, Београд, 2001.
13. Извештај о испитивању згушњавања и филтрирања отпадне воде сепарације угља "Угљевик", ИТНМС, Београд 2007.
14. Главни технолошко-машински пројекат погона за обогаћивање угља, "Вискоза развој". Лозница, 1994

15. Студија "АНАЛИЗА РАДА ПОСТРОЈЕЊА ЗА ОБОГАЋИВАЊЕ УГЉА НА П.К. "БОГУТОВО СЕЛО" УГЉЕВИК СА ПРЕДЛОГОМ РЕШЕЊА ЗА ТРЕТМАН ОТПАДНИХ ВОДА, Рудинг Београд 2008.
16. Студија изводљивости и исплативости изградње дела постројења за третман отпадних вода из Рrаnаbу процеса чишћења равног угља са ПК "Богутово Село" Угљевик, "Ruding Princ's Son" д.о.о.; Невесиње, 2008.

## ПРИМЈЕНА РОТАЦИОНОГ МОТОРА УНУТРАШЊЕГ САГОРЈЕВАЊА ПРОМЈЕНЉИВЕ РАДНЕ ПОВРШИНЕ У РУДАРСКОЈ МЕХАНИЗАЦИЈИ

Милан Ђудуровић<sup>1</sup>, Биљана Враћеш<sup>2</sup>, Раденко Враћеш<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Савез иноватора Р, Е-маил: [djudurov@teol.net](mailto:djudurov@teol.net),

<sup>2</sup>Машињски факултет, Бањалука

<sup>3</sup>Arcelor Mittal, Приједор

### РЕЗИМЕ

Од времена проналаска ото и дизел мотора присутна је тенденција њиховог усавршавања. Та конструкција је сложена, има великог броја саставних дијелова, па и велике механичке губитке и динамичку неуравнотеженост. Ради сложености конструкције ограничене су јој и могућности броја обртаја. Како снага мотора ( $P_e$ ) SUS зависи од броја обртаја, запремине и средњег ефективног притиска, присутна је тенденција да се већа снага добије простијом конструкцијом и већим бројем обртаја. Први, али и успјешан, покушај решавања тог питања пошло је за руком Фелих-у Ванкелу са његовим патентом ротационог мотора (1954.) који се и данас, са доста успјеха, уграђује у возила Мазда RX4, RX6, и RX9. RMUS PRP - је нова али и виша фаза развоја конструкције ротационог мотора у односу на Wankelovu, али и у односу на класичну која је преузета са парне машине Џемса Вата и Џорџа Стивенсона, а по ауторима названа континуирано-комплексни ротациони мотор утрашњег сагорјевања промјењљиве радне површине.

Кључне ријечи: ротациони мотор, кромус, мотори са унутрашњим сагоријевањем (SUS)

## CONTINUOUS-COMPLEX ROTARY INTERNAL COMBUSTION ENGINE PRP type MILAN 2003 and 2004 duplex

### ABSTRACT

This invention belongs to a group of internal combustion engines (SUS), and its use is the most widespread in the fields of automobile industry and traffic, agriculture, civil engineering, as well as in the other fields and techniques where an independent power source is necessary, that is the torque and a number of revolutions. Classical internal-combustion engines (otto and diesel) turn thermal energy of fuels into mechanical work, i.e. the motion of a piston in a straight line, with the help of the connecting rod, changes into circular motion of a crankshaft. Because of the complexity of the aforementioned construction and a greater number of movable parts, which participate in the operation, the process undergoes significant mechanical losses (10-15 % of indicating engine power). Because of the certain advantages in regard to classical internal combustion engines, the offered solution is acceptable.

Key words: Rotary engine, kromus, combustion engines (SUS)

### УВОД

Од времена проналаска ото и дизел мотора присутна је тенденција њиховог усавршавања, што није једноставан ни лак задатак, јер им конструкција много потсејча на парну машину Џемса Вата и Џорџа Стивенсона. Та конструкција је сложена и има велике масе па ради тога и релативно велике механичке губитке од 10-15%  $P_e$ . Ради њене сложености захтијева велико динамичко уравнотежење па су јој ограничене могућности броја обртаја. Како снага мотора

( $P_e$ ) зависи од броја обртаја, запремине и средњег ефективног (индикаторског) притиска, присутна је тенденција да се већа снага добије простијом конструкцијом и већим бројем обртаја. Први, али и успјешан, покушај решавања тог питања пошло је за руком Felix-у Wankely са његовим патентом ротационог мотора који се и данас, са доста успјеха, уграђује у возила Мазда RX4, RX6, RX7, RX8 и најновији RX9. Други произвођачи, BMW, Mercedes, Audi, General motors и sl. напустили су развој мотора и аутомобила са Ванкеловим мотором углавном ради прегријавања и веће потрошње горива.

Са инжењерске тачке гледишта постоји оправдана потреба усавршавања сваке конструкције и сваког производа па и мотора са унутрашњим сагорјевањем. Међутим, у досадашњи развој конструкције и опреме мотора уложена су, постепено, огромна техничка и материјална средства, а посебно када су у питању путнички аутомобили па је тешко и замислити промјену постојећег стања. Мазда, производњом и примјеном ротационог мотора у својим возилима потврђује да је то могуће. Основни разлог размишљања у том правцу намеће се као потреба да се добије: лакша и простија конструкција, уштеда времена у производњи, у времену одржавања, обиму инвестиција и капацитета, већи степен сигурности и уштеде у експлоатацији. Мада класични мотори показују добра експлоатациона својства Маздин примјер потврђује да се конструкција мотора СУС може добити и на други начин.

РОТАЦИОНИ МОТОР PRP - KROMUS је нова али и виша фаза развоја конструкције ротационог мотора по аутору названа *континуирано-комплексни ротациони мотор уграђује сагорјевања промјењљиве радне површине* који је први пут приказан 2006. године у Москви, на изложби иновација, виртуалном анимацијом, као MONO изведба, а затим на сајмовима иновација у Женеви, Паризу и Београду (излаган је и у Тајпеху, Будимпешти, Нирмбергу и Сеулу). Моделом DUPLEX тип MILAN 2003 и 2004 настављен је развој идеје и конструкције са намјером да направимо још бољи мотор који има мање термодинамичко оптерећење, мању масу, боље перформансе и веће вријености коефицијента корисног дејства. Принцип рада и фазе процеса усисавања, сабијања, експанзије и издувавања истовјетни су као и код модела MONO, односно класичних мотора, с том разликом што се наведени процеси у DUPLEX варијанти-изведби одвијају у двије коморе, тј. усисавање и дјеломично сабијање започиње у првој а затим наставља у другој додатним сабијањем, сагорјевањем и издувавањем чиме се постиже мање термодинамичко оптерећење и добијају боље перформансе. Моделом TRIPLEX тип MILAN 2003 и 2004 (2007.) поновљен је успјех из Москве, Женеви и Париза.

*Према Међународној класификацији патената (МКР, Intel.<sup>7</sup>)* област технике на коју се проналазак односи је машинство а спада у групу мотора са унутрашњим сагорјевањем. Разврстан је и означен класификационим симолома *F 02B 53/00* који се односи на моторе са ротационим и осцилаторним клиповима, као и стандардима и секундарним симболима *F 03B 23/00*, са којим се дефинишу остали мотори са коморама сагорјевања специјалног облика или конструкције ради побољшања радног процеса *F 02B 75/08* који обухвата моторе са два или више клипова који се крећу у истом цилиндру. Његова примјена могла би наћи мјесто у области, аутомобилске индустрије и саобраћаја, рударства, конкретно у рударској механизацији, шумарства, пољопривреди, грађевинарству, авијацији и хидронаутици али и у другим областима и техникама гдје је потребан независан извор снаге, односно момента и броја обртаја.

## ТЕХНИЧКИ ПРОБЛЕМ

Класични мотори са унутрашњим сагорјевањем (Otto и Diesel) топлотну енергију горива претварају у механички рад од праволинијског кретање клипа мотора и клипаче до кружног

кретање кољенастог вратила. Тај се процес, ради сложености наведене конструкције и већег броја покретних дијелова, који у току процеса учествују у раду мотора, одвија уз знатне механичке губитке.

Ротациони мотори СУС су познато техничко рјешење. Једно од првих и успјешних патентирао је Феликс Ванкел (1954 године) које се и данас примјењује на неким возилима. Ротациони мотори са унутрашњим сагорјевањем (RMUS), у односу на клипне, имају знатно једноставнију конструкцију, мање покретних дијелова, мање масе, ради чега и мање механичке губитке енергије, тј. већи степен корисног дејства јер се рад са чела клипа директно преноси на излазно вратило мотора. Имају и већи број обртаја, јер се радни процес брже и континуирано одвија, ради чега је код њих могуће добити и већу снагу по јединици запремине јер она с једне стране зависи од броја обртаја а са друге од запремине и тактности мотора.

Класични ротациони мотор унутрашњег сагорјевања, који ради по методу Ванкела, у цилиндру (кућишту) израђеном у облику трохоиде има проблем са заптивањем радног простора, нарочито на преласку ротационог клипа из првог у други дио коморе али и на чеоним дјеловима ротора. Проблеми заптивања радног простора су у општем смислу значајно изражени али не заостају ни проблеми са хлађењем мотора.

Ово сазнање претстављало је потстицај за проналажење новог конструкциског рјешења с којим би били отклоњени наведени недостаци. Механички гледано конструкција класичних ротационих мотора је добро рјешена јер омогућава велики број обртаја уз знатно мању динамичку неуравнотеженост, али има доста недостатака који се могу отклонити.

Технички проблем који настојимо решити предметним проналаском састоји се у слиједећем: како конструисати мотор са унутрашњим сагорјевањем који умјесто клипова и клипњача има ротациони клип, који може да користи све врсте бензина и дизел горива а има велике вриједности ефективне и специфичне снаге, мање механичке и енергетске губитке и већу динамичку уравнотеженост. Код ротационих мотора тај механизам је много једноставнији јер нема клипњаче и кољенастог вратила, а ротација клипа има кружно кретање као и излазно вратило мотора што механизам трансформације хемијске (потенцијалне) енергије горива, односно сагорјелих гасова, у механички рад чини једноставнијим. Ради мањег броја покретних дијелова, ове конструкције, процес се одвија уз мање механичке губитке, тј. већи степен корисног дејства и већи број обртаја што ову конструкцију чини привлачном за примјену ради чега само је и одабрали за усавршавање.

Детаљним прегледом патентне документације из области која се односи на ротационе моторе није пронађено ни једно рјешење релевантно предметној пријави проналаска.

## ИЗЛАГАЊЕ СУШТИНЕ ПРОНАЛАСКА

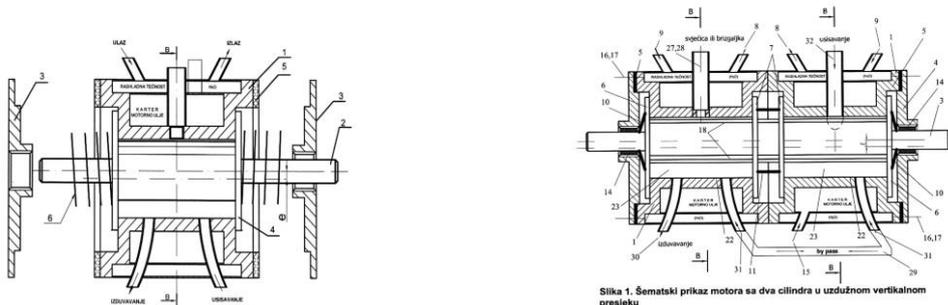
Конструкцијом ротационог мотором унутрашњег сагорјевања промјењљиве радне површине-PRP (KKROMUS) рјешен је напред дефинисани технички проблем. Суштина проналаска огледа се у томе што предметни ротациони мотор са унутрашњим сагорјевањем може да користи све врсте горива намјењених моторима са унутрашњим сагорјевањем уз задржавање максималних вриједности коефицијената корисног дејства и познатих предности ротационих мотора у односу на класичне.

У овом проналаску, односно патенту задржан је, према идеји аутора, основни концепт ротационог клипа, али је геометријски облик цилиндара клипа круг. У њему ротира клип ваљкастог облика са ламелама које су постављене тангентно на осу вратила. Оне заптивају радни простор, усисавају радну материју и врше сабијање и издувавање. Ламеле под дејством центрифугалне силе, силе трења и силе лиснатих опруга, смјештене у жљебове ротора, међусобно помјерених за  $120^{\circ}$ , односно за  $90^{\circ}$ , излазе из жљебова и клизе по обиму (изводницама) цилиндра којем је попречни пресјек правилан геометријски круг. Пропуштање радне материје је мање у свим фазама процеса рада па се он одвија уз знатно мање енергетске

и механичке губитке. Бочно (чеоно) заптивање рјешено је на специфичан начин помоћу дискова који заптивају цилиндричне шупљине формирајући радне коморе и омогућавајући да се у цилиндру ствара компресија, односно да се остваре сва четири радна процеса (усисавање, сабијање, експанзија и издувавање-радне материје). Ротирајући клип у односу на цилиндар постављен је ексцентрично. Мотор ради као класичан ото или дизел мотор са излазним вриједностима ефективне снаге и обртног момента у функциојимналној зависности од броја обртаја.

Иако је у проналаску задржан основни концепт ротационог мотора, оно што га чини битно другачијим у односу на слична рјешења је цилиндар кружног пресека у који је смјештен ротациони клип правилног ваљкастог облика али ексцентрично постављен у односу на осу цилиндра. Ово рјешење, ексцентрично постављеног ротационог клипа и употребе вишеслојних ламела, које у процесу рада клизе по изводницама цилиндра, има за посљедицу мање губитке радне материје. Губици расположиве енергије горива се смањују ради боље заптивености у свим фазама рада мотора. Предметни проналазак, у односу на досад позната техничка рјешења, има више предности.

У циљу лакшег разумјевања проналаска као и због приказивања како се он може реализовати у пракси аутори се, само примјера ради, позива на приложене цртеже који се односе на проналазак гдје је: на слици 1. приказан уздужни пресјек са положајем ротационог клипа а на слици 2. фотографија модела мотора (блок) са цилиндром и ротирајућим клипом, у средишњем дијелу, и мјестима за поклопце који га затварају са чеоних страна. У горњем дијелу приказани су канали-цијеви за расхладну течност и цијев за сипање уља у картер. На доњем дијелу, симетрично у односу на вертикалну осу, приказани су усисни и издувни канал-цијев.



