

---

---

**XI Međunarodna konferencija  
o površinskoj eksploataciji  
Zlatibor, 15-18. oktobar 2014.**

# **OMC 2014**

**11<sup>th</sup> International Opencast  
Mining Conference  
Zlatibor, 15-18 October 2014**

**ZBORNİK RADOVA  
BOOK OF PROCEEDINGS**



**SAVEZ INŽENJERA RUDARSTVA I GEOLOGIJE SRBIJE**  
Jugoslovenski komitet za površinsku eksploataciju  
Yugoslav Opencast Mining Committee  
**ASSOCIATION OF MINING AND GEOLOGICAL ENGINEERS OF SERBIA**



---

---

**JUKOM**

**XI MEĐUNARODNA KONFERENCIJA O  
POVRŠINSKOJ EKSPLOATACIJI**

**OMC 2014**

**11<sup>th</sup> INTERNATIONAL OPENCAST MINING  
CONFERENCE**

**ZBORNIK RADOVA  
BOOK OF PROCEEDINGS**

**XI MEĐUNARODNA KONFERENCIJA O  
POVRŠINSKOJ EKSPLOATACIJI - OMC 2014**

**ZBORNİK RADOVA**

**11<sup>th</sup> INTERNATIONAL OPENCAST MINING  
CONFERENCE - OMC 2014**

**PROCEEDINGS**

**Izdavač**

Jugoslovenski komitet za površinsku eksploataciju

**Urednik**

Prof. Dr Vladimir Pavlović

**Tehnička priprema**

Marijana Korakianiti, master inž.

**Grafičko rešenje korica**

Saša Stepanović, dipl. inž.

**Tiraž**

150 primeraka

**Štampa**

FineGraf, Beograd

© Sva prava zadržava izdavač

ISBN: 978-86-83497-21-8

**XI MEĐUNARODNA KONFERENCIJA O  
POVRŠINSKOJ EKSPLOATACIJI  
OMC 2014**

**11th INTERNATIONAL OPENCAST MINING  
CONFERENCE  
OMC 2014**

**ORGANIZATORI**

Savez inženjera rudarstva i geologije Srbije, Jugoslovenski komitet za  
površinsku eksploataciju  
Ring Deutscher Bergingenieure, Germany  
Združenje na rudarskite i geološki inženjeri, Makedonija  
Elektroprivreda Srbije  
PD Rudarski basen Kolubara  
PD Termoelektrane i kopovi Kostolac

**U ORGANIZACIJI UČESTVUJE**

Ministarstvo rudarstva i energetike Republike Srbije

**NAUČNI SAVET**

Prof. Dr Vladimir Pavlović, Univerzitet u Beogradu  
Prof. Dr Božo Kolonja, Univerzitet u Beogradu  
Prof. Dr Dragan Ignjatović, Univerzitet u Beogradu  
Prof. Dr Nikola Lilić, Univerzitet u Beogradu  
Prof. Dr Vladislav Kecojević, West Virginia University  
Prof. Dr Zoran Panov, University Skopje  
Prof. Dr G. Pasamehmetoglu, Atılım Technical University  
Prof. Dr Jan Palaski, Universitatea de Tehnologii din Silezia, Polonia  
Prof. Dr Carsten Drebenstedt, TU Bergakademie Freiberg  
Prof. Dr Michael Karmis, Virginia Tech University  
Prof. Dr George Panagiotou, National Technical University of Athens  
Prof. Dr Per Nicolai Martens, RWTH Aachen  
Prof. Dr Pavol Rybar, BERG Košice  
Prof. Dr Risto Dambov, University Skopje

Zlatibor, 15-18. oktobar 2014.



## Sadržaj

Blagojević T., Stojaković M. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA UGLJA U LEŽIŠTU OSTRUŽNJA U STANARSKOM BASENU OVERVIEW OF PREVIOUS RESEARCH OF COAL DEPOSIT IN OSTRUŽNJA IN STANARI BASIN .....	1
Bošković S., Lasica N., Vuković B. STRATEŠKO PLANIRANJE RAZVOJA BASENA UGLJA GACKO STRATEGIC PLANNING OF GACKO COAL BASIN DEVELOPMENT .....	13
Cvjetić A., Lilić N., Figun Lj., Kolonja Lj. MODELIRANJE I PREDIKCIJA BUKE NA PODRUČJU POVRŠINSKI KOPA BUVAČ MODELING AND PREDICTION OF NOISE IN THE AREA OF OPEN PIT BUBAČ .....	27
Dimitrijević B., Lilić N. IZBOR REKULTIVACIONOG REŠENJANA PRIMERIMA POVRŠINSKIH KOPOVA UGLJA VIŠEKRITERIJUMSKOM ANALIZOM A SELECTION OF THE LAND RECLAMATION RESOLUTION AT THE EXAMPLES OF THE OPEN PIT MINES KLENOVNIK BY A MULTI- ATTRIBUTE ANALYSIS.....	43
Đurović M., Mitrović A., Božić B. ZAŠTITA POVRŠINSKOG KOPA RAŠKOVAC OD POVRŠINSKIH I PODZEMNIH VODA ZA VREME POPLAVA PROTECTION OF THE OPENCAST MINE RAŠKOVAC AGAINST SURFACE AND GROUNDWATER DURING FLOODS .....	55
Đurović M., Trbić M. POZITIVNI EFEKTI PRIMJENE INTEGRISANOG SISTEMA UPRAVLJANJA KVALITETOM I ZAŠTITOM ŽIVOTNE SREDINE U EFT - RUDNIK I TE STANARI POSITIVE EFFECTS OF AN INTEGRATED SYSTEM OF QUALITY MANAGEMENT AND ENVIRONMENTAL PROTECTION APPLICATION IN THE EFT - MINE AND TPP STANARI .....	69

Drljević N. ZAŠTITA OBJEKATA KULTURNOG NASLEĐA NA PROSTORU BUDUĆEG POVRŠINSKOG KOPA RADLJEVO PROTECTION OF CULTURAL HERITAGE AT THE AREA OF FUTURE OPEN CAST MINE RADLJEVO.....	77
Georgievski B., Dambov R. INFLUENCE OF SOME GEOTECHNICAL PARAMETERS IN DESIGNING AND EXPLOITATION OF THE COAL UNDERGROUND SERIES (FCS) IN MINE SUVODOL BITOLA.....	87
Horvat G. ELEMENTARNE NEPOGODE NA PK DRMNO U JULU, AVGUSTU I SEPTEMBRU 2014. NATURAL DISASTERS IN OPEN PIT DRMNO IN JULY, AUGUST AND SEPTEMBER 2014.....	95
Ilić M., Kričak L., Jagodić-Krunić D., Podunavac D. O MOGUĆNOSTI PROIZVODNOG REAKTIVIRANJA LEŽIŠTA CEMENTNIH LAPORACA RALJA KOD BEOGRADA ON THE POSSIBILITY OF REACTIVATION OF PRODUCTION IN THE CEMENT MARL DEPOSIT OF RALJA NEAR BELGRADE .....	103
Ivković M., Horvat G., Vuković Z., Marinković Lj. ANALIZA ENERGETSKE EFIKASNOSTI POVRŠINSKOG KOPA DRMNO ENERGY EFFICIENCY ANALYSIS OF THE OPENCAST MINE DRMNO .....	111
Ivoš V., Mitrović S., Vučetić A. MODEL UPRAVLJANJA PROJEKTOM OTVARANJA POVRŠINSKOG KOPA RADLJEVO U KOLUBARSKOM BASENU UGLJA PROJECT MANAGEMENT MODEL FOR OPENING OF THE OPENCAST MINE RADLJEVO IN THE KOLUBARA COAL BASIN.....	123
Jakovljević I., Lončar S., Stojaković M., Malić N. PROJEKTNO REŠENJE DEPONOVANJA ČVRSTIH OSTATAKA SAGOREVANJA IZ TE STANARI U KASETU 1 DESIGN SOLUTION FOR DISPOSAL OF TPP STANARI SOLID WASTE COMBUSTION WITHIN THE WATERPIPE CELL 1.....	137

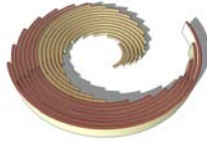
<p>Jelisavac Erdeljan D.  ZAKONSKE PROCEDURE U VEZI ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE KAO  RIZIK U PROCESU OTVARANJA NOVIH RUDNIKA  LEGISLATION PROCEDURES IN RELATIONS WITH  ENVIRONMENTAL PROTECTION AS RISK IN NEW MINE OPENING  PROCESS .....</p>	147
<p>Jenić D.  DUGOROČNI PROGRAM RAZVOJA POVRŠINSKE EKSPLOATACIJE  DO 2021. GODINE I PROSTORNO PLANIRANJE U  EKSPLOACIONOM POLJU RTB BOR  LONG-TERM OPEN-PIT MINING DEVELOPMENT PROGRAMME  UNTIL 2021 AND SPATIAL PLANNING IN THE RTB BOR  MINING FIELD .....</p>	153
<p>Jovančić P., Ignjatović D., Tanasijević M., Maneski T.  VIBRACIJE KAO PARAMETAR TEHNIČKOG STANJA DINAMIČKOG  SISTEMA: PRIMERI NA POGONU ROTORA ROTORNOG BAGERA  VIBRATION AS A TECHNICAL CONDITION PARAMETER OF A  DYNAMIC SYSTEM: EXAMPLES FOR THE BUCKET  WHEEL DRIVE OF BUCKET WHEEL EXCAVATOR .....</p>	169
<p>Jovičić V., Pavlović V.  SISTEMSKA ANALIZA RIZIKA POSLOVNOG SISTEMA U  POVRŠINSKOJ EKSPLOATACIJI  SYSTEMatic ANALYSIS of the BUSINESS SYSTEMS RISK IN  SURFACE MINING .....</p>	187
<p>Kezović M.  KRITERIJUMI OCENE PERSPEKTIVNOSTI KOLUBARSKOG BASENA  ASSESSMENT CRITERIA PERSPECTIVE KOLUBARA BASIN .....</p>	195
<p>Kezović M.  PALEZOJSKO-MEZOZOJSKE NASLAGE  KOLUBARSKO-TAMNAVSKOG BASENA  PALEZOIC-MESOZOIC SEDIMENTS KOLUBARA-TAMNAVA BASIN .....</p>	211
<p>Knežević D., Kolonja B., Stanković R., Tomašević A., Nišić D.  DIMENZIONISANJE DEPONIIJA ZA UGALJ  SIZE OF COAL STOCKPILES .....</p>	225
<p>Korakianiti M.  JAVNOST I POVRŠINSKA EKSPLOATACIJA UGLJA  PUBLICITY AND SURFACE COAL MINING .....</p>	237



Korakianiti M. STANDARDI ZA UPRAVLJANJE RIZICIMA STANDARDS FOR RISK MANAGEMENT .....	247
Lilić N., Cvjetić A., Pantelić U. Tomašević A. MODELIRANJE DISPERZIJE PRAŠINE NA PODRUČJU POVRŠINSKOG KOPA UGLJEVIK ISTOK 2 DUST DISPERSION MODELING FOR UGLJEVIK EAST 2 OPENCAST MINING AREA .....	255
Maneski T., Ignjatović D., Slavković Č., Beatović D., Maneski M. ANALIZA UZROKA UGIBA STRELE KONTRATEGA ODLAGACA ARS 2000 ANALYSIS OF COUNTER WEIGHT BOOM BENDING ON SPREADER ARS 2000.....	267
Mitrović S., Daničić D., Nedeljković Z. ANALIZA RIZIKA INVESTICIONIH AKTIVNOSTI RAZVOJA RUDARSKIH BASENA EPS INVESTMENT ACTIVITIES RISK ANALYSIS OF EPS MINING BASINS DEVELOPMENT .....	277
Pavlović V., Ignjatović D., Šubaranović T., Janković I. DOBRA PRAKSA REAGOVANJA U VANREDNIM SITUACIJAMA - PLAN SANACIONOG ODVODNJAVANJA POPLAVLJENOG POVRŠINSKOG KOPA TAMNAVA - ZAPADNO POLJE GOOD PRACTICE OF RESPONSE DURING EMERGENCY SITUATION - REHABILITATION DEWATERING PLAN OF THE FLOODED OPENCAST MINE TAMNAVA - WEST FIELD .....	285
Pavlović V., Jevtić B., Mićović Ž., Tomašević G., METODOLOGIJA IZRADE I MODEL UPRAVLJANJA PROJEKTOM DUGOROČNOG PROGRAMA EKSPLOATACIJE UGLJA U UGLJONOSNIM BASENIMA EPS ESTABLISHMENT OF THE METHODOLOGY AND MANAGEMENT MODEL FOR THE LONG-TERM COAL MINING PROJECT IN COAL BASINS OF EPS .....	299
Petrović B. ANALIZA STABILNOSTI KOSINA ODLAGALIŠTA PK TAMNAVA- ZAPADNO POLJE U FUNKCIJI ISPUMPAVANJA VODE IZ KOPA SLOPE STABILITY ANALYSIS OF DUMP SITE AT THE OCM TAMNAVA-WEST FIELD IN THE FUNCTION OF WATER DEWATERING FROM MINE.....	311

Polomčić D., Bajić D., Ilić Z. PRIMENA PROGNOZNIH VARIJANTNIH HIDRODINAMIČKIH PRORAČUNA U KONCIPIRANJU SISTEMA ODBRANE KOPOVA OD PODZEMNIH VODA NA PRIMERU POVRŠINSKOG KOPA POLJE C IMPLEMENTATION OF ALTERNATIVE FORECASTING HYDRODYNAMIC CALCULATIONS DURING DESIGNING OF MINES DEFENSE SYSTEM AGAINST GROUNDWATER ON OPENCAST MINE FIELD C EXAMPLE .....	321
Radosavljević S., Ille N. ACTION PLAN FOR MITIGATION AND MONITORING OF ENVIRONMENTAL IMPACT OF PROJECTS ATYPICAL MINING WITH RISK ANALYSIS.....	339
Radosavljević S., Ille N. EMERGENCY PLAN ENVIRONMENTAL MONITORING FOR SPECIFIC PROJECTS IN MINING WITH ECO RISK ANALYSIS.....	351
Savić D., Majstorović J., Nikolić D. ANALIZA STABILNOSTI U FUNKCIJI PROMENE GEOMETRIJSKIH PARAMETARA KOSINE I POLOŽAJA DISKONTINUITETA NA RADNIM KOSINAMA PK GACKO STABILITY ANALYSIS IN FUNCTION OF GEOMETRIC PARAMETERS SLOPES CHANGES AND DISCONTINUITIES POSITION OF WORKING SLOPES ON OPEN PIT GACKO .....	367
Stojaković M., Jakovljević I. TEHNOLOGIJA OTKOPAVANJA I ODLAGANJA OTKRIVKE USLOVLJENA DINAMIKOM OTKOPAVANJA UGLJA NA POVRŠINSKOM KOPU RAŠKOVAC, STANARSKOG UGLJENOG BASENA TECHNOLOGY OF REMOVAL AND DUMPING OF WASTE CAUSED BY DYNAMIC OF COAL MINING AT THE OPENCAST MINE RAŠKOVAC OF THE STANARI COAL BASIN .....	375
Stojanović C. METODE VREDNOVANJA I KRITERIJUMI KOD IZBORA MODELA ZA SELEKCIJU INVESTICIONIH PROJEKATA METHODS OF MODEL choice ASSESSMENT AND CRITERIA FOR INVESTMENT PROJECTS SELECTION .....	385
Stojanović C., Borović B. OPTIMIZACIJA PROCESA UPRAVLJANJA RIZIKOM OPTIMIZATION OF THE RISK MANAGEMENT PROCESS .....	395

Tošović R. DEFINISANJE ORGANIZACIONE STRUKTURE PREDUZEĆA KAO PREDUSLOV EFIKASNOSTI POSLOVANJA DEFINING ORGANIZATIONAL STRUCTURE OF THE COMPANY AS A PREREQUISITE OF EFFICIENCY OF BUSINESS .....	409
Tošović R. KARAKTERISTIKE ODLUČIVANJA O INVESTIRANJU MINERALNIH PROJEKATA CHARACTERISTICS OF THE DECISION-MAKING ON INVESTMENT OF MINERAL PROJECTS .....	423
Vukojičić P. FAKTORI I PROCENA RIZIKA FACTORS AND RISK ASSESSMENT.....	437
Vuković B. OSNOVNI KONCEPT MODELA UTICAJA VREMENSKIH PRILIKA NA POUZDANOST SISTEMA POVRŠINSKE EKSPLOATACIJE BASIC CONCEPT OF WEATHER CONDITIONS MODEL IMPACT ON THE SURFACE MINING SYSTEM RELIABILITY .....	445
Živković L., Lazić M., Polovina D. UPOREDNA ANALIZA EFEKTIVNOSTI RADA BAGERA SRs 2000 NA KOPOVIMA RUDARSKIH BASENA EPS-a I MIBRAG-a COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS WORK OF THE BUCKET WHEEL EXCAVATOR SRs 2000 IN OPENCAST MINES EPS AND MIBRAG .....	463



**PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA UGLJA U LEŽIŠTU  
OSTRUŽNJA U STANARSKOM BASENU**

**OVERVIEW OF PREVIOUS RESEARCH OF COAL DEPOSIT IN  
OSTRUŽNJA IN STANARI BASIN**

Blagojević T.<sup>1</sup>, Stojaković M.<sup>2</sup>

**Apstrakt**

U periodu od 2005. godine do danas je urađen veći broj projekata i studija, koji su se bavili razvojem eksploatacije uglja i otkrivke u stanarskom basenu. Svi projekti imali su jedan zajednički cilj, a to je realno sagledavanje početka izgradnje TE Stanari i trenutka njenog puštanja u rad.

Snabdevanje ugljem TE Stanari će se vršiti u dve faze. U prvoj fazi snabdevanje će se obavljati sa ležišta Raškovac, a nakon iscrpljenja zaliha uglja sa ovog kopa prešlo bi se na drugu fazu i snabdevanje ugljem sa ležišta Ostružnja.

Najveći značaj za nastavak rada termoelektrane u drugoj fazi je otkopavanje i snabdevanje ugljem sa ležišta Ostružnja. Sve to ima za cilj dobro istraženo ležište, utvrđen kvalitet i rezerve uglja.

Do sada je na ležištu Ostružnja izveden manji broj istražnih radova, tako da je u narednom periodu u planu da se uradi Projekat

---

<sup>1</sup> Tatjana Blagojević, dipl.inž.geol., EFT-Rudnik i termoelektrana Stanari, Republika Srpska

<sup>2</sup> Milan Stojaković, dipl.inž.rud., EFT-Rudnik i termoelektrana Stanari, Republika Srpska

detaljnih istražnih radova, koji bi obuhvatio sve istražne radove u ovom ležištu. Nakon izvedenih istražnih radova bi se izvršila prekategorizacija rezervi uglja do nivoa A i B kategorije u ovom delu stanarskog basena i utvrdio kvalitet uglja.

***Ključne reči:*** ugalj, istražni radovi, ležište Ostružnja

## **Abstract**

In the period from 2005 until today, a number of projects and studies which dealing with the development of coal and overburden in Stanari basin has been done. All projects had one common goal, and that is a real picture of the start of construction of TPP Stanari and the time of its commissioning.

Coal supply TPP Stanari will be conducted in two phases. During the first phase, the coal supply will be provide from the Raškovac deposit, and after depletion of the Raškovac deposit stocks coal, the second phase of the supply of coal from the Ostružnja deposit will be initiated.

The greatest importance for the continued operation of the TPP in the second phase is the excavation and coal supply from the Ostružnja deposit. This all is aimed at a well researched deposit, determined quality of the coal and coal reserves.

A small number of research works has been carried out at the Ostružnja deposit derived until today, thus the plan is to conduct Project of detailed research works, which would include all research works of the above mentioned place. Re-categorized of coal reserves up to A and B category and coal quality will be executed in this part of Stanari basin after exploration works.

***Keywords:*** coal, exploration works, Ostružnja deposit

## **1. UVOD**

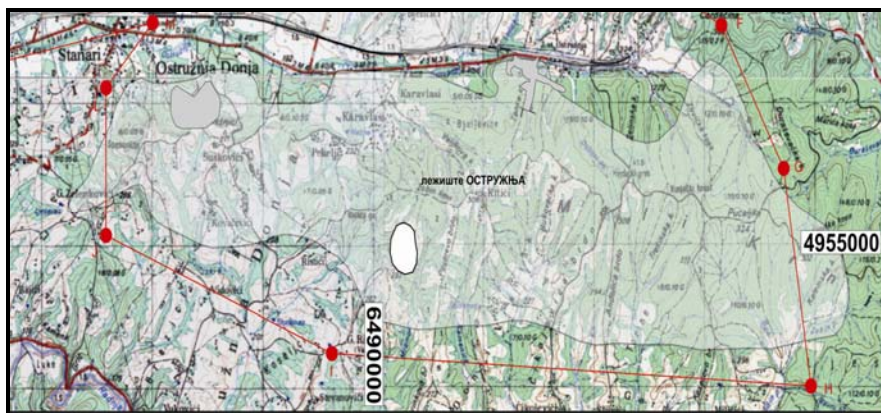
Stanarski ugljonosni basen nalazi se 20 km zapadno od Doboja na području planine Krnjin, između reka Ukrine, Usore i Bosne. Rečica Ostružnja deli basen na severni i južni deo. Severni deo basena predstavlja ležište Raškovac. Južni deo basena je ležište Ostružnja.

Ležište Ostružnja ima u planu poligonalan oblik i zahvata površinu od 9,43 km<sup>2</sup>. Bliža okolina ležišta Ostružnja obuhvata brežuljkaste terene (Slika 1) čiji su pojedini delovi strmiji i penju se ka grebenu Malog

Krnjina, Grabove kose, Marinkovog brda, Visa i Mramorja. U široj okolini istražnog prostora ističe se reka Ostružnja u severnom delu ležišta, a u istočnom delu Mali Krnjin. Na području ležišta kote terena variraju od oko 220 do oko 324 m.

Doline potoka usečene su poprečno na smer orografske ose severnog i južnog planinskog grebena. Sve doline su erozionog porekla, sa blago nagnutim stranama. Mnoge doline su hidrološki aktivne samo u vreme intenzivnih padavina. Severnim obodom ležišta protiče reka Ostružnja, koja drenira čitavo područje istražnog prostora, a pripada slivu Ukline.

Na samom istražnom prostoru ima manjih vodotokova bujičnog karaktera, koji neće negativno uticati na eksploataciju uglja. Reka Ostružnja bi mogla da se iskoristi za odvođenje površinske vode iz budućeg kopa.



*Slika 1. Pregledna topografska karta ležišta Ostružnja-deo stanarskog eksploatacionog polja (izvor: TK Derventa)*

## **2. ISTORIJAT I GEOLOŠKO-EKONOMSKE KARAKTERISTIKE RANIJIH ISTRAŽIVANJA PODRUČJA I POSTIGNUTI REZULTATI**

Od 1974. godine proizvodnja uglja usmerena je na površinsku eksploataciju, kada je otvoren površinski kop Raškovac u severozapadnom delu basena i 1984. godine kop Ostružnja u južnom delu basena. Zbog smanjene potrošnje uglja na tržištu, kop Ostružnja je zatvoren 1988. godine. Sva proizvodnja uglja je vršena sa površinskog kopa Raškovac.

## 2.1. Prikaz dosadašnjeg stepena istraženosti

Istraživanja izvedena u ležištu Ostružnja, imala su za cilj da se upoznaju i utvrde ležišni uslovi, zaleganje i prostiranje ugljenih slojeva, oblik i građa ležišta, kvalitativna i tehnološka svojstva uglja, kao i da se utvrde hidrogeološki i geomehanički parametri u obimu koji omogućava dobijanje osnovnih elemenata za buduću eksploataciju.

Na prostoru ležišta Ostružnja kod osnovnih i detaljnih geoloških istraživanja korišćen je metod paralelnih vertikalnih preseka. Metoda horizontalnih preseka podređeno je korišćena.

Tokom dosadašnjih istraživanja koja su imala karakter regionalnih, osnovnih i detaljnih istraživanja, primenjene su sledeće metode:

- Pozicioniranje bušotina i rudarskih istražnih radova,
- Regionalnu prospekciju basena,
- Vertikalnih i horizontalnih preseka,
- Laboratorijske metode ispitivanja.

Na prostoru ležišta Ostružnja u periodu istraživanja od 1964. do 2005. godine (Tabela 1) urađeno je 166 bušotina ukupne dužine od 6664,42 metra. Pozitivnih je bilo 136 bušotina, negativnih 23, a plitkih 6 bušotina.

Izvedeni istražni radovi na prostoru ležišta Ostružnja do 2005. godine prikazani su u Tabeli 1.

Tabela 1. Izvedeni istražni radovi na ležištu Ostružnja

Vrsta radova	Obim radova
Istražno bušenje	166 bušotina, ukupno 6664,42 m
Kartiranje jezgra	6664,42 m
Broj uzetih proba	42 kom
Analize proba	42 kom
Geomehanička ispitivanja	57 kom

Tokom vršenja jamske eksploatacije u severoistočnom obodu ležišta Ostružnja izvršen je ograničen obim rudarskih istražnih radova. Glavni cilj je usmeravanje projektovanih jamskih eksploatacionih radova. Dokumentacioni materijal o izvedenim radovima nije sačuvan, ali se procenjuje (Olujic i Mijatović, 2005.) da je izvedeno oko 1000 metara.

Kvalitet uglja ležišta Ostružnja proučen je izradom tehničkih i elementarnih analiza uglja, hemijskog sastava pepela uglja i termotehničkih osobina pepela uglja, određivanjem sadržaja hlora i određivanjem geomehaničkih karakteristika uglja i pratećih sedimenata.

Bušotine na prostoru ležišta Ostružnja nalaze se na međusobnim rastojanjima koja zadovoljavaju kriterijume A, B, C<sub>1</sub> i C<sub>2</sub> kategorije rezervi. Rezerve A kategorije izdvojene su u severozapadnom delu ležišta (delom u zoni napuštenog površinskog kopa), gde je i najgušća mreža bušenja, na nekim mestima i do 50\*50 m. Kod rezervi A kategorije nije rađena ekstrapolacija. U rezerve B kategorije svrstani su severni, zapadni, centralni i južni deo ležišta u kojima rastojanje između istražnih radova iznosi maksimalno 500 m i sa definisanim kvalitetom uglja. Istočno od izdvojenih rezervi B kategorije izdvojene su rezerve C<sub>1</sub> kategorije najvećim delom, zato što nema podataka o kvalitetu uglja. U ove rezerve svrstane su i rezerve dobijene ekstrapolacijom rezervi C<sub>2</sub> kategorije.

Dosadašnja istraživanja (do 2005. godine) na području ležišta Ostružnja vršena su na tehnički korektan način, uz zamerku da nije čuvana polovina izvađenog jezgra. Sem pisanih profila bušotina i laboratorijskih izveštaja nema drugih dokumentacionih materijala iz kojih bi se uzele kontrolne probe, već moraju da se rade nova doistraživanja. Glavne primedbe na istraživanja izvršena do 2005. godine odnose se na ispitivanje kvaliteta i to:

- veoma mali broj analiziranih uzoraka,
- način uzimanja uzoraka i
- odsustvo kontrolnih analiza.

Ispitivanja kvaliteta uglja rađena su na veoma malom broju uzoraka, pri čemu je analiziran čist ugalj, bez jalovine. Osim toga analize su rađene na kompozitnim uzorcima, za čitav sloj, a ne na pojedinačnim probama. Ovakvim pristupom smanjen je stepen poznavanja kvaliteta uglja i onemogućeno utvrđivanje vertikalnih varijacija kvaliteta u ugljenom sloju. Obzirom da je analiziran samo čist ugalj, nema adekvatnih podataka o kvalitetu rovnog uglja, koji se koriste za dalja sagledavanja i realne ocene kvaliteta.

Ležište Ostružnja je, u geološkom pogledu, istraženo istražnim bušotinama uglavnom po nepravilnoj mreži, a osnovna namena istraživanja je bila utvrđivanje geometrije i kvaliteta korisne mineralne sirovine. Rastojanja između bušotina su uglavnom 500\*500 m i 25\*250 m, a severozapadni i severoistočni deo je istražen u znatno većem obimu. Najveći broj istražnih bušotina lociran je u zoni gde je vršena podzemna eksploatacija.

Za definisanje geotehničkih karakteristika uslova eksploatacije u ležištu Ostružnja poslužila su sva geološka i geotehnička istraživanja izvedena u prostoru ležišta Ostružnja, kao i u neposrednoj blizini ležišta.



### 3. GEOLOŠKA GRAĐA LEŽIŠTA

U celini posmatrano sa aspekta geostatičke stabilnosti, ležište Ostružnja ima složenu geološku građu koja je posledica paleoreljefa i uslova sedimentacije, odnosno, ono ima osnovne elemente geološke građe stanarskog ugljenog basena, a posebnosti su diktirane položajem u basenu. Ugljonosne naslage stanarskog basena formirane su u delimično izolovanom zalivu u južnom perifernom delu Panonskog mora. Ovaj zaliv je bio povezan sa Tuzlanskim zalivom.

Ugljonosna serija, pontske starosti, pripada severo-bosanskoj flišnoj zoni i zahvata njegov južni deo prema centralnoj ofiolitskoj zoni. Stanarski ugljonosni basen leži transgresivno preko ultrabazita, vulkanogeno-sedimentnih tvorevina, paleocensko-eocenskih i donjo i srednje miocenskih sedimenata. Na širem prostoru stanarskog basena konstatovano je prisustvo serpentinita, spilita, dijabaza, trijaskih sedimenata i vulkanogeno-sedimentnih tvorevina, a što zapravo predstavlja paleoreljef ugljonosnog basena. Direktnu podinu ugljene serije izgrađuju klastični sedimenti, koji su predstavljeni šarenim šljunkom različite granulacije i belim krupnozrnim kvarcnim peskom, koji se često međusobno smenjuju. Na čitavom prostoru razvijen je jedan ugljeni sloj koji se raslojava na tri banka. Ugljeni sloj je raslojen proslojcima sive, zelene i ugljevite gline, ređe peskom i šljunkom. Krovinu čine uglavnom tri zone koje superpoziciono leže jedna preko druge, a koje su predstavljene slabo vezanim i nevezanim sedimentima. Debljina krovine varira od 2-80 m, prosečno 40 m. Prva-peskovita zona izgrađena je od žutog i crvenog prašinstog i sitnozrnog kvarcnog peska, maksimalne debljine 40 m. Druga zona - peskovito šljunkovita, takođe izgrađena od kvarcnog peska i gvoždevitih peščara sa pojavom šljunka, debljine do 30 m. Treća zona - konglomeratsko-peskovita, hipsometrijski najviša zona, izgrađena je od slabovezanih konglomerata, peska i glina koji se nepravilno smenjuju.

Kvartar čine aluvijalne, deluvijalne i proluvijalne tvorevine i prisutne su u dolinama reka i potoka, a izgrađene su od peskovitih glina i glinovitih peskova. Zbog relativno male moćnosti kvartarne tvorevine nisu od bitnog značaja u budućoj eksploataciji uglja.

Ležište Ostružnja kao i šira okolina izgrađeno je od stena različitog litološkog sastava. Ugljonosna pontska serija leži transgresivno preko paleoreljefa.

Na osnovu rezultata geoloških istraživanja, utvrđeno je da ležište Ostružnja grade sledeći litološki članovi, počev od površine terena (Slika 2):

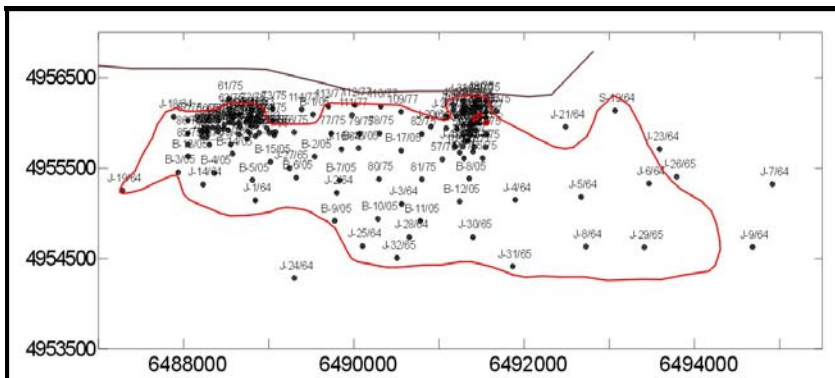
- Sedimenti kvartara,
- Povlata ugljenog sloja,
- Ugljeni sloj,
- Podina ugljenog sloja.

STAROST	GRAFIČKI PRIKAZ	Debljina (m)		LITOLOŠKI OPIS
		min-max	prosek	
MIOCEN Pont		Q		Humus, peskovita glina, glinoviti i peskoviti šljunak
		2,26-73,00 27,00		Žuti i crveni prašnasti dositnozmi kvarcni pesak sa pojavom šljunka, gline, gvožđevitih peščara i slabo vezanih konglomerata
		0,30-36,25 7,24		Barski i zemljasti uglj sa tanjim proslojcima ksilita, sive i sivoplave gline, glinovitog i šljunkovitog peska i peskovitog šljunka
		1,28-63,60 6,50		Šljunak i pesak sa proslojcima gline

Slika 2. Generalizovani litološki stub ležišta Ostružnja

## 1. OPIS LEŽIŠTA

Ležište uglja Ostružnja grade klastični i organogeni sedimenti. Ležište je po pravcu Z-I dugačko 6,9 km (slika 3), a u pravcu S-J 2,2 km.



Slika 3. Prikaz konture ležišta Ostružnja

### ***Sedimenti kvartara***

Tvorevine **kvartara** prisutne su u dolinama reka i potoka, a izgrađene su od humusa, peskovitih glina i glinovitih i peskovitih šljunkova. Formirane su kao aluvijalni i deluvijalno-proluvijalni sedimenti. Debljina im varira od 0,20 do 40,05 prosečno 6,50 m.

### ***Sedimenti miocena***

**Pont (M<sub>3</sub><sup>2</sup>)**, predstavlja ugljonosni basen u užem smislu i leži transgresivno preko paleoreljefa. U vertikalnom stubu ležišta Ostružnja, kao i za čitav stanarski basen, izdvojena su tri člana:

- sedimenti povlate ugljenog sloja,
- ugljeni sloj i
- sedimenti podine ugljenog sloja.

### ***Povlata ugljenog sloja***

Sedimenti povlate ugljenog sloja u ležištu predstavljeni su žutim i crvenim prašinastim do sitnozrnim kvarcnim peskovima, kvarcnim peskovima nešto krupnije granulacije sa pojavama šljunkova i gvoždevitih peščara, slabo vezanim konglomeratima, peskovima i glinama. Ukupna debljine otkrivke kreće se od 1,00 do 73,00 m u zapadnom delu ležišta, prosečno 23,02 metra.

### ***Ugljeni sloj***

Prema podacima svih istražnih radova može se reći da je ugljeni sloj u ležištu Ostružnja složene građe sa većim brojem i različitom debljinom proslojaka jalovine u njegovom zapadnom delu. Ugljeni sloj izgrađen je od barskog i zemljastog uglja sa tanjim proslojcima ksilita (Slika 4 i 5). Generalno posmatrano jedinstveni ugljeni sloj u istočnom delu polako se prema severu i jugu raslojava na **dva banka**, da bi u jugozapadnom delu bio podeljen na **tri banka** sa povećanjem debljine proslojaka jalovine. Debljina ugljenog sloja varira od 0,30 m u krajnjem zapadnom delu ležišta do 36,25 m u zapadnom delu ležišta, prosečno 7,24 m. Ukupna debljina rovnog uglja kreće se od 0,30 m u krajnjem zapadnom delu ležišta do 15,58 m. Prosečna debljina uglja iznosi 5,30 metara. Maksimalna debljina selektivne jalovine iznosi 28,05 m, a srednja 1,94 m. Izgrađena je od sive i sivoplave gline sa komadima i tankim proslojcima ksilita, peska, glinovitog i šljunkovitog peska i peskovitog šljunka. U zapadnom, severozapadnom i severnom delu ležišta Ostružnja utvrđeno je kolebanje nivoa krovine i podine ugljenog sloja, što ukazuje na nešto drugačije uslove sedimentacije u ovim delovima ležišta.

### **Podina ugljenog sloja**

Podina ugljenog sloja izgrađena je od šljunka koji se često smenjuje. U ovom slabo sortiranom materijalu glina se javlja kao primesa ili u obliku samostalnih sočiva kada je peskovita ili šljunkovita. Debljina podinskih naslaga na prostoru ležišta Ostružnja kreće se od 1,28 do 63,60 m, a prosečna tj. srednja vrednost iznosi 5,54 m.