Слика 1. Попречни пресјек мотора KKROMUS mono и duplex  
Figure 1. Cross-section of the engine KKROMUS mono and duplex



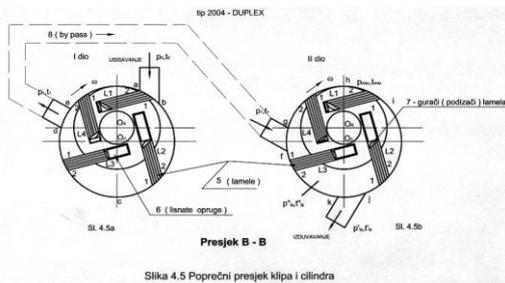
Слика 2. Спољашњи изглед мотора KKROMUS mono и duplex  
Figure 2. The external appearance of the engine KKROMUS mono and duplex

Варијанта мотора са три ламеле (коморе) одабрана је као повољнија за ото процес. Разлика површина ламела,  $\Delta = A_1 - A_2$ , ради различитог положаја у цилиндру, и притисака сагорјелих гасова у коморама, на различите површине и осна растојања, што зависи од угла закретања ( $\varphi$ ) вратила ротора, ствара обртни момент на ламелама, односно вратилу, који прелази у механички рад. Процес рада мотора одвија се истовремено и континуирано у сваком од три међусобно одвојена радна простора (коморе), тј. у сваком тренутку рада морора у једној од комора врши се усисавање у другој почиње сабијање у трећој је започело паљење, сагорјевање

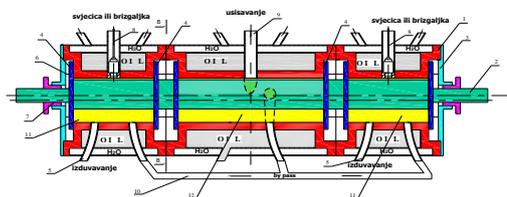
и издувавање а све зависи од положаја ламеле у односу на нулту тачку, односно од тачке када смо почели посматрати ротацију клипа и тачке  $\varphi = 360^0$ . Један круг ( $2\pi$ ).

Издувавање сагорјелих гасова наступа кад L1, ивицом 2, сл.3, пређе преко тачке "с" (SMT) на издувној цијеви, а завршава кад L2 ивицом 1 пређе преко тачке "k". Због разлика у површинама ламела (између претходне и наредне), односно коморе, и притисака у њима, реализује се сила гасова ( $\int_0^{\pi} F_{gs} dF = \int_0^{\pi} p_{sr} dp \int_0^{\pi} A_{sr} dA$ ) на одговарајућем растојању од центра ротације клипа са дефинисаним вриједностима обртног момента, односно снаге. Цилиндар је намјерно израђен са нешто већом дужином да би радни простор могао бити подјелењен у два дијела и да би се процес усисавања и издувавања могао несметано одвијати, тј. да не би долазило (да би што мање долазило) до мјешања дјеломично компримираног ваздуха са параметрима  $p_1$  и  $t_1$ , који преливним каналом у тачки "f", сл.3. из првог дијела цилиндра улази у други, и издувних (сагорјелих) гасова. Ова појава се не може у потпуности отклонити али се може смањити. У овом случају процес усисавања, и дјеломичног сабијања, прво је обављен у првом дијелу цилиндра мотора, а затим наставља у другом. У другом дијелу сабијање се завршава, у компресионом простору, пали радна материја и врши експанзија и издувавање. Овом конструкцијом смањени су губици радне материје и термодинамичко оптерећење цилиндра мотора. Овако конципирана конструкција ротационог мотора означена је као тип MILAN 2003 duplex.

Варијанта мотора са четири ламеле (коморе) одабрана је као повољнија за дизел процес јер се са њом постижу већи притисци и температуре у компресионом простору што је повољније (неопходно) за дизел процес. Нема битних ни суштинских разлика у конструкцији ова два типа ротационих мотора а разлика се односи само на број радних ламела. Овако конципирану конструкцију ротационог мотора назвао сам ККРОМУС РРР тип MILAN 2004 duplex.



Слика 4.5 Попречни пресјек клипа и цилиндра



Слика 3. Ротирајући клип мотора ККРОМУС РРР тип MILAN 2004 duplex

Figure 3. Rotary piston engine ККРОМУС РРР type MILAN 2004 duplex

Слика 4. Попречни пресјек мотора ККРОМУС triplex

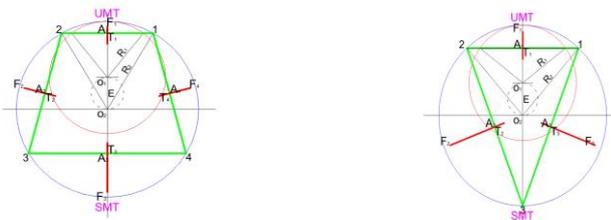
Figure 4. Cross-section of the engine ККРОМУС triplex

Овом варјантом развој констрције се не завршав. Аутор настоји да развијре још један тип који би имао назив triplex а који би био у функцији још већег термоинамичког растеређења. Он је приказан на слици 4. У овом случају процес усисавања, и дјеломичног сабијања, прво би био обављен у средњем цилиндру мотора, а затим наставља у бочним. У њима се сабијање завршава, у компресионом простору, пали радна материја и врши експанзија и издувавање.

Овом конструкцијом још више би били смањени губици радне материје, побољшан састав издувних гасова, мањи садржај CO, и термодинамичко оптерећење мотора. Овако конципирана конструкција ротационог мотора назначена је ККРОМУС РРР тип MILAN 2003, односно 2004 triplex.

## OSNOVNI ELEMENTI KINEMATIKE

Основни елементи кинематског система-трансмисије ротационог мотора ККРОМУС су битно различити и много једноставнији од кинематског система Ванкеловог ротационог мотора, који у клипу, односно цилиндру мотора, израђеног као трохоида (епитрохоида) има планетарни пар зупчаника, који претставља ексцентар и кружно кретање (обртање) клипа преноси на излазно вратило мотора, што, са техничке тачке гледишта, није добро рјешање. ККРОМУС има класични ексцентар и вишеслојне ламеле које обављају исти задатак као и клип Ванкеловог мотора што је много једноставније па га то чини привлачним за израду, експлоатацију, одржавање и примјену. Таквом конструкцијом обезбјеђено је и боље хлађење а то је, поред планетарног пара зупчаника, који ради у термички веома неповољним условима, тешко обезбједити квалитетно подмазивање, један од основних недостатака Ванкеловог мотора.



Слика 5. Кинематске шеме ротора са три, односно четири ламеле  
Figure 5. Kinematic scheme of the rotor with three or four blades

Полазећи од основних геометријских параметара ротационог мотора ККРОМУС, пречника ротационог клипа, пречника цилиндра и ексцентритета, сл. 5, није тешко доћи до његове (укупне) радне запремине, чеоне површине (радне) и других параметара а уз неколико претпоставки, нпр. средњег ефективног притиска и броја обртаја, и до снаге. Табела 1. и Табела 2. (1),(2),(3),(4),(5). Међутим, оно што је код њега најинтересантније је то да се радна површина, тј. површина на коју дјелује сила гасова, мијења, у суштини повећава, кад притисак гасова опада, у односу на првобитну, тј. у односу на ону при којој је процес сагорјевања почео-спољна мртва тачка, односно у процесу рада мотора, у зависности од положаја клипа у односу на нулту тачку - референтни положај. До промјене радне површине долази због одабране конструкције, односно кинематике преноса обртног кретања клипа на излазно вратило мотора..То га чини јединственим у конструкцијама мотора СУС.

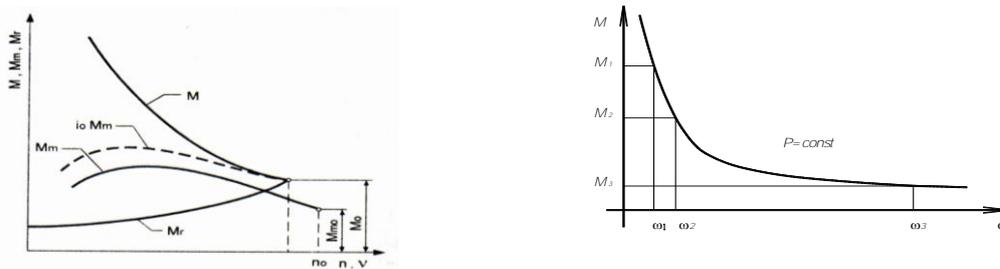
Под дејством силе сагорјелих гасова, силе лиснатих опруга, смјештених у жљебове, центрифугалне силе и силе трења у процесу рада ламеле излазе из жљебова и клизе по зидовима цилиндра-крuga. Сила сагорјелих гасова са нападном тачком у средишту радне површине, која пролази и кроз средишњу осу цилиндра, прави обртни момент са краком  $E \sin \theta$ . Ова конструкциона рјешења мјењају излазне параметре, тј. перформансе мотора (снагу и обртни момент) што га чини привлачним за рударску механизацију а нарочито за транспортна средства-данпере. Функционална зависност снаге и обртног момента од броја обртаја веома је важна за динамичке карактеристике. Често се тражи да она буде хиперболична као што је приказано на сл. 6. Како то код класичних мотора није случај морају се (у рударској механизацији) употребљавати трансмисије (механичке, хидродинамичке, хидростатичке и њихове комбинације) ради прилагођавања потребама возила. На слици 6.а приказане су зависности од утицаја отпора, а на слици 6.б потребне карактеристике мотора.

## ПРИМЈЕНА ПРОНАЛАСКА

Примјена проналаска-производа широко је распрострањена, а нарочито код моторних возила (путничких аутомобила, камиона и аутобуса и сл.). Посебно се наглашава да је предметни мотор могуће успјешно примјенити за покретање малих авиона, хеликоптера и моторних чамаца, тј. хидронаутици. Нема битних разлика у примјени проналаска у односу на класичне моторе СУС.

Суштина примјене ККROMUS-а биће у прилагођавању нове конструкције мотора постојећим конструкцијама моторних и других возила. Једино број обртаја мотора може утицати на измјену конструкције трансмисије возила. Једна од основних његових одлика биће већи број обртаја и снага по јединици запремине што га чини привлачним за примјену и експлоатацију. Индустриска израда предметног проналаска могућа је у специјализованим фабрикама за производњу мотора са унутрашњим сагорјевањем уз напомену да је производња оваквих мотора једноставнија а трошкови производње и одржавња смањени. Шира примјена мотора, према овом техничком рјешењу, могла би да доведе до бржег развоја аутомобилске индустрије у цјелини, повећања квалитета мотора и продужења вијека трајања моторних возила и мобилне механизације.

Производња мотора биће много једноставнија, као и конструкција у цјелини. Ради већег броја обртаја имаће већи број kW по јединици запремине и тежине и захтијеваће мањи простор за смјештај у каросерију возила. Цијена производње биће нижа, трошкови одржавања мањи, примјена чешћа, што може довести до бржег развоја појединих индустријских грана и аутомобилске индустрије, тј. веће производње квалитетних моторних возила са нижом набавном цијеном. Радионичку и пројектну документацију за реализацију проналаска могу да ураде стручњаци из предметне области користећи опис и нацрте из предметне пријаве Патента.



Слика 6. Вучне карактеристике возила-данпера на погонским точковима  
Figure 6. Tractive characteristics of the vehicle danpera wheels

Табела 1. Геометријске и радне карактеристике  
Table 1. Geometrical and performance

		R1= 10	B=10 cm										
		R2= 12,5											
		ρ= 2,5			r1=0.02m								
		za φ	(d+R1) <sup>2</sup> za			φ+120	Pk, 3k	Fgsr=Pk*pgsr, N		Pe	3Pe		
φ	π	d	(d+R1) <sup>2</sup>	φ+120	SQRT(D+E)/2	(R1+d)sin(A/5)	(d+R1)sinφ	B(G+H)sinφ	I5°C56	Me, Nm	kW	kW	
0	0,00	5,0	225,0	122,3	18,6	194,9	106,0	300,8	4512,0	90,2	15,3	46,0	
15	0,26	4,9	222,0	112,5	18,3	192,2	97,4	289,6	4344,5	86,9	14,8	44,3	
30	0,52	4,6	213,2	105,5	17,9	184,7	91,4	276,0	4140,6	82,8	14,1	42,2	
45	0,79	4,1	200,0	101,4	17,4	173,2	87,8	261,0	3914,8	78,3	13,3	39,9	
60	1,05	3,6	183,9	100,0	16,8	159,3	86,6	245,9	3687,9	73,8	12,5	37,6	
75	1,31	2,9	166,7	101,4	16,4	144,4	87,8	232,2	3482,4	69,6	11,8	35,5	
90	1,57	2,2	150,0	105,5	16,0	129,9	91,4	221,3	3319,2	66,4	11,3	33,9	
105	1,83	1,7	136,0	112,5	15,8	117,7	97,4	215,2	3227,4	64,5	11,0	32,9	
120	2,09	1,1	122,3	122,3	15,6	106,0	106,0	211,9	3178,6	63,6	10,8	32,4	
135	2,36	0,6	112,5	136,0	15,8	97,4	117,7	215,2	3227,4	64,5	11,0	32,9	
150	2,62	0,3	105,5	150,0	16,0	91,4	129,9	221,3	3319,2	66,4	11,3	33,9	
165	2,88	0,1	101,4	166,7	16,4	87,8	144,4	232,2	3482,4	69,6	11,8	35,5	
180	3,14	0,0	100,0	183,9	16,8	86,6	159,3	245,9	3687,9	73,8	12,5	37,6	
165	2,88	0,1	101,4	200,0	17,4	87,8	173,2	261,0	3914,8	78,3	13,3	39,9	
150	2,62	0,3	105,5	213,2	17,9	91,4	184,7	276,0	4140,6	82,8	14,1	42,2	
135	2,36	0,6	112,5	222,0	18,3	97,4	192,2	289,6	4344,5	86,9	14,8	44,3	
120	2,09	1,1	122,3	225,0	18,6	106,0	194,9	300,8	4512,0	90,2	15,3	46,0	
105	1,83	1,7	136,0	225,0	19,0	117,7	194,9	312,6	4688,8	93,8	15,9	47,8	
90	1,57	2,2	150,0	222,0	19,3	129,9	192,2	322,1	4831,7	96,6	16,4	49,3	
75	1,31	2,9	166,7	213,2	19,5	144,4	184,7	329,0	4935,4	98,7	16,8	50,3	
60	1,05	3,6	183,9	200,0	19,6	159,3	173,2	332,5	4986,9	99,7	17,0	50,9	
45	0,79	4,1	200,0	183,9	19,6	173,2	159,3	332,5	4986,9	99,7	17,0	50,9	
30	0,52	4,6	213,2	166,7	19,5	184,7	144,4	329,0	4935,4	98,7	16,8	50,3	
15	0,26	4,9	222,0	150,0	19,3	192,2	129,9	322,1	4831,7	96,6	16,4	49,3	
0	0,00	5,0	225,0	136,0	19,0	194,9	117,7	312,6	4688,8	93,8	15,9	47,8	
										86,10	14,6	43,9	

Табела 2. Карактеристике - вредновање ротационог мотора " PRP "  
 Table 2. Features - evaluation of the rotary engine "PRP"

\* класичне, \* очекиване, \* добре, \* лоше

Ред. број	Опис особина- карактеристика мотора	ТИП МОТОРА				
		Класични	Ванкелов	MONO	DUPLEX	TRIPLEX
1.	Цилиндри у кућишту мотора	цилиндар	епитрохида	цилиндар	цилиндар	цилиндар
2.	Број саставних дијелова	750-1.250	300-600	125-150	135-175	155-250
3.	Преношење силе гас. на излазно вратило	клип, клипњача, кољенасто врат.	план. пар зупчаника - ексцент. вратило	директно са ротора	директно са ротора	директно са ротора
4.	Потрошња горива; g/kWh	235-265 diesel/otto	250-285 diesel/otto	240-270 diesel/otto	180-200 diesel/otto	150-180 diesel/otto
5.	Механички степ. корисн.; $\eta_m$	0,88-0,90	0,90-0,92	0,92-0,94	0,91-0,93	0,90-0,92
6.	Термодинамички степен корисности; $\eta_d$	0,38-0,48	0,40-0,46	0,45-0,48	0,5-0,6	0,6
7.	Термодинамичко оптерећење; MJ/kg, gor.	14-17	16-20	15-18	12-14	10-13
8.	Литарска снага; kW/dm <sup>3</sup>	40-80	50-90	80-120	100-150	100-180
9.	Тежина по јединици снаге; kg/kW	2,5 – 5,5	0,6-1,9	0,5-1,2	0,8-1,5	0,9-1,9
10.	Цијена по једин. произв. у \$	5.000-6.500	3.500-5.500	2.500-3.500	2.500-4.500	3.500-5.000
11.	Трошкови одржавања по јединици производа у \$	750-1.450	550-1.250	250-750	450-950	550-1.150
12.	Хлађење/Подмазивање	расхладна течност/ уље из картера	расхладна течност/ уље из картера	расхладна течност / уље из картера	расхладна течност/ уље из картера	расхладна течност/ уље из картера
13.	Мах. број обртаја; min <sup>-1</sup>	6.000-9.000	5.000-10.000	8.000-12.000	8.000-10.000	8.000-10.000
14.	Бука dB	35-45	35-40	30-40	30-40	30-40
15.	Екологија ;CO% vol	0,5-0,3	1,5-0,5	1,5-0,5	0,15-0,2	0,01-0,15
		Класични	Ванкелов	Ротациони мотор PRP		

## ЗАКЉУЧАК

РОТАЦИОНИ МОТОР ПРОМЈЕНЉИВЕ РАДНЕ ПОВРШИНЕ је Пројект ротационог мотор унутрашњег сагорјевања нове генерације. До сада познати мотори, класични, ото и дизел, као и Ванкелов мотор, имају сложену и конструкцију са становишта израде, одржавања, експлоатације, потрошње горива, екологије и сл. Конструкција класичних мотора, ото и дизел, односно њихов клипни механизам, много потсјећа на конструкцију парне машине Џемса Вата и Џорџа Стивенсона која је у своје вријеме била велики изазов.