*Slika 4: Karakterističan izgled barskog uglja sa prosljocima ksilita iz ležišta Ostružnja*



*Slika 5: Karakterističan izgled ksilitnog uglja iz ležišta Ostružnja*

STAROST	GRAFIČKI PRIKAZ	Debljina (m) Min-max /prosek	LITOLOŠKI OPIS
<b>MIOCEN</b>	Pont	0,30-7,80/2,69	<b>I banak - Barski i zemljasti ugalj</b> sa ksilitom i prosljocima gline peskovite gline, glinovitog i šljunkovitog peska Glina, peskovita glina, glinoviti i šljunkoviti pesak
		0,10-3,55/1,11	
		0,05-6,10/2,38	<b>II banak - Barski i zemljasti ugalj</b> sa ksilitom i prosljocima gline peskovite gline, glinovitog i šljunkovitog peska Glina, peskovita glina, podređeno pesak i šljunak
		0,05-14,85/2,26	
		0,05-14,35/2,86	<b>III banak - Zemljasti i barski ugalj</b> sa tanjim prosljocima ksilita, ugljevitog i peskovite gline, podređeno peska i šljunka

*Slika 6: Detalj ugljenog sloja ležišta Ostružnja*

## 4. KVALITET UGLJA

Određivanje kvaliteta uglja na prostoru ležišta Ostružnja za period istraživanja 1964-1989. godina, vršena su preko ispitivanja fizičko-hemiskih osobina ugljene supstance, na osnovu analiza uzoraka iz bušotina.

Tehnička analiza uglja obuhvatala je određivanje sadržaja vlage, pepela, ukupnog sumpora, sagorljivog sumpora, sumpora u pepelu, koksa, C-fix-a, isparljivih i sagorljivih materija kao i gornji i donji toplotni efekat. Elementarna analiza uglja, koja obuhvata određivanje sadržaja ugljenika, vodonika, azota i kiseonika nije rađena. Određivanje hemijskog sastava pepela uglja i termotehničkih osobina pepela uglja nije rađeno. Zapremnska masa uglja određivana je na malom broju proba. Ispitivanja kvaliteta uglja tokom istraživanja rađena su u veoma ograničenom obimu i to samo tehnička analiza na čistom uglju, proslojci jalovine nisu ulazili u probu, i to za čitav ugljeni sloj (jedna proba za ceo ugljeni sloj). Na osnovu ovakvog načina oprobavanja i određivanja kvaliteta nije moguće dobiti realne podatke o kvalitetu rovnog uglja i to za svaki banak posebno.

Elementarna analiza, određivanje hemijskog sastava pepela i topivost pepela na uzorcima iz bušotina nisu rađeni. Ispitivanje kvaliteta uglja iz ležišta Ostružnja, koje je izvedeno tokom 2005. godine, obuhvatilo je tehničku i elementarnu analizu uglja. određivanje hemijskog sastava i termotehničkih osobina pepela uglja, određivanje hlora i zapremnske mase uglja.

### 4.1. Tehnička i elementarna analiza uglja

Rezultati tehničke analize uglja pokazali su da ugalj iz ležišta Ostružnja ima sve odlike lignita: visok sadržaj vlage, promenljiv sadržaj pepela, nisku donju toplotu sagorevanja i izrazito nizak sadržaj sumpora. Statistička obrada parametara kvaliteta uglja za ležište Ostružnja urađena je na osnovu 42 analize. Rezultati statističke obrade parametara kvaliteta uglja na ukupnu vlagu prikazana su u Tabeli 2. Sadržaj ukupne vlage varira od 36,30% do 60,01%, prosečno 50,84% sa koeficijentom varijacije od 9,30%. Srednja vrednost sadržaja pepela iznosi 9,16% i kreće se od 2,80 % do 46,95% sa izrazito visokim koeficijentom varijacije od 80,06%. Ukupni sumpor varira u rasponu 0,07-0,35%, prosečno 0,16%, a sagorljivi sumpor 0,02-0,24%, prosečno 0,07%. Srednja vrednost donje toplote sagorevanja iznosi 8.743 kJ/kg, a kreće se od 3.299 kJ/kg do 11.949 kJ/kg.

Tabela 2: Parametri kvaliteta ležišta Ostružnja (podaci iz bušotina)

Parametar	Srednja vrednost	Minimalna vrednost	Maksimalna vrednost	Standardna greška	Koeficijent varijacije
Vlaga, %	50,84	36,30	60,01	4,73	9,30
Pepeo, %	9,16	2,80	46,95	7,61	80,06
Sumpor ukupni, %	0,16	0,07	0,35	0,05	34,41
Sumpor u pepelu, %	0,09	0,05	0,17	0,03	33,29
Sumpor sagorljiv, %	0,07	0,02	0,24	0,04	60,95
Koks, %	24,30	17,72	52,50	5,83	23,99
C-fix, %	15,17	5,54	18,95	2,42	15,95
Isparljive materije, %	24,24	9,38	39,24	4,66	19,23
Sagorljive materije, %	39,13	14,92	50,29	6,24	15,94
Gornja toplota sagorevanja, kJ/kg	10.452	4.509	13.649	1.782	17,05
Donja toplota sagorevanja, kJ/kg	8.743	3.299	11.949	1.616	18,48

## 5. KRITIČKI OSVRT SA ZAKLJUČKOM O STEPENU DOSADAŠNJE ISTRAŽENOSTI LEŽIŠTA

Generalna ocena rezultata dosadašnjih istraživanja i stepena istraženosti ležišta Ostružnja, je da postoji neophodna baza podataka za definisanje geotehničkih uslova eksploatacije na ležištu Ostružnja. Takođe se nameće zaključak da je osnovni cilj sprovedenih geoloških istraživanja do 2005. godine bio utvrđivanje rezervi i kvaliteta uglja. Geotehnička istraživanja su od 2000. godine sprovedena planski, ali u prostornom smislu ta istraživanja su nezadovoljavajuće.

Činjenica je da se eksploatacija uglja u delu ležišta Raškovac, gde su geotehnički uslovi slični, odvija bez većih problema u pogledu stabilnosti kosina, sleganja terena i slično. Međutim, detaljnim sagledavanjem i analizom raspoložive dokumentacije može se zaključiti da će u određenim zonama, ležišta Ostružnja biti znatno složeniji geotehnički uslovi eksploatacije. Ta složenost se ogleda u značajnom proslojavanju ugljene serije nepovoljnim glinovitim proslojcima, a samim tim i povećanju visine kosine u tako nepovoljnim sredinama. Prema podacima istraživanja utvrđeno je da se moćnost ugljene serije povećava prema zapadu i centralnim južnim delovima ležišta i to na račun sive, ugljevite i sivozelene gline, tako da u krajnjem zapadnom delu ležišta ona iznosi 36,25 m. U ovakvim uslovima gde su prisutni proslojci visokoplastične gline, čija čvrstoća značajno opada u prisustvu vode, veoma je bitno precizno definisati hidrogeološke uslove na terenu. Sve ovo zahteva ozbiljan pristup geotehničkim problemima, jer bi eventualne greške imale teže posledice.

Takođe, istražni radovi iz ranijih faza istraživanja, lokacijski su bili koncipirani prema trenutnim potrebama, odnosno u severnim zonama gde se vršila podzemna eksploatacija i gde je bilo pokušaja otpočinjanja

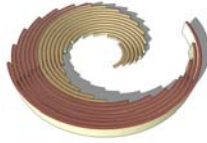
površinske eksploatacije. Prema tome ležište Ostružnja u eksploatacionim konturama, u geotehničkom pogledu je nedovoljno i neravnomerno istraženo.

Rezultati prethodnih istraživanja ukazali su na potrebu detaljnih istraživanja ležišta Ostružnja, koja će pratiti laboratorijska ispitivanja uglja i pratećih sedimenata. Takođe je potrebno predvideti izradu piježometara, kao i oprobavanje jezgra za potrebe geomehaničkih ispitivanja.

U narednom periodu je u planu da se uradi Projekat detaljnih geoloških istražnih radova na ležištu Ostružnja, koji će obuhvatiti zapadni i centralni deo ležišta. Istraživanje bi se vršilo po fazama u narednim godinama. Na osnovu rezultata izvedenih istražnih radova utvrdile bi se rezerve uglja (prekategorizacija rezervi), kvalitet i geotehnički uslovi otkopavanja u pojedinim delovima ležišta.

## **Literatura**

1. Olujić, J.: Elaborat o klasifikaciji kategorizaciji i proračunu rezervi uglja stanarskog ugljenog basena sa stanjem 31.12.2004. godine, Republički zavod za geološka istraživanja, Zvornik, 2005
2. Simić, D.: Elaborat o rezervama uglja u ležištu Ostružnja kod Stanara, Jantar grupa d.o.o., Bijeljina, 2006
3. Simić, D.: Elaborat o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi uglja u ležištu Stanari kod Doboja sa stanjem na dan 31.12.2010. godine, Jantar grupa d.o.o., Bijeljina, 2010
4. Simić, D.: Elaborat o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi uglja u ležištu Raškovac kod Doboja, stanje na dan 31.05.2012. godine, Jantar grupa d.o.o., Bijeljina, 2012



## **STRATEŠKO PLANIRANJE RAZVOJA BASENA UGLJA GACKO**

### **STRATEGIC PLANNING OF GACKO COAL BASIN DEVELOPMENT**

Bošković S.<sup>1</sup>, Lasica N.<sup>2</sup>, Vuković B.<sup>3</sup>

#### **Apstrakt**

Strateško planiranje razvoja basena uglja Gacko je proces koji treba da determiniše parametre za efikasno i efektivno upravljanje eksploatacijom uglja u kontekstu održivog upravljanja cjelokupnim prostorom rudarskog basena sa svim njegovim komponentama, uz osnovni cilj zadovoljenja potreba sadašnjeg i budućih termoeenergetskih postrojenja za ugljem. Produkt ovog procesa je strateški planski dokument, akcioni plan razvoja gatačkog basena i čini ga dinamički, proceduralno i sadržajno determinisana tehnička dokumentacija za dalji razvoj eksploatacije uglja u ovom basenu.

***Ključne riječi:*** strateško planiranje, eksploatacija uglja, akcioni plan

#### **Abstract**

Strategic planning of Gacko coal basin development is a process that needs to determine the parameters for the efficient and effective

---

<sup>1</sup> Mr. Saša Bošković, dipl.ing.rud., ZP Rudnik i TE Gacko

<sup>2</sup> Nenad Lasica, dipl.ing.rud., ZP Rudnik i TE Gacko

<sup>3</sup> Mr. Bojo Vuković, dipl.ing.rud., ZP Rudnik i TE Gacko



management of coal mining in the context of sustainable management by the entire area of the mining basin with all its components, with the primary objective of meeting the needs of present and future thermo energetic facilities for coal. The product of this process is a strategic planning document, action plan of Gacko basin development and it makes dynamic, procedurally and substantively determined technical documentation for the further development of coal mining in this basin.

**Keywords:** strategic planning, coal mining, action plan

## 1. UVOD

Dinamizam poslovnog okruženja, sve izraženiji rizik u poslovanju i veoma složeni prirodni uslovi basena uglja Gacko, čine proces donošenja strateških odluka u RiTE Gacko sve kompleksnijim i odgovornijim. Neizvjesnost, kriza i nesigurnost postaju osnovne premise i izazovi menadžmenta u svijetu tržišne privrede i nužno nameću imperativ strateškog upravljanja. Strateško upravljanje kao osmišljeno djelovanje, zasnovano na istraživanju i predviđanju budućnosti jedini je pravi način da RiTE Gacko opstane u realnom turbulentnom poslovnom svijetu.

Dosadašnji način strateškog upravljanja složenim poslovnim kompleksom RiTE Gacko, koji vrši eksploataciju lignita u gatačkom ugljenom basenu, više se oslanjao na definisane kratkoročne poslovne ciljeve Elektroprivrede Republike Srpske. Proizvodni rezultati, ostvareni poslednjih nekoliko godina u gatačkom basenu, prije su rezultat inercije tehničko-tehnološkog sistema nego strateškog upravljanja. Ovakav način djelovanja u narednom periodu bi mogao imati za posledicu devastaciju svih resursa u RiTE Gacko. Inercija nije projektovano stanje i ne može da dovede do željenog nivoa kompanije, pa je zbog toga veoma važno da menadžment kroz proces strateškog upravljanja obezbijedi rast i održivi razvoj, tragajući za mogućim pravicima rasta i razvoja anticipirajući budućnost kompanije.

Strateško planiranje razvoja basena uglja Gacko predstavlja sistematski način da se upravlja budućnošću ovog basena na osnovama širokog konsenzusa i zajedničke vizije svih zainteresovanih strana o boljoj, prosperitetnijoj i prije svega održivoj budućnosti RiTE Gacko.

Akcioni plan za izradu projektne dokumentacije eksploatacije uglja u basenu uglja Gacko treba da bude dio ukupnog strateškog planiranja u RiTE Gacko i ima za cilj usaglašavanje oko najvažnijih ciljeva u funkciji daljeg razvoja ovog basena uglja.

Principijelno, razvojnim procesima bolje je upravljati nego ih prepustiti stihiji. Zapravo, izrada strateškog dokumenta kakav je akcioni plan, je suštinski pozitivna suprotnost stihiji i sanaciji posledica poslovnih aktivnosti usled njegovog odsustva. Time se ovaj strateški dokument može okarakterisati kao društveno, ekonomski i ekološki opravdan, a njegova izrada kao nužna aktivnost usmjerena je ka realno ostvarivim ciljevima uređenja, organizovanja, upravljanja i zaštite prostora i resursa uglja Gatačkog basena. Ciljevi definisani akcionim planom, proizašli su iz detaljne situacione analize postojećeg stanja a proceduralni koraci izrade projektne dokumentacije predstavljaju savremen strateški pristup upravljanja prostorom Gatačkog basena i njegovim dugoročnim i svrsishodnim razvojnim perspektivama (ekonomskim i ekološkim). Nasuprot ovakvom pristupu, alternativa bi bila naplanski pristup i sažimanje ukupnih razvojnih perspektiva RiTE Gacko.

## **2. SITUACIONA ANALIZA**

### **2.1. Presjek stanja urađene projektne dokumentacije za eksploataciju uglja u basenu Gacko**

Basen uglja Gacko je podijeljen na 4 eksploataciona polja: Zapadno, Centralno i Istočno eksploataciono polje i Povlatna ugljena serija.

Prvi radovi na eksploataciji uglja su počeli 1954. godine, kada je otvoren površinski kop Vrbica na izdancima glavnog ugljenog sloja u Istočnom eksploatacionom polju, a 1982. god. pušten je u rad površinski kop Gračanica na prostoru Zapadnog eksploatacionog polja, godišnjeg kapaciteta 1.800.000 tona uglja i 3.200.000 m<sup>3</sup> otkrivke. Remontom postrojenja Termoelektrane Gacko, narasla je i potreba u pogledu količina uglja, tako da sadašnji kapacitet iznosi 2.300.000 tona uglja i oko 6.500.000 m<sup>3</sup> otkrivke.

Površinski kop Gračanica je u procesu zatvaranja, pa je otpočela eksploatacija uglja na istočnoj strani kopa, na prelazu u Centralno eksploataciono polje, u kome je planirano otvaranje Površinskog kopa Gacko.

Za potrebe otvaranja Površinskog kopa Gacko do sada su urađena tri dokumenta:

- Studija izbora lokacije II faze rudnika (Rudarski institut Tuzla, 1987.),

- Program razvoja površinske eksploatacije uglja u basenu Gacko do 2020. godine (Centar za površinsku eksploataciju Beograd, 2003.) i
- Studija izvodljivosti razvoja energetskog basena Gacko (IG institut, Banja luka 2009).

## 2.2. Postojeće stanje radova sa osvrtom na stanje tehničke dokumentacije

Radovi na površinskom kopu Gračanica se izvode na istočnoj strani kopa, na prelazu u Centralno polje, u kome je planirano otvaranje Površinskog kopa Gacko.

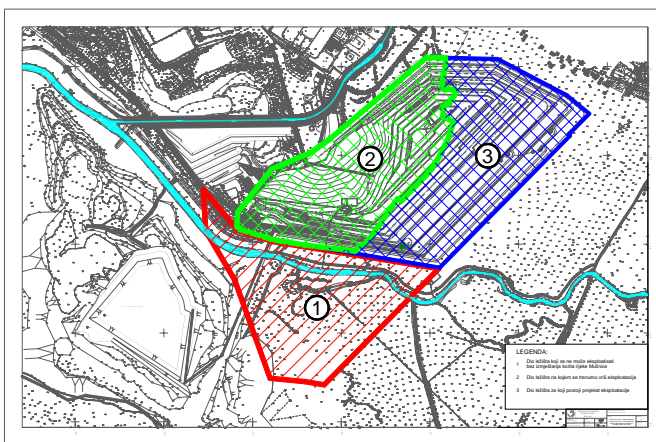
Radovi se izvode po *Dopunskom rudarskom projektu eksploatacije uglja istočnog dijela Površinskog kopa Gračanica*, koji važi do 2015. godine. U trenutku izrade projekta nisu postojali uslovi za izradu Glavnog rudarskog projekta iz više razloga, a osnovni je izmeštanje rijeke Mušnice, čije korito u ovom dijelu ležišta ide dijagonalno preko površinskog kopa. Zbog ovakvog položaja rijeke Mušnice, površinski kop se, napredovanjem fronta radova, sužava na sjevernoj strani.

Ovakvim iznuđenim napredovanjem rudarskih radova, sužava se front radova i trenutno smanjuje koeficijent otkrivke, što će u narednom periodu dovesti do direktnog povećanja koeficijenta otkrivke.

Na Slici 1 data je uporedna analiza završnih kontura po projektom rešenju iz Programa razvoja do 2020. godine (koja podrazumijeva izmešteno korito rijeke Mušnice) i sadašnjeg projektog rešenja, a na Slici 2 se jasno uočava dio ležišta čija je eksploatacija uslovljena izmještanjem rijeke Mušnice.



Slika 1. Uporedna analiza završnih kontura (Ljubičasta linija - kontura Polja C po Planu razvoja do 2020.; Plava isprekidana linija - kontura Polja C po projektu iz 2010.)



Slika 2. Uslovljenost eksploatacije izmještanjem reke Mušnice (1 - dio ležišta koji se ne može eksploatisati bez izmještanja rijeke, 2 - dio ležišta u eksploataciji, 3 - dio ležišta za koji postoji DRP)

### 3. PEST I SWOT ANALIZA

PEST analiza je akronim (politička, ekonomska, sociološka i tehnološka) metoda analize poslovnog okruženja i predstavlja, uz SWOT analizu, osnovu za strateško planiranje. PEST analizira okolinu i pruža pregled eksternog okruženja koje može imati uticaj na poslovnu organizaciju ili pojedinačni razvojni projekat.

SWOT analiza je analitički okvir menadžmenta za dobijanje relevantnih informacija organizacije o samoj sebi i o okolini u kojoj djeluje, sada i u budućnosti sa svrhom utvrđivanja strateških prilika i prijetnji u okolini i sopstvenih strateških snaga i slabosti. Ona omogućava menadžmentu da razvije strategiju na bazi relevantnih informacija o organizaciji i okolini. Bitna pretpostavka je analiza saglasnosti unutrašnjih i spoljašnjih faktora, odnosno utvrđivanje njihovih implikacija na strategiju. Zapravo, unutrašnje snage i slabosti treba posmatrati u kontekstu spoljašnjih mogućnosti i prijetnji i obrnuto.

PEST i SWOT analize proistekle su iz prethodne analize postojećeg stanja basena uglja Gacko.

#### ***PEST analiza***

##### *Politički aspekt*

Politika države u značajnoj meri utiče na razvoj eksploatacije uglja u Gatačkom basenu i odnosi se prije svega na:

- dobrim dijelom zastarjelu zakonsku regulativu,

- nestratiški odnos prema resursu uglja,
- potenciranje političkog odlučivanja u upravljanju rudarskim basenima,
- neracionalno korišćenje resursa uglja kao instrument u borbi protiv nezaposlenosti.

#### *Ekonomski aspekt*

Stabilna ekonomija bitno utiče na razvojni potencijal resursa uglja. U tom smislu najveći problemi su:

- veoma mali investicioni potencijal države,
- nedovršena privatizacija,
- odsustvo adekvatnih ekonomskih mehanizama,
- nedogovarajući sistem valorizacije resursa uglja.

#### *Sociološki aspekt*

U poslednje vrijeme sociološki uticaji su sve veći na rudarski sektor pa i na površinsku eksploataciju uglja u Gatačkom basenu. S tim u vezi najveći problemi su:

- nerazvijena svijest javnosti o značaju resursa uglja,
- ekonomska kriza i potreba za ubrzanim ekonomskim razvojem dovode do neodrživog pritiska na resurs uglja,
- demografska kretanja usled širenja površinskih kopova,
- narušena ravnoteža između ruralnih i urbanih područja,
- problemi sa povećanim pritiskom za zapošljavanjem,
- nedostatak stručnih kapaciteta za ekonomsku valorizaciju resursa uglja.

#### *Tehničko-tehnološki aspekt*

Ovaj aspekt, trenutno je najznačajniji u pogledu daljih pravaca eksploatacije uglja u Gatačkom basenu. Ukupno gledano, sa ovog aspekta, najveći problemi su:

- nedovoljna investiciona ulaganja u geološka istraživanja i proizvodne kapacitete kako sa aspekta opreme tako i sa aspekta ležišta,
- nedovoljna primjena savremenih tehničkih i tehnoloških rešenja,
- nedovoljna primjena naučnih saznanja i dobre prakse,
- nepoštovanje pravila rudarske struke.

#### **SWOT analiza**

##### *Snage*

- značajan geološki potencijal resursa uglja,

- otvorenost za investicije i ulaganja, interesovanje potencijalnih investitora,
- nove investicije - razvoj drugih pratećih djelatnosti, nova radna mjesta, veći životni standard,
- opredijeljenost države ka unapređenju stanja u domenu resursa uglja,
- značajne komparativne prednosti u odnosu na druge energetske izvore.

### *Slabosti*

- nedostatak planskih dokumenata,
- komplikovane i nedorečene zakonske regulative i procedure,
- nedostatak mehanizama za rešavanje sukoba opštih interesa i svojinskih prava,
- nedovoljna finansijska ulaganja,
- nepovoljna kadrovska struktura,
- nedostatak validnih podataka o trenutnom stanju,
- odsustvo adekvatnih ekonomskih mehanizama i sistema valorizacije resursa uglja,
- nedostatak političke i društvene volje za brže promjene,
- relativno zastarjela tehnologija i loše održavanje,
- nedefinisani razvojni prioriteti,
- nedovoljna informisanost javnosti o značaju resursa uglja,
- zanemareni procesi zaštite životne sredine i rekultivacije.

### *Mogućnosti*

- veliki potencijal za pouzdano snabdijevanje termoenergetskih kapaciteta,
- bezbjedan i jeftin izvor energije,
- nezavisnost države u snabdijevanju energijom,
- privlačenje stranih kompanija iz sektora rudarstva i energetike za investiciona ulaganja,
- privredni razvoj države,
- pozicioniranje države kao značajnog proizvođača električne energije,
- jačanje privrede na lokalnom nivou,
- razvoj i primjena savremenih tehnologija u oblasti održivog rudarstva,
- povećanje ekonomskih potencijala resursa uglja,
- povećanje energetske efikasnosti na površinskim kopovima,
- bolja saradnja sa lokalnom zajednicom,

- bolja primjena mjera zaštita životne sredine i bezbjednosti i zdravlja na radu.

#### *Pretnje*

- rizik od povećanog pritiska na resurse u cilju ubrzanog ekonomskog razvoja,
- prisustvo ugrožavajućih aktivnosti koje dovode do ugrožavanja životne sredine,
- nepovoljna investiciona klima,
- pretjerana očekivanja države i lokalne zajednice,
- smanjene investicije u geološka istraživanja i eksploataciju usled ekonomske krize,
- smanjen obim preventivnog održavanja opreme usled ekonomske krize.

#### **4. PLAN STRATEŠKIH AKTIVNOSTI**

Kako je već naglašeno u tački 2, eksploatacija uglja se vrši na istočnoj strani kopa, na prelazu u Centralno eksploataciono polje. Radovi se izvode po *Dopunskom rudarskom projektu eksploatacije uglja istočnog dela Površinskog kopa Gračanica*, pošto u trenutku izrade pomenutog projekta nisu postojali uslovi za izradu Glavnog rudarskog projekta i realizaciju konceptijskih projektnih rešenja datih u Programu razvoja površinske eksploatacije uglja u basenu Gacko do 2020. godine.

U međuvremenu je izmješteno korito reke Gračanice iz radne zone novog kopa, urađen je projekat izmještanja reke Mušnice, Elaborat o optimizaciji procesa otkopavanja otkrivke sa povećanim otporom kopanju rotornim bagerima i geološka istraživanja dela Centralnog eksploatacionog polja prema *Projektu detaljnih geoloških, inženjersko-geoloških i hidrogeoloških istraživanja Centralnog polja PK Gacko*, koja su imala za cilj:

- prekategorizaciju rezervi uglja i
- jasnije definisanje litostratigrafskih karakteristika, prostorno rasprostranjenje Glavnog, I podinskog i II podinskog ugljenog sloja kao i fizičko-mehaničkih karakteristika i prostornog rasporeda litostratigrafskog člana <sup>8</sup>N otkrivke sa visokim otporom kopanju.

Rezultati ovih istraživanja su dati u Elaboratu o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi i po njemu rezerve iznose 197.850.000 tona uglja. Remontom postrojenja Termoelektrane Gacko, narasla je i potreba u pogledu količina uglja, tako da sadašnji kapacitet kopa iznosi 2.300.000

tona uglja, umesto projektovanih 1.800.000 tona.

Trenutno se izvode radovi na izmještanju rijeke Mušnice, čime će se od oktobra meseca stvoriti uslovi za eksploataciju uglja na južnoj strani površinskog kopa, omogućiti njegov pravilan razvoj i ujednačavanje koeficijenta otkrivke.

Obzirom da *Dopunski rudarski projekat eksploatacije uglja istočnog dela Površinskog kopa Gračanica* važi do 2015. godine, neophodna je *hitna izrada Glavnog rudarskog projekta Površinskog kopa Gacko*.

Treba istaći da Glavni rudarski projekat i da je izrađen, u ovom trenutku ne bi mogao dobiti odobrenje nadležnog ministarstva iz razloga što ZP Rudnik i TE Gacko još uvek nije dobilo Ugovor o koncesiji, a da bi se došlo do pomenutog ugovora neophodno je izraditi *Studija ekonomske opravdanosti za dodelu koncesije za eksploataciju uglja u basenu Gacko*.

Istovremeno, da bi se izradila kvalitetna i po Zakonu o koncesijama zahtijevana Studija opravdanosti, neophodno je formirati bazu podataka za ležište uglja Gacko, izvršiti obradu raspoloživih rezervi po količinama i kvalitetu, definisati eksploatacionu granicu površinskog kopa i izvršiti varijantnu analizu i definisanje dinamike razvoja površinskog kopa po količinama i kvalitetu uglja sa pravcem i smjerom napredovanja fronta rudarskih radova, sa godišnjim kapacitetom od 2.300.000 t uglja i mogućnošću proširenja kapaciteta na 5.100.000 tona.

Ovakvo sagledavanje problematike svakako nje moguće kako u Glavnom rudarskom projektu tako ni u Studiji opravdanosti, pa je iz toga razloga neophodno uraditi *Dugoročni program razvoja površinske eksploatacije uglja u Basenu Gacko*, koji će poslužiti kao osnova za izradu prethodno navedena dva dokumenta.

#### **4.1. Akcioni plan**

Praktično, akcioni plan je strateški planski dokument razvoja gatačkog basena i čini ga dinamički, proceduralno i sadržajno determinisana tehnička dokumentacija za dalji razvoj eksploatacije uglja u ovom basenu. Osnovna namjena Dugoročnog programa razvoja je da parametre za efikasno i efektivno upravljanje eksploatacijom uglja u kontekstu održivog upravljanja cjelokupnim prostorom rudarskog basena sa svim njegovim komponentama, uz osnovni cilj zadovoljenja potreba sadašnjeg i budućih termoeenergetskih postrojenja za ugljem. Takođe, ovaj dokument treba da promovise rudarsku djelatnost kao pozitivnog činioca razvoja obzirom na njen ukupni uticaj na okolinu, ljude i druge



sadržaje u prostoru. Od Dugoročnog programa se očekuje da stavljanjem rudarskog basena uglja Gacko u kontekst ukupnog ekonomskog razvoja Elektroprivrede Republike Srpske, države ali i lokalne samouprave, a na bazi analize razvojnih alternativa, razmotri i predloži modele, programe, planove i projekte održivog razvoja rudarskog basena, određivanje poslovnih ciljeva i razvojnih pravaca i održavanje stabilnog ekonomskog rasta.

Strateški cilj Dugoročnog programa je da omogući da rudarski basen, kao vrijedan prirodni i poslovni resurs, postane ono što objektivno može biti - značajan element cjelokupnog skladnog i održivog razvoja Elektroprivrede Republike Srpske, lokalne i šire društvene zajednice i uspostavljanje efektivnog, efikasnog i održivog sistema koji prepoznaje, uvažava i uključuje sve relevantne aktere i zainteresovane strane.

Takav, Dugoročni program treba da:

- Definiše osnovne ciljeve i strateške pravce razvoja rudarskog basena Gacko koji se zasnivaju na analizi i realnoj ocjeni raspoloživih resursnih mogućnosti;
- Sagleda ključne razvojne mogućnosti sa stanovišta stvaranja konkurentske prednosti;
- Posveti pažnju investicijama kao ključnom generatoru ukupnog poslovnog rasta;
- Pokaže da se dostignuti nivo razvoja može u kontinuitetu povećavati ako se razvoj bude bazirao na uvođenju novih tehnologija, većoj efikasnosti i efektivnosti ljudskih, materijalnih, finansijskih i prirodnih resursa;
- Ocijeni stanje i sagleda uticaj geoloških, hidrogeoloških, hidroloških, geotehničkih i klimatskih parametara i uslova basena na budući razvoj;
- Ocijeni stanje i sagleda uticaj tehnoloških sistema eksploatacije, odvodnjavanja i rekultivacije površinskih kopova sa aspekta ukupne efektivnosti i efikasnosti basena uglja;
- Sagleda uticaj postojeće organizacije na budući razvoj;
- Ocijeni stanje poslovnih procesa i sagleda potrebu njihovog redizajna u funkciji daljeg razvoja organizacije;
- Ocijeni postojeće stanje ljudskih resursa u kontekstu najvažnijeg resursa za ukupan razvoj poslovne organizacije i predloži mjere za njihov dalji razvoj;
- Ukaže na primjenu savremenih trendova i tehnologija, svjetskih standarda kvaliteta, zaštite životne sredine i sigurnosti i zaštite zdravlja zaposlenih;

- Analizira postignuti nivo društvene odgovornosti i predloži mjere za dalji kontinualni rast korporativne odgovornosti.

Jedan od primarnih ciljeva izrade Dugoročnog programa razvoja površinske eksploatacije uglja u basenu Gacko je formiranje baze podataka za ležišta u cjelini koja obuhvata sve relevantne podatke dobijene dosadašnjim istraživanjima (strukturne, fizičko-mehaničke, hidrogeološke i inženjersko-geološke, karakteristike uglja, otkrivke, međuslojne jalovine i karakteristike kvaliteta uglja, prostorno i po visini) neophodne za formiranje modela ležišta, ograničenje i konstrukciju površinskog kopa i definisanje parametara sistema eksploatacije na bazi koje je moguće izraditi model ležišta (prostorni, geološki, hidrogeološki, geotehnički) kao i model površinskog kopa.

Baza podataka će se formirati na osnovu do sada urađenih 600 bušotina, ukupne dužine oko 68.000 metara dužnih, sa oko 8.500 laboratorijskih analiza i oko 380.000 podataka.

Ovaj cilj proističe iz činjenice da ZP Rudnik i TE Gacko ne raspolaže sa operativnom bazom podataka, koja se automatski može koristiti kod formiranja modela ležišta i za potrebe projektovanja

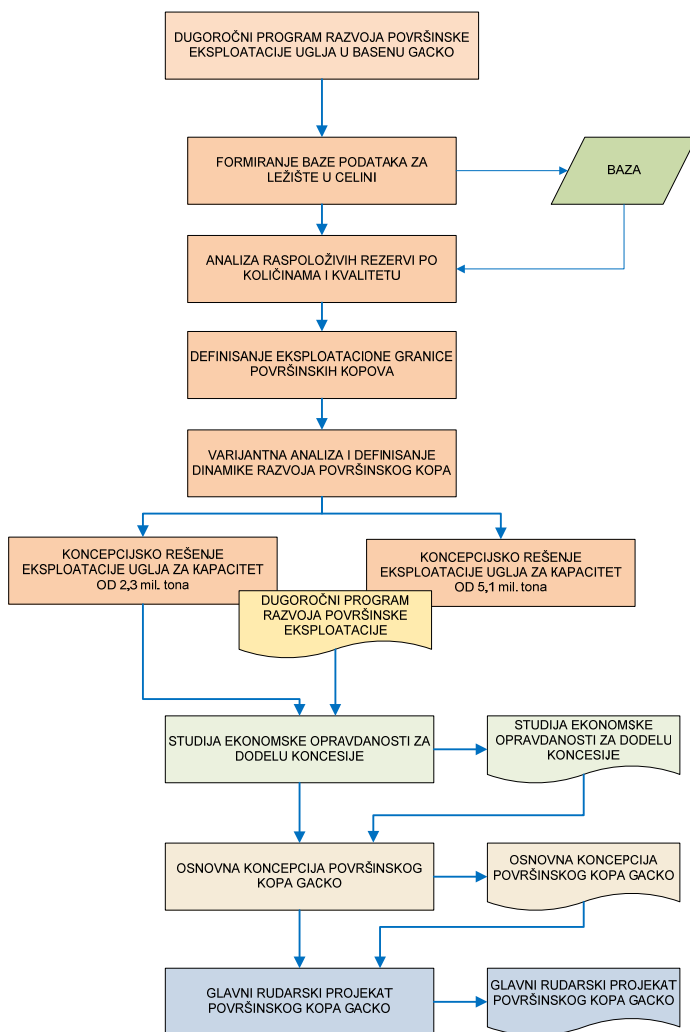
Drugi cilj je analiza varijantnih rešenja eksploatacije uglja za kapacitete od 2,3 miliona tona i 5,1 milion tona uglja u funkciji potencijalnog kapacitativnog razvoja termoelektrane.

Treći, veoma važan cilj je da iz Dugoročnog programa proistekne Studija ekonomske opravdanosti za dodjelu koncesije koja ima dvojaku ulogu. Prvo, ovo je zakonska obaveza iz koje proističe da se eksploatacija uglja ne može vršiti bez dodijeljene koncesije od strane države a drugo, ova studija bi i praktično bila plan investiranja u projekat izgradnje novog površinskog kopa. Kao sastavni dio ove studije potrebno je izraditi idejni projekat površinskog kopa Gacko, odnosno osnovnu koncepciju.

Četvrti cilj je da se na bazi pomenute tehničke dokumentacije izradi Glavni rudarski projekat površinskog kopa Gacko.

Ovako definisan akcioni plan obezbeđuje da se strateški pravci razvoja Gatačkog basena baziraju na pouzdanim i dokumentovanim činjenicama a kapacitet i dinamika eksploatacije uglja optimizuju u funkciji ukupnog razvoja Elektroprivrede Republike Srpske i države.

Akcioni plan je kao algoritam izrade neophodne projektne dokumentacije prikazan na Slici 3.



*Slika 3. Akcioni plan - algoritam izrade neophodne projektne dokumentacije*

## 5. ZAKLJUČAK

Za potrebe otvaranja Površinskog kopa Gacko do sada su urađena tri dokumenta:

- Studija izbora lokacije II faze rudnika (Rudarski institut Tuzla, 1987.),

- Program razvoja površinske eksploatacije uglja u basenu Gacko do 2020. godine (Centar za površinsku eksploataciju Beograd, 2003.) i
- Studija izvodljivosti razvoja energetskog basena Gacko (IG institut, Banja Luka 2009.).

Imajući u vidu znatno povećanje rezervi uglja, neophodne promjene nivoa selekcije zbog zahteva TE Gacko I za kvalitet uglja i novim raspoloživim podacima o pojavama litološkog člana N<sup>8</sup> sa povećanim otporom kopanju koji uslovljavaju promjenu tehnologije otkopavanja otkrivke, Studija izbora lokacije II faze rudnika Gacko se *ne može koristiti kao Studija opravdanosti* u svrhu dobijanja koncesije za eksploataciju uglja.

Program razvoja je rađen za period do 2020. godine, odnosno do kraja radnog vijeka TE Gacko bez revitalizacije, pri čemu Projektant nije raspolagao detaljnijim geološkim podacima litološkog člana N<sup>8</sup> sa povećanim otporom kopanju. Imajući u vidu predviđeni produžetak rada TE Gacko do 2039. godine, nove podatke geoloških istražnih radova i povećanje godišnje proizvodnje uglja sa 1.800.000 tona datoj u Programu razvoja i sadašnjeg kapaciteta od 2.300.000 tona nakon remonta postrojenja TE Gacko, jasno je da Program razvoja više nije aktuelan.

Kako je u međuvremenu izmješteno korito reke Gračanice iz radne zone novog kopa i privode se kraju radovi na izmeštanju rijeke Mušnice, čime se stvaraju uslovi za eksploataciju uglja na južnoj strani površinskog kopa i tako omogućava njegov pravilan razvoj, ujednačavanje koeficijenta otkrivke, definitivni izbor tehnike i tehnologije eksploatacije, preraspodela otkopanih masa i redizajniranje odlagališta, pre svega kroz novu tehno-ekonomsku dokumentaciju.

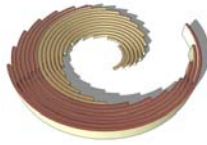
Obzirom da *Dopunski rudarski projekat eksploatacije uglja istočnog dijela Površinskog kopa Gračanica* važi do 2015. godine, za dalji strateški prihvatljiv i održiv razvoj eksploatacije uglja u Gatačkom basenu neophodna je hitna realizacija akcionog plana i tehno - ekonomske dokumentacije koja proističe iz njega.

Dinamički, a imajući u vidu i postojeće stanje eksploatacije uglja u Gatačkom basenu, akcioni plan bi morao da se realizuje do kraja 2015. godine.

## Literatura

1. Tehno-ekonomska dokumentacija Rudnika i termoelektrane Gacko





**MODELIRANJE I PREDIKCIJA BUKE NA PODRUČJU  
POVRŠINSKIOPG KOPA BUVAČ**

**MODELING AND PREDICTION OF NOISE IN THE AREA OF  
OPEN PIT BUVAČ**

Cvjetić A.<sup>1</sup>, Lilić N.<sup>2</sup>, Figun Lj.<sup>3</sup>, Kolonja Lj.<sup>4</sup>

**Apstrakt**

U tehnološkim procesima proizvodnje i prerade rude gvožđa neminovno dolazi do emisije povećanih nivoa buke što uslovljava negativan uticaj na kvalitet radne i životne sredine. Jedan od načina u borbi protiv ovog problema je i modeliranje rasprostiranja buke u okolini industrijskih objekata i na bazi toga izrada mapa buke, odnosno vizuelnog prikaza akustičkog opterećenja ugroženog područja. U radu je opisana metodologija mapiranja buke u zoni industrijskih objekata i postrojenja. Na primeru površinskog kopa Buvač razvijen je model za mapiranje buke u funkciji definisanja mera za saniranje negativnog uticaja buke na životnu sredinu u neposrednoj okolini površinskog kopa.

***Ključne reči:*** modeliranje buke, zoniranje buke, površinska eksploatacija

---

<sup>1</sup> Prof. Dr Cvjetić Aleksandar, dipl.ing.rud., Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

<sup>2</sup> Prof. Dr Lilić Nikola, dipl.ing.rud., Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

<sup>3</sup> Figun Ljubica, dipl.ing., Univerzitet u Banjoj Luci, Rudarski fakultet, Prijedor

<sup>4</sup> Kolonja Ljiljana, dipl.ing.rud., Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

## Abstract

The technological processes of production and processing of iron ore inevitably leads to increased emission levels of noise which causes a negative impact on the quality of environment. One approach in solving this problem is the noise modeling propagation in the vicinity of industrial buildings and on the grounds of noise mapping and visual display of the acoustic load of the surveillance zone. This paper provides describes the methodology for noise mapping in the area of industrial plants and facilities. Presented example of the open pit Buvač model was developed for noise mapping in the function defining the measures to redress the negative effect of noise on the environment in the vicinity of the open pit.

**Keywords:** noise modelling, noise mapping, surface mining

## 1. UVOD

Svetska dugogodišnja istraživanja problema buke u životnoj sredini su nedvosmisleno pokazala veliki značaj ovog problema. Na osnovu rezultata istraživanja tokom 1994. godine procenjeno je da je u toku dana, oko 22% ukupnog broja stanovnika u EU, bilo izloženo buci od saobraćaja, čiji je nivo bio iznad dnevnog ekvivalentnog nivoa zvučnog pritiska od 55 decibela ((dB(A)) [1]. Osim toga, 49% stanovništva (77 miliona) je živelo u oblastima akustičke nekonformnosti za stanovanje. Tokom noći, više od 30% stanovnika je bilo izloženo ekvivalentnom nivou zvučnog pritiska koji prelazi 55 dB(A) za koji se smatra da ometa i onemogućava spavanje [2].

Uticao buke na javno zdravlje je najznačajniji razlog zbog koga je buka, u poslednjih nekoliko godina, označena kao glavni problem u zakonodavstvu zaštite životne sredine [3], [2], [4]. Veliki broj istraživanja tokom poslednje dve decenije povezuje buku sa štetnim uticajima na zdravlje stanovnika. Najvažniji od njih su uznemiravanje i neprijatnost [5] i poremećaj spavanja [6], [7]. Drugi značajni uticaji veze doza-efekat uključuju negativne emocije kao što su bes, razočarenje, nezadovoljstvo, anksioznost pa čak i depresija, kao i uticaja na mentalno zdravlje [8], [9], [10], [11]. Značajne oblasti istraživanja su, takođe, i veza između izloženosti buci i kardio-vaskularnih bolesti, a posebno negativan uticaj buke na zdravlje dece [12], [13], [14]. Izveštaj svetske zdravstvene organizacije (WHO) je ukazao da se primarna prevencija negativnih uticaja na zdravlje odnosi na buku u toku noći, i preporuka je da

stanovništvo tokom noći ne bi trebalo da bude izloženo nivou buke većem od 40 dB[A] i to u toku dela noći kada je većina ljudi u krevetu [15]. Takođe se preporučuje da se vrednost od 55 dB(A) koristi kao privremena granična vrednost za zemlje koje ne mogu da zadovolje vrednost od 40 dB(A) u kratkom vremenskom roku.

U 2002. godini Evropska Unija je prihvatila Direktivu 2002/49/EC poznatu kao Direktiva o buci u životnoj sredini (*Environmental Noise Directive*) [16]. Direktiva se bavi sa četiri ključne oblasti vezane za procenu i upravljanje bukom u životnoj sredini u državama članicama: (1) strateško mapiranje buke, (2) procenu izloženosti stanovništva, (3) akcioni planovi u cilju kontrole buke i (4) dostupnost podataka javnosti.

U tehnološkim procesima proizvodnje i prerade rude gvožđa neminovno dolazi do emisija povećanih nivoa buke. Njeno prisustvo u radnoj okolini predstavlja realnu opasnost sa stanovišta oštećenja ili u najgorem slučaju gubitka sluha. Prenosenje buke iz radne u životnu okolinu predstavlja dodatni problem, sa ne tako fatalnim posledicama, ali sa velikim uticajem na kvalitet života okolnog stanovništva. Jedan od načina u borbi protiv ovog problema je i zoniranje - mapiranje buke na i u okolini industrijski objekata, što je i predmet ovog rada.

## 2. METODOLOGIJA MAPIRANJA BUKE

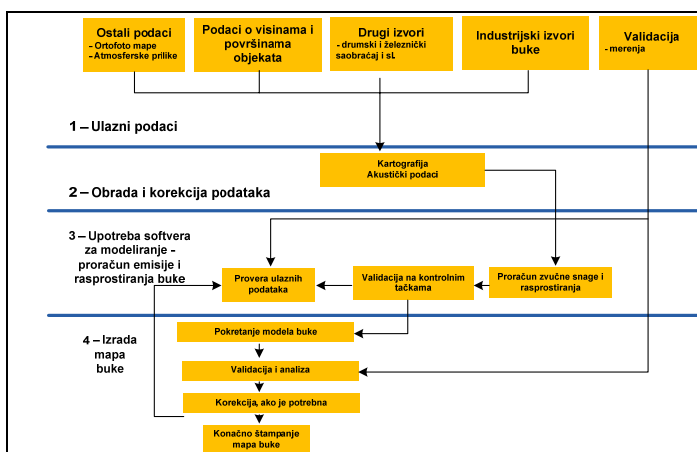
Metodologija za mapiranje buke u zoni industrijskih postrojenja sastoji se od niza koraka prikazanih na Slici 1.

Priprema autentičnih ulaznih podataka predstavlja najkritičniji deo posla. U projektima mapiranja buke u zoni industrijskih postrojenja, to je najteži deo posla, budući da se veoma retko raspolaže preciznim digitalnim 3D crtežima postrojenja. U velikom broju slučajeva ne raspolaže se ni osnovnim akustičkim podacima kao što su nivo zvučne snage ili usmerenost izvora buke.

Nakon prikupljanja svih potrebnih podataka, isti se predstavljaju u modelu, a to obično znači mnogo podešavanja, kako po pitanju geometrije izvora tako i po pitanju akustičkih podataka. To je iterativni proces koji ponekad zahteva povratak na mesto merenja u cilju provere svih sumnji, nova merenja i susreti sa inženjerima, koji rade na konkretnom postrojenju, u cilju provere režima rada mašina.

Podaci o buci na izvorima se obično u modelu predstavljaju u obliku nivoa zvučne snage oktavnog opsega, uzimajući u obzir usmerenost i procenat radnog vremena za svaki referentni period dana, ako su relevantni za projekat.





Slika 1. Metodologija mapiranja buke u zoni industrijskih postrojenja [17]

Proces validacije obično obuhvata dva koraka: validaciju izvora i potpunu validaciju modela. Validacija izvora je postupak u kojem se jedan izvor ili male grupe izvora proveravaju putem poređenja izmerenih i izračunatih vrednosti, na skupu prijemnika na srednjim udaljenostima, ne suviše blizu ali ni previše daleko, od izvora koji se proveravaju, obično unutar zone postrojenja, ali u akustički *dalekom* polju svakog pojedinačnog izvora. Potpuna validacija modela je postupak u kojem se celo postrojenje, sa svim svojim izvorima, proverava putem poređenja izmerenih i izračunatih vrednosti na skupu prijemnika daleko od izvora, obično van zone postrojenja, a ponekad u blizini osetljivih prijemnika, kao što su stanovi u susjedstvu.

U zavisnosti od raspoloživog softvera za modeliranje buke, način proračuna se može izabrati tako da bude u skladu sa različitim metodama i standardima. Najčešći metod, za industrijske izvore, je metod definisan standardom ISO 9613. Pored izbora odgovarajućeg standarda, takođe se, u zavisnosti od raspoloživog softvera, mora ispravno konfigurisati i jedan broj softverskih parametara, koji se odnose na proračun, kao što su maksimalni radijus pretrage, minimalno rastojanje od izvora do prijemnika, red maksimalne refleksije, minimalno rastojanje prijemnik-reflektor, referentno vreme, rastojanje između prijemnika i visina prijemnika (kada se radi proračun sa mrežom prijemnika za izradu mape buke), pojedinačni opseg ili spektar, usmerenost i geometrija (za svaki izvor pojedinačno) kao i tip nivoa buke izvora (npr. Lp mereno na određenoj udaljenosti na otvorenom, Li nivo buke na fasadi kao posledica transmisije buke sa unutrašnje strane, itd.).

### 3. RAZVOJ MODELA ZA MAPIRANJE BUKE

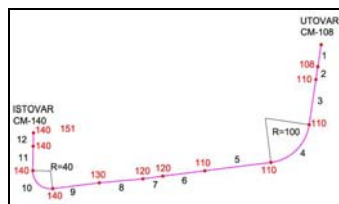
Eksploatacija rude na površinskom kopu Buvač obavlja se BK-DT (**B**ager-**K**amion-**D**robilica-**T**raka) sistemom koji čine bageri kašikari Komatsu PC 1250 i EKG 5A, kamioni CAT 777 i CAT 775 F, drobilično postrojenje (KRUPP BR/L 18.180) i transporteri sa trakom širine  $B = 1200$  mm. Svi navedeni elementi u sistemu eksploatacije rude pojedinačno predstavljaju izvore buke. U tom smislu buka vodi poreklo od:

- kamiona - transport rude: bogate do drobilice locirane na kopu, odnosno siromašne do odlagališta Mamuze (buka prilikom vožnje);
- bagera kašikara - utovar rude na etažama (buka pri utovaru rude u kamione),
- drobiličnog postrojenja - usitnjavanje rude, kao i procesa istovara rude iz kamiona u drobilično postrojenje
- transportnog sistema sa trakama kojima se ruda sa kopa, iz drobiličnog postrojenja otprema ka pogonu za gravitaciono-magnetnu separaciju

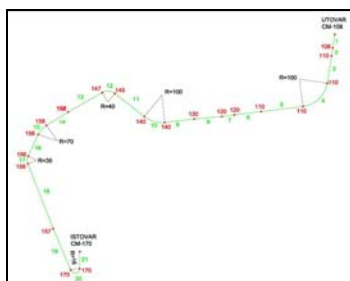
U 2014. godini, za koju je i rađeno zoniranje buke u ovom radu, ruda se otkopava i transportuje sa dva sistema BK, koje čine: užetni bager EKG 5A, hidraulični bager PC 1250 i kamioni CAT 777.

Ruda sa sadržajem  $Fe > 32\%$  transportuje se do drobiličnog postrojenja, dok se ruda sa sadržajem  $20\% \leq Fe < 32\%$  transportuje do odlagališta Mamuze. Transportna trasa za rudu sa sadržajem  $Fe > 32\%$ , od kopa do drobiličnog postrojenja, prikazana je na Slici 2. Transportna trasa za rudu sa sadržajem  $20\% \leq Fe < 32\%$ , od kopa do odlagališta Mamuze, prikazana je na Slici 3.

Za postizanje projektovanog kapaciteta na rudi potrebna su 3 kamiona CAT 777. Jedan kamion CAT 777 radi u sistemu sa užetnim bagerom EKG 5A, a druga dva kamiona CAT 777 rade u sistemu sa hidrauličnim bagerom PC 1250.



Slika 2. Transportna trasa za rudu sa sadržajem  $Fe \geq 32\%$  u 2014. godini [19]



Slika 3. Transportna trasa za rudu sa sadržajem  $20\% < Fe < 32\%$  u 2014. godini [19]

Eksploatacija jalovine na površinskom kopu Buvač obavlja se sistemom bager kamion (BK sistem) koji čine bageri kašikari Komatsu PC 1250 i EKG 5A i kamioni CAT 777 i CAT 775 F. Transportna trasa za jalovinu u 2014. godini prikazana je na Slici 4.

Za postizanje projektovanog kapaciteta na jalovini projektom je predviđeno 6 kamiona CAT 777 i 12 kamiona CAT 775F, raspoređenih u sledeće sisteme:

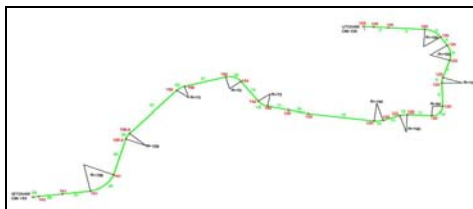
- Sistem 1: PC1250 - CAT 777 (4 kamiona),
- Sistem 2: EKG 5A - CAT 777 (2 kamiona),
- Sistemi 3/4/5/6: EKG 5A - CAT 775F (svaki sa po 3 kamiona).

Imajući u vidu ove podatke, zaključuje se da u procesu eksploatacije jalovine buka vodi poreklo od:

- kamiona - transport stenskog materijala - jalovine do odlagališta Jezero (buka prilikom vožnje),
- bagera kašikara - utovar jalovine na etažama (buka pri utovaru jalovine u kamione).

Ovim izvorima buke treba dodati i određen broj pomoćne mehanizacije koja je neophodna u ovakvim tehnološkim sistemi i koja kao takva predstavlja izvore buke koja vodi poreklo od:

- buldozera - planiranje i održavanje radnih etaža (buka pri planiranju materijala), (6 komada),
- grejdera - održavanje putne infrastrukture na kopu, (2 komada).



Slika 4. Transportna trasa za jalovinu u 2014. godini [19]

Nakon što su definisani izvori buke, trebalo je odrediti i veličine emisija buke koju navedeni izvori emituju u radnu okolinu, odnosno životnu sredinu. Podaci o nivoima buke, za koju se očekuje da bude emitovana od strane definisanih izvora, u formi  $Leq(A)$ , su usvojeni na bazi iskustava Katedre za zaštitu na radu i zaštitu životne sredine, Rudarsko-geološkog fakulteta iz Beograda, kao i na bazi svetskih iskustava kada je u pitanju ovakav tip mehanizacije i njene angažovanosti, ali i na bazi godišnjih izveštaja o merenjima buke na predmetnom kopu i u okolnoj životnoj sredini, koji su bili na raspolaganju prilikom izrade ove teze. Za modeliranje usvojeni su sledeći ekvivalentni nivoi buke  $Leq(A)$ , koji se za dati model (SiteNoise) posmatraju na rastojanju od 10 m od izvora buke, što je inače uobičajeno i za druge modele:

- kamionski transport - buka prilikom vožnje, 85 dB,
- kamionski transport - buka prilikom istovara iz kamiona, 85 dB,
- rad bagera kašikara - utovar u kamione, 80 dB,
- rad drobilicnog postrojenja – usitnjavanje rude, 95 dB,
- rad buldozera - buka pri planiranju materijala, 85 dB,
- rad grejdera - buka pri održavanju saobraćajnica na kopu, 85 dB,
- rad transportnog sistema sa trakama - transport rude do gravitaciono-magnetne separacije, 65 dB i
- presipne stanice u sistemu transporter sa trakama, 80 dB.

#### **4. PROCENA UTICAJA BUKE NA KVALITET ŽIVOTNE SREDINE**

Budući da se shodno kvalitetu rude, jedan deo direktno vozi na drobljenje, a jedan na privremeno odlagalište Mamuze, zoniranje buke u ovom radu je urađeno za dva scenarija, na bazi dinamike za 2014. godinu:

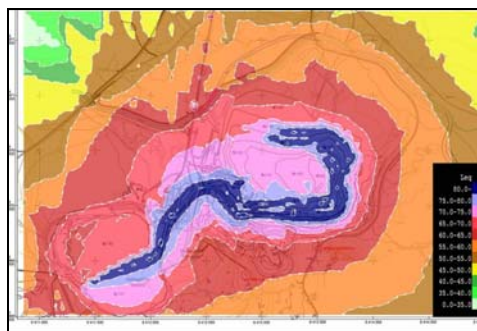
- Scenario 1, transport bogate rude,  $Fe \geq 32\%$ , do drobilicnog postrojenja i
- Scenario 2, transport siromašnije rude,  $20\% \leq Fe < 32\%$ , do odlagališta Mamuze.

##### **Scenario 1**

Na Slici 5 prikazana je procena nivoa buke koja potiče od rudarskih aktivnosti na PK Buvač, a u funkciji udaljenosti receptora od izvora buke. Analiziran je jednovremeni rad navedene mehanizacije na eksploataciji rude i jalovine, na bazi jednočasovnog proseka.

Procena nivoa buke za najbliže receptore u zoni stambenih

objekata na južnoj i jugoistočnoj strani kopa (merna mesta su obeležena crvenim krugovima) udaljene oko 350 m odnosno 150 m od granice kopa pokazuje da se očekuje negativan uticaj buke iz tehnološkog procesa eksploatacije na površinskom kopu Buvač, pošto nivoi buke prelaze dozvoljene vrednosti koje za grupu poslovno - stambena područja, IV zona, iznose 50-60 dB (noćni, odnosno dnevni interval [18]).

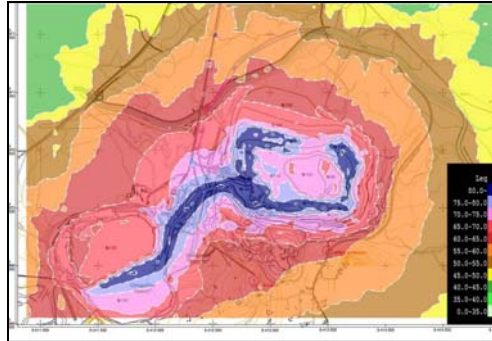


*Slika 5. Procena nivoa buke na PK Buvač u uslovima koncentracije transportnih puteva na istočnoj strani kopa (6 sistema na jalovini i 2 na bogatoj rudi)[19]*

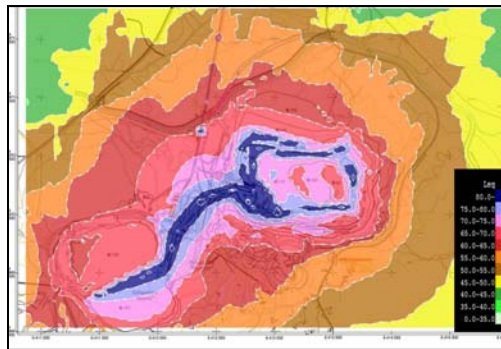
Kao što se može videti dominantni izvori buke su transportni putevi. Imajući to u vidu, a u cilju snižavanja buke na mestima monitoringa u životnoj okolini, izvršena je dekoncentracija transportnih puteva na istočnoj strani kopa, tako što su transportni putevi četiri sistema na jalovini, sa najviših etaža, usmereni zapadnom stranom kopa. Rezultat modeliranja je prikazan na Slici 6. Evidentno je da se nivo buke u zoni mernih mesta snizio ali je ona i dalje iznad dozvoljenih granica za zonu IV. Shodno tome i transportni put preostalog jalovinskog sistema je preusmeren sa istočne na zapadnu stranu kopa. Rezultat modeliranja ove situacije je prikazan na Slici 7.

Koncentracijom transportnih puteva jalovinskih sistema na zapadnoj strani kopa, nivoi buke, u dnevnom intervalu, kod stambenog objekta jugoistočno od kopa u potpunosti zadovoljavaju zahteve zone IV. Za razliku od njega stambeni objekat južno od kopa se nalazi na granici od 60 dB, što ga čini potencijalnog ugroženim bukom koja potiče od radova na PK Buvač u dnevnom intervalu.

U tom smislu, izvršeno je novo modeliranje buke, pri čemu su transportne trase dva jalovinskih sistema na odlaganju jalovine preusmerene sa istočne na severnu odnosno zapadnu stranu odlagališta Jezero. Rezultat modeliranja za ovu situaciju je prikazan na Slici 8.



*Slika 6. Procena nivoa buke na PK Buvač u uslovima dekoncentracije transportnih puteva na istočnoj strani kopa (transportni putevi 4 sistema na jalovini sa istočne strane preusmereni zapadnom stranom kopa)[19]*



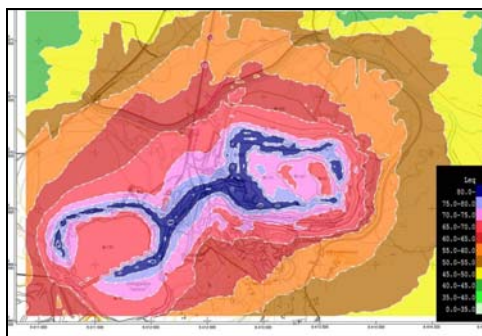
*Slika 7. Procena nivoa buke na PK Buvač u uslovima koncentrisanja transportnih puteva jalovinskih sistema na zapadnoj strani kopa (transportni putevi 6 sistema na jalovini su koncentrisani na zapadnoj strani kopa)[19]*

Sa Slike 8 je očigledno da se zona od 55-60 dB oko stambenog objekta sa južne strane kopa znatno proširila i u većoj meri zadovoljava zahteve u pogledu nivoa buke za zonu IV.

Na bazi izvršenih modeliranja za scenario 1 može se zaključiti sledeće:

- u cilju održavanja zadovoljavajućeg nivoa buke (zona IV) kod najbližih stambenih objekata jugoistočno od kopa svrsishodno je transportne trase svih sistema (na rudi ili jalovini), koje se nalazi iznad etaže 110 m preusmeriti, ukoliko je to tehnički izvodljivo, zapadnom stranom kopa;

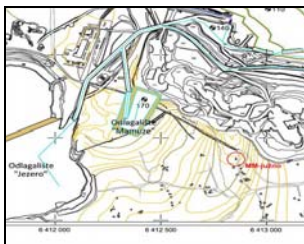
- u cilju održavanja zadovoljavajućeg nivoa buke (zona IV) kod najbližih stambenih objekata južno od kopa svrsishodno je transportne trase određenog broja jalovinskih sistema na odlagalištu Jezero preusmeriti, ukoliko je to tehnički izvodljivo, sa istočne na zapadnu stranu odlagališta; Na Slici 8 se to postiglo preusmeravanjem dva sistema; Preusmeravanjem većeg broja sistema postiže se veći efekat u smislu snižavanja buke kod najbližih objekata sa južne strane kopa.



*Slika 8. Procena nivoa buke na PK Buvač u uslovima preusmeravanja transportne trase dva jalovinskih sistema na odlaganju jalovine sa istočne na severnu odnosno zapadnu stranu odlagališta Jezero [19]*

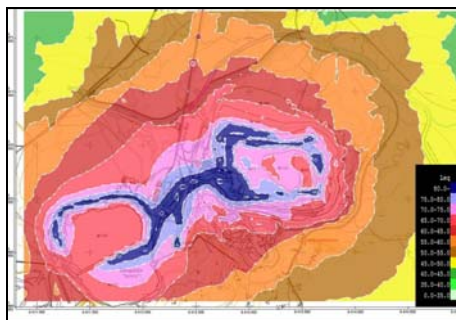
## Scenario 2

Scenario 2, kako je napred pomenuto, tretira transport siromašnije rude,  $20\% \leq Fe < 32\%$ , do odlagališta Mamuze, i to je jedina razlika u odnosu na scenario 1. Naime, ruda pomenutog sastava se ne transportuje do drobilice već do odlagališta Mamuze i za to je zadužen jedan sistema, dok drugi i dalje radi na bogatoj rudi. Postojanje odlagališta Mamuze još više približava konturu kopa najbližim stambenim objektima sa južne strane što znatno pogoršava akustičku sliku sa tog stanovišta (Slika 9).



*Slika 9. Prostorni odnos odlagališta Mamuze i najbližeg stambenog objekta sa južne strane kopa [19]*

Na Slici 10 prikazana je procena nivoa buke koja potiče od rudarskih aktivnosti na kopu Buvač, za slučaj odlaganja rude  $20\% \leq \text{Fe} < 32\%$ , a u funkciji udaljenosti receptora od izvora buke. I u ovom slučaju kao i u scenariju 1, analiziran je jednovremeni rad navedene mehanizacije za dati scenario na eksploataciji rude i jalovine, na bazi jednočasovnog proseka.



*Slika 10. Procena nivoa buke na PK Buvač u uslovima odlaganja siromašnije rude na odlagalište Mamuze [19]*

Treba napomenuti da je osnova modeliranja za scenario 2 bila situacija sa Slike 8, odnosno završna situacija scenaria 1. Nije bilo svrsishodno započeti modeliranje u scenariju 2 kao i u scenariju 1 i prolaziti kroz sve situacije izmeštanja transportnih trasa, budući da se pokazalo da samo završna situacija (Slika 8) zadovoljava uslove za zonu IV.

Kao što se može videti, i u scenariju 2 su dominantni izvori buke transportni putevi. Procena nivoa buke, za najbliže receptore u zoni stambenih objekata na južnoj strani kopa, udaljenih oko 350 m od granice kopa, odnosno odlagališta Mamuze, pokazuje da se za modelirane uslove scenaria 2 može očekivati negativan uticaj buke iz tehnološkog procesa eksploatacije na površinskom kopu Buvač, pošto nivo buke prelazi dozvoljene vrednosti za IV zonu [18]. Najbliži stambeni objekti jugoistočno od kopa su u dozvoljenim granicama za zonu IV, što je bilo i za očekivati, budući da su se uslovi modeliranja scenaria 2 promenili samo u zoni odlagališta Mamuze.

Zbog toga je izvršeno novo modeliranje u smislu preusmeravanja još jedne transportne trase na odlagalištu Jezero sa istočne na zapadnu njegovu stranu. Na taj način bi se akustički rasteretila njegova istočna strana i smanjio akustički doprinos koji te trase daju ukupnom nivou emitovane buke sa odlagališta Mamuze. Rezultati tog modeliranja su prikazani na Slici 11.

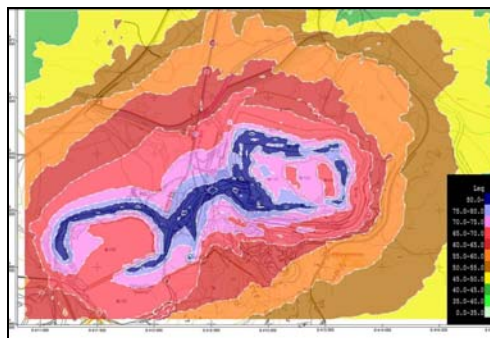
Evidentno je da se nivo buke u zoni mernog mesta na južnoj strani



kopa snizio i da se sada nalazi na granici za zonu IV. Analogno toj situaciji može se zaključiti da bi preusmeravanjem i preostale transportne trase jalovinskog sistema na odlagalištu Jezero sa njegove istočne na zapadnu stranu dovelo do dodatnog snižavanja buke u zoni najbližih stambenih objekata sa južne strane kopa.

Na bazi izvršenih modeliranja za scenario 2 nameće se identičan zaključak kao i za scenario 1:

- U cilju kontrole buke (zona IV) kod najbližih stambenih objekata jugoistočno od kopa svrsishodno je, ukoliko to tehnički uslovi dozvoljavaju, transportne trase svih sistema (na rudi ili jalovini), locirane iznad etaže 110 m preusmeriti zapadnom stranom kopa;
- U cilju kontrole buke (zona IV) kod najbližih stambenih objekata južno od kopa svrsishodno je transportne trase određenog broja jalovinskih sistema na odlagalištu Jezero preusmeriti, ukoliko je to tehnički izvodljivo, sa istočne na zapadnu stranu odlagališta; Akustičkim rasterećenjem njegove istočne strane smanjuje se bučni doprinos koji te trase daju ukupnom nivou emitovane buke sa odlagališta Mamuze.



*Slika 11. Procena nivoa buke na PK Buvač u uslovima odlaganja siromašnije rude na odlagalište Mamuze i preusmeravanjem transportnih trasa na odlagalištu Jezero [19]*

Ono što je izuzetno značajno za oba scenarija je činjenica da se jednom vrstom rešenja utiče na nivoe buke u oba scenarija što znatno pojednostavljuje proces kontrole buke za modelirane uslove. Međutim na predloženi način upravljanja bukom se rešava problem povišenih nivoa buke samo tokom dnevnog intervala, budući da se dobijene vrednosti nakon primene mera kontrole buke kreću u rasponu od 55 do 60 dB.

Izuzetna blizina stambenih objekata konturi kopa, prostorni odnos

kopa i okolnih objekata u smislu topografskih karakteristika (izvori buke i izloženi objekti su na gotovo istoj nadmorskoj visini i jedina mogućnost slabljenja buke se svodi na postojanje rastojanja između izvora i receptora, a koje je ovde izuzetno nepovoljno, odnosno malo) kao i veliki intenzitet radova u cilju ostvarenja projektovane proizvodnje, onemogućavaju snižavanje buke ispod 50 dB, primenom racionalnog rešenja (drugačijom organizacijom proizvodnje bez značajnijeg uticaja na proizvodni kapacitet), što bi bilo neophodno za IV zonu za noćni interval. Eventualno rešenje se može tražiti u izradi zvučnih barijera u neposrednoj blizini stambenih objekata. Međutim takva rešenja nisu popularna i primenjuju se samo u neizbežnim situacijama.

Na prikazanom primeru, više je nego očigledan značaj mogućnosti kreiranja različitih scenaria. Koristiće ovakve alate, u stanju smo da mnogo pre generisanja problema, odnosno pre izlaganja osetljivih objekata - receptora neprihvatljivim nivoima buke, simuliramo nekoliko scenaria i na osnovu njih definišemo najbolje rešenje za „problem“ buke koji se može pojaviti. Upotreba ovakvih alata i ovakav pristup nam omogućavaju da budemo *korak ispred* problema.

## 5. ZAKLJUČAK

Akustički modeli industrijskih objekata uz mape distribucije buke predstavljaju moćno sredstvo za procenu i upravljanje bukom kako u fazi projektovanja tako i fazi rada. Iz navedenog proizilaze dva bitna momenta po pitanju upravljanja bukom:

1. Modeliranje predstavlja dobar način dobijanja dokaza da li se rad određenog postrojenja u konkretnom okruženju, obavlja u saglasnosti sa zakonskom regulativom u vezi sa bukom;
2. Akustičko modeliranje predstavlja koristan alat u slučajevima kada treba doneti odluku šta treba uraditi kako bi se postigla usaglašenost sa zakonskom regulativom.

Omogućavajući lako rangiranje izvora buke, uz istovremenu simulaciju bilo koje potencijalno *bučne* situacije (scenarija), akustički modeli olakšavaju i čine još efikasnijim postupak donošenja akcionih planova za snižavanje buke. Ovo može da ima i značajne ekonomske efekte, jer omogućava donošenje ispravne odluke u pogledu budućih investicija neophodnih za kontrolu buke, koje, u mnogim slučajevima, nisu zanemarljive.

Zbog toga, iako je potrebno određeno vreme kako bi se formirao akustički model, koji kao takav ima i neku svoju cenu, celokupan postupak izrade modela je opravdan, posebno u slučajevima izgradnje

novog industrijskog objekta ili njegove rekonstrukcije, kao i u situacijama kada postojeći industrijski objekat treba da obezbedi dokaze o usaglašenosti sa zakonskom regulativom po pitanju buke.

## Literatura

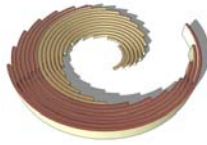
1. Lambert J, Vallet M.: Study related to the preparation of a communication on a future EC noise policy. Institut National de Recherche sur les Transport et leur Sécurité (INRETS), Report No. 9420. Bron, France; 1994
2. Berglund B, Lindvall T, Schwela DH.: Guidelines for community noise. Geneva: World Health Organisation; 1999
3. European Commission: Green Paper on Future Noise Policy. COM (96) 540. Brussels; 1996
4. World Health Organisation and European Centre for Environment and Health: Report on the Technical meeting of exposure-response relationships of noise on health. Germany, Bonn, 2003
5. Michaud DS, Keith SE, McMurchy D.: Noise annoyance in Canada, *Noise Health* 2005;7:39–47
6. Carter NL. Transportation noise, sleep, and possible after-effects. *Environ Int.*, 1996, 22:105-16
7. Ohrstrom E, Skanberg A.: Sleep disturbances from road traffic and ventilation noise - laboratory and field experiments, *J Sound Vibr.*, 2004, 271:279-96
8. Fidell S, Barber DS, Schultz TJ. Updating dosage–effect relationship for the prevalence of annoyance due to general transportation noise. *J Acoust Soc Am* 1991;89:221–33.
9. Fields JM.: Reactions to environmental noise in an ambient noise context in residential areas, *J Acoust. Soc. Am.*, 1998, 104:2245-60
10. Miedema ME.: Relationship between exposure to single or multiple transportation noise sources and noise annoyance, World Health Organisation and European Centre for Environment and Health Report on the Technical meeting of exposure–response relationships of noise on health, Germany: Bonn, 2003
11. La Torre G, Moscato U, La Torre F, Ballini P, Marchi S, Ricciardi W.: Environmental noise exposure and population health: a cross-sectional study in the Province of Rome, *J Public health*, 2007, 15:339-44.
12. Evans GW, Lercher P, Meis M, Ising H, Kolfer WW.: Community noise exposure and stress in children, *J Acoust. Soc. Am.*

- 2001, 109:1023-7
13. Evans GW, Lepore SJ.: Nonauditory effects of noise on children, *Children's Environ*, 1993,10:31-51
  14. Evans GW, Maxwell L.: Chronic noise exposure and reading deficits: the meditating effects of language acquisition, *Environ. Behav.*, 1997, 29:1514-23
  15. World Health Organisation: Night Noise Guidelines for Europe, Copenhagen, 2009
  16. European Union Directive 2002/49/EC relating to the Assessment and Management of Environmental Noise, *Official Journal of the European Communities*, 2002, No. L 189
  17. Luís Conde Santos, Christine Matias, Frederico Vieira, Fátima Valado: Noise mapping of industrial sources, *Acústica 2008*, Coimbra, Portugal
  18. Pravilnik o dozvoljenim granicama intenziteta zvuka i šuma, Sl. list SR BiH 46/89-1218
  19. Figun Lj.: Zoniranje buke na PK Buvač, Prijedor, Magistarski Rad, Beograd, 2014

### ***Priznanje***

*Ovaj rad je realizovan u okviru projekta Unapređenje tehnologije površinske eksploatacije lignita u cilju povećanja energetske efikasnosti, sigurnosti i zaštite na radu (TR 33039), koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa istraživanja u oblasti tehnološkog razvoja za period 2011.-2014. godina.*





**IZBOR REKULTIVACIONOG REŠENJA  
NA PRIMERIMA POVRŠINSKIH KOPOVA  
UGLJA VIŠEKRITERIJUMSKOM ANALIZOM**

**A SELECTION OF THE LAND RECLAMATION RESOLUTION  
AT THE EXAMPLES OF THE OPEN PIT MINES KLENOVNIK  
BY A MULTI-ATTRIBUTE ANALYSIS**

Dimitrijević B.<sup>1</sup>, Lilić N.<sup>2</sup>

**Apstrakt**

U ovom radu predstavljeni su problemi realizacije post-eksploatacionih predela, na različitim površinskim kopovima uglja: Klenovnik i Tamnava Zapadno Polje u Srbiji i Bogutovo Selo kod Ugljevika u Republici Srpskoj. Zakon o rudarstvu predviđa izradu projekata rekultivacije (tehničke i biološke) revitalizaciju degradiranih prostora i uređenje prostora, u funkciji zaštite životne sredine. Time se postiže regeneracija, revitalizacija i uređenja narušenih površina na površinskim kopovima i odlagalištima. Glavni zadatak prilikom projektovanja odnosi se na izbor rekultivacione varjante kao konačnog rešenja na osnovu zadatih kriterijuma. Za rešavanje ovih problema primenjena je višekriterijumska analiza metodom PROMETHEE i dat analitički i pregledni tabelarni prikaz rezultata ovog modela.