Те недостатак је примјетио и Ванкел па је направио и патентирао ротациони мотор са цилиндром који одговара профилу трохоиде (тежак за израду што је и сам рекао) и ротационим клипом који је по изгледу приближан тространој призми у који је уграђен планетарни пар зупчаника који има задатак да обртно кретање клипа преноси на излазно вратило мотора и прави ексцентрицитет неопходан за стварање обртног момента на излазном вратилу мотора.

Обе ове конструкције, класична и Ванкелова, и мају крупне недостатке нарочито кад је у питању тежина конструкције, њена динамичка уравнотеженост и прилагођеност потребама моторних возила а код Ванкеловог мотора и термодинамичко оптерећење (преоптерећен).

Ротациони мотор PRP (промјењљиве радне површине) KROMUS тип MILAN 2003 и 2004 (mono, dupleks и триpleks) нема тих недостатака и у већој мјери ова конструкција их отклања. Једноставна је за производњу, експлоатацију и одржавање, има већу специфичну снагу по јединици запремине а мање је тежине. Цилиндар јој је круг, правилан геометријски облик, а клип ваљак у који су урезана три, односно четири, жљеба у које су смјештене вишеслојне ламеле које, на нов начин, једноставније, обављају функцију ексцентри и реализују радну површину на коју дјелује сила гасова а не као код Ванкеловог мотора планетарним зупчаницима, који су механички и термодинамички, у процесу рада мотора, много (јак) оптерећени ради чега његов мотор, у цјелини, има краћи вијек трајања, веће трошкове одржавања, слабије искориштење потенцијалне силе сагорјелих гасова, нарочито ради неправилног облика цилиндра (трохоида) и сл. Очекиване вриједности, односно карактеристике приказане су у Табели 2.

Аутор-иноватори има намјеру да развија, унапређује и производи ротациони мотор који је конструисао и поднио Патентну пријаву за признавање патента, Заводу за патенте у Сарајеву и Београду, за који је добио бројна међународна и домаћа признања (више од 20). Кад разговарамо у моторима СУС најчешће, и највише, их вежемо за аутомобиле (путничке) међутим, они имају далеко већи значај и ширу примјену (кориснију) у другим областима а једна од њих је рударство. Готово да нема машине на коју није уграђен један од мотора СУС. Слична ситуација је и у рударству, грађевинарству, пољопривреди и шумарству. Ваздушни и водени саобраћај је посебна прича. Уградњом јефтинијих, лакших, економичнијих и поузданијих мотора у мобилна возила и механизацију био би огроман допринос у уштеди погонске енергије и процесу одржавања, јер је природа посла у овим дјелатностима сама по себи нерационална. У том смислу и у рударству био би огроман допринос оваквог мотора јер би средства рада била лакша, мање бучна и економичнија што би многим радницима олакшало услове рада поред раније наведених предности у односу на класичне моторе.

Понуђено рјешење ротационог мотора PRP (KROMUS) тип MILAN 2003 и 2004 mono, dupleks и триплекс је прихватљиво јер:

- је конструкција мотора комплексно рјешена ради чега је много једноставнија за производњу, експлоатацију и одржавање, а поуздана у раду,
- континуирано усисава радну материју и истовремено обавља више фаза радног процеса и није зависан само од једне врсте горива,
- ротирајући клип и излазно вратило мотора имају кружно кретање,
- динамичка неуравнотеженост готово не постоји,
- су губици радне материје у цилиндричним профилима знатно мањи,
- је максимално искориштена брзина сагорјевања, односно број обртаја и
- има минималну тежину и цијену производње по јединици запремине и снаге.

Ради несумљивих предности у односу на класичне моторе СУС понуђено рјешење је прихватљиво.

## ЛИТЕРАТУРА

- (1) Адамовић, Ж., Милошевић, Ж.: Ефикасност примјене рачунара при пројектовању и конструис. мотора и моторних возила, Менаџмент, иновације, развој, Год. 2, бр. 3 (2007.), стр. 58-60
- (2) Ламбић, М., Грбић, Н.: Моделовање техничког унапређења, Менаџмент, иновације, развој, Год. 2, бр. 3 (2007.), стр. 50-51
- (3) Мазда, Motor cogrotation, Хирошима, Јапан, 2000, ....., 2005, 2006, 2007.
- (4) Милић Р. Милорад, Ротациони Ванкелови мот, Обод-Цетиње, Граф. Предузеће "Р. Тимотоћ", Бгд, 1976.
- (5) Милошевић, Ж., Шпирић, З.: Енергетска ефикасност хидродинамичког преносника снаге и дизел мотора, Енергетске технологије, Год. 3, бр. 4 (2006.), стр. 24-26
- (6) Стефановић, А., Аковић, Р., Мотори са унутрашњим сагорјевањем, Маш. факултет, Ниш, 1996.
- (7) Stone, R. Jeffrey K. Ball, Automotive Engineerig Fundamentals, SAE International, Warrendale, Pa. USA, 2004.
- (8) Томић В. М., Петровић В. С., Мотори са унутраш. сагорјевањем, Маш. фак., Београд, 1994.

# **ОДРЕЂИВАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА ЗА ОБЕЛЕЖАВАЊЕ СПИРАЛНОГ ТРАНСПОРТНОГ НИСКОПА ОБЛИКА КОСЕ ЗАВОЈНИЦЕ**

Александар Милутиновић<sup>1</sup>, Александар Ганић<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Рударско-геолошки факултет Београд, e-mail: amilutinovic@rgf.bg.ac.rs

<sup>1</sup>Рударско-геолошки факултет Београд, e-mail: aganic@rgf.bg.ac.rs

## **РЕЗИМЕ**

У раду је приказано одређивање елемената за обележавање геометрије спиралног транспортног нископа облика косе завојнице на примеру рудника са подземном експлоатацијом боксита „Костури“, Сребреница. Поступак обележавања подземних рудничких просторија мора се изводити у две фазе – контрола датих елемената и одређивање елемената за обележавање.

Кључне речи: подземна експлоатација, рударска мерења, обележавање

## **DATA CALCULATION FOR LAYING-OUT OF HELIX-SHAPED HAULGE RAMP GEOMETRY**

### **ABSTRACT**

The paper has shown the data calculation for laying-out of helix-shaped haulage ramp geometry on the example of the underground mine of bauxite, "Kosturi" of Srebrenica. The process of laying-out underground mining rooms is two phases operation - the project data control and laying-out data calculation.

Key words: underground mining, mine surveying, laying-out

### **УВОД**

Један од задатака Геодезије и Рударских мерења у току реализације пројекта за изградњу свих врста објеката на или испод земљине површи је „преношење“ пројекта на "терен" (простор на

површи или испод површи земље). "Преношење" пројекта представља обележавање карактеристичних тачака или димензија објекта који је предвиђен за градњу. На тај начин се дефинише његова просторна геометрија и положај према другим вештачким или природним објектима.

Обележавање се обавља у три фазе:

- контрола задатих елемената геометрије објекта (координата карактеристичних тачака, дужина, висина или висинских разлика односно успона и падова, углова и др.);
- припреме елемената за обележавање и
- обележавање.

## ОСНОВНИ ПОДАЦИ О ОБЈЕКТУ

Објекат за који су у раду презентовани елементи за обележавање, јесу јамске просторије разраде пројектоване у Главном рударском пројекту (2) чија реализација тек предстоји, те овај рад представља и предлог како извршити обележавање спиралног транспортног нископа.

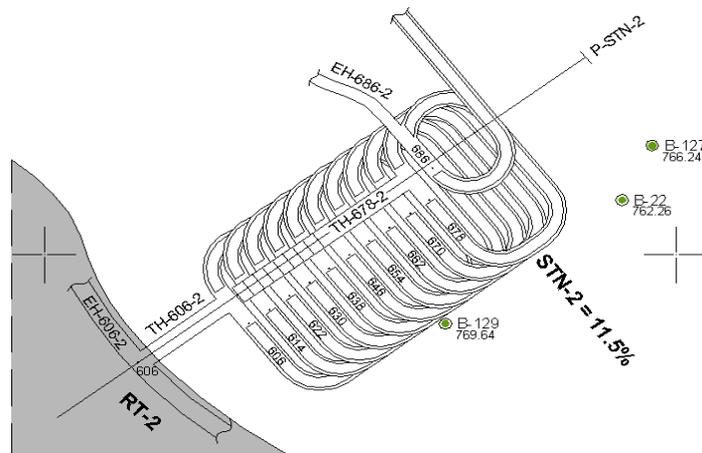
Рудно тело је масивно са наклоном према хоризонталној равни од  $сса.60^\circ$ , због чега је рампа облика косе завојнице да би дужина етажних ходника била приближно исте дужине.

Експлоатационо поље чини лежиште боксита Костури, које је састављено од три рудна тела, рудно тело 1, рудно тело 2 и рудно тело 3. Разрада за сва три лежишта принципијелно је иста. Наиме, основна шема предложене разраде је да се из спиралног транспортног нископа ради транспортни ходник (ТН) до етаже рудног тела. Након уласка ТН у рудно тело ради се етажни ходник (ЕН) по приподинском делу боксита до скретања ка вентилационом ходнику (ВН). Сва рудна тела имају исту поделу по висини у виду етажа висинске разлике од 8 m.

Рудно тело 2 је масивно са наклоном према хоризонталној равни од  $сса 65^\circ$  (од етаже 702 m до етаже 630 m), односно  $сса 44^\circ$  (од етаже 630 m до етаже 606 m) због чега је спирални нископ облика косе завојнице у циљу праћења подинског дела рудног тела на приближно истом растојању чиме су и дужине транспортних ходника приближно истих вредности,  $сса 15 m$ . Радна средина у којој ће се израђивати спирални транспортни нископ су тријаски кречњаци што обезбеђује добре радне услове са аспекта стабилности стенског масива па ће се подграђивање вршити према потреби.

Дужина сваке рампе (која је пројектована са 9/10 навоја) спиралног нископа је  $D_k=71,24 m$  са константним падом 11,5% и хоризонталним делом у дужини од 8 m где се врши утовар руде у камион. Место утовара представља и спој нископа са транспортним ходником. Ширина спиралног нископа је 3,4 m, а транспортних ходника 3,2 m. Друга карактеристика рампе је да су примењене три кружне кривине малог радијуса (6,10 m) са једним правцем између две кривине дужине 4 m чиме је омогућено "подилажење" наредне завојнице у "стакнутом поретку", односно добијена је коса завојница у циљу праћења подинског дела рудног тела на приближно једнаком растојању,  $сса 15 m$ .

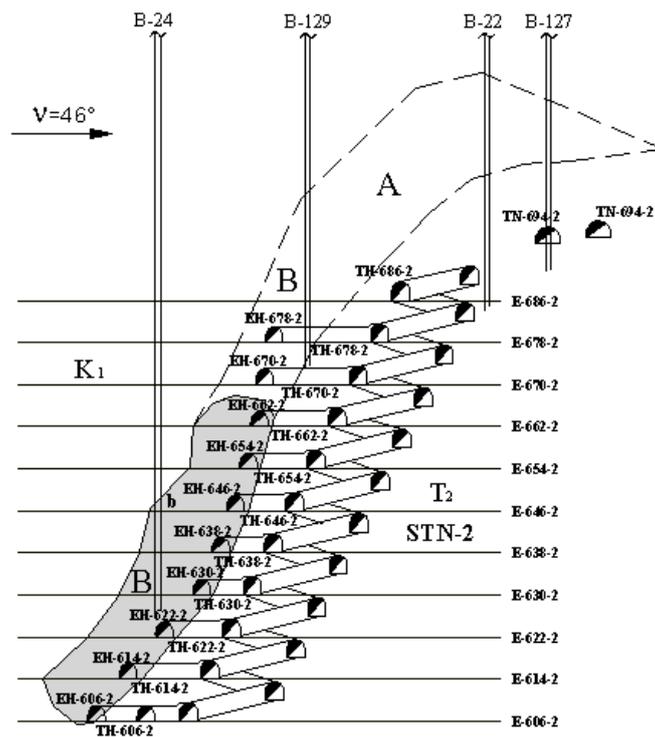
Центри кривина свих завојница налазе у две паралелне вертикалне равни, односно на три косе праве чији је нагиб према хоризонталној равни  $63^\circ 26' 06''$ .



Слика 1. План спиралног транспортног нископа 2 (STN-2) од етаже E-678 до етаже E-606

Figure 1. Plan of spiral haulage slope 2 (STN-2) from level E-678 to level E-606

У раду је приказан пример одређивања геометријских елемената за обележавање STN-2 за прву фазу израде припремних просторија и то од коте  $H=686$  m до коте  $H=606$  m, сл.1. На слици 2 приказан је попречни профил STN-2 за који су одређени геометријски елементи обележавања.



Слика 2. Профил STN-2 – STN-2'

Figure 2. Cross-section STN-2 – STN-2'

### КОНТРОЛА ЕЛЕМЕНАТА ГЕОМЕТРИЈЕ ОБЈЕКТА ДАТИХ ПРОЈЕКТОМ

Елементи геометрије објекта у пројекту могу бити рачунски или графички добијени, па је неопходно проверити њихове вредности с обзиром да је објекат веома сложене геометрије и изводи се у подземном простору. Даље, неопходно је пажљиво извршити контролу просторног положаја јамских полигонских тачака у Главном извозном поткопу (ГИП) који представља

просторију отварања и приступну просторију спиралном транспортном нископу када се буде дошло до фазе израде STN-2.