---

<sup>1</sup> Dr Bojan Dimitrijević, dipl. ing. rud., Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

<sup>2</sup> Prof. Dr Lilić Nikola, dipl. ing. rud., Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

**Ključne reči:** posteksploatacioni predeo, rekultivaciono rešenje, višekriterijumska analiza, površinski kopovi uglja

## **Abstract**

The problems of post-mining areas created after the closure of coal open pit mines Klenovnik and Tamnava West Field in Serbia, and Bogutovo Selo close to village Ugljevik in The Republic Srpska are presented in this paper. The Law on Mining provides for the development of reclamation projects (technical and biological) revitalization of degraded areas and landscaping, as a function protection of the environment. This is accomplished by regeneration, revitalization and development of degraded areas in opencast mines and landfills. The main task during the design the design concerns the selection recultivation solution a final decision on the basic of specified. To solve these problems, we applied multi-criteria analysis method PROMETHEE and give analytic review and tabulation of the results of this model.

**Keywords:** post-mining areas, land reclamation resolution, multi-criteria analysis, open pit mines

## **1. UVOD**

Širenje površinske eksploatacije mineralnih sirovina a naročito energetskih resursa fosilnih goriva, čine površinske kopove uglja prostorno dominantnim objektima velikih rudarskih basena kako u nas tako i u svetu. Eksploataciona aktivnost, prati negativne ekološke uticaje na životnu sredinu šire okoline, što nas obavezuje na integralno planiranje, revitalizaciju, rekultivaciju i uređenje narušenog prostora za njegovo ponovno humano korišćenje u posteksploatacionom periodu. Posteksploataciono saniranje i uređenje predela površinskih kopova i odlagališta odnosno narušenog prostora izazvanog rudarskim radovima i pratećih objekata, predstavlja sintetički multidisciplinarni i interdisciplinarni kompleksan višefazni inženjerski projektni zadatak. Dosadašnja rekultivaciona praksa u svetu je pokazala da je moguće stvoriti nove poljoprivredne, šumske, akvatorne, livadske i druge obnovljene prostore čemu treba težiti i u nas.

Rekultivacija ima višeznačni kompleksni inženjerski karakter jer predstavlja sintezu rudarsko-tehnoloških, inženjersko-geoloških (geotehničkih i hidrogeoloških), hidrotehničkih i bioinženjerskih

(agronomskih i šumarskih meliorativnih postupaka), kao i drugih tehničkih mera koje se preduzimaju u cilju transformacije tehnogeno narušenog zemljišta u stanje pogodno za poljoprivredu, šumarstvo, ribarstvo, rekreaciju, turizam, i prostor za graditeljstvo različite namene, parkovske i pejzažno ambijentalne celine. Prirodnački posmatrano, rekultivacijom se pospešuje obnavljanje starih i oživljavanje novih biljnih i životinjskih vrsta i formiranje stabilnih eko-zajednica u cilju ekološke ravnoteže čovekove okoline i održivog razvoja prirodnih obnovljivih i neobnovljivih resursa. U tom smislu predeo rekultivisanih površina uklapa se u postojeći eko sistem ili se pak u celini ili delimično menja njegova namena za nove potrebe.

## **2. IZBOR VARIJANTI REKULTIVACIJE I KRITERIJUMA UREĐENJA POSTEKSPLOATACIONIH PREDELA POVRŠINSKIH KOPOVA UGLJA**

Izradom projekta rekultivacije za neki od površinskih kopova, glavni inženjerski zadatak opredeljujuće izbor oblika i tehničko-tehnološkog rešenja rekultivacije sa jedne i uređenja prostora posteksploatacionog prostora polja sa druge strane. Brojnost mogućih alternativnih varijanti ili rešenja, raznolikost njihovih kombinacija, broj kriterijumskih uslova i njihova međusobna suprotstavljenost otvara pitanje timskog karaktera: šta je najbolje rešenje? Operativni odgovor pruža višeatributna ili višekriterijumska analiza.

Kod izbora modela višeatributne analize, konsultovana je klasifikacija sa dve grupe modela:

1. U prvoj su modeli prema kojima se višeatributni problemi kontinualnog matematičkog oblika svode na problem rešiv nekom od poznatih pristupa matematičkog programiranja, i
2. U drugoj grupi su modeli prema kojima se problemi rešavaju analizom i rangiranjem alternativa. Pretpostavka je da su sve alternative kriterijumski vrednovane na isti način, a postupak vrednovanja može biti matematičko izračunavanje, eksperimentalno merenje, heurističko vrednovanje ili subjektivno ocenjivanje.

Priroda i logička ovog problema, upućuje na drugu grupu modela kao što su: ELECTRE, PROMETHEE, AHP, VIKOR i dr. među kojima treba tražiti pristup za izbor oblika i načina rekultivacije i uređenja predela eksploatacionih polja površinskih kopova uglja: Klenovnik i Tamnava Zapadno Polje u Srbiji i Bogutovo Selo kod Ugljevika u Republici Srpskoj.



Za potrebe projektnog rešenja predlažemo model PROMETHEE. Bez ulaženja u analizu i ocenu višeatributnih modela, pri izboru modela prevagu je imalo iskustvo u njegovom korišćenju, postignuti dosadašnji rezultati i ugrađenost u PROMETHEE model šest generalizovanih kriterijuma za iskazivanje preferencija donosioca odluke, što ublažava subjektivitet donosioca odluke. Ovo ne negira ostale metode i ne isključuje njihovu primenljivost u rešavanju ovog tipa problema[5].

### **3. VIŠEKRITERIJUMSKI MODEL NA PRIMERU POVRŠINSKOG KOPA UGLJA BOGUTOVO SELO**

Preliminarnom analizom ustanovljeno je da su za uslove površinskog kopa Bogutovo Selo-Ugljevik moguća sledeća rekultivaciona rešenja:

$a_1$  - šumarstvo,  $a_2$  - poljoprivreda (ratarstvo i povrtarstvo),  $a_3$  - poljoprivreda (voćarstvo),  $a_4$  - šumarstvo i poljoprivreda kombinacije,  $a_5$  - akvatorijalni kompleks (vodene površine za sport, rekreaciju i ribarstvo),  $a_6$  - zona za industrijsku gradnju,  $a_7$  - privremena odlagališta (pepela, šljake, jalovine i dr.),  $a_8$  - stočarsko-farmerski kompleks u kombinaciji sa turističkim i parkovskim uređenjem,  $a_9$  - proširenje prirodnih rezervata i (biorezervata).

Na osnovu procene troškova osam rekultivacionih varijanti i 12 kriterijuma koji pokrivaju ekološke, tehničko-tehnološke, ekonomske, estetsko-pejzažne, lokalne, socijalne i druge aspekte vrednovanja važne za izbor rekultivacionog rešenja formirana je inicijalna matrica odlučivanja po modelu PROMETHEE, data u Tabeli 1. Kriterijumi su definisani kao univerzalne vrednosti u posteksploatacionom rekultivacionom zahvatu za potrebe predmetnih površinskih kopova uglja kao:  $K_1$  - Visina investicionih ulaganja po jedinici površine,  $K_2$  - Investicioni period - vreme investiranja,  $K_3$  - Vreme povraćaja uložених sredstava,  $K_4$  - Godišnji troškovi kontinuiranog održavanja po jedinici površine,  $K_5$  - Uklopljivost rekultivacionog rešenja u ambijentalnu celinu,  $K_6$  - Lokalne potrebe (interes lokalne zajednice),  $K_7$  - Tehnološka složenost izvođenja rekultivacionih radova,  $K_8$  - Organizaciona zahtevnost (složenost) izvođenja radova,  $K_9$  - Vreme post-rekultivacionog kontinuiranog održavanja,  $K_{10}$  - Procentualni udeo rekultivacione forme (varijante) u ukupnom rekultivacionom zahvatu,  $K_{11}$  - Socijalni i ekonomski značaj rekultivacije za lokalnu zajednicu,  $K_{12}$  - Korelacioni odnos prostorne i vremenske dinamike rekultivacionih radova [8].

Tabela 1. Kvantifikovana inicijalna matrica odlučivanja (O) za površinski kop Bogutovo Selo

Alternativa	Kriterijumi											
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
a <sub>1</sub>	3	9.5	3	3	8	7	5	4.5	8.5	80	8.5	6.5
a <sub>2</sub>	10	2.5	6.5	6	8.5	8.5	6.5	6	8	20	8.75	7
a <sub>3</sub>	25	6	7.5	5.25	9	9	6	5.5	8.5	70	9	6
a <sub>4</sub>	12.67	6	5.6	4.75	8.5	8.25	6.5	5.3	8.25	80	8.75	6.5
a <sub>5</sub>	2.5	2.5	1.5	3	4	4	3	3	5	10	4	2
a <sub>6</sub>	30	4	3.5	8.5	6.5	9	6	5	5	7	8.5	6
a <sub>7</sub>	10	2.5	7.5	4	6.5	5	4	3.5	3	30	5	7
a <sub>8</sub>	20	9	2	9	9.5	9.5	7.5	7	9	30	9.5	3
a <sub>9</sub>	1	6	3.5	4.0	8	7	5	4	5	25	5	4
Tipičiternj.	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Težina	0.7	0.6	0.6	0.8	0.5	0.9	0.3	0.3	0.6	0.1	0.85	0.25
Ekstrem	min	max	min	min	max	max	min	min	min	max	max	max

### 3.1. Analiza rešenja i rezultati obrade za PK Bogutovo Selo

Na osnovu višekriterijumske analize metodom PROMETHEE dobijena je Tabela 2, koja daje vrednosti indeksa preferencija pojedinih projektnih rekultivacionih rešenja kao mogućih alternativnih varijanti uređenja postrekultivacionih predela na površinskom kopu i odlagališnim prostorima na primeru Bogutovo Selo ugljevičkog basena uglja. Rangiranjem je dobijeno najbolje - optimalno rešenje za date predele i ono predstavlja: a<sub>1</sub> - Pošumljavanje, 2. a<sub>9</sub> - Proširenje prirodnih rezervata (biodiverziteta), 3. a<sub>8</sub> - Stočarsko-farmerski kompleks, 4. a<sub>4</sub> - Šumarstvo i poljoprivreda u kombinaciji, 5. a<sub>3</sub> - Poljoprivreda (voćarstvo) 6. a<sub>5</sub> - Akvatorijalni kompleks (vodene površine i ribarstvo), 7. a<sub>2</sub> - Poljoprivreda (ratarstvo i povrtarstvo), 8. a<sub>7</sub> - Privremena odlagališta (pepela, šljake, jalovine i komunalnog otpada), 9. a<sub>6</sub> - Zona za industrijsku gradnju.

Očigledno je na ovom primeru kopa Bogutovo Selo, kao i u slučaju kopa Tamnava Zapadno Polja, presudan uticaj na izbor pošumljavanja imala apsolutno najniža cena od 1,500 €/ha, i relativno visoka moguća površina zauzimanja šumom, pored ostalih povoljnih kriterijumi koji su uticali na donošenje ovakve odluke. Zatim slede Proširenje prirodnih rezervata (biodiverziteta), stočarsko-farmerski kompleks i različiti vidovi poljoprivredne i šumarske delatnosti kao odličan vid regeneracije ovog brdsko-planinskog kraja.

Tabela 2. Određivanje indeksa preferencija (IP) i rang alternativnih rešenja za površinski kop Bogutovo Selo

	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$	$a_8$	$a_9$	$T^*$	$T$	Rang
$a_1$	0.0000	0.5231	0.5615	0.5077	0.4923	0.6385	0.7769	0.5615	0.4923	0.5692	0.2212	1
$a_2$	0.4769	0.0000	0.3308	0.3769	0.4000	0.4923	0.4385	0.4538	0.3846	0.4192	-0.0885	7
$a_3$	0.3462	0.6692	0.0000	0.3923	0.4923	0.5462	0.4538	0.3615	0.4000	0.4577	-0.0106	5
$a_4$	0.4385	0.3692	0.5154	0.0000	0.4923	0.5846	0.5462	0.4692	0.4000	0.4769	0.0154	4
$a_5$	0.3846	0.5077	0.5077	0.5077	0.0000	0.4308	0.4154	0.5077	0.3077	0.4462	-0.0462	6
$a_6$	0.2308	0.5077	0.2308	0.4154	0.4769	0.0000	0.4538	0.3462	0.3077	0.3712	-0.1692	9
$a_7$	0.2231	0.3231	0.4538	0.4538	0.4923	0.4692	0.0000	0.4538	0.2385	0.3885	-0.1269	8
$a_8$	0.4385	0.5462	0.6385	0.5308	0.4923	0.6538	0.5308	0.0000	0.5462	0.5471	0.0962	3
$a_9$	0.2462	0.6154	0.5077	0.5077	0.6000	0.5077	0.5077	0.4538	0.0000	0.4933	0.1087	2
$T$	0.3481	0.5077	0.4683	0.4615	0.4923	0.5404	0.5154	0.4510	0.3846			

#### 4. VIŠEKRITERIJUMSKI MODEL NA PRIMERU PK UGLJA TAMNAVA ZAPADNO POLJE

Prikaz rešenja modela rekultivacionih procesa na primeru poligona površinskog kopa Tamnava Zapadno polje postavlja se formiranjem kvantifikacione matrice odlučivanja predstavljenog u Tabeli 3. Unos podataka iz tabele sa numeričkim vrednostima kao podloge čini prvi korak u višekriterijumskoj analizi po metodi PROMETHEE sa preferencijalima istim kao u prethodnom slučaju za prvih  $K_{11}$  kriterijuma + dodati za kriterijum  $K_{12}$ .

Naime, u ovom primeru matičnu strukturu čini 12 kriterijuma predstavljenih u kolonama i 11 atributa rekultivacionih varijanti datih u redovima.

Preliminarnom analizom ustanovljeno je da su za uslove površinskog kopa Tamnava Zapadno polje moguća sledeća rekultivaciona rešenja:  $a_1$  - šumarstvo,  $a_2$  - poljoprivreda (ratarstvo i povrtarstvo),  $a_3$  - šumarstvo i poljoprivreda,  $a_4$  - akvatorijalni kompleks (vodene površine za sport i rekreaciju i ribarstvo),  $a_5$  - sportsko-rekreativni kompleks,  $a_6$  - zona za industrijsku gradnju,  $a_7$  - poljoprivredna naselja i restitucija za seoska naselja,  $a_8$  - privremena odlagališta (pepela, šljake, jalovine i dr.),  $a_9$  - Stočarsko-farmerski kompleks u kombinaciji sa turističkim i parkovskim uređenjem,  $a_{10}$  - proširenje prirodnih rezervata i (biorezervata) i  $a_{11}$  - prepuštanje spontanoj sukcesiji (autorekultivaciji).

Tabela 3. Kvantifikovana inicijalna matrica odlučivanja (O) za površinski kop Tamnava Zapadno Polje

Alternative	Kriterijumi											
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
a <sub>1</sub>	1.5	9	2	2	9	6	4	4	8	80	8.5	6.5
a <sub>2</sub>	11	1.5	8.5	6	9	8.5	6	6	8	75	8.75	4
a <sub>3</sub>	12.5	6	5	4	9	7.25	5	5	8	90	8.75	5.25
a <sub>4</sub>	2.5	1.5	2	2	6.5	4	2	2	8	10	5.25	2
a <sub>5</sub>	15	5	2.5	8	6.5	9	6.5	6.5	9.5	15	7	2
a <sub>6</sub>	30	2	2.5	8	6.5	9	5	3	2	40	8.5	6.5
a <sub>7</sub>	25	9	5	8	9.5	9.5	5	6.5	8	20	9	2
a <sub>8</sub>	10	1.5	8.5	2	6.5	5.5	2	2	2	3	5.5	9
a <sub>9</sub>	20	9	2.5	8	9	9.5	6.5	5	9.5	10	8	2
a <sub>10</sub>	1	8	5	5	9.5	6	5	3	5	20	5	4
a <sub>11</sub>	0.01	1.5	5.25	2	4	2	2	2	2	30	1.75	6.5
Tipkriterij	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Težina	0.7	0.6	0.6	0.8	0.5	0.9	0.3	0.3	0.6	0.1	0.85	0.25
Ekstrem	min	max	min	min	max	max	min	min	min	max	max	max

#### 4.1. Analiza rešenja i rezultati obrade za površinski kop Tamnava Zapadno Polje

Na osnovu višekriterijumske analize metodom PROMETHEE dobijena je Tabela 4, koja daje vrednosti indeksa preferencija pojedinih projektnih rekultivacionih rešenja kao mogućih alternativnih varijanti uređenja postrekultivacionih predela na površinskom kopu i odlagališnom prostoru kopa Tamnava Zapadno Polje kolubarskog basena uglja. Rangiranjem je dobijeno najbolje - optimalno rešenje za date predele i ono predstavlja 1. a<sub>1</sub> - Pošumljavanje; zatim slede: 2. a<sub>7</sub> - Poljoprivredna naselja i restitucija za seoska naselja, 3. a<sub>3</sub> - Šumarstvo i poljoprivreda, 4. a<sub>10</sub> - Proširenje prirodnih rezervata (biodiverziteta), 5. a<sub>6</sub> - Zona za industrijsku gradnju, 6. a<sub>8</sub> - Privremena odlagališta (pepela, šljake, jalovine i komunalnog otpada), 7. a<sub>4</sub> - Akvatorijalni kompleks (vodene površine i ribarstvo), 8. a<sub>9</sub> - Stočarsko-farmerski kompleks, 9. a<sub>2</sub> - Poljoprivreda (ratarstvo i povrtarstvo), 10. a<sub>11</sub> - Prepuštanje spontanoj sukcesiji i autorekultivaciji i 11. a<sub>5</sub> - Sportsko rekreativni kompleks.

Tabela 4. Određivanje indeksa preferencija (IP) i rang alternativnih rešenja za površinski kop Tamnava Zapadno Polje

	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>10</sub>	a <sub>11</sub>	T <sup>+</sup>	T <sup>-</sup>	Rang
a <sub>1</sub>	0000	5615	5462	6000	6615	5538	4692	5538	6923	5385	5462	0.6023	0.3638	1
a <sub>2</sub>	2692	0000	2462	4000	6769	4538	3308	6615	5538	2846	5615	0.3998	-0.0985	9
a <sub>3</sub>	2846	4538	0000	4923	7692	5462	3308	5462	5538	4462	5462	0.4969	0.1038	3
a <sub>4</sub>	0923	4154	4154	0000	5077	4154	4154	2154	5077	4385	4385	0.3852	-0.0623	7
a <sub>5</sub>	1385	5231	2308	3769	0000	2000	2000	4692	1231	6615	5308	0.2954	-0.2869	11
a <sub>6</sub>	2769	5462	4077	5077	6692	0000	2846	4692	3692	5077	5462	0.4285	0.0069	5
a <sub>7</sub>	3462	5769	4385	4538	6923	5462	0000	5462	3615	6615	5308	0.4754	0.1146	2
a <sub>8</sub>	2231	4538	4538	4000	4538	5615	4538	0000	4538	4769	3846	0.4115	-0.0431	6
a <sub>9</sub>	1385	3692	6231	4385	4846	4154	2462	5462	0000	4538	5308	0.3946	-0.0685	8
a <sub>10</sub>	5231	6769	4154	5615	6385	4000	4077	5231	5462	0000	5308	0.5023	0.0685	4
a <sub>11</sub>	2923	5462	4538	2538	4692	5231	4692	2154	4692	4692	0000	0.3962	-0.0985	10
T	2385	4923	6931	4485	6823	4215	3608	4546	4631	4338	4946			

## 5. VIŠEKRITERIJUMSKI MODEL NA PRIMERU POVRŠINSKOG KOPA UGLJA KLENOVNIK

Na osnovu procene troškova 10 rekultivacionih varjanti i 11 kriterijuma, istih kao u prethodnim primerima, formirana je inicijalna matrica odlučivanja po modelu PROMETHEE, data u Tabeli 5. Preliminarnom analizom ustanovljeno je da su za uslove površinskog kopa Klenovnik moguća sledeća rekultivaciona rešenja: a<sub>1</sub> - Šumarstvo, a<sub>2</sub> - Poljoprivreda (ratarstvo i povrtarstvo), a<sub>3</sub> - Poljoprivreda (voćarstvo i vinogradarstvo), a<sub>4</sub> - Poljoprivreda, a<sub>5</sub> - Šumarstvo i poljoprivreda, a<sub>6</sub> - Akvatorijalni kompleks (vodene površine za sport, rekreaciju i ribarstvo), a<sub>7</sub> - Sportsko rekreativni kompleks, a<sub>8</sub> - Parkovsko i hortikulturno uređenje (pejzažna arhitektura), a<sub>9</sub> - Muzejski i kulturno-istorijski prostor, a<sub>10</sub> - Prepuštanje spontanoj sukcesiji i autorekultivaciji

Tabela 5. Kvantifikovana inicijalna matrica odlučivanja (O) za površinski kop Klenovnik

Alternativa	Kriterijumi										
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
a <sub>1</sub>	10	7	14	2	9	6	4	4	8	90	8.5
a <sub>2</sub>	15	4	8.5	4	9	8.5	6	6	8	75	10
a <sub>3</sub>	17	5	12	5.5	9	8.5	7	5	8	85	10
a <sub>4</sub>	25	4	11	8	9	6	8.5	7	8	97	8
a <sub>5</sub>	14	7	12	3	10	9	7.5	5.5	8	87	9
a <sub>6</sub>	27	7	14	7	8	4	9	6.5	13	85	5
a <sub>7</sub>	32	4	12	8	9.5	9.5	10	7	15	94	7
a <sub>8</sub>	25	4	12	8.5	9	8.5	9.5	6	12	100	8
a <sub>9</sub>	37	4	12	8.5	9	10	10	8	12	100	9
a <sub>10</sub>	2	1.5	20	0.01	2	2	0.5	0.5	1.5	100	0.5
Tip kriterij.	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Težina	0.7	0.6	0.6	0.8	0.5	0.9	0.3	0.3	0.6	0.1	0.85
Ekstrem	min	max	min	min	max	max	min	min	min	max	max

## 5.1. Analiza rešenja i rezultati obrade za površinski kop Klenovnik

Na osnovu višekriterijumske analize metodom PROMETHEE dobijena je Tabela 6, koja daje vrednosti indeksa preferencija pojedinih projektnih rekultivacionih rešenja kao mogućih alternativnih varijanti uređenja postrekultivacionih predela bivšeg površinskog kopa Klenovnik kostolačkog basena uglja. Rangiranjem je dobijeno najbolje - optimalno rešenje za date predele i ono predstavlja alternativu rangiranu pod brojem 1.  $a_5$ , kojom se predlaže vraćanje degradiranih površina eksploatacionog polja Klenovnik šumarskim i poljoprivrednim zasadima kombinovano vodenim površinama, parkovskim, sportsko rekreativnim i sličnim sadržajima U daljem poretku slede: 2.  $a_2$  - poljoprivreda (ratarstvo i povrtarstvo); 3.  $a_3$  - poljoprivreda i voćarstvo; 4.  $a_1$  - pošumljavanje; 5.  $a_4$  - sportsko-rekreativni kompleks; 6.  $a_{10}$  - prepuštanje spontanoj sukcesiji i autorekultivaciji; 7.  $a_9$  - muzejski i kulturno-istorijski prostor; 8.  $a_7$  - sportsko rekreativni kompleks; 9.  $a_8$  - parkovsko i hortikulturno uređenje (pejzažna arhitektura); i na kraju 10.  $a_6$  - akvatorijalni kompleks (vodene površine za sport, rekreaciju i ribarstvo).

Tabela 6. Određivanje indeksa preferencija (IP) i rang alternativnih rešenja za površinski kop Klenovnik

	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$	$a_8$	$a_9$	$a_{10}$	$T^+$	$T$	Rang
$a_1$	0.0000	0.4085	0.4085	0.5282	0.3239	0.8310	0.6408	0.6408	0.5070	0.5634	0.5391	0.2387	4
$a_2$	0.3592	0.0000	0.3521	0.6690	0.2606	0.9014	0.6408	0.5986	0.6408	0.5634	0.5540	0.3130	2
$a_3$	0.3592	0.1408	0.0000	0.6690	0.2183	0.9014	0.6408	0.6408	0.6408	0.5634	0.5305	0.2629	3
$a_4$	0.0986	0.0141	0.0986	0.0000	0.0986	0.7606	0.5000	0.3521	0.5070	0.5634	0.3326	-0.1206	5
$a_5$	0.4789	0.6268	0.5845	0.7887	0.0000	0.9153	0.7606	0.9014	0.6268	0.5634	0.6941	0.5094	1
$a_6$	0.0000	0.0986	0.0845	0.2394	0.0000	0.0000	0.3944	0.2394	0.3944	0.5634	0.2238	-0.5102	10
$a_7$	0.3592	0.2746	0.2746	0.2606	0.1549	0.4930	0.0000	0.3732	0.3873	0.5634	0.3490	-0.1925	8
$a_8$	0.2394	0.0141	0.0141	0.1972	0.0141	0.7606	0.4577	0.0000	0.1972	0.5634	0.2731	-0.2207	9
$a_9$	0.3732	0.1549	0.1549	0.2887	0.1549	0.6056	0.4014	0.2746	0.0000	0.5634	0.3302	-0.1502	7
$a_{10}$	0.4366	0.4366	0.4366	0.4366	0.4366	0.4366	0.4366	0.4225	0.4225	0.0000	0.4335	-0.1299	6
$T$	0.3005	0.2410	0.2676	0.4531	0.1847	0.7340	0.5415	0.4937	0.4804	0.5634			

Rekultivacione forme u vidu vraćanja degradiranih površina šumarskim i poljoprivrednim zasadima kombinovano vodenim površinama, parkovskim, sportsko rekreativnim i različitim poljoprivrednih sadržaja: ratarsko-povrtarskih i voćarsko-vinogradarskih zasada, čiji je odnos cena, površina i drugo značajno dobar odnosno optimalno visok u korelaciji sa drugim alternativama, u svakom slučaju

za jedan poljoprivredni kraj kakva je Stiška ravnica i Podunavlje, ovi rezultati se uklapaju u postojeći eko sistem i predstavljaju pravilan izbor u pogledu biodiverzitetskog i pejzažnog nasleđa.

## 5. ZAKLJUČAK

Izbor oblika, uređenja i tehničko-tehnološko rekultivaciono rešenje narušenih post-eksploatacionih površina, predstavlja multidisciplinarni projektni zadatak, od čijeg ishoda zavise biološko-ekološki, društveno-ekonomski, estetski, androgeno-humanistički aspekti sa dugoročnim efektima na prirodu i čoveka. Prikazani pristup u ovom radu, može biti inspiracija za rešavanje odabranih i sličnih slučajeva. Dosadašnje iskustvo ukazuje da je metoda PROMETHEE delotvorna u analitičkim pristupima sličnih tipova, pri izboru i odlučivanju varjante rekultivacionog rešenja kod analognih višekriterijumskih, odnosno, višeatributnim problema optimizacije u oblasti rudarstva i šire.

Očigledno je da na različitim tipovima površinskih kopova uglja, aktivnim i u fazi zatvaranja, ravničarskih i brdskih, masovnom i selektivnom eksploatacijom, te kontinualnom i diskontinualnom eksploatacijom, presudan uticaj na prvorangirani izbor pošumljavanja imala je njena relativno apsolutno najniža cena, i relativno visoka moguća površina zauzimanja šumom, pored ostalih povoljnih kriterijumi koji su uticali na donošenje ovakve odluke u slučaju površinskih kopova Bogutovo Selo i Tamnava Zapadno Polje, dok su šumsko-poljoprivredni zasadi kombinovani vodenim, parkovskim i sportsko-rekreativnim sadržajima bila prvorangirano rekultivaciono rešenje za kop Klenovnik. Svakako, ovim rezultatima, ravničarski i brdoviti krajevi kakvi su kostolačko-kolubarski i ugljevički, uklapaju se u postojeće eko sisteme i predstavljaju moguća rekultivaciona rešenja u pogledu biodiverzitetskog, pejzažnog, antropogenog i društvenog nasleđa i tradicije ovih krajeva.

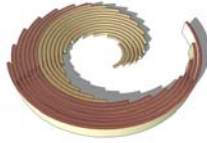
*Ovaj rad je rezultat Projekta Energetske efikasnosti Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije: Unapređenje tehnologije površinske eksploatacije lignita u cilju povećanja energetske efikasnosti, sigurnosti i zaštite na radu, br. 33039 kojim rukovodi Prof. dr Nikola Lilić.*

## Literatura

1. Abath J. R. de Almeida A. T.: Outsourcing multi-criteria decision model based on PROMETHEE method (Report), Journal of Academy of Business and Economics, International Academy of Business and Economics, Vol. 9, No I, 2009
2. Brans J. P., Mareschal B.: PROMETHEE methods, Figueira J., Greco S., Ehrgott M. (Eds): Multiple decision criteria state of the art surveys, Springer, 163-196, 2005
3. Pavlović V. i saradnici: Tehnički projekat otkrivke i uglja na površinskom kopu Bogutovo Selo - Ugljevik za period od 2004. do 2008., Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2004
4. Vujić S., Cvejić J., Miljanović I., Dražić D.: Projektovanje rekultivacije i uređenje predela površinskih kopova, Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu i Akademija inženjerskih nauka Srbije, Beograd, 2009
5. Vujić S., Dimitrijević B., Nikolić J., Milošević D., Makar N., Marijanac S.: Izbor rekultivacionog rešenja površinskog kopa Klenovnik višeatributnom analizom: Modelski pristup kod izbora, XL SYM-OP-IS 2013, Zlatibor, 2013
6. Dimitrijević B.: Izbor rekultivacionog rešenja površinskog kopa Tamnava Zapadno Polje višeatributnom analizom, VI Međunarodna konferencija UGALJ 2013, 2-5 oktobar, Zlatibor, 2013
7. Dimitrijević B., Miljanović I.: A selection of land reclamation solution at the Bogutovo Selo-Ugljevik open pit mine by multi-attribute analysis, Rudarski Vesnik, Rudarski Institut, Beograd, 2010
8. Dimitrijević B.: Optimizacija upravljanja procesima rekultivacije površinskih kopova uglja, Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, mentor Prof. Dr N. Lilić, Beograd, 2014







**ZAŠTITA POVRŠINSKOG KOPA RAŠKOVAC OD  
POVRŠINSKIH I PODZEMNIH VODA ZA VREME POPLAVA**

**PROTECTION OF THE OPENCAST MINE RAŠKOVAC  
AGAINST SURFACE AND GROUNDWATER DURING FLOODS**

Đurović M.<sup>1</sup>, Mitrović A.<sup>2</sup>, Božić B.<sup>3</sup>

**Apstrakt**

Ležište površinskog kopa Raškovac, uzimajući u obzir strukturno geološke i hidrogeološke karakteristike sredine, kao i činjenicu da preko eksploatacionog područja protiče više prirodnih vodotokova, spada u grupu ležišta sa složenim uslovima eksploatacije zbog zavodnjenosti. Da bi se stvorili uslovi za optimalan rad rudarske mehanizacije i opreme, kao i postizanje njihovog optimalnog kapaciteta na otkopavanju otkrivke i uglja, potrebno je obezbediti odvodnjenu radnu sredinu. U cilju predupređenja i blagovremenog reagovanja u vreme elementarnih nepogoda moraju se na vreme prikupiti i obraditi svi relevantni podaci iz klimatskog, hidrogeološkog i hidrološkog monitoringa.

***Ključne reči:*** odvodnjavanje površinskog kopa, obodni kanali, klimatski, hidrogeološki i hidrološki monitoring

---

<sup>1</sup> Đurović Mirjana, dipl.ing.rud., EFT Rudnik i Termoelektrana Stanari, Republika Srpska

<sup>2</sup> Mitrović Aleksandra, dipl.ing.rud., EFT Rudnik i Termoelektrana Stanari, Republika Srpska

<sup>3</sup> Božić Boban, dipl. ing.rud., EFT Rudnik i Termoelektrana Stanari, Republika Srpska

## **Abstract**

Opencast mine Raškovac deposit, taking into account the structural-geological and hydro-geological characteristics of the environment, and the fact that over the mining area flows more than one natural waterways, belongs to the group of deposits with complex mining conditions due to water bearing. In order to create the conditions for optimum operation of mining machinery and equipment, as well as achieving their optimum capacity on the excavation of overburden and coal, it is necessary to provide dewatered working environment. In order to prevent and timely response during natural disasters it must be on time collected and processed all the relevant data from the climate, hydro-geological and hydrological monitoring.

**Keywords:** dewatering of the opencast mine, dewatering channels, climatic, hydro-geological and hydrological monitoring

## **1. UVOD**

Ležište površinskog kopa Raškovac, uzimajući u obzir strukturno geološke, hidrogeološke karakteristike sredine, kao i činjenicu da preko eksploatacionog područja protiče više prirodnih vodotokova, spada u grupu ležišta sa složenim uslovima eksploatacije zbog zavodnjenosti. Da bi se stvorili uslovi za optimalan rad rudarske mehanizacije i opreme kao i postizanje njihovog optimalnog kapaciteta na otkopavanju otkrivke i uglja, potrebno je obezbediti odvodnjenu radnu sredinu. Radno područje se prema tome mora na pouzdan ali i ekonomičan način zaštititi od površinskih i podzemnih voda. Voda je prisutna u poroznim sredinama iznad ugljenog sloja i ispod ugljenog sloja. Nesmetano odvijanje procesa otkopavanja otkrivke i eksploatacije uglja kao i razvoj unutrašnjeg odlagališta jalovine u prostoru gde je prethodno otkopan ugalj, moguće je izvršiti na optimalan način samo u uslovima sprečavanja prodora spoljnih gravitirajućih voda u radnu zonu i održavanja nivoa podzemne vode za 2 do 3 m ispod podine uglja.

Takođe je potrebno trajno rešiti skretanje gravitirajućih vodotokova tokom eksploatacije, nakon njenog završetka, u toku rekultivacije kopa i u periodu koji zatim sledi.

### **1.1. Hidrogeološke prilike na kopu**

Hidrogeološki kolektori su na prostoru eksploatacionog polja

Raškovac vezani za: peskovite naslage u krovini ugljenog sloja, šljunkovito-peskovite naslage u podini ugljenog sloja i šljunkovito-peskovite naslage stratifikovane u aluvijalnoj ravni reke Ostružnje i njenih pritoka.

Hipsometrijski, najviši hidrogeološki kolektor je zastupljen u neposrednoj krovini ugljenog sloja i izgrađen je od peska žute, sive i crvene boje.

U granulometrijskom sastavu krovinskih peskova su najzastupljenija zrna u intervalu od 0,06 do 0,2 mm. Uglavnom se radi o sitnozrnim (70,35%) i prašinastom pesku (20,21%), sa neznatnim sadržajem zrna (9,5%) u frakciji 0,2 do 0,6 mm. Sortiranost zrna peska je dobra a koeficijent neravnomernosti je u granicama  $U = 1,7$  do 2,6. Po mineraloškom sastavu pesak je kvarcno-feldspatski.

U krovinskom peskovitom kompleksu interstratifikovan je peskovit šljunak. Na lokalitetu površinskog kopa Raškovac debljina šljunka je od 0,4 m do 14,1 m, sa dubinom pojavljivanja od 1,6 do 25 m. Kote krovine i podine šljunka su od 168 m do 197 m, odnosno od 168,5 do 197 m. Zavodnjenoš krovinskih etaža sačinjenih od kvarcnih peskova, je povremena i u direktnoj je vezi sa pojavom padavina. Problem zavodnjenošti ove radne sredine u obliku prevlaženih zona, je dispergovan i javlja se mestimično i povremeno kada i otežava kretenje i rad mehanizacije i opreme. Ova problematika se rešava operativnim merama bez posebnog sistemskog načina odvodnjavanja.



*Slika 1. Krovinski peskovi*

Podina ugljenog sloja izgrađena je od šljunkova i belih krupnozrnih kvarcnih peskova koji se često smenjuju. U ovom slabo

sortiranom materijalu glina se javlja kao primesa ili u obliku samostalnih sočiva kada je peskovita ili šljunkovita. Šljunak je izgrađen od valutaka kvarca, crnog i crvenog rožnaca, serpentina, peridotita, ređe dijabaza i peščara. Veličina valutaka varira od 4 do 20 mm, retko je veća od 25 mm. Maksimalna debljina podinskih naslaga iznosi 70 m, a prosečna oko 25 m i zavisi od morfologije paleoreljefa. Slaba sortiranost materijala, kao i često smenjivanje šljunkova, peskova i glina ukazuju na periodična produbljanja basena tokom taloženja sedimenata.

Razmatranjem hidrogeoloških prilika na PK Raškovac, mogu se izdvojiti dve izdani koje nemaju isti uticaj na zavodnjenost ležišta. Prva (gornja) izdan sastavljena od krupnozrnih do srednjezrnih peskova, kontinualno je rasprostranjena na čitavom prostoru kopa. Zbog male debljine ovog sloja, kao i relativno niskih filtracionih karakteristika, akumuliranje podzemnih voda je dosta ograničeno.