С обзиром да радови на изради просторија отварања и разраде још нису започети, не постоје релевантни подаци изведеног стања (подаци у државном координатном систему) јамских полигонских тачака у GIP-у. Просторне координате GIP-а и карактеристичних тачака завојнице добијене су на основу интерпретације дигиталног плана који је израђен за потребе пројекта.

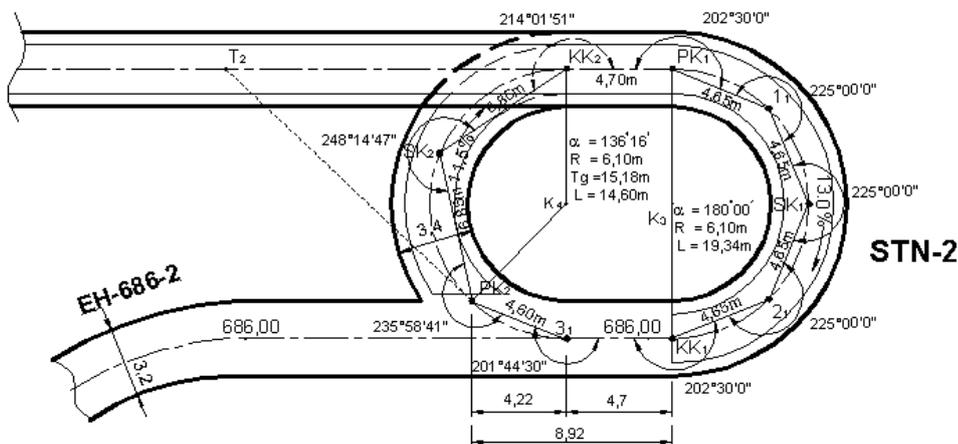
Контрола елемената геометрије у хоризонталној равни изведена је полигонским влаком од тачке PK<sub>1</sub> (H=688,50 m) на почетку STN-2 до тачке на најнижој завојници TH-1<sub>31</sub> са котом H=608,00 m (тачка пресека оса STN и TH-608). Координате тачака добијене су графички (очитане су са дигиталног плана). Полигонски влак садржао је све карактеристичне тачке дате пројектом (укупно 124 тачке). Полигонске стране представљају правци у нископу и тетиве кривина, које су рачунате из елемената кружних кривина. Контрола је показала да су сви елементи дати тачно.

Контрола елемената геометрије у вертикалној равни изведена је нивелманским влаком преко свих тачака које ће бити обележене при градњи објекта. Почетак нивелманског влака је тачка PK<sub>1</sub> са котом H=688,50 m до тачке TH-1<sub>31</sub> са котом H=608,00 m. Контрола је обухватала и рачунање висинских разлика према задатој дужини нископа и задатом паду (11,5%). Контрола је показала да су сви елементи тачни.

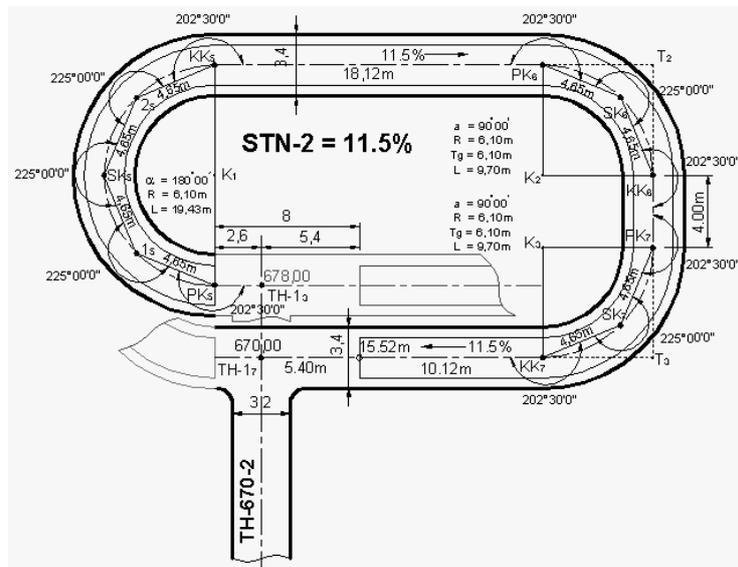
### РАЧУНАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА ЗА ОБЕЛЕЖАВАЊЕ

При одређивању елемената геометрије објекта вођено је рачуна о методи обележавања у јамским условима тако да су елементи узети при контроли истовремено и елементи за обележавање. У хоризонталној равни треба обележити правце од једне до друге карактеристичне тачке, односно дужине страна полигонског влака и преломне углове. За обележавање кривина узето је обележавање тетивама. Дужине тетива одређене су тако да се омогући несметано догледање суседних тачака што условљава габарит подземне просторије.

Како је просторија у кривини, морају се срачунати одстојања бокова просторије од правца између две суседне тачке које су у средини ходника. На слици 3 и у табели 1 дати су елементи за обележавање прве рампе STN-2, од тачке PK<sub>1</sub> (почетак STN-а) до тачке KK<sub>2</sub> (завршетак прве завојнице која се геометријски разликује од осталих). На слици 4 и у табели 2 дати су елементи за обележавање STN-2 на примеру једне завојнице од етажe E-678 до етажe E-670.



Слика 3. Геометријски елементи за обележавање прве рампе STN-2  
Figure 3. Geometric data for laying-out of first ramp STN-2



Слика 4. Геометријски елементи за обележавање рампе од етаже Е-678 до етаже Е-670  
 Figure 4. Geometric data for laying-out of ramp from level E-678 to level E-670

У вертикалној равни су срачунате коте свих карактеристичних тачака из чега се може формирати потребна висинска разлика (табела 1 и 2).

Табела 1. Елементи за обележавање прве силазне рампе – почетак STN-а  
 Table 1. Data for laying-out of the first downward ramp – beginning of STN

тачка	дужина (m)	преломни угао	дирекциони угао	координате		коте (m)
				Y	X	
PK <sub>1</sub>	4,65	202° 30'	165°48'10"	6 600 171,80	4 879 921,93	688,48
1 <sub>1</sub>	4,65	225° 00'	210°32'34"	6 600 172,93	4 879 917,41	687,86
		225° 00'	255°42'39"	6 600 170,56	4 879 913,39	687,24
2 <sub>1</sub>	4,65	225° 00'	300°44'38"	6 600 166,03	4 879 912,24	686,62
		202° 30'	323°10'17"	6 600 162,02	4 879 914,62	686,00
3 <sub>1</sub>	4,70	201°44'30"	344°59'36"	6 600 159,21	4 879 918,37	686,00
		235°58'41"	41°04'52"	6 600 158,03	4 879 922,80	686,00
PK <sub>2</sub>	6,85	248°14'17"	109°08'22"	6 600 162,51	4 879 927,94	685,17
SK <sub>2</sub>	6,85	214°01'51"		6 600 168,96	4 879 925,71	684,34

Табела 2 Елементи за обележавање силазне рампе од Н-678 до Н-670

Table 2. Data for laying-out of the downward ramp from level E-678 to level E-670

тачка	дужина (m)	преломни угао	дирекциони угао	координате		коте (m)
				Y	X	
ТН-13	2,60	180° 00'	322°24'12"	6 600 157,85	4 879 913,83	678,00
РК <sub>5</sub>	4,65	202° 30'	344°46'38"	6 600 156,25	4 879 915,90	678,00
1 <sub>5</sub>	4,65	225° 00'	29°54'30"	6 600 155,04	4 879 920,40	677,46
СК <sub>5</sub>	4,65	225° 00'	74°56'33"	6 600 157,36	4 879 924,44	676,91
2 <sub>5</sub>	4,65	225° 00'	119°40'53"	6 600 161,87	4 879 925,65	676,36
КК <sub>5</sub>	18,12	202°30'	142°24'16"	6 600 165,93	4 879 923,34	675,81
РК <sub>6</sub>	4,65	202° 30'	164°59'54"	6 600 176,99	4 879 908,97	673,72
СК <sub>6</sub>	4,65	225° 00'	209°56'37"	6 600 178,20	4 879 904,47	673,16
КК <sub>6</sub>	4,00	202° 30'	232°24'30"	6 600 175,87	4 879 900,43	672,62
РК <sub>7</sub>	4,65	202° 30'	254°52'20"	6 600 172,70	4 879 897,99	672,15
СК <sub>7</sub>	4,65	225° 00'	299°49'19"	6 600 168,20	4 879 896,77	671,60
КК <sub>7</sub>	15,52	202° 30'	322°24'16"	6 600 164,16	4 879 899,09	671,06
ТН-17		180° 00'		6 600 154,67	4 879 911,41	670,00

Обележавање у хоризонталној равни може се у јамским условима изводити и најновијим електронским инструментима (даљиномери и тоталне станице). Елементи за обележавање дати у табели 1 су управо тако одређени да је могуће обележавање извршити класичним инструментима и прибором (углови мерени теодолитом, дужине мерене пантљиком), односно даљиномерима (углови и дужине) или тоталном станицом (координате свих карактеристичних тачака).

Обележавање у вертикалној равни, због малих дужина страна, обавља се методом геометријског нивелмана, класичним нивелирима са либелом, аутоматским хоризонтирањем визуре или дигиталним нивелиром. Као висинске тачке користиће се наведене полигонске тачке (карактеристичне тачке геометрије рампе).

### ЗАКЉУЧАК

Приказани начин контроле и рачунања елемената за обележавање геометрије објекта може бити успешан само у случају да су дате тачке РК<sub>1</sub> и О (тачка за оријентацију која није приказана у раду и налази се у извозном нископу) апсолутно тачне како по координатама Y и X, тако и по коти Н.

Међутим, тачке РК<sub>1</sub> и О оптерећене су грешкама у процесу одређивања њихових координата и кота. Потребно је с тога, покушати да се пре реализације објекта изврши допунско (поновљено) мерење у циљу провере тачности тачака РК<sub>1</sub> и О, с обзиром да се ради о слепом полигонском влаку. Уколико се појаве одступања у накнадном мерењу неопходно је извршити још једно мерење у циљу добијања релевантних координата и кота тачака РК<sub>1</sub> и О (очекује се да ће два мерења дати приближно исте

результате). При поновном мерењу препоручује се примена других инструмената за мерење углова, дужина и висинских разлика исте категорије са аспекта тачности.

За обележавање објеката сложене геометрије, неопходно је урадити пројекат обележавања који садржи прву и другу фазу наведену у уводу овог рада. У оквиру друге фазе треба извршити претходну оцену тачности обележавања. Претходна оцена тачности садржи тачност дужинских, угловних и висинских величина, као и врсту инструмената и прибора који се мора користити да би се постигла срачуната тачност.

У раду није презентована тачност обележавања појединих елемената геометрије објекта и инструментариј који треба применити, због ограничења у обиму рада.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ашанин, С.: *Инжењерска геодезија II*, Београд, 2003.
2. Главни рударски пројекат за подземну експлоатацију преосталих резерви боксита у лежишту “Костури”, РГФ, Београд, 2008.
3. Borshch-Komponiets, A., Navitny, G., Knysh, G.: *Mine Surveying*, Mir Publisher, Moscow, 1989.

## СТРАТЕГИЈА РАЗВОЈА ИНФОРМАЦИОНОГ СИСТЕМА ЗА РУДАРСТВО

Дражана Тошић<sup>1</sup>, Александар Ганић<sup>2</sup>, Раденко Микановић<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Рударски факултет, Приједор; e-mail: dtosic@rf-pd.org

<sup>2</sup> Рударско-геолошки факултет, Београд

<sup>3</sup> АрцелорМиттал Приједор, Приједор

### РЕЗИМЕ

Ако се информационе технологије у другим привредним делатностима веома успешно користе у циљу мониторинга, анализирања и прогнозирања процеса, зар је у рударству толико тешко усвојити и имплементирати неке предности које би нас довеле у ситуацију да будемо боље информисани и помогли нам у одлучивању. Разрађени пример развоја информационог система у рударству се може у целини реализовати за годину дана уз услов да су претходно и у потпуности дефинисане све процедуре у коришћењу електронске документације и имплементиране све потребне процедуре ISO стандарда. Коначан циљ оваквог концептираног IS је - подршка одлучивању на свим нивоима управљања једном рударском компанијом.

Кључне речи: информациони системи, рударство, подршка о одлучивању

## STRATEGY FOR DEVELOPMENT OF INFORMATION SYSTEM FOR MINING

### ABSTRACT

If the information technology in other industries activities have a very successfully used for the purpose of monitoring, analyzing and forecasting process, is in the mining so hard to adopt and implement some of the benefits that would have led us into a situation to be better informed and help us in decision-making. Elaborate example of development of information system in the mining industry as a whole can be realized in one year on condition that they have defined and fully all the procedures in the use of electronic documentation and implemented all necessary ISO standards procedures. The ultimate goal of this concept of IS is - to support decision making at all levels of management a mining company.

Key words: information systems, mining, decision making support

### УВОД

Прошло је време када су се информационе технологије озбиљније користиле само у случају експлоатације веома скувих минералних сировина. Тренд раста цена свих минералних, па чак и секундарних сировина нам говори да улазимо у доба ресурсно оријентисане економије, где ће се много више водити рачуна о рационалном и ефикасном коришћењу ресурса, као предуслову бољег газдовања, него о конкуренцији на тржишту. Са друге стране је купац који више не тражи јефтино већ квалитетно и еколошки подобно. Ово ће променити досадашњу логику привреде чији је основни циљ био "произвести брзо и јефтино, а продати што скупље" и довести до фаворизовања произвођача који уистину држе до задовољства купца и њихових реалних интереса.

Већ годинама учавамо, да се код нас, о имплементацији информационих технологија у рударској струци углавном пише, планира и анализира, док се од свега тога у пракси примењује веома мало или готово ништа. Све то изгледа лепо и елегантно када се прикаже

на екрану скупог лаптоп-а, послужи нам као повод за два-три састанка, а касније о томе и не желимо да разговарамо.

Истини за вољу, услед сталних захтева за бољом обрадом података, у многим рударским компанијама у региону, користе се модуларна апликативна решења за поједине области као што је: пројектовање рударских објеката, планирање операција и оптимизацију процеса. Оваква решења се користе углавном у фази пројектовања, разраде, отварања или затварања рударских објеката. У фази експлоатације, најдужој фази рударења, апликативна решења се углавном користе у одељењима за рударска мерења (ажурирање месечних промена на објектима, стања рударских радова, геолошке подлоге и сл), јер је обим послова превазишао расположиве људске ресурсе. Данас се, код нас, информационам технологијама прибегава само ако је то изричит захтев инвеститора или неке институције. Развијене су предрасуде да би се, применом информационам технологија, рударски инжењер удаљио од струке.

Да бисмо учинили бар мали искорак, овде се нећемо бавити разлозима за овакву ситуацију, већ разрадити једну стратегију развоја информационам система који се у рударској пракси може спровести брзо, јефтино и флексибилно. У циљу убрзања имплементације, што је за корисника IS једина корист, нећемо се бавити темама:

- a) могућност екстерног приступа систему (*extranet*)
- b) могућност интеграције процесне технике
- c) могућност имплементације елемената управљачког IS

али је важно напоменути да је стратегија перманентног усавршавања и развоја IS основа за његово, исто тако перманентно, коришћење.

## КОНЦЕПТ И ВИЗИЈА

Почетак развоја IS у неће и не може наметнути организацију, обавезе или надлежности, које већ нису усвојене од стране менаџмента предузећа, па неће утицати ни на промену тренутно дефинисаног концепта управљања. Стални развој IS ће у каснијим фазама развоја сигурно наметнути потребу за напредовањем и у примењеном концепту управљања, а у циљу: децентрализације одговорности, веће флексибилности, веће транспарентности, дефинисању потребних анализа и коначно – одлучивања на бази анализа и документованих искустава.

Стратегија развоја система на основу модела или модел-дживен стратегија развоја система наглашава стварање визуелног модела за приказ и анализу система, дефинисање захтева и према њима пројектовање IS, а која се у нашем случају састоји из више техника које ће бити примењене од простије ка сложенијој, и то:

- *Моделирање података* - је техника оријентисана ка подацима, која се користи за моделирање захтева за подацима и пројектовање база података које задовољавају захтеве, а имплементација ISO стандардизације кроз систематизацију документације је једини и елементарни претходни услов и подлога са којом се оно може започети.

- *Моделирање процеса* је техника оријентисана на процесе, део методологије структурне анализе и пројектовања система, која користи моделирање пословних процеса за извођење пројекта IS, па је треба применити у фази када пројектовањем буде требало прећи са линеарног на процесно оријентисани ток информација.

- *Објектно моделирање* је техника којом се постиже обједињавање податка и процеса – објекат, а биће примењена у фази интеграције појединих модула у јединствену целину, унакрсно доступну већем броју корисника.

*Објектно оријентисано моделирање* – је неизбежно ако се жели обезбедити стандард и стални развој, па треба да буде примењено најпре кроз опште модуле података (који се користе од стране свих других сегмената IS), а касније и на све остале модуле ИС. Битно је напоменути да се модулима овде сматрају апликације развијене и специјализоване за организационе јединице предузећа (одељења, погони и службе), као што су: Служба заштите на раду, Инжењеринг, Лабораторија за контролу квалитета, Површински коп, Погон за припрему минералне сировине, Систем за опрему готових производа, Погон за одржавање механизације, и др.

*Тимови по фазама* – Ако по фазама поделимо комплетан пројекат од идеје до имплементације IS (од систем анализе до имплементације и перманентног развоја), избор тимова (извођача) за сваку фазу је кључ успеха пројекта. Ово је веома важна одлука коју доноси сам инвеститор, али се саветује поштовање општих принципа добре праксе:

- стална независна консултантска подршка из области за које се инвеститор не сматра стручним
- избегавање могућности сукоба интереса на било који начин између тимова
- висок ниво стручности из области рударства, геологије, машинства, економије
- документоване обавезе и термин план за сваку фазу
- одобрење извештаја о потпуно извршеној фази, пре започињања следеће фазе

Од стране менаџмента предузећа треба ангажовати интерни тим који би требало да најбоље познаје организацију и ток података предузећа и био способан да спроведе неке од фаза у пројекту, а перманентно одговара за укупно одвијање пројекта развоја IS. Систем анализа је прва фаза коју овај тим треба да заврши, а у следећим фазама учествује у складу са одлукама менаџмента, али најмање са једним од својим чланом ангажованим у свакој од фаза развоја.

## ОСНОВНИ ЦИЉЕВИ

Информациони систем представља скуп људи и опреме који по одређеној организацији и тачно дефинисаним методама обављају прикупљање, пренос, обраду, аквизицију и достављање података, као и креирање информација на бази којих се могу вршити анализе и доносити одлуке о побољшању организације. Тако ће се, ангажовањем основних елемената развоја ИС (опрема, кадрови, програми), најбоље уочити евентуални пропусти у организацији као централном елементу и стећи услови њеног сталног усавршавања.



Увођењем IS се подразумева следећа побољшања:

- унапређење перформанси на свим пољима
- унапређење организованости и информисаности
- унапређење економичности, контроле трошкова или профита
- унапређење управљања (*control*) или безбедности на раду (*safety*)
- унапређење ефикасности људи и процеса
- унапређење подршке (*service*) корисника, добављача, партнера, запослених

па се ови циљеви подразумевају и без посебног наглашавања.

Овде ћемо извршити поделу циљеве према корисничким групама на оперативно-техничке, инжењерске и менаџерске, односно према систему управљања на извршне, руководилачке и управљачке.

Циљеви на оперативно-техничком нивоу:

- смањење обима "ручног" вођења евиденције - тако што ће сукцесивно, сва евиденција бити преведена у електронски облик
- елиминисање могућности понављања (*redudance*) података - тако што ће се сви подаци водити кроз централну базу података
- смањење грешака на подношљив ниво - тако што ће се више водити рачуна о самом податку него о његовом изгледу
- смањење обима послова у обради података - тако што ће се сви извештаји припремати аутоматски

Циљеви на инжењерском нивоу:

- основа за оперативно и краткорочно планирање
- мањи утрошак времена на прибављању информација са више пунктова (тзв. рапортирање)
- елиминисање рутинских административних послова
- тренутно уочавање искакања, грешака, пропуста,...

Према менаџменту циљевима овог IS се могу сматрати:

- тренутно информисање о инцидентним или потенцијално инцидентним стањима
- сменско праћење рада свих погона и увид у реално стање на погону
- аутоматска израда и доступност свих дефинисаних извештаја
- детаљне периодичне и континуиране анализе

Према основном моделирању података, информационом системом треба да буду обухваћени објекти:

- рударски објекти (површински коп, рударска механизација, сепарација, отпрема,...)
  - рударска механизација
  - јединице у технолошкој шеми (утоварна, транспортна помоћна механизација, систем за континуални транспорт руде, погон за припрему минералне сировине, залихе готових производа, отпрема)
  - машинско одржавање
  - електро одржавање
- као и операције (активности) на сменском ниво по свакој јединици у технолошкој шеми:
- ефективни рад (мото-сати, км-сати, пређени пут, локација рада, траса кретања,...)
  - услови и квалитет радне средине (уређеност радилишта, квалитет транспортних путева,...)
  - метеоролошки и еколошки услови (температура, влажност, падавине, магла,...)

- процесуирана врста материјала (ровна руда, јаловина/раскривка, крупна робна руда, ситна робна руда)
- реализација (нпр. утоварена, транспортована или процесуирана врста и количина материјала)
- потрошња (енергената, горива, мазива, ...)
- застоји услед квара на опреми (стројева и постројења)
- технолошки застоји (чекање због других учесника у технолошком ланцу)
- захвати на одржавању (сервис)
- ангажована радна снага (руководалац, надзорник, пословођа, сменски или погонски инжењер, ...)
- запажања непосредних извршилаца

Како нам је циљ што бржа имплементација, али и систем са што мање грешака, избећи ћемо сва унапређења која сматрамо недостижним у кратком временском периоду, па ћемо тако на пример, посао аквизиције података препустити човеку (*MAP*), свесни могућих пропуста, уместо аутоматске аквизиције података (*AAP*). Дакле, у прикупљању и аквизицији података човек игра главну улогу, па се може рећи да је ово вероватно највећи недостатак овог концепта, али се, каснијом уградњом мерне и комуникационе технике, и ово може знатно унапредити. Шта више, *MAP* се може сматрати превазиђеним методом већ више од 10 година, а док цена и поузданост мерно-комуникационих уређаја сваким даном говоре у прилог *AAP*.

Да би се избегла ентропија класичних система документовања (папир и оловка) под утицајем "људског фактора", потребно је да сва документација буде обухваћена електронском обрадом, под сталном контролом исправности и објективности. У овом случају, потреба за већим степеном одговорности свих запослених расте, а може бити и од кључног значаја за успех имплементације било каквог система, јер неретко се констатују случајеви саботаже запослених, као неки вид отпора према свему што је ново. Такође, треба да буде јасно, да олакшање обављања рутинских послова увођењем информационе технологије, неће никада моћи да замени стручност, знање и искуство које се добија људским радом.

## ДУГОРОЧНИ ЦИЉЕВИ

На решавању свега одједном не треба инсистирати, јер свака имплементација намеће и потребу за сталним одржавањем и развојем *IS*. У ове циљеве се могу уврстити:

- примена елемената експертних система – база знања
- управљање пројектима и подршка одлучивању
- пуна интеграција мерне, комуникационе и процесно-управљачке технике
- примена елемената информационо-управљачког *IS*

У данашњем управљању савременом производњом намеће се потреба за апликативним решењима којима се обезбеђује планирање пројеката, а у оквиру њих и мониторинг извршења планираних акција. Због тога се, у овој стратегији развоја *IS*, група модула *PPM* (*project planning management*) стављају као кровни јер су најпотребнији менаџменту предузећа.

*PPM* треба да обезбеди пуну интеграцију:

- свих нивоа планирања (стратешко, периодично и оперативно)

- више профила корисника (дефинисање структуре пројекта, унос података, анализа, извештаји)
  - производно-техничких и економско-финансијских података
  - свих облика и врста ресурса (време, новац, људи, материјали, услуге/послови)
  - мониторинга над извршним задацима по власницима процеса (вертикално и хоризонтално)
- а чине га модули:
- ERP (*enterprise resource planning*) – планирања утрешка ресурса
  - ERM (*enterprise resource monitoring*) – модул мониторинга утрешка ресурса
  - PTE (*project tasks execution*) – модул мониторинга над извршеним задацима
  - PMD (*project make-decision support*) – модул предвиђања тренда појаве и подршка одлучивању

У коначне циљеве спадају:

- да се укључи сва процесна опрема која би обезбедила аутоматску аквизицију података и доступност у реалном времену (тренутно)
- да се обезбеди стални надзор над свим јединицама у технолошком ланцу
- да се обезбеди надзорно-управљачка интеграција над целим технолошким процесом

## ФАЗЕ РАЗВОЈА IS

Применом опште методологије пројектовања и имплементација IS и модификоване за наше услове, може се рећи да су обавезне следеће фазе:

1. Усвајање ISO стандарда – Најмање што ISO стандардизацијом треба да буде усвојено су процедуре о потребама, обавезама, надлежностима и одговорности у процесима:
  - a) управљања планом и извршењем производње и продаје
  - b) управљања ресурсима (радна снага, машине, енергенти,...)
  - c) управљања документацијом свих активности
2. Систем анализа – се састоји из:
  - a) Утврђивање чињеница (*fact-finding*) је формални процес коришћења истраживања, интервјуа, састанака, упитника, узорака и других техника прикупљања информација о системским проблемима, захтевима и приоритетима
  - b) Документација и презентација - записивање чињеница и спецификација система за каснију употребу
  - c) Презентација - саопштавање резултата, препорука и документације заинтересованим корисницима и менаџерима
  - d) Складиште - база података или фолдер за смештање комплетиране документације, знања и чињеница за информациони систем
  - e) Анализа изводљивости
  - f) Снимак и анализа постојећег стања -
  - g) Предлог пројектног задатка (PZ)

3. Пројектовање IS (*логичко моделирање*) – према усвојеној систем анализи и пројектном задатку, данас се обавезно ради у неком од стандардних алата за моделирање података, ER i CASE алата: "ORACLE Designer", "Erwin", "DBDesigner", "Entity Relationship Diagrammer" (ERD), "MagiCASE", "EasyCASE System Designer", "S-Designor" и други.

Оно што се очекује од пројектне документације је – да буде универзална, односно применљива на различитим платформама извођења (програмирања) и да не претпоставља

или фаворизује неку од серверских платформи у којима ће пројекат бити изведен, а посебно независна од *DBMS*.

4. Извођење (*физичко моделирање и програмирање*) *IS* – је прва фаза материјализовања онога што је до тада била само идеја, па је у овој фази најзначајније да се одаберу алати који су довољни за пуно остварење пројектованог.

6. Имплементација *IS* – је процес увођења у употребу изведених модула *IS*, подразумева мноштво додатних активности (тестирање, едукација корисника, исправљање грешака и сл.), па самим тим и најосетљивија и најтеже временски предвидљива фаза.

7. Одржавање и перманентни развој *IS* – је трајни процес којим се завршава један, а започиње следећи животни циклус унапређења информационог система.

## ОСНОВНИ МОДУЛИ И КОРИСНИЦИ

Поређани по принципа развоја *IS* од једноставнијег ка сложенијем, овај *IS* захтева најмање следеће модуле:

*Safety Observer* – за потребе заштите на раду и пуног мониторинга над свим погонима предузећа

*Chemical Laboratory* – за потребе лабораторије (контрола квалитета у процеса производње и отпреме)

*Dispatch System* – за обраду података у депоима и отпреми готових производа

*Processing Plant* – за обраду података у процесу припреме минералне сировине од улаза равног материјала до одлагања готових производа

*Mining Production* – за обраду података у процесима који се одвијају на рудокопима (бушење, минирање, утовар, транспорт, претовар, унутрашњи депои руде, депои јаловине)

*Equipment Maintenance* – за обраду података у погонима одржавања механизације и постројења

*Project planning* – за оперативно планирање и мониторинг извршења пројеката (план и реализација: активности, утрошка ресурса, синхронизацију активности)

*TOP Management* – за потребе мониторинга, извештавања, анализе и стратешког планирања на највишем нивоу управљања предузећем

Поштујући потребе корисника, да неки од модула или његов део, буде на располагању пре него што се претходни у потпуности имплементира, тако би се, на пример, развој модула *TOP Management* одвијао паралелно развоју свих других, јер се уочава да сви други треба да задовоље захтеве овог централног модула.

## ОЧЕКИВАНЕ ТЕХНИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ИС

На основу искустава најуспешнијих - *Web orijentisani IS sa трослојном архитектуром* се намеће као најрационалније решење, а за развојно окружење се бирају:

- Ниво III – радна станица (*Client*) uz *Web Browser* као извршно програмско окружење. За развој клијентског дела се користе алати: *HTML, JavaScript,...*
- Ниво II – апликативни *Web Sever: Apache Web Server, PHP,...*
- Ниво I – датабасе сервер: *MySQL Server,...*

Остали алати (за израду интерфејса, за тестирање, за управљање верзијама, за израду упутстава,...) користе се само на развојној страни, па је улагање за њихову набавку

минимално, ако не и минорно. За кориснике који ће приступати уносу већег обима података могу се развити специфична апликативна решења у *MS Access*-у или неком другом развојном алату, који нуди најбоље графичко окружење (*GUI*) за ову намену.

## КОЛАБОРАЦИЈА СА ДРУГИМ СИСТЕМИМА И БУДУЋНОСТ

Узимајући у обзир ситуацију да је у многим рударским компанијама, за економско-комерцијалне послове, у употреби неки од софтверских система, неопходно је да се са постојећим системом дефинише аутоматска размена заједничких података. Уколико би два система функционисала потпуно одвојено дошло би до многоструког дуплирања истих података (*redundance*), чиме би се повећала ентропија целог система рада и управљања предузећа. Тада би оправданост оба система била доведена у питање.

Међусобна размена података (синхронизација, једнострано преузимање или дељење), која би била строго дефинисана и потпуно контролисана би елиминисала потребу да економски (постојећи) и индустријски (будући) информациони систем буду интегрисани. Њихов развој би текао независно један од другог, а размена података усавршавана према потреби.