Odvodnjavanjem ove izdani (drenažni bunari ili rovovi) ne bi se postigli željeni efekti zbog malih filtracionih brzina i malog radijusa uticaja pomenutih objekata na povlatni vodonosnik. Zaštita od podzemnih voda iz ove izdani svodi se na primenjivanje operativnih mera u samom postupku skidanja otkrivke.

Druga (donja) izdan nalazi se jednim delom u podini uglja (istočni delovi kopa), dok je u zapadnom delu stratifikovana ispod sloja gline koja čini podinu uglja. Jasno je da će se napredovanjem rudarskih radova i pomeranjem fronta otkopavanja uglja, uticaj podzemnih voda donje izdani smanjivati, a kasnije i potpuno nestati.

Reke predstavljaju osnovne zone prihranjivanja izdani. Ova činjenica se odnosi naročito na reku Ostružnju koja čini južnu granicu izučavanog područja i njene desne pritoke koje presecaju eksploataciono polje Raškovac.

## **1.2. Monitoring vodnih pojava i efekata odvodnjavanja**

U uslovima dugotrajnog rada površinskog kopa i spuštanja nivelete rudarskih radova ispod erozionog bazisa, formirana je regionalna depresija i najniže kote konture iskopa upravo odgovaraju najnižim kotama nivoa podzemne vode krovinske izdani.

Veličina i tempo sniženja nivoa podzemnih voda nisu praćeni u ranijem periodu eksploatacije, kao ni količina ispumpane vode iz vodosabirnika. Ulogu glavnog vodosabirnika predstavljala su dva sabirna jezera, a pojave prodora vode u radnu zonu kopa bila su česta uz iznošenje velike količine peska na etažu uglja. Izostalo je i osmatranje (monitoring) svih vodnih pojava na jalovinskim i ugljenim etažama

površinskog kopa, kao i registrovanje količine isteklih podzemnih voda i instrumentalno snimanje svih pojava izvora.

Period privatizacije Rudnika predstavlja i period uspostavljanja monitoringa relevantnih hidroloških, hidrogeoloških i hidrometeoroloških pojava koje imaju suštinski značaj za kvalitetno planiranje i sprovođenje odvodnjavanja kopa.

Počev od januara 2006. godine uspostavljen je hidrogeološki monitoring. U krugu Rudnika postavljena je kišomerna stanica kojom se sistematski osmatraju dnevne sume padavina na lokaciji kopa, kao i temperatura i atmosferski pritisak. U 2014. godini otpočelo je i merenje evaporacije za područje kopa Raškovac. Na osnovu vodomera meri se na potisnom cevovodu ukupna količina ispumpane vode iz kopa. Vršiti se merenje protoka spoljnih voda koje utiču u radnu zonu kopa. Na taj način se utvrđuje učešće površinskih i podzemnih voda u ukupnoj količini odvedene vode iz radne zone kopa.

Prikupljeni podaci se analiziraju i izrađuju se mesečni izveštaji o rezultatima monitoringa. Izveštaji se koriste za analizu mera odbrane od voda i prema njima se donose određeni kvalitativni i kvantitativni zaključci.

## **2. POSTOJEĆI SISTEM ODVODNJAVANJA POVRŠINSKOG KOPA**

### **2.1. Osnovni objekti i tehnologija odvodnjavanja**

Prikupljanje svih voda koje u ovoj fazi razvoja rudarskih radova na površinskom kopu dospevaju u radnu zonu kopa vrši se na dve lokacije i to u podinskom vodosabirniku i u zaštitnom obodnom kanalu koji se pruža duž severne granice kopa.

Priliv podzemnih voda iz donje izdani u sadašnjim uslovima eksploatacije uglja se procenjuje na maksimalno oko 15 do 35 l/s, a njihova evakuacija se vrši dreniranjem u glavnom vodosabirniku (GVS) i daljim odvođenjem preko potisnog cevovoda u taložnik i dalje gravitaciono u reku Ostružnju.

Odbrana unutrašnjeg odlagališta od voda vrši se preko vodosabirnika formiranog na najnižim kotama odlagališta i odvodnjavanje putem kanala iskopanim duž etaža odlagališta i oko njega, sa sprovođenjem voda jednim delom u glavni vodosabirnik, a drugim delom u obližnju rečicu.

Odbrana zapadnog dela kopa, tzv. kop Dragalovci (budućeg pepelišta) od unutrašnjih voda se vrši na sličan način kao i glavni kop

Raškovac. Drugim rečima formiran je poseban vodosabirnik (VS1) u najnižoj tački kopa Dragalovci i iz njega se pumpava vrši ispušavanje vode u privremeni obodni kanal i njime, preko potoka Klačnjak, sprovođi u reku Radnju.

Na glavnom vodosabirniku kao glavne rade pumpe internih oznake 2 i 3, dok se pumpa interne oznake 1 LS 250-500 jednostepena centrifugalna nalazi u rezervi. Pumpa 2 (trostepena centrifugalna) je instalirana na plastični potisni cevovod prečnika Ø200 i radi u seriji sa dve jednostepene muljne pumpe (flygt) internih oznaka 7 i 10. Pumpa 3 LS 250-500 jednostepena centrifugalna radi sa jednostepenom muljnom pumpom flygt, interne oznake 11 i instalirana je na potisni metalni cevovod prečnika Ø250. Pumpe 2 i 3 rade u seriji sa muljnim pumpama radi savladavanja visine usisa.

Pumpe na glavnom vodosabirniku rade pojedinačno, a prema potrebi, tj u slučaju većih padavina i serijski. Svakodnevnu evidenciju o radu pumpi na glavnom vodosabirniku vode pumpari u obe smene, a podatke upisuju u za to predviđene formulare, sa dodatnim podacima koji su u formularu predviđeni. Ti podaci se dostavljaju službi tehničke pripreme na dalju obradu, a evidencija se vodi u pisanoj i elektronskoj formi. Podaci o količini ispumpane vode sa kopa daju se u mesečnim izveštajima o realizaciji proizvodnje i u kvartalnim analizama proizvodnje sa predlogom mera za poboljšanje.

Iz glavnog vodosabirnika voda se preko dva zasebna cevovoda, plastičnog Ø200 i metalnog Ø250 izbacuje do kanala na južnoj kosini kopa, a kanalom voda gravitaciono otiče u dva taložnika u kojima se vrši taloženje suspendovanih zrna peska i tako se vrši zaštita okolnih vodotokova od fizičkog zagađenja peskom. Voda iz taložnika otiče u potok Srijemož i dalje u rečicu Ostružnju. Na oba cevovoda postavljeni su vodomeri za praćenje količine ispumpane vode.

Zbog preciznosti podatak koji se odnose na dnevne, kao i na ukupne mesečne količine ispumpane vode iz glavnog vodosabirnika van granica kopa, potrebno je da oba vodomera (instalirana po jedan na plastičnom i metalnom potisnom cevovodu) budu u funkciji. U zimskom režimu odvodnjavanja iz metalnog cevovoda se ispušta voda i na odvodnjavanju kopa u funkciju se pušta pumpa 2 instalirana na plastičnom cevodu.

Vodosabirnik i pripadajuća pumpna stanica su dimenzionisani kao jedinstven sistem. Zapremina vodosabirnika kao i vreme njegovog pražnjenja u suštini zavisi od režima doticaja (koji zavisi od režima padavina i fizičkih karakteristika slivne površine), kapaciteta pumpne stanice i vremena kašnjenja starta pumpi.

Vodosabirnik je dimenzionisan na osnovu proračunatog priliva vode u vreme najnepovoljnijih uslova rada i na osnovu kapaciteta instaliranih pumpi. Predviđena je vremenska rezerva i rezervno nadvišenje nivoa vodosabirnika. Morfološke karakteristike podine omogućuju stvaranje akumulacije veće od zapremine GVS koja obezbeđuje mogućnost povlačenje opreme na sigurno i prihvata vanrednog dotoka vode. Potrebna rezerva za prihvata vode omogućena je izradom više prelivnih taložnika koji u redovnom režimu rada imaju funkciju taložnika za pesak koji kao primesa dolazi sa etaža otkrivke i odlagališta.

Na zaštiti kopa Raškovac od površinskih voda u funkciji je obodni zaštitni kanal obložen nepropusnom folijom. Potok Srijemož koji je presecao kop Raškovac deleći ga po pravcu Sever-Jug *prihvaćen* je u kanal i dalje se sprovodi do potoka Košnjak, koji je takođe obuhvaćen zaštitnim kanalom, a celokupna voda iz kanala se sprovodi dalje prema Zapadu u potok Klašnjak. Sadašnja završna deonica obodnog kanala koji vode odvodi do uliva u reku Ostružnju će se razvojem radova u zapadnom delu kopa Raškovac premestiti na severnu stranu duž severne granice kopa.



*Slika 2. Glavni vodosabirnik i taložnici na kopu*

## **2.2. Klimatski monitoring**

Od posebnog značaja za predmetnu problematiku su karakteristični parametri onih meteoroloških pojava koje izazivaju pojavu i priliv vode u radnu zonu kopa ili su u funkciji njihovog sagledavanja.

Na osnovu osmatranja na najbližoj meteorološkoj stanici koja okružuje ovo slivno područje odnosno, na osnovu sistematskih osmatranja kiša na vlastitoj kišomernoj stanici (Tabele 1 i 2 i Slike 3 i 4),



kao i podataka iz meteorološke stanice Doboj mogu se prognozirati najnepovoljniji periodi za rad rudarske mehanizacije i opreme, kao i periodi velikih rizika od priliva poplavnih voda.

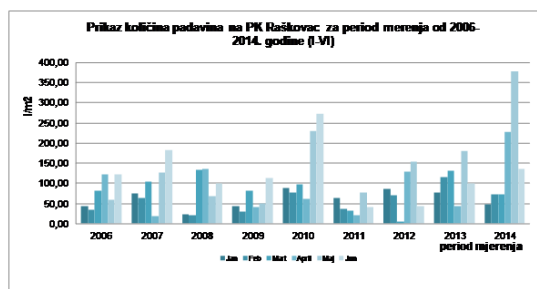
Tabela 1. Količina padavina u period I - VI 2010:

Podaci o količinama padavina na PK Raškovac u 2010. u periodu od I - VI (l/m <sup>2</sup> )							
Mesec	I	II	III	IV	V	VI	Ukupno
<b>Ukupno</b>	<b>89,2</b>	<b>76,1</b>	<b>98,5</b>	<b>60,5</b>	<b>230,1</b>	<b>271,9</b>	<b>826,3</b>
Broj dana sa padavinama	11	16	11	11	15	12	76
Broj dana sa padavinama >10	3	3	2	2	6	7	23
Prosečne količine padavina	2,9	2,7	3,2	2,01	7,42	9,06	4,54
Max. dnevne padavine	21	10,8	27,2	15,2	78	<b>80,4</b>	<b>80,4</b>
Maks. suma trodnev. padavina	28	23	35,6	16,7	116	181,3	<b>181,3</b>

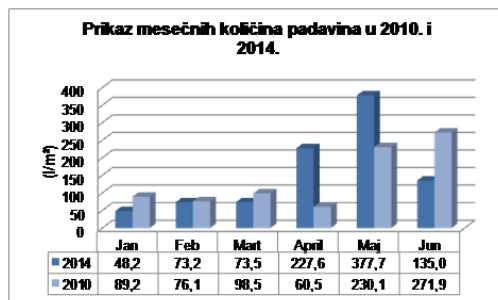
Tabela 2. Količina padavina u period I – VI 2014:

Podaci o količinama padavina na PK Raškovac u 2014. u periodu od I-VI (l/m <sup>2</sup> )							
Mesec	I	II	III	IV	V	VI	Ukupno
<b>Ukupno</b>	<b>48,2</b>	<b>73,2</b>	<b>73,5</b>	<b>227,6</b>	<b>377,7</b>	<b>135</b>	<b>935,2</b>
Broj dana sa padavinama	12	16	12	20	15	13	88
Br. dana sa padavinama >10	1	2	3	8	9	7	30
Prosečne količine padavina	1,6	2,6	2,4	7,587	12,184	4,5	5,1
Max. dnevne padavine	17	13,8	37	67,3	<b>95</b>	37	<b>95</b>
Max suma trodnev. padavina	21,6	34	45,3	89,3	195	45,3	<b>195</b>

Iz dosadašnjih osmatranja može se zaključiti da su se u širem regionu kopa desila dva kritična poplavna perioda i to 2010 u Junu mesecu i u Maju 2014. Iz prikazanih dijagrama vidi se da su u tim mesecima izmerene ekstremne količine kišnih padavina, a da je za sve godine osmatranja period April- Jun okarakterisan kao period najvećih količina padavina u toku godine.



Slika 3. Usporedni dijagram višegodišnjih srednje mesečnih količina padavina na PK Raškovac u periodu od I-VI od 2006.-2014. godina



*Slika 4. Dijagram mesečnih količina padavina na PK Raškovac za period I - VI u 2014. i 2010. godini*

### **3. PREVENTIVNE MERE ZA ODBRANU POVRŠINSKOG KOPA RAŠKOVAC OD VODA U VREME POPLAVA**

Adekvatna odbrana površinskog kopa Raškovac od površinskih i podzemnih voda u vreme elementarnih (poplavnih) nepogoda ostvarena je primenom pojedinih mera zaštite sprovedenih u periodu pre poplava.

#### ***Tehnička dokumentacija***

Sva tehnička dokumentacija koja je izrađena za potrebe odvodnjavanja površinskog kopa Raškovac revidovana je od strane ovlaštenih ustanova i odobrena od nadležnog Ministarstva. Za PK Raškovac urađen je Dopunski rudarski projekat za period eksploatacije 2010. 2015. godina. U sklopu projekta je Tehnički projekat zaštite kopa od podzemnih i površinskih voda. Tehnički projekat sadrži sve mere i tehnička rešenja koja se trebaju preduzeti za odbranu površinskog kopa od podzemnih i površinskih voda.

#### ***Izrađen je severni obodni kanal u planiranoj deonici duž severnog aktivnog dela površinskog kopa.***

Funkcija kanala je da prihvati sve površinske vodotokove koji gravitiraju prema radnoj zoni kopa i prihvati oborinske voda koje gravitiraju sa okolnih površina u radnu zonu kopa. Predviđeno je sukcesivno produženje trase kanala sa napredovanjem rudarskih radova prema zapadu. Severni obodni kanal do 2014. je uspešno prihvatio gravitirajuće površinske vodotokove: Duboki potok, Tukovnik, Srijemož, Košnjak i sproveo ih zaštitnim kanalom u sledeći recipijent potok Klačnjak.

***Sprečavanje prodora vode iz zaštitnog kanala u radnu zonu kopa izvršeno je oblaganjem severnog obodnog kanala PEHD folijom.***

Korito obodnog kanala prolazi preko podloge od peskovitog materijala. Da bi se sprečila erozija korita (u takvom materijalu) i infiltracija vode kroz peskovit materijal u kop, izvršeno je zaptivanje korita geomembranom (PEHD folija debljine 2 mm), koja je ankerisana na vrhu kosina korita obostranim podužnim ankernim rovom.

***Izrađen je privremeni zaštitni obodni kanal (kop Dragalovci)***

Severnom granicom zapadne aktivne radne zone kopa (tzv. kop Dragalovci) gde se vrši otkopavanje uglja i vrše priprema za formiranje prve kasete pepelišta buduće Termoelektrane izrađen je obodni kanal. Kanal prihvata prikupljenu vodu iz severnog obodnog kanala, kao i vodu iz vodosabirnika sa kopa Dragalovci i sprovodi je usledeći recipijent, potok Klašnjak. Kanal je obložen PEHD folijom, a jednim delom i kamenom oblogom.

***Izrada glavnog vodosabirnika***

Pored podzemnih (podinskih) voda u glavnom vodosabirniku se prikupljaju, odnosno u njega se kanalima usmeravaju sve oborinske i površinske vode prisutne u aktivnom delu kopa. Pored glavnog vodosabirnika (GVS) izrađeni su i prelivni taložnici u kojima se vrši taloženje peska koji kao primesa sa vodom sa etaža otkrivke i odlagališta dospeva u zonu GVS-a, a preko preлива se u glavni vodosabirnik propušta voda oslobođena taloga.

***Pumpna postrojenja na glavnom vodosabirniku.***

Prilikom izbora pouzdanih pumpi na kopu Raškovac neophodno je bilo saznati njihove hidraulične osobine koje mogu poboljšati srednje vreme između otkaza. Kako se hidraulične osobine mogu kombinovati može se povećati i ukupna pouzdanost pumpe. Potrebno je obuhvatiti sledeće specifične centrifugalno - hidraulične faktore pouzdanosti pumpe: brzina rada pumpe, stepen efikasnosti protoka, maksimalna terenska visina pumpanja, snaga motora i materijal rotora pumpe. Ispumpavanje vode iz glavnog vodosabirnika izvan granica kopa vrše pumpe 1, 2 i 3 (karakteristike pumpi date u Tabeli 3). Iz glavnog vodosabirnika voda se preko *dva zasebna cevovoda* ispumpava u dva prelivna taložnika na južnoj kosini kopa u kojima se vrši taloženje suspendovanih zrna peska i tako se vrši zaštita okolnih vodotokova od fizičkog zagađenja peskom. Voda iz taložnika otiče gravitaciono u potok Srijemož i dalje u rečicu Ostružnju. Ostale raspoložive pumpe su mobilne i u zavisnosti od potreba

i stanja na terenu se odlučuje koje će osim glavnih pumpi aktivno da rade na odvodnjavanju a koje će biti rezervne. Glavne pumpe na GVS-u rade pojedinačno, a prema potrebi, tj u slučaju većih padavina i serijski. Zapremina glavnog vodosabirnika proračunata je i na osnovu podataka za povratni period stogodišnjih padavina. Planiranjem proširenja radova u severnoj zoni površinskog kopa Raškovac u planu je nabavka muljne flygt jednostepene pumpe snage 54 kW.

### ***Evidencija o radu pumpi i količini ispumpane vode.***

Svakodnevno se vodi evidencija o radu pumpi na glavnom i pomoćnim vodosabirnicima. Nadzor nad radom pumpi i evidenciju rada pumpi vrše pumpari raspoređeni u rad u dve smene (po 12 h). Podaci o radu i eventualnoj problematici upisuju se u za to predviđene formulare i dostavljaju se službi tehničke pripreme gde se izrađuju izveštaji u pisanoj i elektronskoj formi. Prikupljeni podaci se analiziraju kroz mesečne, kvartalne, polugodišnje i godišnje izveštaje. Da bi se tačno vodila evidencija o dnevnoj količini ispumpane vode iz glavnog vodosabirnika, vodomeri postavljeni na oba potisna cevovoda održavaju se u ispravnom stanju.

### ***Etažni kanali***

Radne etaže na kopu zaštićene su od vode zaštitnim etažnim kanalima kojima se voda usmerava u glavni vodosabirnik ili u vodotokove izvan granica kopa Raškovac. Propusnost kanala dovoljna je za prihvatanje svih oborinskih voda koje dospevaju u radnu zonu kopa. Održavanje kanala je konstantan posao tokom cele godine.

### ***Klimatski monitoring***

Od januara 2006. uspostavljen je klimatski monitoring sa prikupljanjem i obradom podataka o temperaturi, vlažnosti i atmosferskom pritisku vazduha i količini padavina, a od maja 2014. vode se i evidencija o evaporaciji. Na osnovu tih podataka prikupljenih za područje PK Raškovac i prethodnih podataka pre 2006. godine sa HMS Doboja može se zaključiti da su periodi rizika od poplava prisutni u razdoblju od aprila do juna. U junu 2010. godine za vreme poplavnih dešavanja u regionu Stanara izmerene su maksimalne dnevne količine padavina od 80,4 l/m<sup>2</sup> i maksimalne trodnevne količine padavina od 181,3 l/m<sup>2</sup>.

U 2014. godini u vreme poplava u široj regiji Doboja izmerene količine padavina na našoj meteorološkoj stanici su 95,0 l/m<sup>2</sup>, a maksimalne trodnevne su bile 195,0 l/m<sup>2</sup>.

Tabela 3. Pregled sadašnje raspoložive opreme za odvodnjavanje na PK Raškovac

Red br.	Tip pumpe	Proizvođač	Interna oznaka	Kapacitet pumpe [m <sup>3</sup> /h]	Manometarska visina [m]	Snaga [kW]	Broj obrtaja [°/min]
1	LS 250-500 (jednostepena centrifugalna)	Vogel Njemačka	1	792	73,6	194	1490
2	(trostepena centrifugalna)	Češka	2	576	90	200	980
3	LS 250-500 (jednostepena centrifugalna)	Vogel Njemačka	3	862	82	315	1490
4	SPM-9/100 (jednostepena centrifugalna)	Jastrebac Niš	4	640	40	120	1400
5	BS2151.011 (muljna-jednostepena)	Flygt	5	132	35,9	19,8	2935
6	BS2140.010 (muljna-jednostepena)	Flygt	6	140	20,6	13,2	2890
7	BS 2670 MT (muljna-jednostepena)	Flygt	7	144	26	18	2890
8	BS 2670 MT (muljna-jednostepena)	Flygt	8	144	26	18	2890
9	BS 2670 MP-266 (muljna-jednostepena)	Flygt	9	111	20	18	2890
10	BS 2670 MP-266 (muljna-jednostepena)	Flygt	10	111	20	18	2890
11	BS2250.011M T-431 (muljna-jednostepena)	Flygt	11	828	14,6	54	1450
12	4CN5 (jednostepena centrifugalna-horizentalna)	Litostroj Ljubljana	13	100	47,2	18,2	2980
12	4CN5 (jednostepena centrifugalna-horizentalna)	Flygt	15	100	47,2	18,2	2980

### ***Hidrogeološki monitoring***

Od 2006. godine uspostavljen je hidrogeološki monitoring koji obuhvata merenje nivoa podzemnih voda na hidrogeološkim osmatračkim objektima (prijezometrima) i bunarima. Hidrološki monitoring obuhvata merenje proticaja vode i nivo voda na lokalnim recipientima.

## **4. ZAKLJUČAK**

Na osnovu dosadašnjih iskustava u odvodnjavanju površinskog kopa Raškovac, uzimajući u obzir strukturno geološke, hidrogeološke karakteristike sredine, kao i činjenicu da preko eksploatacionog područja protiče više prirodnih vodotokova može se zaključiti da spada u grupu ležišta sa složenim uslovima eksploatacije zbog odvodnjenosti.

Sve mere koje se poduzimaju, moraju imati prevashodno preventivni karakter i predupediti svaku mogućnost dovođenja opreme na kopu u opasnost od potapanja. Stalna merenja na hidrološkim profilima, merenje količina padavina, merenje količine ispumpane vode daju nam mogućnost sagledavanja pravog stanja na terenu, koje se kasnije može koristiti kao podloga za buduće projektovanje tehničke dokumentacije odvodnjavanja za daljnji period rada i razvoja Rudnika.

Uloga glavnog vodosabirnika, sa pratećim prelivnim taložnicima dala je pozitivne efekte kod najnepovoljnijih uslova rada kod velikog priliva oborinskih voda, kada je kompletna zona glavnog vodosabirnika i taložnika imala dovoljnu zapreminu za prihvatanje pristiglih voda.

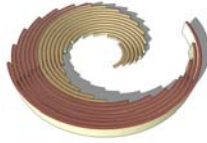
Rešenje savladavanja visine usisa sa instalisanjem muljnih pumpi u seriji sa centrifugalnom pumpom velike snage omogućilo je postavljanje glavnih pumpi na sigurna stajališta na bezbednom odstojanjem od maksimalnog nivoa vode u vodosabirniku.

Izvršena je nabavka dovoljnog broja rezervnih pumpi odgovarajućih tehničkih karakteristika, koje daju mogućnost zamene glavnih pumpi u slučaju havarijskih dešavanja. Potrebno je izvršiti nabavku rezervnih količina cevovoda i potrošnog materijala za pumpna postrojenja i održavanje stalno potrebnih minimalnih magacinskih rezervi.

## **Literatura**

1. Tehnička dokumentacija PK Raškovac EFT-Rudnik i Termoelektrana Stanari





**POZITIVNI EFEKTI PRIMJENE INTEGRISANOG SISTEMA  
UPRAVLJANJA KVALITETOM I ZAŠTITOM ŽIVOTNE  
SREDINE U EFT - RUDNIK I TE STANARI**

**POSITIVE EFFECTS OF AN INTEGRATED SYSTEM OF  
QUALITY MANAGEMENT AND ENVIRONMENTAL  
PROTECTION APPLICATION IN THE EFT - MINE AND TPP  
STANARI**

Đurović M.<sup>1</sup>, Trbić M.<sup>2</sup>

**Apstrakt**

EFT Rudnik i Termoelektrana Stanari d.o.o., Stanari od kraja 2006. godine ima implementiran integrisani sistema upravljanja kvalitetom (QMS), zaštitom životne sredine (EMS), zdravlja i bezbjednosti na radu (OHSAS). U radu su prikazani neki pozitivni efekti primjene integrisanog sistema na procese proizvodnje otkrivke i uglja, kao i na proces zaštite životne sredine.

***Ključne riječi:*** rudnik, integrisani sistem upravljanja kvalitetom, zaštita životne sredine, procesi, aspekti

**Abstract**

EFT Mine and Thermal Power Plant Stanari Ltd., Stanari till the

---

<sup>1</sup> Mirjana Đurović, dipl.inž.rud., EFT-Rudnik i termoelektrana Stanari, Republika Srpska

<sup>2</sup> Miladin Trbić, dipl.inž.maš., EFT-Rudnik i termoelektrana Stanari, Republika Srpska



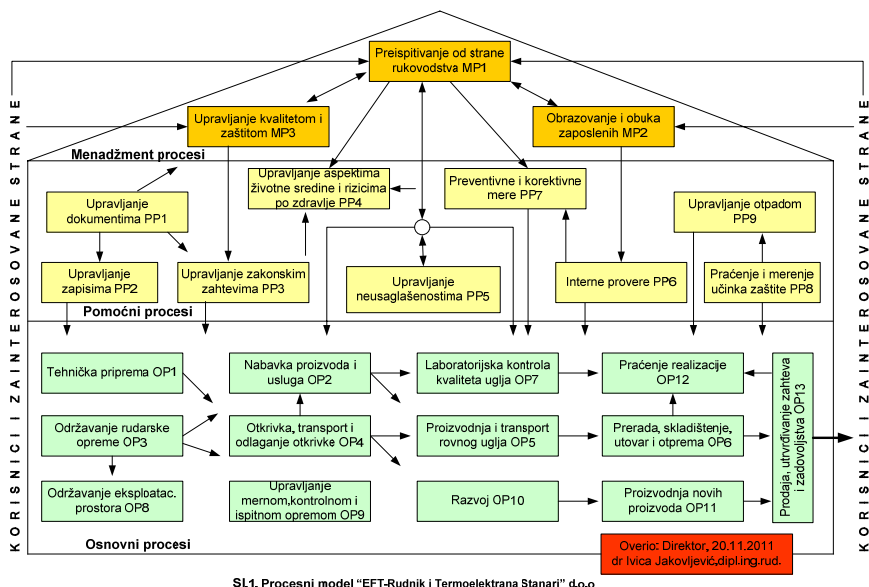
end of the year 2006, has implemented an integrated quality management system (QMS), environmental protection system (EMS), health and safety on work (OHSAS). This paper presents some positive effects of the integrated system application in the processes of overburden removal and coal production, as well as the process of environmental protection.

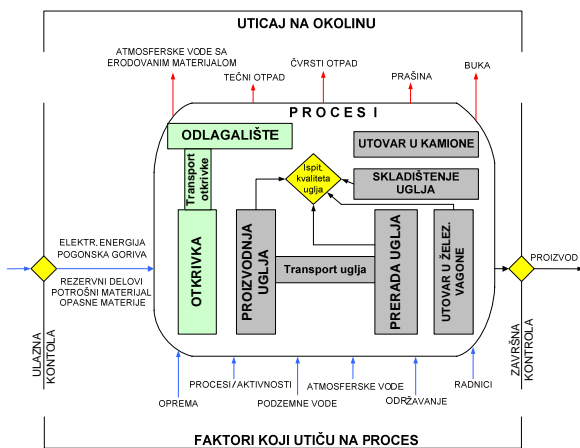
**Keywords:** mine integrated quality management system, environmental protection, processes, aspects

## 1. UVOD

Implementirani integrirani sistema upravljanja kvalitetom (QMS), zaštitom životne sredine (EMS), zdravlja i bezbjednosti na radu (OHSAS) u EFT Rudnik i Termoelektrana Stanari baziran je na dva modela: procesnom (Slika 1) i ekološkom (Slika 2). Oba modela izgrađena su na bazi realnog sistema kompanije i primenjena su u praksi, tako da su u procesnom modelu definisani svi procesi na bazi kojih je definisan ekološki model u kojem su prikazani svi mogući uticaji u procesu proizvodnje Rudnika na ekosistem u njegovom okruženju.

Primena ovako postavljenog integriranog sistema imala je značajan uticaj i efekte kako sa aspekta proizvodnih rezultata kompanije tako i sa aspekta zaštite životne sredine i bezbednosti i zdravlja na radu.





Slika 2. Ekološki model - prikaz svih uticajnih faktora

## 2. POZITIVNI EFEKTI PRIMJENE INTEGRISANOG SISTEMA UPRAVLJANJA

Sve aktivnosti na identifikaciji i usavršavanju procesa, njihovog efektivnog izvođenja i upravljanja, obezbjeđenju neophodnih resursa, definisanju odgovornosti, ovlašćenja i međusobnih veza svih zaposlenih, veoma brzo su se manifestovale u poboljšanju svih parametara koji definišu rad organizacije ovakvog tipa.

Pozitivni efekti su se pokazali u:

- ❖ Povećanju proizvodnje i prodaje uglja,
- ❖ Povećanju proizvodnje otkrivke,
- ❖ Smanjenju troškova proizvodnje,
- ❖ Poboljšanju radne i tehnološke discipline,
- ❖ Zaštiti životne sredine.

Efekti implementiranog integrisanog sistema upravljanja analizirani su preko proizvodnih rezultata i njihovog uticaja na životnu sredinu. U Tabeli 1 dat je prikaz proizvodnje uglja u periodu 2006. do 2013. godine, a u Tabeli 2 dat je prikaz otkopavanja otkrivke u istom periodu.

Tabela 1. Proizvodnje uglja u periodu 2006.-2013. godina

Godina	Ugalj (t)
2006	512.115
2007	429.684
2008	600.803
2009	713.949
2010	794.365
2011	927.755
2012	1.087.928
2013	852.930

U 2012. godini ostvarena je najveća realizacija uglja 1.087.928 t, što predstavlja rekordnu realizaciju uglja od početka rada ovog rudnika. Prosječna godišnja proizvodnja uglja od oko 740.000 tona predstavlja povećanje proizvodnje od preko 6 puta u odnosu na prethodni desetogodišnji period (1995.-2004.), kada se prosječna godišnja proizvodnja kretala na nivou 115.000 t.

Tabela 2. Proizvodnja otkrivke BTO sistemom u periodu 2006-2013

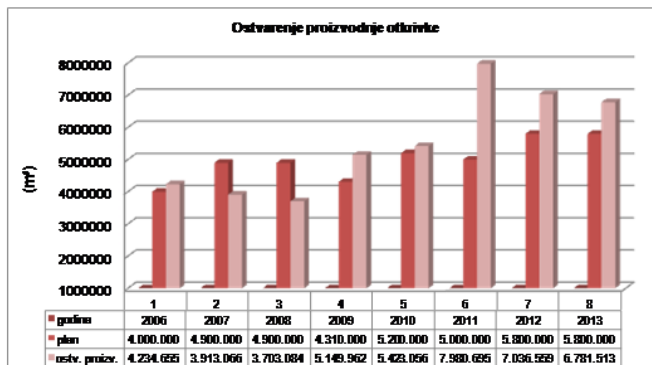
Godina	BTO sistem (m <sup>3</sup> )
2006	3.000.995
2007	3.277.940
2008	3.140.775
2009	4.636.580
2010	4.766.312
2011	6.157.775
2012	5.772.775
2013	5.833.050

Prosječno godišnje otkopanih 4.573.275 m<sup>3</sup> otkrivke sa BTO sistemom predstavlja povećanje proizvodnje za više od 12 puta u odnosu na prethodni desetogodišnji period (1995.-2004.), kada se prosječna godišnja proizvodnja kretala na nivou 376.000 m<sup>3</sup>.

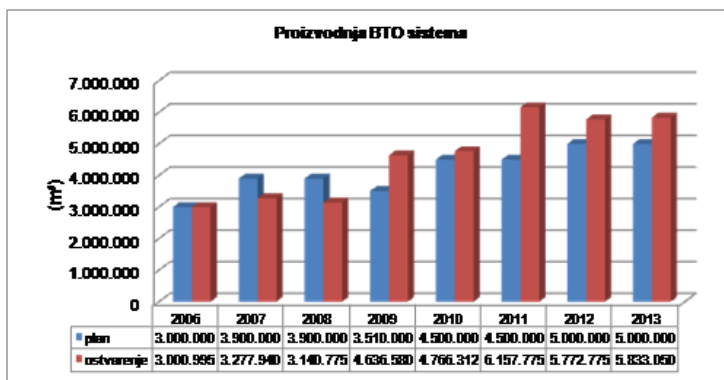
Na Slikama 3, 4, 5, i 6 prikazani su dijagrami planirane i ostvarene proizvodnje uglja i otkrivke u analiziranom periodu.

Pozitivni proizvodni efekti BTO sistema, prikazani na Slikama 3 i 4 su posledica uvedenih korektivnih mjera nakon praćenja rada ključne

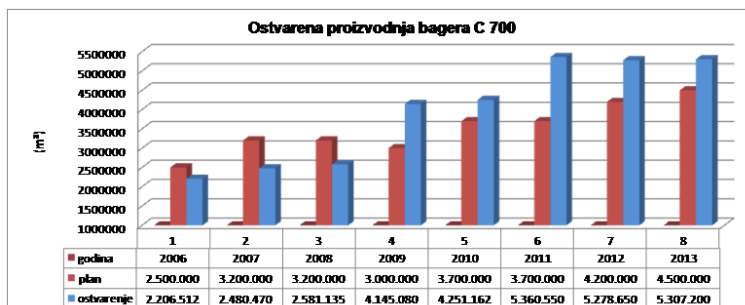
mašine na kopu, rotornog bagera SchRs  $\frac{700}{1.4} \times 15(C - 700)$ .



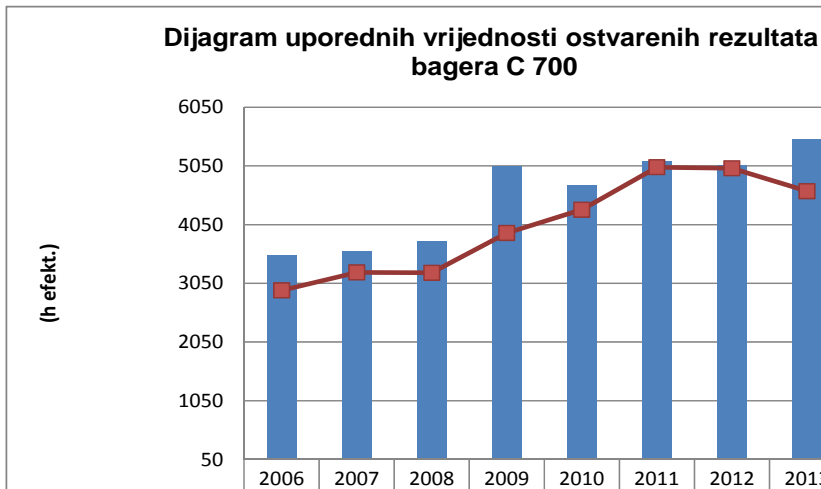
Slika 3. Dijagram ostvarene proizvodnje ukupne otkrivke (2006.-2013.)



Slika 4. Dijagram proizvodnje BTO sistema (2006.-2013.)



Slika 5. Dijagram ostvarene proizvodnje bagera C 700 (2006.-2013.)



*Slika 6. Uporedni dijagram ostvarenog kapaciteta i efektivnog vremena rada bagera C 700 (2006.-2013.)*

Paralelno sa analizom proizvodnih procesa analizirani su i njihovi uticaji kao i uticaj i razvoja i unapređenja integrisanog sistema upravljanja na životnu sredinu. Shodno analiziranim proizvodnim procesima, razvoj i unapređenje IMS-a je imalo pozitivne efekte na aspekte životne sredine:

- upravljanje otpadom,
- upravljanje opasnim materijama,
- zaštitu podzemnih i površinskih voda,
- kvalitet vazduha,
- nivo buke,
- zaštitu zemljišta,

Za svaki značajni aspekt životne sredine razvijeni su i implementirani planovi kontrole, ciljevi za svaku godinu i programi za njihovu realizaciju .

Tako je u proteklom periodu prikupljeno i zbrinuto, u skladu sa propisima RS, preko 140 tona otpadnog ulja, 25 tona rabljenih akumulatora kao i 600 tona sekundarnih sirovina. U Tabelama 3 i 4 dat je prikaz prikupljenog i po propisima zbrinutog opasnog otpada i sekundarnih sirovina.

Tabela 3. Prikupljeni opasni otpad u periodu 2006.-2013. godine

<b>Godina</b>	<b>Opasni otpad (kg)</b>
2006	5.200
2007	11.845
2008	13.440
2009	14.851
2010	23.440
2011	28.623
2012	19.383
2013	26.028

Tabela 4. Prikupljene sekundarne sirovine u periodu 2006.-2013. godine

<b>Godina</b>	<b>Sekundarne sirovine (kg)</b>
2006	26.455
2007	38.671
2008	69.879
2009	96.320
2010	112.314
2011	54.891
2012	126.470
2013	169.420

### **3. ZAKLJUČAK**

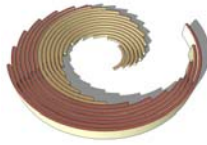
Na bazi prikazanih rezultata može se zaključiti da je implementacija ali i dalji razvoj i unapređenje integrisanog sistema upravljanja kvalitetom i zaštitom životne sredine u EFT Rudnik i Termoelektrana Stanari imala pozitivan uticaj na ukupne rezultate u poslovanju rudnika i zaštiti životne sredine.

Ostvareni nivoi proizvodnje otkrivke i uglja u posmatranom periodu, uz istovremenu identifikaciju značajnih aspekata životne sredine i realizaciju planiranih ciljeva i programa za zaštitu, pokazatelji su opravdanosti uvođenja integrisanog sistema upravljanja.

#### **Literatura**

1. Dokumentacija ISMK EFT Rudnik i Termoelektrana Stanari





## **ZAŠTITA OBJEKATA KULTURNOG NASLEĐA NA PROSTORU BUDUĆEG POVRŠINSKOG KOPA RADLJEVO**

### **PROTECTION OF CULTURAL HERITAGE AT THE AREA OF FUTURE OPEN CAST MINE RADLJEVO**

Drljević N.<sup>1</sup>

#### **Apstrakt**

Sa aktivnih kopova kolubarskog ugljenog basena sagorevanjem otkopanog lignite dobija se oko 52% od ukupne električne energije koja se proizvede u Srbiji. Da bi se ovaj trend u budućnosti održao, potrebno je blagovremeno planiranje i otvaranje novih površinskih kopova. Prostorno ograničenje basena i njegov položaj ukazuju na viševjekovno prisustvo ljudskih naseobina u dolini reke Kolubare i velikog broja njenih protoka. U ljudskoj prirodi je da za svoje potrebe grade objekte za potrebe kulturnog, sakralnog i svakodnevnog života, tako da je njihov broj na ovom prostoru značajan. U okviru definisanih granica budućeg kopa Radljevo evidentirano je prisustvo različitih i značajnih objekata kulturnog nasleđa i dobara, pa je shodno tome važno utvrditi stepen i nivo zaštite za svaki od njih u cilju smanjenja negativnog uticaja na stanovništvo koje egzistira na prostoru pod direktnim uticajem površinskog kopa.

***Ključne reči:*** kulturno nasleđe, ugalj, planiranje, zaštita, uticaj na životnu sredinu

---

<sup>1</sup> Mr Drljević Nadica, dipl.ing.rud., PD RB Kolubara, Lazarevac



## **Abstract**

With the combustion of produced lignite, that comes from active open cast mines in Kolubara coal basin, over 52% of total Serbian electricity production has been obtained. In order to keep up with this trend, it is necessary, in timely manner, to plan opening of new opencast mines. A spatial boundary of coal basin and its geographical position indicates the existence of centuries-old human settlements in Kolubara valley and its numerous tributaries. In human nature is to build objects of cultural, religious and everyday life for their own purposes, and the number of those objects at given area is significant. Within defined boundaries of a future open cast mine Radljevo, a presence of different and significant cultural heritage and assets has been registered. Accordingly, it is important to determine and establish extent and level of protection for each of them in order to reduce negative impacts at population that exists in area directly under mine's influence.

**Keywords:** cultural legacy, coal, planning, protection, environmental influence

## **1. UVOD**

Na prostoru Kolubarskog ugljenog basena prisutan je veliki broj značajnih arheoloških nalazišta i spomenika kulturne baštine. Zahvaljujući dobrim prirodnim, vodenim i komunikacijskim uslovima na ovom prostoru, različite civilizacije i kulture su ostavile mnogobrojne tragove svog prisustva, vidljive kako u arheološkim slojevima zatrpanim vekovima tako i na samoj površini.

Zbog toga se eksploatacija mineralnih resursa u Kolubarskom ugljenom basenu može posmatrati, ne samo i jedino kao aktivnost kojom će se narušiti i ugroziti životna sredina, već kao mogućnost da se otkopavanje uglja organizuje i kao arheološko istraživanje.

Ovakav pristup kulturnom nasleđu i problemima koji se javljaju tokom rada stvaraju mogućnost novih istraživanja kojima će se obogatiti naša saznanja o istoriji, identitetu i kulturi naroda koji su živeli na ovom prostoru.

## **2. POVRŠINSKI KOP RADLJEVO**

Budući površinski kop Radljevo se nalazi u zapadnom delu Kolubarskog ugljenog basena, gde su još i aktivni kopovi Tamnava-

Zapadno Polje i Veliki Crljeni.

Na osnovu obimnih istražnih radova i drugih proračuna urađen je Idejni projekat sa studijom opravdanosti eksploatacije uglja na PK Radljevo, gde su definisani osnovni elementi neophodni za sprovođenje aktivnosti na eksploataciji uglja.

Prostor kopa Radljevo se karakteriše blago brdovitim i ravničarskim terenom u aluvionu reka Kladnice i rečice Stublenice koji je bujičnog karaktera. Reka Kladnica i rečica Stublenica sa svojim pritokama: potok Negića, potok Orlovac i potok Stojkovac su stalni vodotokovi na posmatranom prostoru. Zemljište je pretežno poljoprivredne namene. Prisutne su i površine pod šumom koje se nalaze u dolinama reka i potoka.

### **1.1. Teritorijalna podela**

Seoska naselja, koja leže u međugorju reke Kolubare i njenih pritoka Tamnave i Kladnice, i koja pripadaju prostoru aktivnog kopa Tamnava Zapadno Polje i budućeg kopa Radljevo su veoma bogate sa arheološkim lokalitetima i objektima kulturne baštine. Prve zajednice na ovim prostorima su nastale još u vreme Vinčanske kulture (6000. godine p.n.e.) i imaju kontinuitet u vremenu kroz sve periode razvoja ljudske civilizacije i društva.

Naselja koja pripadaju prostoru budućeg kopa Radljevo teritorijalno pripadaju i nalaze se na prostoru opština Ub (oko 95%) i Lajkovac (oko 5%). Naselja koja pripadaju opštini Ub, a koja se nalaze na prostoru budućeg kopa, odnosno koja su u zoni uticaja rudarskih radova su: Kalenić, Brgule, Radljevo, Šarbane, Stublenica i Paljuvi. Teritoriji opštine Lajkovaca pripada selo Jabučje.

### **1.2. Prikaz koncepta otvaranja i razvoja kopa**

U projektovanim granicama budućeg kopa Radljevo proračunate rezerve uglja su oko 340 miliona tona. Na osnovu izrađene dokumentacije predviđeno je da eksploatacija uglja započne 2018.-2019. godine. Razvoj je planiran u dve faze:

1. Prva faza u kojoj je planirano dostizanje kapaciteta od 7 miliona tona uglja godišnje.
2. Druga faza do postizanja projektovanog kapaciteta od 13 miliona tona uglja i do kraja eksploatacije.

Eksploataciji uglja prethodi otkopavanje jalovine, odnosno početak radova na jalovinskim sistemima je planiran za 2017.-2018. godinu.

Na Slici 1 je dat pravac napredovanja rudarskih radova na prostoru budućeg kopa Radljevo. [1]



*Slika 1. Razvoj rudarskih radova na budućem kopalju Radljevo*

### **1.3. Aspekti uticaja razvoja površinskog kopa Radljevo**

Opšti razvojni cilj Kolubarskog ugljenog basena je efikasno, racionalno i organizovano korišćenje prirodnih resursa u socio-ekonomskom, prostornom i ekološkom pogledu. To podrazumeva detaljno planiranje i stvaranje uslova za efikasnu eksploataciju uglja na novim otkopnim poljima, razvoj energetske postrojenja, racionalno infrastrukturno povezivanje mreža naselja, rekonstrukciju i poboljšanje postojećih sistema, izgradnju novih objekata, usklađivanje socijalnog razvoja i poboljšanje kvaliteta življenja lokalnog stanovništva, racionalno korišćenje vodenih resursa, kontrola objekata zaštite životne sredine i sl. Pored važnosti otvaranja novog kopa Radljevo za nastavak kontinuiteta u proizvodnji lignita evidentni su i negativni uticaji rudarskih radova na neposredno okruženje, koja se ogledaju u :

- delimičnom i potpunom preseljenju naselja i stanovništva sa svim postojećim objektima,
- dejstvo na vodne resurse važne za vodosnabdevanje naselja u zoni uticaja kopa i neposrednom okruženju, i smanjenje potencijala vodnih tokova i nivoa podzemnih voda sa direktnim uticajem na isušivanje poljoprivrednog zemljišta,
- izmeštanje saobraćajnica različitih nivoa,
- degradacija prirodnih ekosistema, zbog zauzimanja velikih površina poljoprivrednog i šumskog zemljišta,

- degradacija predela, stanovništva, naselja, kulturnih dobara,
- socijalni i socio-ekonomski uticaji i sl.

Svi ovi uticaji se moraju detaljno izanalizirati da bi se definisale odgovarajuće aktivnosti kroz proces planiranja, projektovanja, pripreme za izvođenje radova, izvođenje radova, nadzor, finansiranje, pravne poslove, poslove eksproprijacije i dr.

## **2. KULTURNA DOBRA - PRIKAZ TRENUTNOG STANJA NA PROSTORU KOPA RADLJEVO**

Dosadašnja arheološka i ostala istraživanja i nalazi ukazuju na kontinuitet razvoja ljudskih naseobina na ovim prostorima od perioda Vinčanske kulture pa do novije istorije.

Ovi nalazi su potkrepljeni sa postojanjem objekata nepokretnih kulturnih dobara, arheoloških lokaliteta, objekata graditeljskog nasleđa, objekata narodne arhitekture, spomeničkim obeležjima, grobljima i sl.

### **2.1. Objekti kulturnog nasleđa**

Na osnovu Studije zaštite i revitalizacije nepokretnog kulturnog nasleđa za potrebe izrade Urbanističkog plana Radljevo, kao i izvedenih arheoloških istraživanja i rekognosciranja terena, na prostoru budućeg kopa Radljevo je evidentiran veliki broj različitih objekata kulturnog nasleđa i dobara [2].

Svi ovi objekti su podeljeni po grupama u zavisnosti od karakteristika.

1. U grupu nepokretnih kulturnih dobara spadaju:

- crkva Pokrov Presvete Bogorodice u Radljevu,
- crkvena kuca (parohijski dom) u Radljevu,
- nadgrobni spomenici sa spomeničkim vrednostima na seoskim grobljima u Radljevu, Šarbanu i Kaleniću,
- groblja u Šarbanu, Kaleniću, Radljevu i Brgulama,

2. U grupu arheoloskih lokaliteta spadaju:

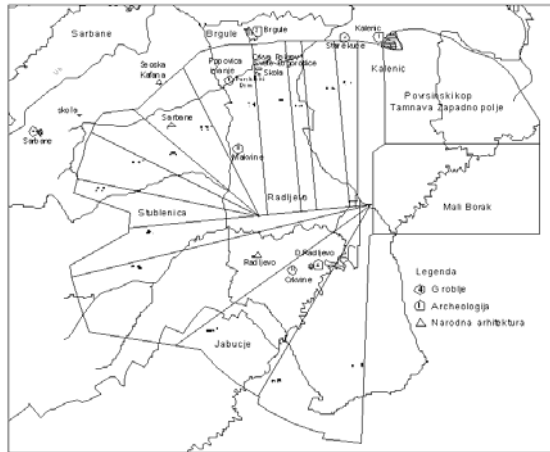
- lokalitet Popovića imanje , iz perioda pozne antike i gvozdeno doba - KO Brgule i KO Radljevo,
- lokalitet Crkvine, srednji vek, otomanski period - KO Radljevo,
- lokalitet Makvine, bronzano i gvozdeno doba - KO Radljevo,
- lokalitet Stare kuće”, pozna antika - KO Kalenić.

3. U grupu vrednih objekata graditeljskog nasleđa nalaze se:

- zgrada osnovne škole u Radljevu,
- zgrada osnovne škole u Šarbanu,

- kuca Nade Tesić, nekadašnja seoska kafana,
- kuca Velje Milčić u Radljevu,
- kuca Milovana Matijašević u selu Šarbane.

Na Slici 2 je dat prostorni raspored svih ovih objekata na teritoriju koju zahvata budući kopa Radljevo.



*Slika 2. Položaj objekata kulturnog nasleđa*

## 2.2. Ograničenja i pogodnosti za zaštitu objekata kulturne baštine

Osnovna ograničenja vezana za zaštitu objekata kulturne baštine se ogledaju u direktnom fizičkom ugrožavanju spomenika kulture i arheoloških lokaliteta usled razvoja površinskog kopa kao i nedovoljnom i neblagovremenom ulaganju u zaštitu i očuvanje kulturnog nasleđa usled čega dolazi do propadanja spomenika narodnog graditeljstva kojih u selima pod uticajem budućeg kopa Radljevo ima mnogo.

Međutim, pored ovih ograničenja, postoje određene pogodnosti za očuvanje kulturnog nasleđa koje se manifestuju kroz:

- postojanje institucija nadležnih za zaštitu,
- zakonskih obaveza usklađivanja razvoja rudarskih radova sa potrebama zaštite kulturne baštine,
- mogućnosti pronalaza novih arheoloških lokaliteta i prezentacije nalaza u muzejima ili drugim pogodnim mestima,
- mogućnošću očuvanja nekih ugroženih objekata preseljenjem na novu lokaciju ili izradom potrebne dokumentacije radi očuvanja podataka,
- razvijanje svesti o značaju očuvanja kulturne baštine.

### **3. PLANSKA REŠENJA ZAŠTITE NA PROSTORU KOPA RADLJEVO**

Značaj kulturnih dobara i objekata koji postoje na prostoru budućeg kopa Radljevo podrazumeva detaljno sagledavanje njihovog trenutnog stanja o definisanje načina zaštite koji će se sprovesti. Opšti plan zaštite predviđa aktivnosti kojima će se sprovesti trajna zaštita ovih objekata i na taj način će se nastaviti njihov značaj na istorijskom definisanju svih struktura koje egzistiraju na ovom prostoru. Konzervacijom, restauracijom i revitalizacijom objekata stvaraju se uslovi za dalje očuvanje objekata kao istorijskih svedočanstava identiteta samog mesta i civilizacijskog dometa kulture naseljenih naroda.

#### **3.1. Aktivnosti na zaštitu dobara kulturne baštine**

Na osnovi analize sa aspekta arheoloških lokaliteta i objekata kulturnog nasleđa potrebno je, u cilju zaštite kulturne baštine sprovesti:

- na svim evidentiranim arheološkim lokalitetima izvršiti zaštitna arheološka iskopavanja, a za evidentirana, do sada upisana kulturna dobra, preuzeti određene prostorno-planske mere za njihovu zaštitu,
- intenzivirati radove na istraživanju u posmatranom području u skladu sa dinamikom razvoja kopa,
- ukoliko se na posmatranom prostoru pojave novi objekti od značaja potrebno je uraditi njihovu prethodnu zaštitu,
- obezbediti uslove da pri radu rudarske mehanizacije ne dođe do oštećenja objekata i predmeta koji pripadaju kulturnoj baštini,
- svi korisnici ovog prostora obavezni su da međusobno kontaktiraju, kao i sa nadležnim institucijama, a sve u skladu sa međunarodnom konvencijom koja kaže da je spomenik neodvojiv od istorije čiji je svedok ili od sredine u koju je smešten,
- voditi urednu evidenciju o objektima i arheološkim lokalitetima koji su deo kulturnog nasleđa, uz obezbeđenje stručne ekspertize,
- sprovesti stalnu brigu o spomenicima i zaštitu objekata u cilju omogućavanja njihovog korišćenja za svakodnevne potrebe stanovništva na posmatranom području,
- prilikom izgradnje novih ili rekonstrukcije postojećih objekata koristiti elemente tradicionalne narodne arhitekture, a prostor za smeštanje zaštititi od degradacije i nenamenskog korišćenja,
- dopunjavati kategorizaciju i registar kulturno - istorijskog nasleđa.

### **3.2. Koncept zaštite objekata kulturnog nasleđa**

U cilju zaštite kulturne baštine, na prostoru koji je pod uticajem rudarskih radova sa budućeg kopa Radljevo, predviđa da se:

- za sva evidentirana nepokretna kulturna dobra koja nisu predviđena za izmeštanje, potrebno je izraditi detaljnu tehničku dokumentaciju (projekat postojećeg stanja, kao i foto dokumentacija), i isplanirati novu lokaciju za njihovu reizgradnju. Za dobra za koja se planira izmeštanje, potrebno je definisati prostorne celine na koje će biti premešteni,
- nastaviti istraživanja na arheološkim lokalitetima prema urađenom Planu zaštitnih arheoloških istraživanja nadležnih institucija.

#### **3.2.1. Crkva Pokrova Presvete Bogorodice i parohijski dom u Radljevu**

Crkva u Radljevu je izgrađena 1873. godine na mestu nekadašnje crkve-brvnare iz 1826. godine. Način izgradnje pripada baroknom i neoklasicističkom stilu crkava u Vojvodini iz 18. i 19. veka. To je jednobrodna građevina izduženog oblika sa pripratom, naosem i oltarom. Na zapadnoj strani se izdiže visoki zvonik sa kupolom dekorisanom u baroknom stilu. Unutrašnjost crkve je dekorisana, a posebna vrednost je ikonostas sa ikonama rađenim uljanim bojama na platnu.

U porti crkve se nalazi i Parohijski dom sa dva stana i salom koji je izgrađen 1939. godine. To je prizemna zgrada izdužene osnove sa centralnim ulazom, sa natkrivenim tremom sa četiri masivna kamena stuba i dva bočna uvučena ulaza. Krov je složen, viševodan pokriven biber crepom. Ovaj objekat je tipičan primer stila modern u srpskoj arhitekturi između dva rata.

Oba ova objekta, kao i ostali koji su u međuvremenu izgrađeni su nepokretni objekti predviđeni za rušenje. To znači da će se uraditi detaljna tehnička i foto dokumentacija pre rušenja, a da će se, nakon odabira nove lokacije uz dogovor i saglasnost sa organima Srpske Pravoslavne Crkve, započeti izgradnja nove crkve, parohijskog doma i svih pratećih objekata. Ova lokacija će biti definisana prema zahtevima stanovništva koje će biti iseljeno sa teritorije ugrožene radovima, a koje je koristilo postojeću crkvu.

### **3.2.2. Seoska groblja**

Na prostoru koje će biti ugrožena rudarskim radovima nalaze se mesna groblja u selima Šarbane, Kalenić, Radljevo i Brgule. Svi ovi objekti pripadaju pokretnim kulturnim dobrima i predviđeno je njihovo izmeštanje na nove lokacije koje su definisane uz saglasnost svih zainteresovanih subjekata (lokalno stanovništvo, samouprava, crkva, rudarska kompanija). Takođe, na ovim grobljima se nalazi veliki broj spomenika sa spomeničkim vrednostima [3], iz dalje i bliže istorije koja kao takva imaju važnu ulogu u očuvanju nacionalnog identiteta i istorije. Aktivnosti na zaštiti ovih objekata podrazumevaju izradu odgovarajućeg termin plana radova kojim će se definisati uslovi za obustavu sahranjivanja na postojećim grobljima, prostor i uslovi za novu lokaciju groblja, preciziranje prava staralaca grobnih mesta ekshumacija, opremanje, prenos i ukop postojećih posmrtnih ostataka u skladu sa svim zakonskim regulativama, i na kraju privođenje prostora nameni odnosno prekopavanje zemljišta nakon izmeštanja grobnih mesta i izvršene sanitacije.

Obzirom na značaj ovih objekata i osetljivost i povezanost lokalnog stanovništva sa ovim objektima važno je precizno i pažljivo uz prisustvo svih zainteresovanih strana rešavati ovaj konflikt.

### **3.2.3. Objekti sa obeležjima narodne arhitekture (seoske škole i stambene kuće)**

Na posmatranom području nalazi se veliki broj pokretnih objekata narodnog graditeljstva (seoske škole i porodične kuće) koje će biti ugrožene razvojem rudarskih radova sa budućeg kopa Radljevo i za koje je planirano preseljenje na nove lokacije. Za škole u Radljevo i Šarbanama, predviđeno je rušenje, ali će se prethodno uraditi planska i foto dokumentacija, da bi se sačuvala informacije o njihovim karakteristikama i značaju za lokano stanovništvo.

Za stambene objekte pod zaštitom države predviđena je izrada detaljne tehničke dokumentacije (projekat postojećeg stanja) i foto dokumentacija koja će biti izložena na odgovarajućim lokacijama (planirani etno parkovi) kako bi se omogućila primena elemenata tradicionalne narodne arhitekture prilikom izgradnje novih ili rekonstrukcije postojećih objekata na prostoru koji je pod direktnim ili indirektnim uticajem rudarskih radova.



### **3.2.3. Arheološki lokaliteti**

Za sve nabrojane arheološke lokalitete na posmatranom području (vidi 2.1.) predviđeno je da se nakon detaljnog rekognosciranja, i iskopavanja, obeležavanja i restauracije, svi pokretni objekti adekvatno zaštite i premeste na nove lokacije koje će za te potrebe biti definisane. Obzirom da se zona rudarskih radova nalazi na teritoriji tri opštine određiće se mesto relokacije eksponata sa ovih lokaliteta, bilo da su u pitanju muzeji ili etno parkovi sa posebnom namenom prema starosti arheoloskih nalazišta, mogućnosti rekonstrukcije nekih od istraženih objekata i sl.

## **4. ZAKLJUČAK**

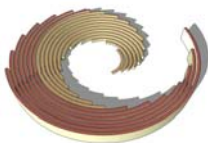
Značaj proizvodnje električne energije dobijene sagorevanjem uglja u kotlovima termoelektrana nužno ne znači da svi objekti koji su pod direktnim uticajem rudarskih radova treba da budu uništeni i devastirani.

Postojanje velikog broja objekata ukazuje na kontinuitet naseljavanja u ovom prostoru, odgovarajuće geografske i ostale uslove za življenje, čime se omogućuje nacionalni i kulturni razvoj. Pored toga, ovo su objekti od nacionalnog značaja jer se odnose na važne istorijske činjenice, i kao takvi predstavljaju određene vremenske periode za narod ovog kraja.

Zbog toga je važno da se sprovede sve potrebne aktivnosti za zaštitu ovih objekata kulturnog nasleđa i dobara zarad postojećih i budućih stanovnika vezanih za ovaj prostor i u cilju očuvanja nacionalne svesti i istorije uopšte.

## **Literatura**

1. Vatenfall Europe Mining Consulting & Rudarsko-geološki fakultet Beograd, Idejni projekat eksploatacije uglja na površinskom kopu Radljevo, Srbija, 2010
2. Institut za Arhitekturu i Urbanizam Srbija: Plan generalne regulacije za zonu uticaja površinskog kopa Radljevo, Srbija, 2010
3. Zavod za zaštitu spomenika kulture Valjevo: Uslovi zaštite i revitalizacije kulturnog nasleđa za potrebe izrade Plana generalne regulacije, 2010



---

**INFLUENCE OF SOME GEOTECHNICAL PARAMETERS  
IN DESIGNING AND EXPLOITATION OF THE COAL  
UNDERGROUND SERIES (FCS) IN MINE SUVODOL  
BITOLA**

Georgievski B.<sup>1</sup>, Dambov R.<sup>2</sup>

**Abstract**

During previous exploitation of the main coal seam in the Suvodol mine, several micro locations are defined which because of the specificity of the geo-morphological characteristics, resulted with landslides with different sizes and on more micro locations.

The necessity in the process of planning and the technological process of the coal exploitation itself, was imposed, with geotechnical researches to find out the lithological structure of the deposit, and the condition of the underground waters.

Also the morphological characteristics and the seismic-dynamic models of the terrain were defined, and with adequate geostatic calculations in the following period it is necessary to define the concrete geotechnical conditions for the further exploitation of coal of this floor seam.

**Keywords:** geo-mechanics, stability, seismic-dynamic models, coal

---

<sup>1</sup> Mr Blagoj Gorgievski, dipl. rud. inž., ELEM, - REK Bitola, rudnik Suvodol, R. Makedonija

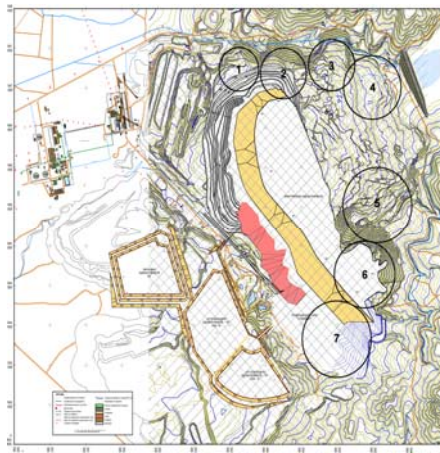
<sup>2</sup> Prof. d-r Risto Dambov, Univerzitet „Goce Delčev“, FPTN, Štip, R. Makedonija

## 1. INTRODUCTION

During exploitation of the main coal seam in the mine Suvodol, are defined several micro locations which because of the specificity of the geo-morphological characteristics, resulted with landslides with different sizes. About the under ground coal series (UCS), of importance is the existence of the landslide in the SI part of the excavation site, more exactly in the area of the micro locations 3, 4 and 5. (Fig.1)

The previous conducted methodology of geo-mechanical researched works and laboratory tests is in conformity with the technical regulations and standards. Special accent of these researched works is put on defining of the geo mechanical and hydro geo-logical characteristics of the terrain and that is:

- Physical mechanical characteristics of the lithological members, and by possibility of their contacts too
- Forecasting of possible changes of the characteristics and the condition of the materials, especially those that impact the stability of the operating and final inclinations of the mine of the UCS
- Hydro geological function of all the lithologic members (h.g. collectors, h.g. insulators and h.g. complexes etc)
- Conditions for forming and existence of well waters zones by the structure of porosity, their power, mutual hydraulic relations and connections with the surface waters



*Fig. 1. Defined micro locations in the contours of the mine Suvodol*

- Piezo-metric surfaces and magnitude of pressures in the inter-seams and underground coal parts of the productive series, as one of the most important parameters in the analysis of the inclinations stability, their impact on the possible raising of the leveling instrument of the excavation, penetration of underground waters etc.
- Defining of the filtering characteristics of the represented materials in natural conditions, and also directions and speed of movement of the well water and other types of underground waters.

Knowledge of the above mentioned parameters of all aspects is of special importance because of the fact that it is in question opening and operating of a new mine (Underground Coal Series).

## **2. GENERAL DATA ABOUT THE DEPOSIT**

Underground coal series spatially is found in the scope of confined field of the main productive seam, that is already in exploitation in the mine Suvodol. In the mine Suvodol, continually is performed excavation of coal for the providing of the thermal power plants with coal for undisturbed production of electricity.

The wider area of the UCS, belongs to the end south west part of the hillsides of the Selechka mountain that contact with the Pelagonian valley. In geological sense, the deposit itself is located in the frames of the former Pliocene lake basin (part that is called Suvodol bay), that enters deep in the hillsides of the Selechka mountain. Because of that, the deposit Suvodol from the north, east, south and south west side is confined with rocky masses of meta-morph complex. From the geomorphological aspect, as a noticeable forms in the deposit itself and the close surrounding are outstanding some hillsides mutually confined with horsts, that enter deep into the deposit, i.e. the basin.

## **3. PRESENT GEOLOGIC AND ENGINEERING GEOLOGIC PROCESSES AND PHENOMENONS**

Presently (before the opening of the UCS), the zone of the excavation site that is influenced by the researches, characteristic are only the constant current (present) phenomenon and phenomenon that are hereditary during the exploitation of the GJS. Of most importance is the existence of the landslide in SI part of the deposit, that with its base is in

nearness of the next zone for excavation of the UCS.

Beside the mentioned landslide, presently in the zone of Micro 6 are noticed phenomenon of crevices in the area of the profiles 21 – 25. Their presence is a result of the closeness of the underground horst, so this represents confirmation about the importance of the slope of the paleo-relief for the situation of the stability, that should have in mind during the further activities.

Except these geological processes and phenomenon in the rest part of the zone of UCS, other more important phenomenon are not noticed.

#### **4. GEOTECHNICAL CONDITIONS FOR EXPLOITATION OF UCS**

Geotechnical conditions that in smaller or bigger measure impact on the process of exploitation of the masses are:

- Conditions for protection of surface waters
- Conditions for protection of underground waters

##### **4.1. Conditions for protection of the surface waters**

Successful solving of the issue of seizing of the surface waters (from the temporary water currents and atmosphere waters), could be much helpful toward improvement of the conditions for excavation in the zone of UCS.

In principle, about the actual zone, for efficient solving of the issue with protection of the surface waters it is necessary application of usual solutions with planned located floor surface canals and flanged protective canals, with purpose to reduce the impact of the atmosphere waters.

About dimensioning of the surface canals, the data about the intensity of the rainfall could be used. Because of the expected depth that would be obtained with the excavation of the UCS, and with that also the great manometer height that should be overcome, the waters that gravitate toward the working excavation blocks of UCS, have to be pre-pumped.

##### **4.2. Conditions for protection of underground waters**

About protection of the impact of the underground waters, indispensable is necessary to have certain parameters connected with the water flow in eventual water intake installations.

From other side, with their performance it would go in contribution

of the solving of the problem with reduction of the action of the artesks and sub-artesks pressures, and of course of successful solving of these problems, in great measure would depend the conditions for exploitation of UCS (especially of the state of stability)

## **5. INFLUENCE OF THE GEOMECHANICAL CHARACTERISTICS ON THE DESIGNING TECHNOLOGY OF UCS**

Seen from the geotechnical aspect, the influence of the geo-mechanical characteristics on the designing technology of the mine is given on the basis of performed analysis of the stability and derived conclusions and recommendations referring with it.

From the analysis of the working slopes performed on profiles that are chosen as representative, and on the basis of the geo-mechanical, geological and hydrological researching, it came to the following ascertainment:

- The performance of working inclinations of the coal is not representing a problem of geotechnical aspect, which means that the performance have to be adjusted to the optimal conditions dictated by the available equipment for excavation
- The performance of working inclinations of sandy- dusty sediments, during inclination of  $\alpha = 56^\circ$  should not be with greater inclinations of  $H = 11 - 12$  (m) which mean that it could appear a necessity of sublevel excavation or previous reduction of load.

The analysis about the stability of the inclinations is performed on a characteristic profiles (Fig 2 and 3), on which is performed analysis of stability of inclinations, with all potential possible positions of the sliding planes (sub-base, base and over-base). At (Fig 2 and 3) are represented only sliding planes about the calculated lowest factors of safety.

Angles of inclination of the slopes are determined with the factor of safety  $F_s \geq 1,13$  about the final slopes, with  $F_s \geq 1,15$  about the slopes of the opening working trench and with  $F_s \geq 1,10$  about the working slopes. During the stability analysis of the final slopes the value of the coefficient of the pore pressure  $r_u = 0,20$  is taken, while at analysis of the working slopes that coefficient is  $r_u = 0,10$

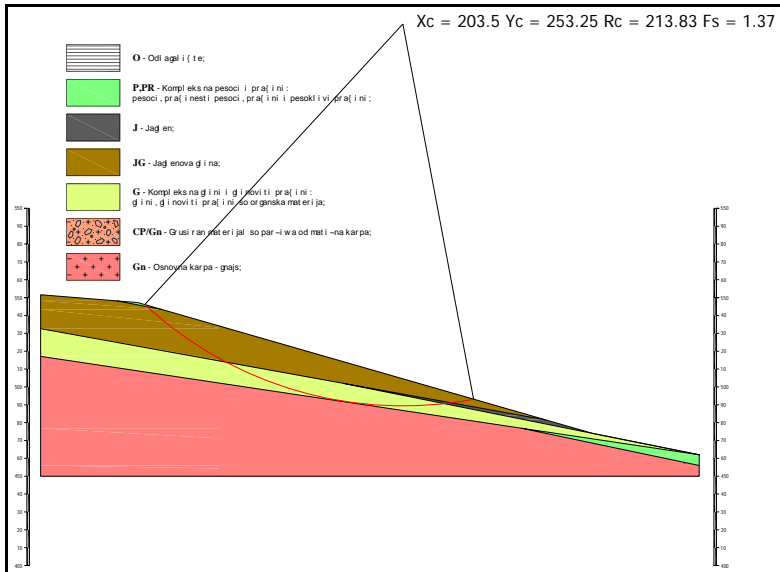


Fig. 2. Analysis of stability of the north inclination, profile 37 - 37'

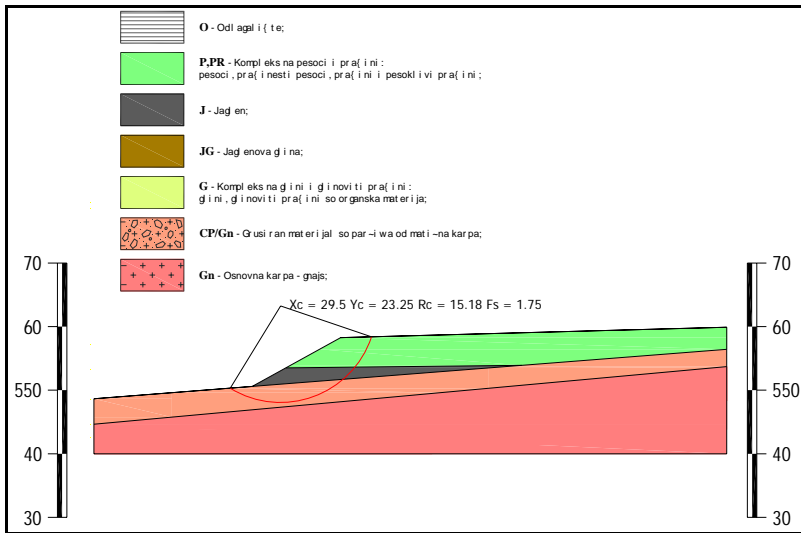


Fig. 3. Analysis of stability of the south slope, profile 37 - 37'

## 6. CONCLUSION

Having in mind the fact that in the previous exploitation of the coal in the mine “Suvodol” there were appearance of significant sliding of slopes, but also activation of landslides, then the necessity of geotechnical monitoring of the technology of the opening and exploitation of UCS is quite real. That is from aspect of real expectations during the course of exploitation of UCS, these problems shall be more expressed.

It is necessary in the course of the exploitation, on the questions of geotechnical nature to dedicate more influence. Of the complicated geological conditions as generally for the whole mine Suvodol, and also for the UCS, the relevancy of the geo-mechanical data get with standard laboratory tests is more expressed.

With purpose maximally to seize the reserves of coal, the final slopes are set at the foot of the geological border of the deposit toward the external surrounding in the flange zone for which there are no geological and geo-mechanical research works.

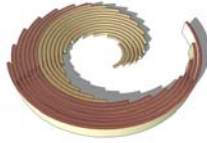
The underground waters, as it is known, impact the stability of the slopes, with active forces (hydrostatic and hydrodynamic) and lower the parameters of hardness of the “material” that build up the slopes. In principle there is no sliding without impact of water. Therefore exclusively is important with dewatering of the surface and underground waters, to bring down their negative influence to the supposed level during the calculations of the stability of the slopes.

### Literature

1. By Joel O. Kimrey and Larry D. Fayrad, Geohydrologic reconnaissance of drainage wells in Florida, Tallahassee, Florida 1984
2. Gjorgjievski Blagoj, Master paper “Systems for protection of UCS of underground and surface waters with implementation of information system for monitoring “ University Goce Delchev, FPTN, Shtip – 2011
3. PROPOSAL about geo-mechanical research works and examinations of UCS (GIM, institute about geo-technique – Skopje), 2005
4. Settlement of single piles (Department of Civil Engineering, Monash University)







**ELEMENTARNE NEPOGODE NA PK DRMNO U JULU,  
AVGUSTU I SEPTEMBRU 2014.**

**NATURAL DISASTERS IN OPEN PIT DRMNO IN JULY,  
AUGUST AND SEPTEMBER 2014**

Horvat G.<sup>1</sup>

**Apstrakt**

U radu je dat hronološki prikaz poplava koje su zahvatile područje površinskog kopa Drmno kao i prikaz sanacionih mera za otklanjanje posledica.

***Ključne reči:*** poplava, površinski kop, sanacione mere

**Abstract**

The paper presents chronological overview of floods which took place in the area of open pit Drmno as well as presentation of remedial measures for elimination of the consequences

***Keywords:*** floods, open pit, remedial measures

**1. UVOD**

PK Drmno se nalazi u istočnom delu Srbije, na oko 90 km od

---

<sup>1</sup> Horvat Goran, dipl.ing.rud., TE KO Kostolac, Kostolac

Beograda, na oko 10 km od Kostolca i oko 15 km od Požarevca. U neposrednoj blizini površinskog kopa su reke Dunav i Mlava što znatno otežava uslove rada, posebno zbog velikih priliva podzemnih voda.