Оваквих случајева (повезивања два система) може бити и више, па исти принципи треба да важе и за било која друга специјализована софтверска решења (*GEMCOM Surpac, DataMine, TalPAK,...*), како у рударској и геолошкој, тако и блиским струкама (машинска и електро-енергетска). Да би ИС остао отворен према новим и независним софтверским решењима, којих ће у будућности бити све више, не треба инсистирати на лажној интеграцији, већ је боље задржати се на функционалној колаборацији са многима уз општи услов размене информација кроз базе података. Појам "интегрисани информациони системи" се може односити само на велике и веома различите информационе система, као што је то нпр. интеграција информационих система свих јавних предузећа, а овде обим података није толико робусан.

Информациони системи развијени на принципима:

- отвореног програмског кода (*open source*)
- строго документованог развоја
- потпуног власништва корисника над базама података

имају будућност јер:

- инвеститор истовремено може бити и власник, а тиме независан
- мотивишу корисника (инвеститора и власника) да улаже у њихово стално унапређење
- се цена развоја и одржавања своди на цену стручне радне снаге

Препреке развоја оваквог ИС које су евидентне или се могу очекивати у будућности:

- стална флукуација кадрова у информационим технологијама
  - тржиште рада у региону не располаже вишком стручних кадрова за ове послове
  - антипропаганда од стране компанија које се баве изградом софтвера,
- јер у оваквом приступу виде могући губитак тржишта

Поред осталих добрих страна оваквог ИС, сигурно је да у догледно време и у функционалном облику, он може да се пласира на домаће тржиште и донесе додатни прилив средстава.

## КО И КАКО?

Да не би дошло до неке од ситуација које могу резултирати застојем или прекидом рада на пројекту, треба обезбедити да, стране које учествују у пројекту, имају вољу, жељу и интерес од учешћа. Ако се из искуства зна да 20% мотивисаних чланова тима заврши 80% посла и да све може да сруши једна лоша одлука менаџмента – јасно је колику одговорност у овом пројекту носе они који одлучују о његовом току, а нарочито у односу према људским ресурсима.

Најбоља комбинација у подели задатака у развоју:

- дефиниција пројектног задатка и стални надзор развоја – менаџмент предузећа
- систем анализа – стручни тим предузећа са екстерним стручним консултантима
- пројектовање – екстерни стручни тим
- имплементација - стручни тим предузећа са екстерним стручним консултантима
- перманентни развој - стручни тим предузећа

Интересно удруживање више рударских компанија са истим циљем (у једном оваквом пројекту) би било решење неких од проблема који се могу јавити, а поред осталих би се решило и следеће:

- размена кадрова, знања и искуства – заснованост на знању
- развој IS који би био шире дефинисан и прихваћен – универзалност
- повољнија набавка лиценци развојних алата – мање инвестиционо улагање

## ЗАКЉУЧАК

Не гајимо илузије да смо, на овако малом простору, успели да поменемо све добре стране овакве стратегије, али се надамо да ћемо неке од колега подстаћи да о, овде наведеним идејама, размењују мишљење и унапреде представљену стратегију. Како се само добром критиком може испровоцирати и виши ниво квалитета, позивамо вас да својим критикама утичете на своје окружење и успостављање свести да информатичко доба није будућност већ садашњост, а сви ми данас у његовој критичној преломној фази. Информационе технологије се не смеју окренути против човека, али ако већина нас остане пасивна – то се већ може десити, а сведоци смо да се некима већ дешава.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Милош Сорак: "Менаџмент производње", Бањалука 2006
2. Електронски часописи о примени ИТ у рударству

## МЕТОДЕ ОДВАЈАЊА ПЛОДНИХ ПОВРШИНСКИХ ХОРИЗОНАТА ЗЕМЉИШТА ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЈИ МИНЕРАЛНИХ СИРОВИНА

Горан Ковачевић<sup>1</sup>, Ненад Малић<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Рударски институт, Бања Лука

### РЕЗИМЕ

У раду је приказано седам могућих начина одвајања плодних, површинских хумусно-акумулативних земљишних хоризоната при површинској експлоатацији минералних сировина. Анализирана је могућност и ефикасност примјене различитих система (варијанти) у односу на тип земљишта и начин експлоатације сировине. Кроз предности и недостатке размотрен је утицај сваке варијанте на битне физичке особине (текстуру, структуру и порозност) земљишта, као и на укупни губитак земљишног материјала кроз радне операције. Правилно откопавање и каснија поновна употреба плодних дијелова земљишног солума представља најефикаснији начин успјешне рекултивације. Из тог разлога ова фаза би требала бити претходница откопавању цјелокупне откривке, те заузимати важно мјесто у првим корацима извођења рударских радова.

Кључне ријечи: површински хоризонти земљишта, експлоатација, рекултивација.

## METHODS METHODS DETACHED OF FERTILITY SURFACE SOIL OF HORIZONES AT EXPLOITATION MINERAL MATERIALS

### ABSTRACT

This paper shows seven possible modes of separation of fertile, surface soil horizons during surface exploitation of mineral raw materials in mining works. Possibility and efficiency of application of different methods (variants) in relation to soil type and mode of exploitation of raw materials are analyzed. Through advantages and disadvantages, we analyzed the influence of every variant on physical properties (texture, structure and porosity) of soil, and also on total loss of soil material through working activities. Proper excavation and later usage of fertile parts of soil solum represents the most efficient mode of successful reclamation. Therefore, this phase should precede excavation of whole overburden, and take an important place in the first steps of planning the mining works.

Key words: surface soil of horizons, excavation, exploitation, reclamation.

### УВОД

Након завршетка експлоатације минералне сировине на неком подручју, потребно је мјерама рекултивације успоставити претходно прекинуте биолошке процесе. Основ за било који вид биолошке рекултивације је формирање повољне средине за развој коријеновог система, антропогено заснованих биоценоза. Кључна мјера за остваривање тога циља представља селективно одвајање, чување, те поновно наношење површинских плодних хумусно акумулативних земљишних хоризоната на припремљен (технички рекултивисан) терен (Вујић, 2006). Оваквим начином завршетка техничке рекултивације (који се могу назвати процесом оземљавања), стварају се услови за биолошку фазу рекултивацију (Ресуловић, 1984).

Технолошке шеме откопавања, транспорта и наношења плодних земљишних хоризоната треба да обезбиједи високе техничко – економске – еколошке параметре кроз: прихватљиве трошкове селективне експлоатације откривке, продуктивност рада, умањење губитака и разблажења земљишних хоризоната, минимално погоршање физичко-хемијско-биолошких особина захваћеног земљишта.

## МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА

Радам су предложени могуће методе селективног откопавања и даље манипулације са плодним земљишним материјалом на најчешћим рударским објектима Републике Српске. Реализација предложених начина је изводљива: на већим површинским коповима (п.к.) угљене и друге руде (равничарски и брдски басени), мањим коповима техничког камена (каменоломи), те позајмиштима шљунка и сличног материјала (Јазић, 2005, Лекић, 2006, 2007, 2008).

Размотрен је утицај сваке варијанте на основне физичке особине (текстуру, структуру и порозност) земљишта (Живковић, 1991), као и на укупни губитак земљишног материјала у току манипулативних радних операција (Ољача, 1992, Мићић и Ољача, 1991). У обзир су узети најчешћи типови земљишта који се јављају као покривачи предметних минералних сировина (Ћирић, 1991).

Вршен одабир варијанти (конкретних технолошких процеса) за практичну примјену у највећој је зависности од типа земљишта и конфигурације терена, те начина и типа експлоатације минералне сировине. Опрема и механизација који су потребни за извршење радних операција су приказани у табели 1.

Табела 1. Потребна механизација и опрема  
Table 1. Necessary machinery and equipment

РАДНА ФАЗА				
Откопавање	Утовар	Транспорт	Одлагање	Планирање
Роторни багер	Роторни багер	Транспортна трака	Одлагач	Булдозер
Багер сајлаш	Багер сајлаш	Камион	Камион	Скрепер
Багер "Surface miner"	Багер "Surface miner"	Скрепер	Скрепер	
Скрепер	Скрепер			
Хидраулични багер	Хидраулични багер			
Булдозер	Утоваривач			

Селективно откопавање, транспорт, привремено одлагање и поновно наношење површинских земљишних хоризоната на завршним површинама одлагалишта и површинских копова може се изводити преко три основне шеме

- I) Обједињено (истовремено) откопавање плодних површинских земљишних хоризоната и остале откривке (дубински хоризонти) коришћењем исте опреме за припремне, експлоатационе и рекултивационе радове.
- II) Раздвојено (посебно) откопавање плодних површинских земљишних хоризоната и остале откривке коришћењем посебне опреме, којом се прво откопава плодно земљиште,
- III) Комбинацијама претходне двије шеме.

## РЕЗУЛТАТИ ДИСКУСИЈА

Разрадом основних технолошких и најчешћих шема експлоатације са предоченом механизацијом и опремом, а у зависности од реализације примјене на нашим тереним и присутним земљишним типовима, анализирано је седам основних варијанти откопавања, транспорта и завршног наношења плодног земљишног материјала на уређена одлагалишта и откопане просторе површинских копова. Све анализирани варијанте ових технолошких процеса могу се реализовати примјеном континуалне и дисконтинуалне опреме.

#### МЕТОД 1: Роторни багер → транспортна трака → одлагач → булдозер

Ова варијанта је остварљива само на лежиштима гдје је знатна дебљина хумусног продуктивног слоја, те је у тим условима могућа примјена тзв. БТО система (багер-трака-одлагалиште) као основна расположива опрема. Прво се скину одређени површински хоризонти, а потом слиједи откопавање остатка геолошког материјала до дубине минералне сировине.

Предности оваквог метода откопавања су слиједеће:

- На дубљим земљиштима остварљиви велики учинци;
- При откопавању и транспорту минимално погоршање земљишних својстава (нема збијања, порозност се не мијења, као ни механички састав);
- Знатан капацитет поменутог система при довољној дебљини хумусно продуктивних хоризоната
- Откопавање могуће при различитим водним режимима земљишта без могућности смањења квалитета манипулисаног материјала.

Недостаци:

- При дебљинама плодних хоризоната мањим од два метра значајно се смањује висина реза багера, чиме се драстично смањује капацитет багера, а тиме и директно пропорционално продуктивност и рентабилност цијеле производње;
- Знатан је растур материјала током технолошког процеса;
- Због неравномјерно одложеног материјала одлагачем, потребни су велики радови булдозером, што битно утиче на погоршање механичких особина земљишта, што се манифестује у збијању и смањивању порозности.

#### МЕТОД 2: Багер дреглајн → транспортна трака → одлагач → булдозер

Метод је примјењив на коповима брдског и равничарског типа. Одабир ове методе откопавања продуктивних хумусних слојева је има смисла у површинским коповима који заузимају знатан простор. Поред техничких паратетара за одабир ове методе битна је и економска оправданост примјене.

Предности употребе багера дреглајна за откопавање плодних хоризоната:

- Једноставно прилагођавање жељеним дубинама откопавања плодних хоризоната;
- Најчешће су изједначени оптимална дубина копања багера и одвајана плодна откривка;
- При откопавању и транспорту минимално погоршање земљишних својстава (нема збијања, порозност се не мијења.);
- Појефтиније се поступак транспорта одабиром транспорта тракама;
- Рад је најчешће независан од климатских услова.

Недостаци:

- Употреба дреглајна као јединог средства на откопавању површинских хоризоната је доста неефикасна и спора (успорава напредовање фронта радова на откопавању непродуктивних слојева откритке и откопавања угља);
- Знатан губитак земљишне масе;
- Потреба за радом булдозера на одлагалишту утиче на погоршање механичких особина земљишта (збијање и смањење порозности).

МЕТОД 3: Багер "Surface miner" → транспортна трака → одлагач → булдозер

Метод се може користити као обједињена или раздвојена шема за откопавање. Претходна два и овај систем се реализују континуално, што дефинише да се комплетна манипулација са земљишном масом обавља непрекидно у једном ланцу.

Предности:

- Могућност остваривања великих учинака, без већих штетних утицаја на земљишну плодност;
- Једноставно прилагођавање жељеним дубинама откопавања, откопавањем у више резова.,
- Појефтиније се поступак транспорта одабиром транспорта тракама,

Недостаци:

- Технологија захтијева више транспортних траса тракстих транспортера;
- Систем као цјелина је доста скуп (осим багера и одлагача високе цијене диктира и дужина транспорта), а поготово ако не спада у основна средства при експлоатацији.

МЕТОД 4: Багер "Surface miner" → камион → булдозер

Метод 4 и сви наредни, представљају дисконтинулане технолошке процесе откопавања. При истима, манипулација са земљишним материјалом не обавља се у континуитету.

Конкретно, овим технолошким процесом могуће је такође у потпуности откопати до жељене дубине плодно земљиште и то испред фронта радова на већини површинских копова. Значи, лако је избјећи мијешање са дубинском (најчешће неплодном откритком).

Предности ове методе као технолошког процеса:

- Могући велики продуктивни учинци;
- Једноставна могућност прилагођавања жељеним дубинама откопавања, без мјешања са дубинском (најчешће неплодном откритком);
- Прилагодљивост на брдовитом рељефу, и разним типовима земљишта.

Недостаци се огледају у слиједећем:

- Потребна висока синхронизација свих радних операција;
- Економска оправданост примјене је само у случају ако земљиште са дубоким плодним хоризонтима заузима већину укупног простора површинског копа.

МЕТОД 5: Скрепер

Систем примјењив у разним експлоатацијама и морфолошким условима. Машинску структуру система осим скрепера често чини и један булдозер, који служи као помоћна машина у функцији припреме за несметна и функционалан рад скрепера.

Предности скреперског система се огледају у слиједећем:

- Употреба једне машине може да буде еквивалент неколицини;
- Мање захтијевно одржавање система као цјелине;
- Минимални губици и посљедице на земљишта у комплетном циклусу;

Недостаци:

- Употреба само једног скрепера повлачи изузетно ниске учинке ;
- Нагло смањење радног капацитета са порастом влажности земљишта;
- Апсолутна неекономичност код примјене на већим површинама.

#### МЕТОД 6: Булдозер → утоварач → камион → булдозер

Булдозерско скидање површинских земљишних хоризоната је нашло широку примјену на брдским и неравним теренима нашег окружења, гдје су најчешће у питању плитка земљишта и експлоатација техничког и архитектонско грађевинског камена, мада је доста ефикасан и код снимања хумусних продуктивних слојева на лежиштима шљунка. Употреба је могућа и на рудним лежиштима, када је у кровини присутан стијенски материјал. То су најчешће подручја плитких и других неразвијених типова и подтипова земљишта са доста скелета.

Предности оваквог система су:

- Прилагодљивост разним типовима земљишта и морфолошким условима;
- Несметаност у раду при наласку на већа страна тијела и земљишне уметке;

Недостаци:

- Механичке особине земљишних површинских хоризоната трпе велику деструкцију (изражено збијање и антипорозни ефекти), нарочито због двоструке употребе булдозера;
- Могући учинци су у корелационој вези са обликом терена и самим стањем на терену.