Trenutni projektovani kapacitet PK Drmno je 9 miliona tona uglja godišnje. Najniže tačke, podinskih delova na PK Drmno, trenutno se nalaze na kotama -17 mnv, i u odnosu na reke Dunav i Mlavu, koje se nalaze na kotama oko 75 mnv, su nešto više od 90 m ispod nivoa ovih reka. Na PK Drmno trenutno je u radu 320 bunara, koji služe kao odbrana od podzemnih voda. Iz ovih bunara se ispumpa oko 857 l/s vode, odnosno, oko 75.000 m<sup>3</sup> vode dnevno (oko 2.300.000 m<sup>3</sup> mesečno, odnosno 27.000.000 m<sup>3</sup> vode godišnje). U PK Drmno se svakodnevno slije, kao podzemne vode, u vodosabirnike, oko 120 l/s vode, ili 10.500 m<sup>3</sup>, što na mesečnom nivou iznosi oko 320-350.000 m<sup>3</sup>, odnosno oko 4.000.000 m<sup>3</sup> godišnje. Ova voda se u kontinuitetu ispumpava van konture kopa.

U vreme kišovitih dana, taj dotok se povećava na preko 140 l/s vode, ili preko 12.000 m<sup>3</sup> vode dnevno.

Vodosabirnik za prikupljanje površinskih i podzemnih voda dimenzionisan je na oko 70.000 m<sup>3</sup>. Na dubinskoj etaži oko vodosabirnika postoji prostor koji može da primi još nešto više od 100.000 m<sup>3</sup> vode. Iz vodosabirnika vodu ispumpavaju dve pumpe snage 315 kW, kapaciteta od oko 2x100 l/s, ili oko 17.000 m<sup>3</sup> dnevno.

## **2. ELEMENTARNE NEPOGODE**

### **Prvi talas poplava**

U noći između 22. i 23. jula 2014. od 01 do 03 sati, na PK Drmno, palo je preko 67 lit/m<sup>2</sup> kiše što je prouzrokovalo bujično slivanje vode ka najnižim kotama kopa.

Zaposleni sa BTD sistema su reagovali na prvi nagoveštaj velikih padavina i otpočeli su povlačenje osnovne rudarske mehanizacije na sigurnije lokacije (na više kote kopa). Na žalost, oko 02<sup>07</sup> časova je došlo do ispada visokog napona na dalekovodu 110 kV, kao i ispada visokog napona u trafostanicama MO-1, Rudnik 2 i Rudnik 3, tako da je dalji transport bio onemogućen. Takođe je u tom vremenu došlo i do ispada na visokom naponu za snabdevanje pumpi na glavnom vodosabirniku, gde su u radu bile obe pumpe snage, što je dodatno ubrzalo stvaranje velike akumulacije vode na najnižoj tački kopa. Posade sa bagera i pogonskih stanica su ostale zarobljene na svojim mašinama, a njihova evakuacija je obavljena od strane sektora za vanredne situacije pomoću čamca.

Prve procene su bile da se tada na najnižu tačku kopa bujično slilo

oko 500.000 m<sup>3</sup> vode i mulja.

Tom prilikom potopljena je sledeća rudarska oprema:

- bager SRs 470 14/2 + BRs 2400 – dubina vode oko 2,5 do 3 metra;
- transportna traka UZ-1 dužine 180 metara – dubina oko 2 metra;
- transportna traka U-I-1 u dužini od oko 400m. – dubina oko 2,5 metra;
- transportna traka U-I-3 u dužini od 300m. – dubina oko 2 metra;
- bager Sch Rs 800 je zahvaćen vodom u visini gusenica oko 2 m, pri površini vodene akumulacije

Kao reakcija na vanrednu situaciju, odmah su preduzete sledeće mere:

Glavni vodosabirnik sa pumpnim postrojenjem snage 2x315kW je osposobljen i pušten u rad 23. 07. oko 10 časova. Nakon procene da je kapacitet ovog postrojenja od oko 15.000m<sup>3</sup>/dan nedovoljan za brzo ispumpavanje ovalike količine vode, pristupilo se postavljanju dodatne pumpe, snage 450 kW sa montažom cevovoda Ø 300-350 mm u dužini od oko 1.100 m. U cilju prevazilaženja aktuelne problematike i obezbeđivanja potrebnih količina uglja za termokapacitete, formirana je nova linija za transport uglja od dela transporterera sa I BTO sistema (J-I-1, J-I-2.1 i J-I-2) sve do preseka sa zbirnim ugljenim transporterom UZ-2. Premošćenje sa ugljenog etažnog transporterera na I BTO sistem je izvedeno uz pomoć transporterera J-III-2'. Ovaj alternativni odvoz je otpočeo sa radom 30. 07. 2014. Ugalj je otkopavan bagerima Ers-710 i SRs-400.

Sistemi na otkopavanju jalovine nisu bili ugroženi u ovoj meri i vrlo brzo su nakon saniranja posledica nastavili sa radom.

### **Drugi talas poplava**

Elementarne nepogode sa intenzivnim padavinama od 33 l/m<sup>2</sup> tokom 27.07.2014. godine nisu u značajnijoj meri prouzrokovale narušavanje sigurnosti i stabilnosti osnovne otkopne mehanizacije. Nakon čišćenja, kanalisanja i ispumpavanja akumuliranih voda, BTO sistemi nisu imali smetnji da nastave rad. Na ugljenoj liniji, nakon ovih padavina potpuno je anuliran dotadašnji rad pumpnih agregata i nivo je vode u akumulaciji je ponovo dostigao nivo otprilike, kao prilikom padavina prvog talasa poplava. Zbog toga a i zbog najave daljeg pogoršanja vremenskih uslova doneta je odluka o stavljanju u pogon još jednog pumpnog agregata, snage 1.16 kW (preuzet na pozajmicu iz PD RB Kolubara) sa nezavisnim potisnim cevovodom koji je stavljen u pogon 29.07.2014.godine.

### Treći talas poplava

Elementarne nepogode 30. i 31. 07. sa nezapamćenim padavinama od 134 l/m<sup>2</sup> su izazvale do sada nezabeležene bujične nanose vode i mulja ka najnižim kotama i prouzrokovale su znatno pogoršanje ukupnih uslova na PK Drmno. Obim već učinjene štete je znatno povećan a sigurnost i stabilnost osnovne otkopne mehanizacije je ugrožena čak i na sistemima za otkopavanje jalovine.

Sem V BTO sistemi, svi sistemi na otkopavanju jalovine su bili van pogona, zbog veoma narušenih uslova za rad. Na II BTO sistemu, tačnije pogonskoj stanici J-II-3 i povratnoj stanici J-II-1 formirane su velike akumulacije vode koje su na par dana potpuno blokirale dalji rad. Na IV BTO sistemu je u zoni transportera J-IV-3 i J-IV-4 formirana ogromna količina nanosa od materijala koji je erodovan sa odlagališta i koji je u potpunosti prekrrio sekcije u dužini od par stotina metara. Na odlagališnim ravnicima, skoro svih BTO sistema formiran je čitav sistem vododerina dubine, negde i do 10 – 15 m i širine čak i do 100 m. Ovaj proces je bio najintenzivniji na I i IV BTO sistemu, gde je prilikom povlačenja konzolnog odlagača A<sub>2</sub>R<sub>s</sub>B-5500 na bezbedniji položaj došlo do havarisanja prijemne katarke.

U cilju saniranja vododerina na etažama odlagališta angažovani su bageri EŠ-10 i EŠ-5 kao i mašine pomoćne mehanizacije. Takođe, III BTO sistem je imao štetnih posledica i pored toga što se nalazio u toku remontnih aktivnosti (transporter J-III-3 je za 0,5 – 1m izbačen iz ose u dužini od preko 300 m a takođe je došlo do veoma izraženog erodovanja u zoni povratne stanice J-III-4).

Na ugljenom sistemu, na prostoru između otkopnog i odlagališnog dela etaža I BTO sistemi, došlo je do značajnog podizanja nivoa vode sa formiranjem jedinstvene akumulacije sa vodenim ogledalom širine 500 m gledano od zapada ka istoku. U tu najnižu zonu površinskog kopa se akumuliralo nešto preko 1.000.000 m<sup>3</sup> vode i oko 600.000 m<sup>3</sup> mulja. Mulj su stvorile čestice koje su isprane – erodovane uglavnom sa etaža na odlagalištu. Korišćenje potopljenih mašina na otkopavanju uglja je i dalje onemogućeno a trenutna situacija je sledeća:

- Bager SRs-470 i BRs-2400 - vodeni stub iznosi 6 – 7 m, potopljen je reduktor radnog točka, reduktori okreta gornje gradnje. Hidraulički sistem na bandvagenu je takođe u vodi.
- Bager SchRs-800 - vodeni stub iznosi 4,5 m, potopljen je reduktor radnog točka, reduktori okreta, pogon trake 2 i hidraulički agregati i cilindri.
- Pogonske stanice UZ-1, U-I-1 i U-I-3 - vodeni stub je oko 5 m.

Na delu transportera J-I-1, koji je deo izvoznog puta ugljene linije, došlo je do značajnijeg spiranja materijala ispod pojedinih sekcija što je uslovalo dodatno angažovanje mašina pomoćne mehanizacije. U zoni transportera UZ-4 došlo je do formiranja velike akumulacije vode koja je delom ispumpana ka obodnoj odvodnoj liniji u blizini a delom, prosecanjem kanala, ispuštena u unutrašnje odlagalište. Priliv površinskih voda koje se slivaju iz pravca istoka je onemogućen izradom dva vodosabirnika i postavljanjem pumpi snage 55 i 450 kW, koje preko cevovoda Ø 200 mm ispumpavaju vodu u kanal nekadašnjeg irigacionog sistema poljoprivrednog kombinata Ljubičevo.

Pri sagledavanju opšte situacije na površinskom kopu Drmno nikako ne smeo zanemariti i konstantni priliv iz podzemnih vodotokova u količini od oko 140 l/sec (10.000m<sup>3</sup>/dan), najavu dalje nestabilnosti vremenskih prilika i procenu vremena potrebnog za ispumpavanje akumulacije od 45 – 60 dana. U cilju saniranja posledica dotadašnjih poplavnih talasa potrebno je po hitnom postupku ili interventnom pozajmicom obezbediti dodatne, nove ili remontovane pumpne agregate veće snage i visoke pogonske spremnosti sa sopstvenim cevovodima koji će omogućiti kontinuitet u ispumpavanju vode, bez neplaniranih ispadanja.

#### **Četvrti, peti ... talas poplava**

Kiša je padala i tokom avgusta meseca (oko 90 l/m<sup>2</sup>) kao i u septembru (više od 150 l/m<sup>2</sup>). Praktično, nove padavine u avgustu i septembru su bile takve da su anulirale sve do tada preduzete mere na sanacionom odvodnjavanju površinskog kopa Drmno pa je površina vodenog ogledala je iznosila oko 200 000 m<sup>2</sup> ili oko 20 ha, najviša kota vodenog ogledala je bila na -2,34 m a kota mulja je u proseku na -5,50 m.

### **3. SANACIONE MERE**

#### **Ispumpavanje vode**

Za realizaciju sanacionog odvodnjavanja nabavljene su pumpe i montirani su nova četiri cevovod u ukupnoj dužini od oko 4 500 m. Od pumpi, na ispumpavanju su radile: 2 x 315 kW, 2 x 450 kW, 1 x 400 kW, 1 x 500 kW i kratko vreme 1 x 1,16 MW.

Da pumpe ne bi povlačile mulj i njihov nesmetan rad angažovan je plovni bager, „skrapež“, kapaciteta oko 4000 m<sup>3</sup> čvrste mase na dan, koji je u zoni usisa (u zoni usisnih korpi pumpi) morao sve vreme da radi i izbacuje mulj, stvarajući oko sebe, a samim tim i oko usisa pumpi, depresioni levak, produbljujući mesto odakle se pumpa voda. Na ovaj

način omogućeno je da se veća količina vode usmeri i ispumpa iz ovog potopljenog dela kopa.

Ukupni protok pumpi, kada su sve bile u radu, iznosi i do 800 l/s, odnosno oko 70 000 m<sup>3</sup> dnevno. Treba istaći da je prilikom ispumpavanja najveći problem bila visinska razlika od 90 m, odnosno napor koji su pumpe morale da savladaju. Uz sve to, cevovodi su postavljeni kako je vanredna situacija nalažala, sa horizontalnim ali i vertikalnim krivinama, pa su zato i gubici u kapacitetima korišćenih pumpi bili veći.

Ukupno je ispumpano oko 1 500 000 m<sup>3</sup> vode.

Na osnovu ranije snimljenih kota terena, proračun je pokazao da se u ovom, zapadnom delu, nalazi preko 800 000 m<sup>3</sup> mulja, debljine od 2 do 7 m u zonama potopljene rudarske mehanizacije.

### **Izvlačenje bagera SchRs 800 iz mulja**

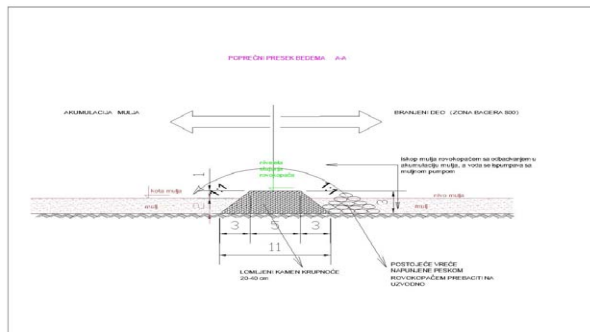
Za proizvodnju uglja i sigurno snabdevanje termoenergetskih objekata najvažniji i najsigurniji bager je bager SchRs 800. Zato se njegovom izvlačenju prioriteto posvetilo i najviše pažnje.

Izvlačenja bagera SchRs 800 je pripremano i pokušavano u više navrata:

- Prvi pokušaj izvlačenja bagera 800 iz mulja su sprečile kiše koje su pale 25.08.2014.g. i to oko 35 l/m<sup>2</sup>. Ovaj pokušaj nije uspeo zbog povećanja vodenog ogleđala za oko 1 m.
- Drugi put izvlačenje bagera pokušano je izradom nasipa – „zagata“ oko bagera sa preko 10.000 džakova. Nasip od džakova nije izdržao pritisak mulja sa strane, i to kada su mašine krenule da čiste mulj iz ograđenog dela oko bagera. Uz popuštanje nasipa, dodatni problem je bio i povećanje nivoa vodenog ogleđala kao posledica kiše koja je pala 04.09.2014. godine.
- Posle petodnevnog, ponovnog ispumpavanja vode, od 09.09. započeta je izradom nasipa – „zagata“ oko bagera, ali ovog puta od lomljenog, neseparisanog kamena, krupnoće od 0-500 mm. Dimenzije nasipa (Slika 1) su:
  - Dužina - 130 m
  - Širina u osnovi nasipa - 11 m
  - Širina na vrhu nasipa - 5 m
  - Visina nasipa - oko 3 m
- Količina kamena koji je utrošen za izradu ovog nasipa je oko 3200 m<sup>3</sup>;
- Izrada nasipa je trajala tri dana;
- Količina mulja u ograđenom delu, oko bagera SchRs 800 je bila oko 8000 m<sup>3</sup>;

- Na izvlačenju mulja su angažovana četiri rovokopača i dva buldozera, a tu je povremeno u rad uključivan i bager dreglajn, EŠ 6/45;
- Sa izvlačenjem mulja se krenulo 11.09. u drugoj smeni, a čišćenje mulja iz ograđenog dela je trajalo do 12.09. do polovine prve smene;
- Čim su se stvorili uslovi, motori transporta sa bagera SchRs 800 su skinuti i zamenjeni su novim motorima;
- U međuvremenu, iza bagera SchRs 800 je transportovan bager SRs 400, na koji su kablovima privezani novopostavljeni motori transporta, i sa koga je je korišćen upravljački deo, tako da su komande transporta sa bagera Srs 400 iskorišćene za izvlačenje bagera 800. Transport i izvlačenje bagera SchRs 800 je uspešno obavljeno 12.09.2014.g. oko 13 h.

Na ovaj način bager SchRs 800 je transportovan i postavljen na sigurno, gde se odmah krenulo sa njegovom popravkom.



Slika 1. Šematski prikaz nasipa

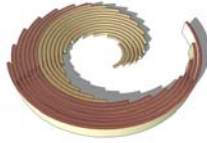
#### 4. ZAKLJUČAK

Elementarne nepogode, sa enormnim i do sada nezabeleženim kišnim padavinama iz maja, jula i septembra, ostaviće ogromne posledice na postrojenja i budžet, kako Republike Srbije, tako i EPS-a.

Zbog svega ovoga, potrebno je sveobuhvatno sagledati, izanalizirati, izvući zaključke i preduzeti određene korake, kako bi se u budućnosti predupredile ovakve pojave i sprečile slične neželjene situacije.







**O MOGUĆNOSTI PROIZVODNOG REAKTIVIRANJA LEŽIŠTA  
CEMENTNIH LAPORACA RALJA KOD BEOGRADA**

**ON THE POSSIBILITY OF REACTIVATION OF PRODUCTION  
IN THE CEMENT MARL DEPOSIT OF RALJA NEAR  
BELGRADE**

Ilić M.<sup>1</sup>, Kričak L.<sup>2</sup>, Jagodić-Krunić D.<sup>3</sup>, Podunavac D.<sup>4</sup>

**Apstrakt**

U radu je razmotrena mogućnost proizvodnog reaktiviranja ležišta cementnih laporaca Ralja kod Beograda na bazi ranije istraženih *bilansnih rezervi* (odnosno izmerenih resursa), a za potrebe nove fabrike cementa koja bi se izgradila na mestu stare cementare, koja je uspešno radila u periodu 1890.-1958. godina.

**Ključne reči:** ležište, cementni laporac, rezerve

**Abstract**

In this paper is considered the possibility of reactivation of exploitation of the cement marl deposit of Ralja near Belgrade on the basis of previously explored balance reserves (i.e. measured resources) for the needs of a new cement factory which might be constructed in the

---

<sup>1</sup> Prof dr Ilić Miloje, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

<sup>2</sup> Prof. dr Lazar Kričak, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

<sup>3</sup> Mr Dragica Jagodić Krunić, Ministarstvo rudarstva i energetike Republike Srbije

<sup>4</sup> Dušan Podunavac, Erin Ventures, Kanada

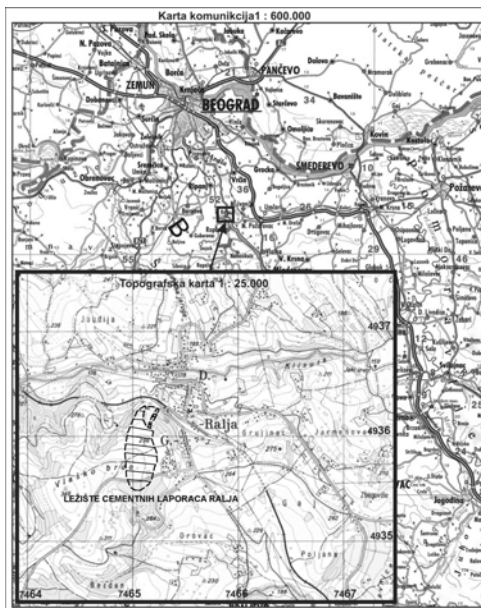
place of the old one which operated successfully in the period of 1890-1958.

**Keywords:** deposit, cement marl, reserves

## 1. UVOD

Ležište cementnih laporaca Ralja nalazi se u ataru istoimenog sela, na severnoj strani Vlaškog brda (k. 346 m), na oko 30 km jug-jugoistočno od Beograda. Komunikacioni uslovi ovog ležišta su veoma povoljni: ono je udaljeno oko 700 m od železničke stanice u Ralji kao i od magistralnog puta Beograd-Kragujevac (Slika 1).

*Cementni laporci* je industrijski naziv za sve one krečnjačko-glinovite stene koje se mogu upotrebljavati kao osnovna sirovina za proizvodnju portland-cementa i u tom smislu smo ga koristili u ovom radu. Ovaj termin, uopšte uzev, pored pravih (petrografski definisanih) laporaca, obuhvata još i krečnjake i gline (glince), koji se najčešće javljaju u istoj produktivnoj seriji sa laporcima i sa njima se zajedno otkopavaju i mešaju u cilju dobijanja sirovinske smeše za proizvodnju portland-cementa (u kojoj je odnos kalcijumkarbonatne i glinovite supstance 3:1), pa isti, dakle, ima šire značenje nego petrografski termin *laporci*.



Slika 1. Geografska karta ležišta Ralja sa važnijim komunikacijama

Ležište Ralja bilo je aktivno u periodu 1890-1958. godine, kada su iz njega površinski eksploatisani vrlo kvalitetni cementni laporci za potrebe fabrike portland-cementa, locirane kraj samog ležišta. Proizvodnja u ovoj fabrici obustavljena je 1958. godine zbog zastarelosti opreme i primenjene tehnologije, ali su u ležištu ostale značajne istražene bilansne rezerve (A kategorije, po tada važećoj jugoslovenskoj klasifikaciji), koje odgovaraju izmerenim resursima (po savremenim svetskim klasifikacijama i standardima), cementnih laporaca odličnog kvaliteta. Imajući u vidu još i povoljne komunikacione uslove i blizinu Beograda kao potencijalnog tržišta, smatramo da treba ozbiljno razmotriti mogućnost izgradnje moderne fabrike cementa na istoj lokaciji i, za njene potrebe, proizvodnog reaktiviranja ležišta Ralja.

## **2. OSNOVNE GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA**

### **2.1. Opšti osvrt**

Serija cementnih laporaca (laporaca i laporovitih krečnjaka) u ataru sela Ralja javlja se kao posebna facija (facija inoceramsko-foraminiferskih laporaca) u okviru gornjokrednog fliša (avalskog fliša), koji se u vidu širokog pojasa prostire od Beograda, preko Avale i Kovione, do Kosmaja, a ležište Ralju čini istraženi deo te serije na severnoj strani Vlaškog brda (Slika 2).

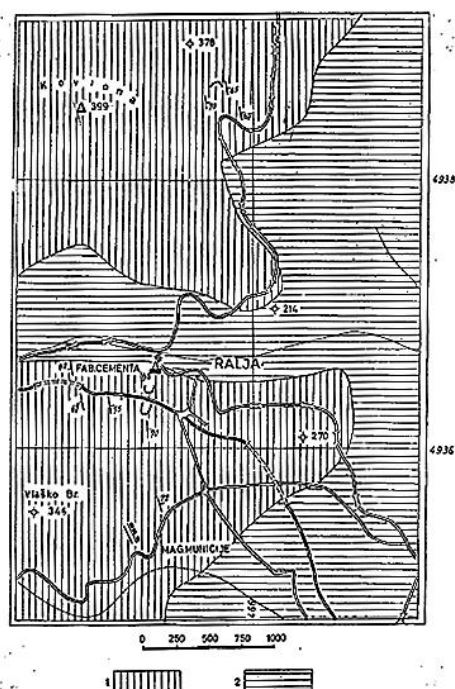
Značajne podatke o raljskim cementnim laporcima nalazimo kod M. T. Lukovića (1950), M. Ilića i M. Srdanovića (1958), S. Lukovića (1958), M. Ilića (1960), M. Ilića i koautora (1962) i M. M. Ilića (1977/78).

U istraženom delu terena (ležištu Ralja) pomenuta serija ima generalno pružanje SSZ-JJI, a pad prema ISI pod uglom od  $70^{\circ}$  (prosečno) i javlja se u istočnom krilu jedne velike antiklinale pružanja SSZ-JJI, koja je tektonski znatno deformisana (zastupljene su i plikativne i disjunktivne deformacije)(Slike 2 i 3). Geološka proučavanja gore navedenih autora su pokazala da se u ovoj seriji mogu razlikovati tri dela: podinski, srednji i povlatni.

U podinskom delu serije naizmenično se smenjuju tankopločasti laporci i laporoviti krečnjaci, a mestimično se javljaju i krečnjačke breče.

Srednji deo serije, debljine oko 60 m, čine bankoviti laporoviti krečnjaci, koji su u staroj fabrici jedini (kao cementni laporci) korišćeni za izradu portland-cementa.

Povlatni deo serije izgrađen je od pločastih laporaca i laporovitih krečnjaka, sa mestimičnom pojavom masivnih krečnjaka u vidu sočiva.



*Slika 2. Pregledna geološka karta okoline ležišta Ralja (po M. Iliću i koautorima, 1962)*

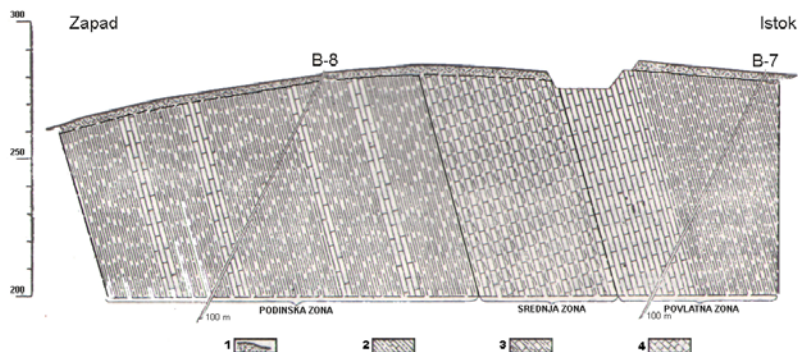
Legenda: 1. gornjokredni sedimenti (laporci, laporoviti krečnjaci i krečnjaci); 2. miocenski sedimenti

## 2.2. Kvalitet sirovine

Dugogodišnja proizvodnja u nekadašnjoj fabrici cementa u Ralji (1890-1958) je pokazala da su u ležištu zastupljeni veoma kvalitetni cementni laporci (laporci i laporoviti krečnjaci) - tzv. naturali, koji u prirodnom stanju imaju količinski odnos kalcijumkarbonatne i glinovite supstance oko 3:1, te se bez korekcije (ili sa minimalnom korekcijom) mogu koristiti za proizvodnju portland-cementa. U ovoj fabrici je za tu svrhu korišćena samo sirovina iz srednjeg dela serije ležišta Ralja.

Kasnija istraživanja raljskog ležišta od strane M. Ilića i koautora (1962) su, međutim, pokazala da se, pored cementnih laporaca srednjeg dela serije (koji imaju prosečan sadržaj  $\text{CaCO}_3 = 80,20\%$ ), kao cementna sirovina mogu koristiti i stene iz podinskog dela serije (koji imaju prosečan sadržaj  $\text{CaCO}_3 = 72,81\%$ ) i stene iz povlatnog dela serije (koje

imaju prosečni sadržaj  $\text{CaCO}_3 = 73,36\%$ ). Prosečan sadržaj  $\text{CaCO}_3$  za sva tri dela serije u ležištu iznosi 76,11%, što je vrlo blisko idealnom sadržaju u naturalima ( $\text{CaCO}_3 = 75\%$ ), te su pomenuti autori sva tri dela serije objedinili u jedinstvenu produktivnu seriju cementnih laporaca ležišta Ralja.



Slika 3. Poprečni profil ležišta Ralja kroz bušotine B-7 i B-8 (po M. Iliću i koautorima, 1962)

Legenda: 1. rudina; 2. laporci; 3. laporoviti krečnjaci; 4. masivni krečnjaci

## 2.3. Rezerve

Na osnovu izvedenih istražnih radova M. Ilić i koautori (1962) su utvrdili da bilansne rezerve cementnih laporaca A kategorije u srednjem delu serije iznose 12.021.875 t, u podinskom dele serije 12.535.087 t i u povlatnom dele serije 9.669.562 t, a da u čitavoj produktivnoj seriji ležišta Ralja iznose 34.226.524 t.

Treba, međutim, imati u vidu da ove rezerve, utvrđene pre više od pola veka, u sasvim drugačijim društveno-političkim, tehničko-tehnološkim, ekonomskim i drugim uslovima, po tada važećoj jugoslovenskoj klasifikaciji i standardima, ne odgovaraju savremenim svetskim klasifikacijama i standardima (a pre svega onim iz evropskog *PERC kodeksa*), te se mora izvršiti njihova revalorizacija i konverzija u svetski priznate klase mineralnih resursa i rezervi. Prikazane bilansne rezerve A kategorije mogle bi se, nakon kontrolnog doistraživanja i aktuelne geološko-ekonomske ocene, prevesti u svetski priznate izmerene resurse. Ovi potonji bi se pak mogli, nakon iscrpnog razmatranja modifikujućih faktora (geoloških, rudarskih, tehnoloških, ekonomskih, ekoloških i drugih), prevesti u svetski priznate dokazane rezerve, na osnovu kojih se vrše investiciona ulaganja. Valja istaći da se kod nas (po još uvek važećem *Pravilniku o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi čvrstih*

*mineralnih sirovina i vođenju evidencije o njima iz 1979. godine*) kao bilansne rezerve tretiraju celokupne istražnim radovima ustanovljene geološke rezerve u ležištu, a danas se u svetu kao rezerve tretiraju naše eksploatacione rezerve, kod kojih su uračunati gubici i razblaženja koji nastaju pri eksploataciji.

### **3. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA**

Neophodan preduslov za otpočinjanje svih narednih aktivnosti vezanih za proizvodno reaktiviranje ležišta cementnih laporaca Ralja je pronalaženje investitora za izgradnju nove fabrike cementa u Ralji (po savremenim svetskim standardima, sa maksimalnom zaštitom životne sredine), koji bi finansirao te aktivnosti. Ukoliko se taj preduslov ispuni, onda se, kao prioritete, predlažu sledeće aktivnosti:

- a. izrada projekta geoloških istraživanja na osnovu kojeg bi u raljskom ležištu bili izvedeni pojedini novi, kontrolni istražni radovi i iz njih uzete odgovarajuće probe za ispitivanje kvaliteta cementnih laporaca, kojima bi se proverile (i eventualno korigovale) rezerve utvrđene pre više od pola veka od strane M. Ilića i koautora (1962);
- b. po okončanju aktivnosti pod a., izrada elaborata o resursima i rezervama cementnih laporaca ležišta Ralja u kojem bi se uporedili pa sintetizovali rezultati novih i ranijih istraživanja i uradile prvo geološko-ekonomska ocena ležišta, a potom tehničko-ekonomska ocena istog;
- c. na osnovu aktuelne geološko-ekonomske ocene bi se nekadašnje bilansne rezerve A kategorije prevele u savremene, svetski priznate izmerene resurse;
- d. na osnovu aktuelne tehničko-ekonomske ocene (na nivou predstudije izvodljivosti ili studije izvodljivosti) kompetentno lice bi razmotrilo napred pomenute modifikujuće faktore i, ukoliko bi oni dali zadovoljavajuće rezultate, *izmereni resursi* bi se preveli u dokazane rezerve (koje su od najvećeg značaja za investitore).

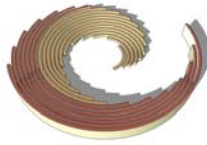
### **Literatura**

1. Ilić M., 1960: Izveštaj o rezervama i kvalitetu cementnih laporaca u Ralji, Fond stručnih dokumenata građevinskog preduzeća Rad, Beograd
2. Ilić M. i Srdanović M., 1958: Cementni laporci raljske fabrike

- Cementa, Tehnika, god. XIII, br. 11, Rudastvo i metalurgija, str. 1845-1848 (259-262), Beograd
3. Ilić M., Manojlović D. i Atanasković R., 1962: Geološke karakteristike i praktični značaj ležišta cementnih laporaca u Ralji, Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja, knj. XX, ser. A, str. 7-29, Beograd
  4. Ilić M. M., 1977/78: Primena facijalno-formacione analize za utvrđivanje potencijalnosti teritorije SR Srbije u pogledu sirovinске baze cementnih laporaca, Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja, knj. XXXV/XXXVI, ser. A, str. 35-58, Beograd
  5. Ilić M. M., Jelenković R., Beljić Č., 2012: Generalni osvrt na Pravilnik o izveštavanju o rezultatima geoloških istraživanja, resursa i rezervi čvrstih mineralnih sirovina i njihovoj klasifikaciji, Zbornik radova X Međunarodne konferencije o površinskoj eksploataciji, str. 79-96, Zlatibor, 17-20.10.2012
  6. Luković M. T., 1950: Bogatstvo naše zemlje u sirovinama za industriju Cementa, Nauka i tehnika, No. 7, str. 345-351, Beograd
  7. Luković S., 1958: Geološko-petrološka studija Kosmaja, Glasnik Prirodnjačkog muzeja u Beogradu, knj. 10, ser. A, 143 str., Beograd
  8. Osnovna geološka karta SFR Jugoslavije, list Smederevo L 34-126 sa tumačem, Beograd, 1980
  9. Pan-European Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Reserves (The PERC Reporting Code), 2008
  10. Pravilnik o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi čvrstih mineralnih sirovina i vođenju evidencije o njima, Službeni glasnik SFR Jugoslavije, br. 53/1979, Beograd
  11. Zakon o rudarstvu i geološkim istraživanjima Republike Srbije, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 88/2011, Beograd







## **ANALIZA ENERGETSKE EFIKASNOSTI POVRŠINSKOG KOPA DRMNO**

### **ENERGY EFFICIENCY ANALYSIS OF THE OPENCAST MINE DRMNO**

Ivković M.<sup>1</sup>, Horvat G.<sup>2</sup>, Vuković Z.<sup>3</sup>, Marinković Lj.<sup>4</sup>

#### **Apstrakt**

Problem efikasnog korišćenja energije u površinskoj eksploataciji uglja nameće se kao jedno od vodećih pitanja zbog stalnog rasta eksploatacije neobnovljivih fosilnih energetske resursa i negativnih uticaja na životnu sredinu. Takođe povećanje energetske efikasnosti je u direktnoj funkciji smanjenja troškova eksploatacije i ukupnih troškova poslovanja površinskog kopa. Pažnja energetske efikasnosti na površinskim kopovima uglja sa kontinualnim sistemima eksploatacije pre svega je usmerena ka električnoj energiji kao najplemenitijem izvoru energije. Uštede u njenoj potrošnji, kada je reč o površinskom kopu Drmno, je moguće ostvariti na različite načine i na različitim mestima ali se najveći efekti mogu postići na kontinualnim proizvodnim sistemima, sistemu odvodnjavanja i sistemu prerade uglja. Dobra praksa energetske efikasnosti podrazumeva primenu energetske efikasne opreme (savremeni elektromotori, frekventna regulacija) i efikasno energetske upravljanje. Na površinskom kopu Drmno uslov energetske efikasne opreme je

<sup>1</sup> Ivković Miroslav, dipl.ing.rud., Elektroprivreda Srbije, TE - KO Kostolac, Kostolac

<sup>2</sup> Horvat Goran, dipl.ing.rud., Elektroprivreda Srbije, TE - KO Kostolac, Kostolac

<sup>3</sup> Vuković Zoran, dipl.ing.rud., Elektroprivreda Srbije, TE - KO Kostolac, Kostolac

<sup>4</sup> Marinković Ljubiša, dipl.ing.rud., Elektroprivreda Srbije, TE - KO Kostolac, Kostolac

ispunjen, a u toku je uspostavljanje efikasnog energetskeg upravljanja. Analiza postojećeg stanja energetske efikasnosti je prvi korak u izgradnji integrisanog sistema upravljanja energetskom efikasnošću površinskog kopa Drmno.

***Ključne reči:*** energetska efikasnost, kontinualni sistemi, cena, energija, energetski menadžment

## **Abstract**

Problem of efficient energy utilization in surface coal mining becomes one of the leading issues due to the continuing growth in the exploitation of non-renewable fossil energy resources and negative environmental impacts. In addition, energy efficiency increasing is in a direct function of operating costs decreasing and the total operating costs of the opencast mine. Attention of energy efficiency at surface coal mines with continuous operational systems is primarily focused towards electricity as the most precious resource. Savings in its consumption, in the case of the opencast mine Drmno, can be achieved in different ways and in different locations, but the most important effects can be achieved at the continuous systems for production, drainage system and coal processing system. Good practice of energy efficiency involves the use of energy-efficient equipment (modern electro motors, frequency conversion, etc.) and efficient energy management. At the opencast mine Drmno requirement of equipment energy efficient is fulfilled, and the establishment of an efficient energy management system is ongoing. Analysis of the current energy efficiency conditions is the first step in building of an integrated efficient energy management system at the opencast mine Drmno.

***Keywords:*** energy efficiency, continuous systems, costs, energy, management of energy

## **1. UVOD**

Problematika energetske efikasnosti, odnosno upravljanja energetskim tokovima (energy management) u kontekstu efikasnosti proizvodnje, održivog razvoja i očuvanja životne sredine, danas je sastavni deo ukupne problematike površinske eksploatacije uglja. Pažnja energetskeg menadžmenta na površinskim kopovima sa kontinualnim sistemima proizvodnje pre svega je usmerena ka električnoj energiji kao

osnovnom energetsom resursu. Treba istaći da je energetska efikasnost direktno zavisna od energetskeg menadžmenta, odnosno od preduzetih mera i akcija na planiranju, realizaciji i praćenju njenih efekata u celom procesnom nizu proizvodnje [3]. Osnovni ciljevi energetskeg menadžmenta su da stvori i u kontinuitetu održava preduslove za energetske efikasnu proizvodnju. Ovi ciljevi mogu se ostvariti primenom različitih tehničkih, tehnoloških, organizacionih i upravljačkih rešenja koja za posledicu imaju smanjenje potrošnje energije po jedinici proizvoda [4]. Mere energetske efikasnosti mogu biti veoma različite, kako po sadržaju i obimu, tako i po složenosti, a njihov plan, realizacija i monitoring definišu se kroz projekte energetske efikasnosti.