#### МЕТОД 7: Хидраулични багер → камион → булдозер

Пун ефекат рада хидрауличног багера (у дубинском, рјеђе висинском блоку откопавања) се остварује на изразито лаким и пропусним земљиштима, као што су алувијони у долинама ријека и њима слична долињска тла. Тада је најчешће у питању експлоатација шљунка и/или пијеска, који се налазе на дубини од свега пар метара. Најчешћа налазишта ових материјала су у равницама и крај већих ријека. Сем те примјене велике су могућности и на већини других типова површинске експлоатације.

Основне предности оваквог начина откопавања су:

- Прилагођеност код примјене на хетерогеном рељефу и различитим типовима земљишта;
- Идеалан начин за откопавање минималних количина земљишних маса на разним стјеновитим предјелима брдских копова;
- Крупнија страна тијела (умеци) у/и на земљишту се лако елиминишу.

Недостаци:

- Примјена је усмјерена искључиво на мање површине;
- Немогућност брзог откопавања већих земљишних маса малим машинским прстеном.

Како одређени површински коп користи најчешће један метод откопавања плодних слојева, врло је битно одабрати најоптималнију варијанту у одређеној ситуацији. У табели 2 приказан је избор варијанте откопавања у односу на 2 битна фактора и то: врста експлоатације и тип земљишта. Графикон 1 показује међусобни однос могуће примјене појединих варијанти у процентима. При усвајању одређене варијанте неопходно је познавати њихов потенцијални утицај на одређене земљишне особине, као и могућност губитка материјала земљишних хоризоната током њихове манипулације, што је описно дато табелом

Табела 2. Избор методе откопавања површинских хоризоната у односу на тип земљишта и начин експлоатације минералних сировина

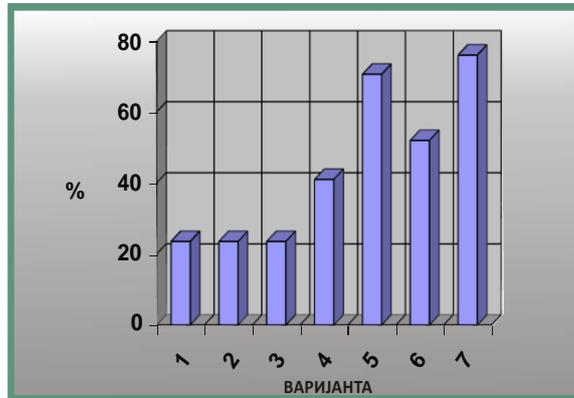
Table 2. Selection of excavation method of surface horizons in relation to soil type and mode of exploitation of raw materials

Врста експлоатације <i>Kind of exploitation</i>	Тип земљишта <i>Soil type</i>	Слабо развијена скелетна земљишта, профила (А)-С, (А)-R	Дубока хумусно акумулативна земљишта, профила А-С	Плитка земљишта, профила А-(В)-R, А-Е-В-С-R	Дубока земљишта профила А-(В)-R, А-Е-В-С-R	Земљишта уз ријечна корита, профила I(A)-II-III, A-C-G	Дубока и тешка земљишта, профила А-Ig-III-C, A-G
Велики брдски површински копови <i>Big mountain surface mine</i>	Варијанте 6, 7	Варијанте 5, 6, 7	Варијанте 5, 6, 7	Варијанте 4, 5, 6, 7	-	-	
Велики равничарски површински копови <i>Big level surface mine</i>	-	Варијанте 1, 2, 3, 4, 5	Варијанте 5, 6, 7	Варијанте 1, 2, 3, 4, 5	Варијанте 1, 2, 3, 4, 5	Варијанте 1, 2, 3, 4, 5	
Површински копови техничког камена <i>Surface mine of technical of rock</i>	Варијанте 6, 7	-	Варијанте 6, 7	-	-	-	
Експлоатација шљунка и пијеска <i>Eksploitation of gravel and sand</i>	Варијанте 6, 7	Варијанте 4, 5, 7	Варијанте 6, 7	Варијанте 5, 7	Варијанте 5, 7	Варијанте 5, 7	

Табела 3. Посљедице анализираних методе на особине земљишта

Table 3. Effects of analysed methods on soil properties

Особина земљишта <i>Property of soil</i>	Варијанта <i>Method</i>	Варијанта 1 <i>Method 1</i>	Варијанта 2 <i>Method 2</i>	Варијанта 3 <i>Method 3</i>	Варијанта 4 <i>Method 4</i>	Варијанта 5 <i>Method 5</i>	Варијанта 6 <i>Method 6</i>	Варијанта 7 <i>Method 7</i>
Текстура <i>Texture</i>		мали	мали	средњи	средњи	мали	средњи	мали
Структура <i>Structure</i>		средњи	средњи	средњи	средњи	мали	велики	средњи
Порозност <i>Porosity</i>		средњи	средњи	средњи	средњи	мали	велики	средњи
Губитак <i>Loss</i>		велики	велики	средњи	мали	мали	средњи	мали



Графикон 1. Процентуални однос примјене анализираних метода откопавања  
Graph 1. Percentage ratio of the usage of the analysed excavation methods

## ЗАКЉУЧАК

Овим радом се стиче увид у могућности селективног откопавања и одвајања површинских земљишних хоризоната приликом основних система експлоатације минералних сировина, што је од изузетног значаја за предстојећу рекултивацију. Из тог разлога фаза одвајања плодних површинских хоризоната земљишта треба бити правилно пројектована и реализована. Фактори од којих прevasходно зависи избор одговарајуће варијанте су слиједећи:

- присутни типови земљишта са њиховим физичким и хемијским особинама,
- врста механизације (опреме) на површинском копу са којом се врши откопавање откритке,
- тежња ка остваривању минималних губитака у количини и квалитету земљишта,
- дефинисање опреме за откопавање плодних дијелова земљишног солума као основне или допунске,
- положај минералне сировине у односу на конфигурацију терена, морфологија терена,
- продуктивност и економичност примјене опреме,
- годишња количина скидања површинских хоризоната,
- начин коришћења тог материјала и вријеме наношења (одмах или одложено), кроз дефинисање пројектних рјешења.

Могућност најшире примјене у основним врстама експлоатације и на различитим типовима земљишта имају методе 5 и 7. Најбоље резултате са аспекта непожељних ефеката на земљиште омогућује примјена методе 5. У даљим пројектовањима треба минимализовати прекомјерну употребу булдозера, те фаворизовати машине који мање збијају и на други начин оштећују земљиште.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вујић, С. (2006): Селективно откопавање и одлагање откритке у функцији рекултивације површинских копова угља. РГФ, ЕПС, АИНС, Београд.
2. Лазић, А. И сар. (2005): Допунски рударски пројекат површинског копа "Грачаница" – Гацко до краја експлоатације. Пројекат затварања копа, књига II и VI. Центар за површинску експлоатацију Београд.
3. Лекић, Б. и сар. (2006): Допунски рударски пројекат ПК "Рашковац" Станари. Књига 1, 3 и 9. Рударски институт Бања Лука.
4. Лекић, Б. и сар. (2007): Главни рударски пројекат експлоатације и прераде шљунка и пијеска на ПК "Орлово Поље", општина Пелагићево. Рударски институт Бањалука.

5. Лекић, Б. и сар. (2008): Допунски рударски пројекат експлоатације кречњака на каменолому "Љубачево" код Бања Луке. Рударски институт Бања Лука.
6. Мићић, Ј., Ољача, В. М. (1991): Гусјеница или пнеуматик: утицај на механичко-технолошке особине земљишта. Тематско савјетовање: Актуелни проблеми технике наводњавања и избор опреме. Зборник радова, 236-242. Неготин.
7. Павловић, В. (2000): Рекултивација површинских копова и одлагалишта. Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет.
8. Ољача, В. М. (1992): Оштећење механичких особина земљишта гусјеницама трактора. Конгрес Српског друштва за пољопривредну технику. Зборник радова, 183-185. Горњи Милановац, Лепенски вир.
9. Живковић, М.: Педологија (прва књига - генеза, састав и особине земљишта). Пољопривредни факултет Београд и Научна књига Београд, 1991.
10. Ћирић, М. (1991): Педологија. "Свјетлост" Завод за уџбенике и наставна средства, Сарајево.

## ФИЗИЧКО - МЕХАНИЧКА СВОЈСТВА КРЕЧЊАКА СА НАЛАЗИШТА "ОТЛОВИЋИ"

Мира Милић<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Шумарски факултет Бања Лука, e-mail: mira\_milic2002@yahoo.com

### РЕЗИМЕ

У раду су приказани резултати геолошких истраживања и експлоатације, те повољних хемијских, минералшко-петрографских и физичко-механичких својства, који сврставају налазиште кречњака "Отловићи" код Кнежева, у значајан природни ресурс Републике Српске за прозводњу грађевинског материјала, уз могућност његове шире примјене.

### THE PHYSICAL-MECHANICAL CHARACTERISTICS THE LIMESTONE DEPOSIT „OTLOVIĆI“

#### ABSTRACT

This paper gives the results of geological exploration and exploitation, with good chemical structure, mineral structure, physical and mechanical characteristics represents significant of the limestone deposit "Otlovići" near Kneževo, natural resource for production of building materials, with a possibility of relatively simple and profitable exploitation.

#### УВОД

Савремена индустрија користи камен, као и његов агрегат, у различитим индустријским гранама, тако да је камен постао неопходан материјал у све сложеније изграђеним грађевинским објектима. Према количини, употребљених стијена, 80 % припада кречњаку, 8% базалту, 5 % граниту, 3 % пијеску 14 % осталим стијенама (по Валентину В. Тепордене, 1984). Значај кречњака као грађевинског материјала може се сагледати кроз његову укупну протрошњу која знатно надмашује количину свих других чврстих стијена заједно. Међутим, примјена кречњака највеће је у грађевинарству, а заснива се на различитим својствима, којима треба да задовољи минималне захтјеве за предвиђене намјене.

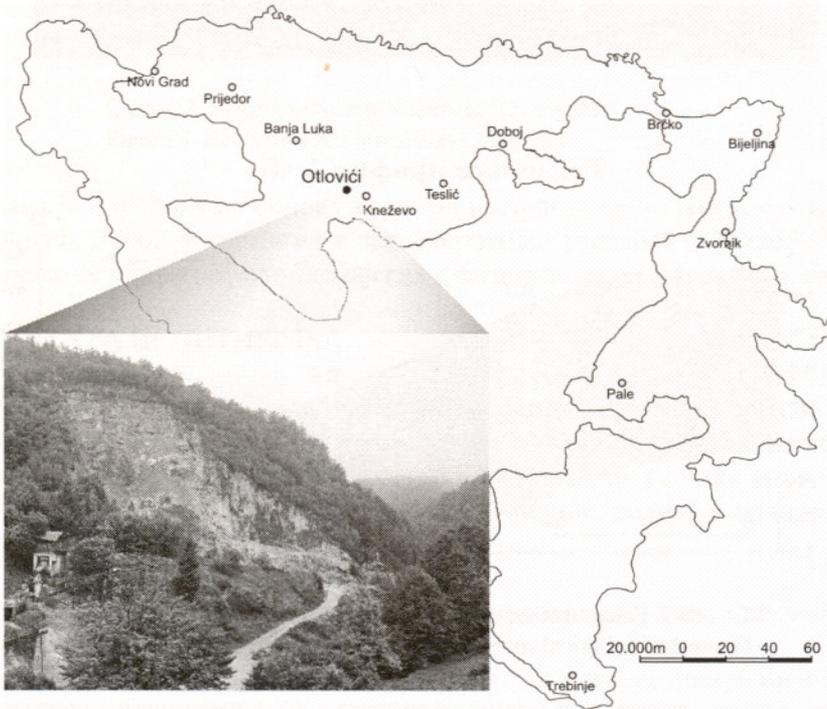
С обзиром, да је предмет проучавања карбоната налазиште кречњака „Отловићи” код Кнежева са аспекта примјене кречњака за производњу техничког дробљнеог камена, у сагласности са прописаним техничким условима ЈУС-а. Наиме, лежиште кречњака "Отловићи" налази се око 10 km сјеверно од Кнежева, поред пута Бањалука - Кнежево. У морфолошком погледу лежиште припада планинском типу. Лоцирано на у истоименом насељу Отловићи на обронцима планине Чемаренице на 920 m. н.в. Лежиште "Отловићи" је етапно истраживано. Прва геолошка истраживања везана су за израду Основне геолошке карте лист Јајце (размјера 1:100 000, Р. Маринковић и А. Ахац, 1975).

Детаљна истраживања (лежишта "Отловићи") вршена су 1982 године. У том периоду урађене су двије бушотине укупне дужине 150 m., са утврђеним резервама од 2 696 675 m<sup>3</sup>, (Средојевић, Ј., 1982). Испитивање карбоната, посебан хемијских и физичко – механичких својстава, као и њихова шира употреба вршена су 1999.г. (М. Милић, 2000). Каменолом је отворен 1982. год. са постављеним постројењем за дробљење и сепарисање. Производња дробљеног каменог агрегата обавља се за потребе општине Кнежево. У периоду рата (1992-95. год.) експлоатација дробљеног каменог агрегата је била обустављена, да би се касније наставила.

## ГЕОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЛЕЖИШТА

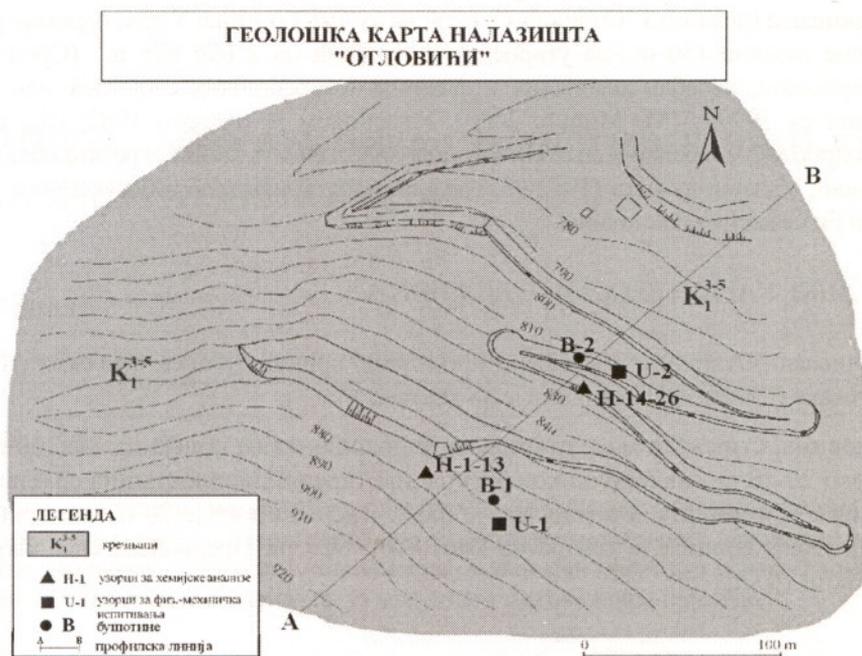
Налазиште кречњака "Отловићи" изграђено је од доњо кредних [барем-апт-ских (K<sub>1</sub><sup>3-5</sup>)] компактно хомогених кречњака (Слика. 1). Површине је 38 хектара.

Рударским радовима, стијенска маса откривена је површинским копом од 30x100 m. Висина чела радилишта је око 20-40 m, зависно од конфигурације терена. Експлоатација се одвија на три етаже, у фази формирања је и четврта, а планирано је шест. Висина етаже је 20 m, а ширина 10 - 15 m, са нагибом од 70°. Експлоатација се одвија на коти 880 - 920 m. Предвиђена експлоатација кречњака пројектом је до коте 790 m.н.в.

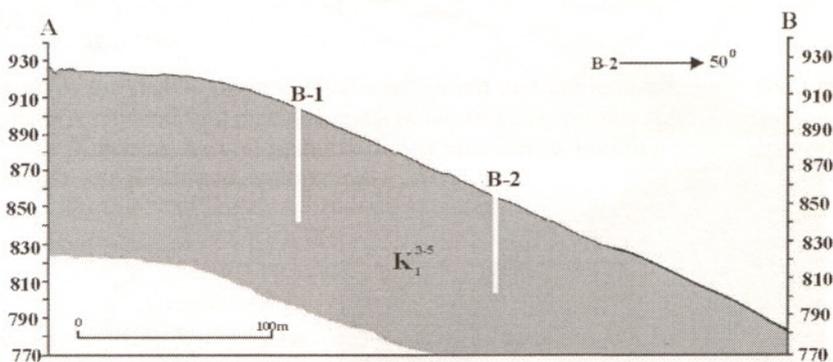


Слика.1. Каменолом кречњака "Отловићи" код Кнежева (2006.)  
Figure 1. Limestone quarry "Otlovići" near Knezevo (2006)

Површински слој налазишта прекривен је ситним растињем и танким слојем хумуса, дебљине до 0,5 m. Површина терена одликује се мањим увалама са израженом карстификацијом, која највећим дијелом спроводи атмосферску воду кроз кречњаке. На површини терена у кречњаку се јављају пукотине пружања исток-сјевероисток. Пукотине су везане за посткредне тектонске активности. Кречњак се јавља у слојевима, дебљине 20-60 cm. Ријетко се јављају банци од 120 cm. Дебљина кречњачког масива креће се до 120 m. Слојеви залијежу према исток-сјевероисток, са падним углом 20- 40°. Дубљи дијелови рудног тијела припадају кредно флишним наслагама <sup>2</sup>K<sub>2</sub><sup>3</sup> (по Ј. Сладојевић, 1982) и нису погодни за експлоатацију. Граница према флишу је доста оштра (Слика 2).



### Геолошки профил А-Б



Слика 2. Геолошка карта налазишта кречњака "Отловићи" код Кнежева  
Figure 2. Geological map of limestone deposit "Otlovići" near Knezevo

Посматрајући као цјелину, кречњачки масив, представља хидрогеолошке колекторе-спроводнике у којима се вода креће дуж пукотина у дубље дијелове масива и слива у поток Модорачу.

Са инжињерско геолошког аспекта, кречњаци припадају седиментно монолитном стијенском масиву и поред знатне тектонске оштећености низом пукотина и прлина. Углавном, су то слојевити до банковити кречњаци са толерантним тектонским оштећењем и њиховим утицајем на стабилност косина.

Макроскопски кречњаци су мономинералне стијене, свијетлосиве до танмније боје, оштрих ивица, шкољкастог прелома и компактне грађе. Понекад су прожети прслинама и пукотинама 2 – 5 cm запуњених кристалима калцита и оксидима жељеза. Текстуре су масивне. Микроскопска испитивања су показала да је стијена подлегла интензивном процесу рекристализације тако да је нарушена провобитна структура кречњака и веомта је тешко, практично немогуће, одредити микрофацијално поријекло. Уз то, у стијени се налазе многобројне прлине и пукотине више генерација које су запуњене неокалцитом.

Вјероватно је процес рекристализације временски везан за тектонску фазу када су и створене многобројне прелине и пукотине и које су на одређен начин поспијешиле процес рекристализације (Слика 3).



Слика 3. Рекристалисали кречњак "Отловићи"  
Figure 3. Recrystallized limestone "Otlovici"

Старост кречњака је одређена на основу карактеристичних врста микрофосила орбитолина и неринеа (М. Милић, 2000). Квалитативне карактеристике кречњака "Отловићи" одређене су на основу минеролошко-петрографских, хемијских и физичко-механичких испитивања (Слика. 1).

#### ПРЕГЛЕД РЕЗУЛТАТА ИСПИТИВАЊА

Испитивање минерелне сировине – кречњака са лежишта "Отловићи" вршено је по устаљеној методологији за карбонатне стијене, пробе су узимане према прописаним условима стандарда ЈУС-а. Техничка својства карбонатних стијена зависе од минералног састава и склопа, односно од квалитативног и квантитативног учешћа минерала, величине, облика и начина везивања зрна у карбонатној стијенској маси.

Прва лабораторијска испитивања физичко-механичких својстава кречњака, почела су примјеном карбоната у грађевинарству.

За хемијска испитивања узето је укупно 28 проба, од тога су двије пробе послужиле за: комплетна хемијска испитивања (Табела 1), а остале за дјелимична.

Табела 1. Хемијски састав кречњака "Отловићи"  
Table 1. The chemical composition of limestone "Otlovići "

САДРЖАЈ ОКСИДА (%)	ХЕМИЈСКИ САСТАВ УЗОРАКА КРЕЧЊАКА "ОТЛОВИЋИ" ИЗ БУШОТИНА	
	К-1	К-2
SiO <sub>2</sub>	0,64	0,43
CaO	56,29	52,21
MgO	2,10	1,53
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,46	0,15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,82	0,30
K <sub>2</sub> O	0,43	0,12
Na <sub>2</sub> O	0,24	0,175
MnO	0,26	0,14
SO <sub>3</sub>	0,15	0,13
Губ. жарењем	44,45	44,35

К-1 и 2- бушотине

Резултати хемијских испитивања кречњака "Отловићи" указују на повољан хемијски састав. Садржај СаО је од 52,21-56,30% а СО<sub>2</sub> је од 44,45 до 44,35%, прерачунато садржај калцита је до 98,66 %. Присуство штетних примјеса оксида MgO је до 1,82 %, а док се садржај осталих оксида креће у распону од 0,15 - 0,56 %, изузетно мали.

Посебно су вршена испитивања кречњака "Отловићи" за добијање цемента у Институт за испитивање материјала и конструкција Републике Српске Бањалука (1982). Резултати хемијских и физичко-механичких карактеристика испитиваног кречњака за добивање цемента са наведеног лежишта нису предмет овог рада. Прва физичко-механичка својства, налазишта "Отловићи" одређена су са двије комплетне пробе узете из бушотина. Резултати физичко-механичких својства-камена екстремних вриједности приказани су у Табели 2 (Ј. Средојевић, 1982).

Табела 2. Резултати физичко-механичких испитивања камена из налазишта "Отловићи"  
Table 2. The results of physical and mechanical testing of stone from quarry "Otlovići"

Физичко-механичка својства	Резултати: макс. / мин
Чврстоћа на притисак (МПа) - у сувом стању	153/114
- У водо засићеном стању	131/93
- након смрзавања	122/75
Отпорност на хабање брушењем- по Бџме-у (cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup> )	18,63 / 17,93
Упијање воде (%)	0,10 / 0,01
Запреминска маса са порама и шупљинама (kg/m <sup>3</sup> )	2694 / 2674
Запреминска маса без пора и шупљина (kg/m <sup>3</sup> )	2720 / 2700
Порозност (%)	1,4 / 0,9
Коефицијент запреминске масе	0,98 / 0,98

Резултати новијих физичко-механичких својстава кречњака са каменолома "Орловићи" одређено су на три узорка камена (Табела 3) за добијање дробљеног каменог агрегата (Табела 4) са површинског копа Слика. 1, а по прописима ЈУС-у Б.Б8.001.

Табела 3. Физичко-механичка испитивања камена из налазишта "Орловићи"  
Table 3. Physical-mechanical testing of stone from quarry "Otlovići"

Р.Б	Физичко-механичка својства	МЕТОДА ПРЕМА ЈУС-У	ЈЕДИНИЦЕ МЈЕРЕ	РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊ А	УСЛОВИ КВАЛИТЕТ А ЗА КАМЕН
1.	ПРИТИСНА ЧВРСТОЋА - у сухом стању	Б.Б8.012.	МПа	мин 119 мах. 145 сред 132	мин 80 ;160
	- у водом засићеном стању	Б.Б8.012.	МПа	мин. 99 мах. 130 сред. 115	мин 64; 128
2.	ОТПОРНОСТ ПРЕМА ХАБАЊУ БРУШЕЊЕМ ПО БѢХМЕ-У	Б.Б8.015.	cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup>	14,17	макс.35
3.	ЗАПРЕМИНСКА МАСА СА ПОРАМА И ШУПЉИНАМА	Б.Б8.032.	kg/m <sup>3</sup>	2710	2000-3000
4.	ПОСТОЈАНОСТ НА ДЕЈСТВО МРАЗА	Б.Б8.002.	%	0,01	макс. 5
5.	УПИЈАЊЕ ВОДЕ	Б.Б8.010.	%	0,019	макс. 1

Резултати физичко-механичких испитивање камена указују на добру чврстоћу на притисак (Б.Б8.012), а мала отпорност на хабање брушењем по БѢХМЕ-У (Б.Б8.015), као и мали губитак масе приликом дејства мраза (Б.Б8.002), те слабо упијање воде (Б.Б8.010), указују на добра својства кречњака као техничког грађевинског камена.

Према резултатима минеролошко-петрографских испитивања (по ЈУС-у Б.Б8.004), фракционисани камени агрегат, поред основне компоненте-кречњака од 89,04 до 95,04%, садржи и потенцијално штетне примјесе са садржајем Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> од 1,99-3,71%. С обзиром да су примјесе веома ниске, сматра се да неће доћи до корозије приликом уграђивања у објекте.

Резултати физичко-механичких испитивања каменог агрегата за бетон приказани су у Табели 4.

Табела 4. Физичко – механичка испитивања фракционисаног дробљеног агрегата за бетон са налазишта "Орловићи"

Table 4. Physical - mechanical testing of crushed concrete aggregate from the quarry "Otlovići"

Ред. број	Физичко - механичка својства	Стандард ЈУС-а	Јед. мјере	Фракција (mm)				УСЛОВИ КВАЛИТЕТ ЗА БЕТОН
				0 – 4	4 – 8	8 - 16	16–32	
1.	ПОСТОЈАНОСТ НА ДЕЈСТВО МРАЗА (5 циклуса $\text{Na}_2\text{CO}_4$ )	Б.Б8.044	%	2.01	1.52	1.67	1.58	макс 12
2.	САДРЖАЈ УКУП. СУМПОРА ИЗРАЖ. КАО $\text{CO}_3$	Б.Б8.042	%	0	0	0	0	макс 1
3.	САДРЖАЈ ХЛОРИДА	Б.Б8.042	%	0	0	0	0	макс 0,1
4.	ЗАПРЕМИНСКА МАСА ЗРНА	Б.Б8.031	$\text{kg/m}^3$	2690	2704	2660	2668	2000-3000
5.	УПИЈАЊЕ ВОДЕ	Б.Б8.031	%	0.60	0.60	0.37	0.11	макс 1,5
6.	САДРЖАЈ ОРГАНСКИХ МАТЕРИЈА	Б.Б8.049						боја свјетлија од стандардне
7.	ОБЛИК ЗРНА	Б.Б8.049	Запрем. коеф. %		0.33	0.24	0.21	мин 0.15
8.	САДРЖАЈ ГРУДВИ ГЛИНЕ	Б.Б8.038	%	0	0	0		макс<4mm 0.5 макс>4mm 0.25
9.	САДРЖАЈ СЛАБИХ ЗРНА	Б.Б8.037	%	0	0	0		макс4(3)
10.	САДРЖАЈ ЛАКИХ ЧЕСИЦА	Б.Б8.034	%	0	0	0		макс 1(0.5)
11.	ОБАВИЈЕНОСТ ПОВРШИНЕ ЗРНА	Б.Б8.004	број зрна	0	0	0		
12.	ОТПОРНОСТ НА ДИНАМИЧКЕ УДАРЕ И ХАБАЊЕ ПО МЕТОДИ ЛОС АНГЕЛЕС	Б.Б8.045	коеф. %	градација Б=21,66				макс 30
13.	ЗАПРЕМ. МАСА У РАСТРЕСИТОМ СТАЊУ	Б.Б8.030	$\text{kg/m}^3$	1570	1477	1372	1350	
14.	ЗАПРЕМ. МАСА У ЗБИЈЕНОМ СТАЊУ	Б.Б8.030	$\text{kg/m}^3$	1820	1660	1525	1532	

Наиме, резултати минеролошко-петрографских, хемијских и физичко-механичких испитивања показала су да кречњак - камен из налазишта "Орловићи" код Кнежева, испуњава техничке услове ЈУС-а, те задовољава услове квалитета за производњу агрегата и израду:

- доњих носећих тампонских и горњих носећих слојева од битуминизираних материјала на свим саобраћајницама,
- за израду хабајућих слојева коловоза на путевима са средњим саобраћајним оптерећењем,
- за израду цемент - бетонских мјешавина,

- као обрађен и необрађен камен за сва зидања у нискоградњи и
- за производњу минералних везива.

Употреба кречњака одређена је према техничким прописима ЈУС-а и другим важећим техничким условима и нормативима.

Осим напред наведених облика примјене, кречњак се корист у великим количинама, и у разним индустријама, у којима представљају значајну компоненту технолошких процеса.

Употребљавају се као сировинска компонента, те као минерални додатак готовом производу или у процесу производње.

## ЗАКЉУЧАК

Резултати наведених испитивања указују на могућност шире примјене кречњака са налазишта "Отловић" код Кнежева као и проширење технолошког процеса производње, не само за грађевинске потребе већ и шире.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Цмиљанић, С.; 1976: Техничка својства камена и агрегата за путеве, ФДС Институт за путеве Београд. Београд.
2. Чичић, С., и Милојевић, Р., 1970: Терестично – ламничке насlage неогена у Босни и Херцеговини, Геолошки гласник књига 14. Сарајево.
3. Чичић, С., Мојићевић, М., и Папеш, Ј., 1984: Мизозоик Босне и Херцеговине, књ. II. Сарајево.
4. Јанковић, С. и Вакањац, С., 1972: Лежишта неметаличних сировина, Грађевинска књига, Београд.
5. Јовановић, Р., 1961: Прилог познавању пространства фауна мезозоика БиХ. II Конгрес геолог. Југославије. Титоград.
6. Маринковић, Р. и Ахац, А., 1975: Основна геолошка карта 1:100 000, Тумач за лист Јајце, Савезни геолошки завод Београд.
7. Милић, М., 2000: Физичко - механичка својства мезозојских карбоната западног дијела Републике Српске, Докторска дисертација, Рударско - Геолошки факултет Београд. Београд.
8. Средојевић, Ј., 1982: Главни рударски пројекат површинског копа кречњака "Отловић" Скендер Вакуф. Сарајево. Фонд стручне документације каменолома.
9. Вакањац, Б., 1974: Варијетети и домаћа сировинска база природних грађевинских материјала. Рударско – Геолошки факултет Београд.
10. Милић, М., 2009: Карбонатне стијене западног дијела Републике Српске као сировине за грађевинарство и индустрију. Монографија, Универзитет у Бањој Луци, Шумарски факултет.