U funkciji uspostavljanja sistema energetske efikasnosti na površinskom kopu Drmno, kao prvi korak izvršena je analiza postojećeg stanja i mogućnosti poboljšanja energetske efikasnosti ključnih tehnoloških celina koje kao energent koriste električnu energiju. U tom smislu analizirani su kontinualni sistemi za proizvodnju (na uglju i otkrivci) gde se završava proizvodni proces na površinskom kopu.

## **2. ANALIZA SISTEMA EKSPLOATACIJE**

Otkopavanje otkrivke i uglja na površinskom kopu Drmno obavlja se sa kontinualnim sistemima. Otkrivka se odlaže na unutrašnje odlagalište, dok se ugalj transportuje do postrojenja za pripremu uglja i po potrebi na deponiju uglja. Za projektovanu proizvodnju uglja od 9 miliona tona godišnje na površinskom kopu Drmno angažovano je 5 kontinualnih sistema na otkrivci i dva kontinualna sistema na eksploataciji uglja.

Na otkopavanju otkrivke angažovano je 5 kontinualnih sistema sa ukupno 6 bagera (5 rotornih i jedan vedričar), dok je za odlaganje otkrivke predviđen rad 5 odlagača.

Otkopavanje jalovine IV sistemom se vrši iznad nivelete sistema na uglju. U okviru ovog sistema otkopavanje se vrši rotornim bagerom SRs 1300 teoretskog kapaciteta 4,200  $\text{m}^3/\text{h}$  a eksploatacionog kapaciteta 1,470  $\text{m}^3/\text{h}$  (koeficijent kapacitativnog iskorišćenja 0.35). Otkopane mase transportuju se sistemom od 5 transportera: jedan etažni dužine 1,800 m, dva vezna transportera ukupne dužine 825 m i dva odlagališna transportera ukupne dužine 1,680 m. Širina trake kod svih transportera je 1,600 mm. Odlaganje jalovine vrši se odlagačem A<sub>2</sub>R<sub>S</sub>B 5500.

Otkopavanje jalovine III sistemom se vrši iznad nivelete IV sistema. Otkopavanje se vrši rotornim bagerom SRs 2000 teoretskog kapaciteta 6,600  $\text{m}^3/\text{h}$ . Uz koeficijent kapacitativnog iskorišćenja od 0.4 eksploatacioni

kapacitet ovog bagera je 2,640  $\text{cm}^3/\text{h}$ . Otkopane mase transportuju se etažnim transporterima ukupne dužine 2,400 m, veznim transporterom dužine 1,861 m dok su na odlagališnom frontu instalisani transporteri ukupne dužine 2,395 m. Širina trake kod ovih transporterata je 1,800 mm. Odlaganje jalovine vrši se odlagačem A<sub>2</sub>RsB 7200.

Otkopavanje jalovine II sistemom se vrši iznad nivelete III sistema, odnosno sa ovim sistemom, duž većeg dela otkopnog fronta, se izlazi na površinu terena. Otkopavanje se vrši rotornim bagerom SRs 2000 teoretskog kapaciteta 6,000  $\text{rm}^3/\text{h}$ . Uz koeficijent kapacitativnog iskorišćenja od 0.4 eksploatacioni kapacitet ovog bagera je 2,400  $\text{cm}^3/\text{h}$ . Otkopane mase transportuju se etažnim transporterima ukupne dužine 2,810 m, veznim transporterima ukupne dužine 2,450 m i odlagališnim transporterima ukupne dužine 2,630 m. Širina trake kod ovih transporterata je 1,800 mm. Odlaganje jalovine vrši se odlagačem A<sub>2</sub>RsB 7200.

Otkopavanje jalovine V sistemom vrši se iznad nivelete II sistema i celom dužinom fronta izlazi se na površinu terena. Otkopavanje se vrši rotornim bagerom SRs 2000 teoretskog kapaciteta 6,600  $\text{rm}^3/\text{h}$ . Uz koeficijent kapacitativnog iskorišćenja od 0.42 eksploatacioni kapacitet ovog bagera je 2,772  $\text{cm}^3/\text{h}$ . Otkopane mase transportuju se etažnim transporterima ukupne dužine 2,900 m, veznim transporterima ukupne dužine 1,800 m i odlagališnim transporterom dužine 1,650 m. Odlaganje jalovine vrši se odlagačem ARs 2000.

Otkopavanje uglja vrši se sa dva kontinualna sistema sa zajedničkim izvoznim transporterima do lokacije raspodelnog bunkera. Ova dva sistema čine tri rotorna bagera SchRs 800 (teoretski kapacitet 3,024  $\text{rm}^3/\text{h}$ , eksploatacioni 1,209  $\text{cm}^3/\text{h}$ , koeficijent kapacitativnog iskorišćenja 0.4), SRs 470 (teoretski kapacitet 1,700  $\text{rm}^3/\text{h}$ , eksploatacioni 595  $\text{cm}^3/\text{h}$ , koeficijent kapacitativnog iskorišćenja 0.35) i SRs 400 (teoretski kapacitet 2,800  $\text{rm}^3/\text{h}$ , eksploatacioni 924  $\text{cm}^3/\text{h}$ , koeficijent kapacitativnog iskorišćenja 0.33) koji rade visinski i jedan bager vedričar EPS 710 (teoretski kapacitet 1,400  $\text{cm}^3/\text{h}$ , eksploatacioni 420  $\text{cm}^3/\text{h}$ , koeficijent kapacitativnog iskorišćenja 0.3), koji radi dubinski do podine uglja. Bageri na drugom BTD sistemu rade u kombinaciji sa samohodnim transporterom BRs 2400. Transport uglja sa I BTD sistema vrši se etažnim transporterima širine trake 1,600 mm i ukupne dužine 2,700 m a sa II BTD sistema etažnim transporterima širine trake 1,400 mm i dužine 1,500 m. Otkopani uglj sa oba sistema dalje se transportuje (do raspodelnog bunkera i drobilane) zbirnim transporterom širine 1.800 mm i ukupne dužine 3,500 m.

Projektovani kapacitet površinskog kopa Drmno je  $9 \cdot 10^6$  tona uglja godišnje. Za ovaj proizvodni kapacitet na uglju, uz prosečni koeficijent otkrivke od 4.2  $\text{m}^3/\text{t}$ , potrebno je otkopati i  $37.8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  otkrivke. Ostvareni

godišnji kapacitet na proizvodnji uglja kreće se u granicama od  $8.5 \cdot 10^6$  do  $9 \cdot 10^6$  t i usklađen je sa potrebama proizvodnje termoelektrane a ostvareni godišnji kapacitet na otkopavanju otkrivke uglavnom se usklađuje sa potrebama razvoja površinskog kopa. Tako je u 2013. godini ostvarena proizvodnja 8,803,996 t uglja i 41,139,981 m<sup>3</sup> otkrivke, pri čemu je tekući koeficijent otkrivke iznosio 4.67 m<sup>3</sup>/t.

### **3. BILANS ELEKTRIČNE ENERGIJE KONTINUALNIH SISTEMA NA POVRŠINSKOM KOPU DRMNO**

Generalno, energetska bilans služi kao osnova za planiranje i kontrolu utrošaka energije, ali je istovremeno i instrument za upravljanje energetskom efikasnošću. Preko njega mogu da se utvrde i analiziraju uzroci energetskih gubitaka, te se na taj način pruža mogućnost za preduzimanje efikasnih mera za njihovo smanjenje.

Za potrebe izrade bilansa električne energije kontinualnih sistema izgrađen je model koji je čini skup matematičkih relacija koje definišu veze između pojedinih fizičkih veličina u analiziranim tehnološkim procesima.

Za izgradnju modela, osim analize sistema eksploatacije date u poglavlju 2, analizirani su i zbirni podaci za 2013. godinu o proizvodnji kontinualnih sistema na otkopavanju otkrivke i podaci o proizvodnji kontinualnih sistema na otkopavanju uglja, ostvareno radno vreme i njihovi utrošci električne energije.

Sistemi na uglju, odnosno tehnološka linija za proizvodnju uglja radila je uglavnom sa dva bagera dok su druga dva bagera povremeno uključivana u proizvodnju. U analiziranom periodu od godinu dana ovaj sistem je radio ukupno (svi bageri) 4,255 h i proizveo 8,803,759 t uglja pri čemu je utrošeno 28,381,819 KWh električne energije.

I sistem na otkrivci radio je sa dva bagera. U analiziranom periodu ovaj sistem je radio ukupno (oba bagera) 1,950 h i proizveo 1,828,396 m<sup>3</sup> otkrivke pri čemu je utrošeno 5,200,000 KWh električne energije.

II sistem radio je 3,796 h i proizveo 8,766,255 m<sup>3</sup> otkrivke pri čemu je utrošeno 30,413,570 KWh električne energije.

III sistem radio je 3,642 h i proizveo 10.398.683 m<sup>3</sup> otkrivke pri čemu je utrošeno 28,547,201 KWh električne energije.

IV sistem radio je 4,432 h i proizveo 6,578,860 m<sup>3</sup> otkrivke pri čemu je utrošeno 19,677,696 KWh električne energije.

V sistem radio je 3,868 h i proizveo 13,567,787 m<sup>3</sup> otkrivke pri čemu je utrošeno 25,563,645 KWh električne energije.

Iz ove analize uočljivo je da pojedini sistemi, posebno na uglju i I

sistem na otkrivci, imaju nizak koeficijent vremenskog iskorišćenja. Ovaj podatak nije bitan za energetska efikasnost i on se neće posebno analizirati, ali se može ad hoc zaključiti da su sistemi radili toliko vremena koliko je bilo potrebno da se postigne projektovani godišnji kapacitet površinskog kopa.

Model za bilansiranje električne energije kontinualnih sistema čine dve celine. U prvoj celini (Tabela 1) na bazi izmerenog vremena rada, ostvarene proizvodnje i utrošene električne energije izračunati su specifični trošci električne energije po jedinici proizvoda ( $U_e$ ) i ostvareni koeficijenti kapacitativnog iskorišćenja ( $K_{ki}$ ) za svaki sistem pojedinačno, zatim zbirno i prosečno za sve sisteme na koji su radili na otkopavanju otkrivke.

U Tabeli 1 u koloni 1 date su oznake kontinualnih sistema, a njihove karakteristike prikazane su u analizi u poglavlju 2 U koloni 2 prikazane su ostvarene godišnje proizvodnje ( $Q_{eg}$ ) za svaki sistem pojedinačno, zatim zbirno i prosečno za sve sisteme na otkopavanju otkrivke. Principijelno, raspored podataka je isti i u ostalim kolonama s tim što je u koloni 3 dat prikaz ostvarenog godišnjeg vremena rada sistema ( $T$ ), u koloni 4 ostvaren eksploatacioni kapacitet ( $Q_e$ ), u koloni 5 utrošena električna energija na godišnjem nivou za ostvarenu proizvodnju ( $U_{eg}$ ), u koloni 6 specifičan trošak električne energije po jedinici proizvoda ( $U_e$ ) dok je u koloni 7 prikazan koeficijent kapacitativnog iskorišćenja sistema ( $K_{ki}$ ) dobijen iz odnosa ostvarenog časovnog eksploatacionog kapaciteta ( $Q_e$ ) i tehničkog kapaciteta ( $Q_t$ ) datog u Tabeli 2, kolona 2.

U drugoj celini modela, Tabela 2, prikazani su normativni, odnosno projektovani podaci i to u koloni 2 tehnički kapacitet sistema, u koloni 3 koeficijent kapacitativnog iskorišćenja, u koloni 4 projektovani eksploatacioni kapacitet. U kolonama 5 i 6 prikazani su izračunati normativni podaci za godišnju proizvodnju sistema ( $Q_{egn}$ ) i specifičnu potrošnju električne energije ( $U_{en}$ ).

Vrednosti date u Tabelama 1 i 2 su izmerene, normirane rudarskim projektom ili izračunate na bazi zadatih matematičkih odnosa pojedinih veličina.

Izmerene vrednosti u Tabeli 1 su:

- $Q_{eg}$  ( $m^3/god$  ili  $t/god$ ), godišnji eksploatacioni kapacitet sistema,
- $T$  (h), ostvareno godišnje vreme rada sistema,
- $U_{eg}$  (KWh/god), godišnji trošak električne energije sistema.

Tabela 1. Bilans električne energije kontinualnih sistema

Sistemi na otkrivci	Qeg (m <sup>3</sup> /god)	T (h)	Qe (m <sup>3</sup> /h)	Ueg (KWh/god)	Ue (KWh/m <sup>3</sup> )	Kki
1	2	3	4	5	6	7
I	1,828,396	1,950	937.64	5,200,000	2.84	0.30
II	8,766,255	3,796	2,309.34	30,413,570	3.47	0.38
III	10,398,683	3,642	2,855.21	28,547,201	2.75	0.43
IV	6,578,860	4,432	1,484.40	19,677,696	2.99	0.35
V	13,567,787	3,868	3,507.70	25,563,645	1.88	0.53
Suma	41,139,981	17,688	11,094.29	109,402,112	13.93	
Prosečno	8,227,996	3,5376	3,698.10	21,880,422.4	2.79	0.40
Sistemi na uglju	Qeg (t/h)	T (h)	Qe (t/h)	Ueg (KWh)	Ue (KWh/t)	Kki
	8,803,759	4,255	2,069.04	28,381,819	3.22	0.28

Tabela 2. Normativni podaci za kontinualne sisteme

Sistemi na otkrivci	Qt (m <sup>3</sup> /h)	Kkin	Qen (m <sup>3</sup> /h)	Qegn (m <sup>3</sup> /god)	Uen (KWh/m <sup>3</sup> )
1	2	3	4	5	6
I	3,090	0.33	1,019.7	1,988,415	2.62
II	6,000	0.40	2,400	9,110,400	3.34
III	6,600	0.40	2,640	9,614,880	2.97
IV	4,200	0.35	1,470	6,515,040	3.02
V	6,600	0.42	2,772	10,722,096	2.38
Suma	26,490		10,301.7	37,950,831	14.33
Prosečno	5,298	0.38	2,060.34	7,590,166.2	2.87
Sistemi	Qt (t/h)	Kki	Qe (t/h)	Qg (t/god)	Ue (KWh/t)
	7,300	0.35	2,555	10,871,525	2.61

Izračunate vrednosti u Tabeli 1 su:

- Qe (m<sup>3</sup>/h ili t/h), ostvareni eksploatacioni kapacitet, dobijen iz izraza:

$$Q_e = Q_{eg}/T \quad (1)$$

- Ue (KWh/m<sup>3</sup> ili KWh/t), specifična potrošnja električne energije po jedinici proizvoda za sistem, dobijena iz izraza:

$$U_e = U_{eg}/Q_{eg} \quad (2)$$



- Kki, koeficijent kapacitativnog iskorišćenja, dobijen iz izraza:

$$Kki = Qe/Qt \quad (3)$$

- Qt (m<sup>3</sup>/h ili t/h), tehnički kapacitet, normativno dat rudarskim projektom (iz Tabele 2)

U Tabeli 2, tehnički kapacitet (Qt), koeficijent kapacitativnog iskorišćenja (Kkin) i časovni eksploatacioni kapacitet (Qen) su normativni i dati su rudarskim projektom dok su godišnji normativni eksploatacioni kapacitet (Qegn) i normativna specifična potrošnja električne energije po sistemima (Uen) izračunate na bazi zadatih matematičkih odnosa pojedinih veličina.

Izračunate vrednosti u Tabeli 2 su:

- Qegn (m<sup>3</sup>/h ili t/h), godišnji normativni eksploatacioni kapacitet za sistem, dobijen iz izraza:

$$Qegn = Qen * T \quad (4)$$

- Uen (KWh/m<sup>3</sup> ili KWh/t), normativna godišnja specifična potrošnja električne energije za sistem, dobijena iz izraza:

$$Uen = Ueg/Qegn \quad (5)$$

Izračunavanjem Qegn i Uen za svaki sistem, uz normativne podatke iz rudarskog projekta, u Tabeli 2 su prikazane normativne vrednosti za koje se može reći i da su skup indikatora performansi pojedinačno za svaki kontinualni sistem kao i kontinualnog sistema eksploatacije na površinskom kopu Drmno u celini. Za analizu energetske efikasnosti važan je normativ Uen.

#### **4. ANALIZE ENERGETSKE EFIKASNOSTI NA POVRŠINSKOM KOPU DRMNO**

Prikazani model za bilansiranje električne energije kontinualnih sistema omogućuje kvalitetnu analizu energetske efikasnosti i slabih tačaka kako sa tehničkog tako i sa tehnološkog aspekta proizvodnog procesa. Normativni podaci za specifičnu potrošnju električne energije u Tabeli 2 dobijeni su iz odnosa stvarno utrošene električne energije u

2013. godini i projektovanog koeficijenta kapacitativnog iskorišćenja za svaki sistem pojedinačno i površinski kop u celini. Obzirom da se radi o postavljanju modela za praćenje energetske efikasnosti kontinualnih sistema kao i da su podaci za model prvi put prikupljeni i analizirani u 2013. godini, to se ovaj normativni podatak može uzeti kao dovoljno pouzdan.

Podaci za analizu energetske efikasnosti kontinualnih sistema prikazani su uporedno u Tabeli 3 i to u koloni 2 ostvareni utrošci, a u koloni 3 normativni utrošci električne energije. U koloni 4 prikazani su koeficijenti energetske efikasnosti za svaki kontinualni sistem pojedinačno kao i zbirno za sisteme koji su radili na otkopavanju otkrivke.

Tabela 3. Podaci za analizu energetske efikasnosti

Sistemi na otkrivci	Ue (KWh/m <sup>3</sup> )	Uen (KWh/m <sup>3</sup> )	Kef
1	2	3	4
I	2.84	2.62	1.09
II	3.47	3.34	1.04
III	2.75	2.97	0.92
IV	2.99	3.02	0.99
V	1.88	2.38	0.79
Suma	13.93	14.33	
Prosečno	2.79	2.87	0.97
Sistemi na uglju	Ue (KWh/t)	Uen (KWh/m <sup>3</sup> )	Kef
	3.22	2.61	1.23
Površinski kop	17.15	16.94	1.01

Iz Tabele 3 može se zaključiti sledeće:

- I i II sistem u 2013. godini ostvarili su veću specifičnu potrošnju električne energije po m<sup>3</sup> otkrivke u odnosu na normativnu (prvi za 9% a drugi za 4%).
- III , IV i V sistem u 2013. godini ostvarili su manju specifičnu potrošnju električne energije po m<sup>3</sup> otkrivke u odnosu na normativnu (treći za 8%, četvrti za 1% i peti za 21%).
- Sistemi na uglju u 2013. godini ostvario je veću specifičnu potrošnju električne energije po t uglja za 23% u odnosu na normativnu.
- Ukupno, svi sistemi na otkrivci ostvarili su za 3% manju specifičnu potrošnju električne energije po m<sup>3</sup> otkrivke.
- Ukupna specifična potrošnja električne energije na površinskom

kopu po t proizvedenog uglja iznosi 17.15 KWh dok je normirana 16.94 KWh, odnosno 1% veća.

Iz prezentovanih podataka generalno se može zaključiti da su posledice veće ili manje specifične potrošnje električne energije kod sistema i na otkrivci i na uglju u direktnoj vezi sa koeficijentom kapacitativnog iskorišćenja. Razlozi za manje ili veće kapacitativno iskorišćenje kontinualnih sistema nisu sistematizovani pa se ne mogu analizirati ali, iskustveno, sa velikom sigurnošću mogu se povezati sa zadatom tehnologijom i uslovima rada u odnosu na radnu sredinu i kvalitet odvodnjavanja pojedinih sistema.

## 5. ZAKLJUČAK

Postavljeni model za bilansiranje električne energije na površinskom kopu Drmno je praktično prvi korak u implementaciji sistema energetske efikasnosti i uvođenja energetskog menadžmenta u domen ukupnog menadžmenta.

Prezentirani model za analizu energetske efikasnosti kontinualnih sistema strukturiran je tako da omogućuje jednostavnu i kvalitetnu analizu na bazi koje se mogu donositi pouzdani zaključci.

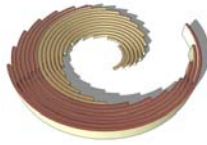
Za strukturiranje i testiranje modela korišćeni su mereni podaci iz realnog sistema i podaci koji su dati kao normativni u rudarskom projektu. Povećavanjem broja izmerenih podataka iz realnog sistema povećavaće se i stepen pouzdanosti samog modela. Naime, već na bazi podataka o radu kontinualnih sistema u jednoj godini, ad hoc se može zaključiti da je pojedine normative date u rudarskom projektu potrebno korigovati (na primer koeficijent kapacitativnog iskorišćenja V sistema na otkrivci ili časovni eksploatacioni kapacitet sistema na uglju).

Osim analize podataka o energetske efikasnosti kontinualnih sistema na površinskom kopu Drmno postavljeni model omogućuje da se definiše skup ključnih indikatora energetske efikasnosti kako na samim tehnološkim celinama tako i na pojedinim njenim delovima, a same utroške meriti na svakom pojedinačnom potrošaču. Na ovaj način mogu se konstatovati takozvane *slabe* tačke na kontinualnim sistemima, koje se mogu korigovati tehničkim izmenama na opremi ili tehnološkim promenama u radu sistema. Ovakav sistem, u svetu poznat kao energetski menadžment, preko energetske efikasnosti može da doprinese optimizaciji rada opreme na površinskom kopu i istovremeno poveća ekonomske efekte proizvodnje i smanji negativne uticaje na životnu sredinu.

## **Literatura**

1. Bateson, R. N.: Introduction to Control Systems Technology, Prentice Hall, Upper Saddle River, New York, 2002
2. CIPEC, Benchmarking the Energy Consumption of Canadian, Open Pit Mines, Canadian Industry Program for Energy Conservation, Natural Resources Canada, 2005
3. ISO/FDIS 50001:2011(E): Energy Management Systems, ISO Organization, Geneva, 2011
4. Ivković M., Stević D.: Energy efficiency of continuous surface mining systems, OMC 2012, Zlatibor, 2012





**MODEL UPRAVLJANJA PROJEKTOM OTVARANJA  
POVRŠINSKOG KOPA RADLJEVO U KOLUBARSKOM  
BASENU UGLJA**

**PROJECT MANAGEMENT MODEL FOR OPENING OF THE  
OPENCAST MINE RADLJEVO IN THE KOLUBARA COAL  
BASIN**

Ivoš V.<sup>1</sup>, Mitrović S.<sup>2</sup>, Vučetić A.<sup>3</sup>

**Apstrakt**

Izbor optimalne varijante otvaranja i razvoja površinskog kopa uglja baziran je na organizovanim, sistematizovanim i temeljnim istraživanjima različitih prirodnih, tehničkih i ekonomskih determinanti rudarskog projekta. Ovo jeste neophodan ali nije i dovoljan uslov za uspešnu realizaciju rudarskog projekta. Rudarski kapitalni projekti, kakvi su po pravilu otvaranje novih površinskih kopova, su veoma složeni zbog uticaja niza internih i eksternih tehničkih, tehnoloških, ekonomskih i prirodnih faktora i ograničenja koja proizilaze kako iz prirodnih uslova ležišta tako i iz društveno - ekonomskog okruženja. Okruženje projekta otvaranja površinskog kopa uglja Radljevo, je vrlo kompleksno i obuhvata niz determinističkih i stohastičkih procesa. Kako bi se efikasno i efektivno upravljalo projektom, neophodno je sintetizovati velik broj znanja, alata i tehnika u razvoju plana upravljanja projektom, što

---

<sup>1</sup> Ivoš Vladimir, dipl.ing.rud., Elektroprivreda Srbije, Beograd

<sup>2</sup> Mitrović Slobodan, Elektroprivreda Srbije, Beograd

<sup>3</sup> Vučetić Aleksandar, RB Kolubara, Elektroprivreda Srbije, Lazarevac

obezbeđuje dobar projektni menadžment koji omogućava ostvarenje boljih projektnih rezultata.

**Ključne reči:** upravljanje projektom, rudarski projekat, optimalna varijanta, projektno okruženje

## **Abstract**

Selection of the optimal variant for opening and development of the opencast mine is based on the organized, systematized and fundamental research of different natural, technical and economic mining project determinants. This is necessary but not sufficient condition for successful implementation of the mining projects. Mining capital projects, such as are the opening of new opencast mines, are very complex due to the influence of a number of internal and external technical, technological, economic and natural factors and the limitations resulting from the natural deposit conditions as well as from the socio-economic environment. Environment of the project for the opening of the opencast coal mine Radljevo is very complex and involves a series of deterministic and stochastic processes. In order to manage efficiently and effectively the project, it is necessary to synthesize a large number of skills, tools and techniques in the project management development plan, which is ensured by a good project management, achieving a better project results.

**Keywords:** project management, mining project, optimal variant, environment of the project

## **1. UVOD**

Po pravilu, rudarske kompanije investiranjem u kapitalne rudarske projekte realizuju ranije definisane ciljeve rasta, razvojne politike i poslovne strategije. Investicioni projekti u rudarstvu su kapitalni jer troše velika finansijska sredstva, značajne resurse i dugotrajni su. Investiranje u ovakve projekte kompanija preuzima da bi se afirmisala u novom poslovnom okruženju, prilagodila anticipovanim promenama, prevazišla hendikepe trenutne pozicije ili prilagodile svoje proizvodne mogućnosti sa šansama koje pruža tržište. Sve ovo govori da su investicije u kapitalne projekte uslov egzistencije, održivog rasta i sticanja konkurentskih prednosti rudarske kompanije.

Međutim, investiranje u kapitalne rudarske projekte predstavlja

vrlo složen proces sastavljen od višedimenzionalnih aktivnosti ispitivanja svih relevantnih determinanti budućih stanja i promena koje projekat nosi sa sobom. Imajući u vidu da se projekti otvaranja novih površinskih kopova uglja, koji posluju u okviru Elektroprivrede Srbije povezuju sa njenim strateškim ciljevima razvoja, prilikom realizacije ovakvih projekata moraju se uvažiti svi interni i eksterni faktori razvoja kao i niz ograničenja koja proizilaze iz društveno-ekonomskog okruženja.

Sam izbor optimalne varijante otvaranja i razvoja površinskog kopa uglja baziran je na organizovanim, sistematizovanim i temeljnim istraživanjima različitih prirodnih, tehničkih i ekonomskih determinanti rudarskog projekta. Ovo jeste neophodan ali nije i dovoljan uslov za uspešnu realizaciju samog rudarskog projekta. Kvalitetni investicioni projekti mogu se uspešno implementirati samo ako se procesom realizacije projekta upravlja a sam proces metodološki projektno organizuje. Upotreba metodologije upravljanja projektima jeste poslovna strategija koja omogućava maksimalno povećanje vrednosti projekta po organizaciju [1].

Dobra metodologija sadrži sve važne procese upravljanja projektom, a područja koja su uključena u procese i dalje se šire. Karakteristike dobre metodologije su neophodan stepen detalja, korišćenje kvalitetnih podloga i standardizovanih tehnika planiranja, vremenskog određivanja, kontrole troškova i oblika izveštavanja. Takođe, one treba da su fleksibilne i prihvatljive u primeni i da su bazirane na standardizovanim fazama životnog ciklusa projekta.

Za razliku od prihvaćenih metodologija koje predstavljaju najbolju praksu i u osnovi predstavljaju okvir, za izgradnju modela upravljanja realizacijom rudarskog projekta, sam model treba razviti, specifično za konkretan projekat. Ovo je vrlo važno obzirom na specifičnosti koje imaju ovakvi projekti, a koji se odnose na lokacijsku predisponiranost, uticaj na stanovništvo i životnu sredinu, dug vremenski okvir i velika investiciona ulaganja.

## **2. ANALIZA PROJEKTA EKSPLOATACIJE POVRŠINSKOG KOPA RADLJEVO U FUNKCIJI IZGRADNJE PROCESNOG MODELA UPRAVLJANJA PROJEKTOM**

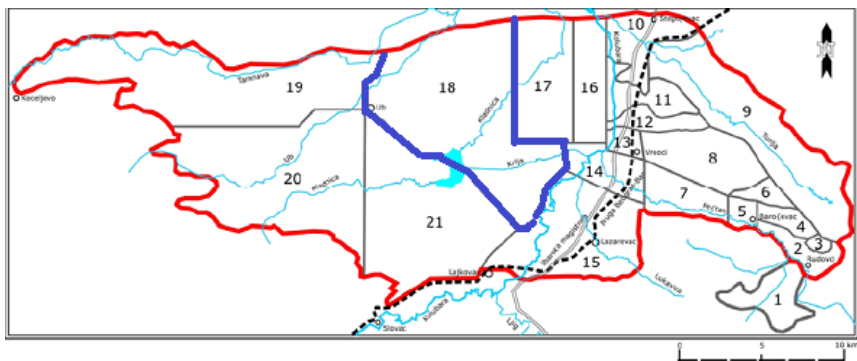
U strateškim i razvojnim planovima Elektroprivrede Srbije predviđena je izgradnja novih termokapaciteta, što zahteva obezbeđenje i novih količina uglja. U prethodnoj studiji opravdanosti: Studija izbora ograničenja i otvaranja površinskih kopova Južno Polje i Radljevo sa komparativnim prikazom tehno-ekonomskih aspekata eksploatacije uglja



za izbor prioriternog snabdevača ugljem TE-TO Kolubara B, je zaključeno da površinski kop Radljevo sa 13 miliona tona godišnje proizvodnje ima prioritet za dalji razvoj novih kapaciteta na eksploataciji uglja u kolubarskom basenu uglja.

Obzirom na zaključke Prethodne Studije opravdanosti, za površinski kop Radljevo izrađena je Studija ekonomske opravdanosti sa Idejnim projektom eksploatacije površinskog kopa Radljevo, gde su determinisani geološki, hidrogeološki, tehnološki, ekološki i ekonomski parametri eksploatacije uglja.

Ovim dokumentima predviđeno je da se ugalj i otkrivka otkopavaju kontinualnim sistemima sa velikim rotornim bagerima. Ukupne količine koje će se otkopati sa površinskog kopa Radljevo iznose 1.768.800.000 miliona čvrstih kubnih metara, od kojih je 1.385.000.000 čvrstih kubnih otkrivke koja se sastoji od jalovine, međuslojne jalovine i međuproslojaka i 449 miliona tona regularnog i niskokvalitetnog uglja. Na Slici 1 prikazana je pregledna karta kolubarskog basena uglja i pozicija ležišta Radljevo.



*Slika 1. Pregledna karta kolubarskog basena uglja sa pozicijom ležišta Radljevo (18)*

Godišnji proizvodni kapacitet površinskog kopa Radljevo je projektovan na 13 miliona tona uglja. Prema Projektom zadatku godišnji kapacitet kopa će u prvoj fazi biti ograničen na 7 miliona tona. U odnosu na Studiju ekonomske opravdanosti, otvaranje površinskog kopa je dinamički pomeren za dve godine, tako da će umesto u 2014. godini otvaranje početi 2016. godine, a proizvodnja uglja u drugoj godini rada (2017.) treba da bude 3 miliona tona. Proizvodni kapacitet od 7 miliona treba da bude ostvaren u 2019. godini. Druga etapa sa projektovanim godišnjim proizvodnim kapacitetom uglja od 13 miliona tona će se

ostvariti u 2022. godini. Otvaranje površinskog kopa počinje duž zapadne granice kopa Tamnava-Zapadno Polje. Površinski kop se u prvoj fazi eksploatacije razvija paralelno prema zapadu, a zatim u nastavku radijalno. Ovakav razvoj površinskog kopa obezbeđuje dugoročno stabilne uslove rada sistema razdelnih uređaja, a početno paralelno otvaranje površinskog kopa omogućava i postepeno raseljavanje delova sela Radljevo.

Jalovina i međuslojni materijal će se odlagati u početnom periodu na unutrašnjim odlagalištima površinskih kopova Tamnava-Istočno Polje i Tamnava-Zapadno Polje. Od 2022/23. godine pa na dalje, sav materijal će se odlagati na unutrašnje odlagalište površinskog kopa Radljevo.

Za otkopavanje otkrivke će se koristiti dva rotorna bagera 6800 sa sistemom etažnih transporterata sa trakom širine 2 m. Selektivno otkopavanje uglja i međuslojne jalovine je planirano da se obavlja sa najviše pet rotornih bagera 4500 sa zasebnim transporterima sa trakom širine 1,6 m. Do 2022. godine u radu će biti dva rotorna bagera 4500 na prvoj i drugoj etaži na uglju, od 2022. godine pa nadalje tri jedinice, od 2029. četiri, a od 2031. godine pet bagerskih jedinica.

Analizirani su i zahtevi za selektivnim otkopavanjem. Proračun kapaciteta rotornih bagera na uglju je izvršen za različite blokove i uslove na čelu radilišta kod selektivnog otkopavanja, što je kod dimenzionisanja opreme rezultiralo smanjenjem koeficijenta iskorišćenja opreme i povećanjem rezerve u kapacitetu.

Za hidrogeološke uslove su sprovedena detaljna istraživanja i projektovan je sistem za odvodnjavanje koji čine drenažni bunari sa potapajućim pumpama.

Identifikovana je i preliminarno projektovana potrebna infrastruktura objekata na površinskom kopu.

Analiziran je uticaj planiranih rudarskih aktivnosti na životnu sredinu i planirane su mere smanjenja negativnih uticaja.

Posebna pažnja je posvećena pitanju raseljavanja stanovništva i javne infrastrukture. Ukupne investicije za raseljavanje ljudi i javne infrastrukture su 170 miliona evra tokom životnog veka ovog projekta, od čega 85 miliona evra do 2020. godine.

Na novom površinskom kopu Radljevo će se direktno angažovati do 1.800 zaposlenih, što ima pozitivan uticaj na situaciju zapošljavanja u regionu.

Kao rezultat idejnog projektovanja površinskog kopa identifikovane su i navedene neophodne investicije po godinama. Ukupni investicioni troškovi za osnovnu i pomoćnu opremu koja će se nabavljati do 2022. godine i ostvarenje punog proizvodnog kapaciteta su oko 360

miliona evra. Investicioni troškovi za infrastrukturu i postrojenja na površinskom kopu, za isti period, procenjeni su na oko 127 miliona evra. Ukupni investicioni troškovi do 2022. godine procenjeni su na 487 miliona evra.

Što se tiče realizacije ovog projekta nesporan je veliki izazov u pogledu ispunjenja kratkog termin plana do početka rudarskih radova. Iz ove analize uočljiva je sva složenost i multidisciplinarnost projekta Radljevo, koja se kreće od nastavka intenzivnih geoloških, hidrogeoloških, geomehaničkih, rudarsko tehnoloških, ekoloških i drugih istraživanja, izrade studijske i tehničke dokumentacije iz oblasti geologije, rudarstva, mašinstva, elektrotehnike, građevinarstva, IT tehnologija, eksproprijacije, nabavke različitih vrsta usluga i osnovne i pomoćne opreme na kopu pa do izvođenja radova na otvaranju i razvoju površinskog kopa. Bez obzira na kašnjenje u odnosu na termin plan realizacije projekta, činjenica je da je Studijom ekonomske opravdanosti vreme otvaranja i razvoja površinskog kopa do postizanja punog kapaciteta ograničeno na sedam godina i da je predviđeni budžet za projekat u ovom periodu 487 miliona evra.

### **3. MODEL UPRAVLJANJA PROJEKTOM OTVARANJA I RAZVOJA POVRŠINSKOG KOPA RADLJEVO**

Upravljanje projektom otvaranja i razvoja površinskog kopa Radljevo karakteriše strateški pristup, naročito u pogledu direktora projekta koji preuzima ključnu ulogu kao sistem integrator, koji integriše sve neophodne procese i znanja u cilju uspešne realizacije projekta. Takođe, veoma značajnu ulogu ima integracija komunikacionih i informacionih tehnologija kao podrška procesu upravljanja. Zahvaljujući ovim tehnologijama upravljanje projektima dobija dimenziju distribuiranosti, bolje koordinacije i komunikacije između projektnih timova, distanciranih lokacija, interesnih strana i svih relevantnih činilaca u okvirima projekata.

Na osnovu složenosti same definicije upravljanja projektom, a i po svojoj prirodi, metodologija upravljanja projektom podrazumeva podelu na procesne grupe, kojima je lakše upravljati. Procesne grupe upravljanja projektom predstavljaju osnovne, bazne procese i mogu se poistovetiti praktično sa fazama projekta koje su u međusobnoj interakciji.

Na bazi analize projekta otvaranja i razvoja površinskog kopa Radljevo do postizanja projektovanog godišnjeg kapaciteta od 13 miliona tona uglja definisane su procesne grupe (faze) za determinisanje procesnog modela upravljanja ovim projektom:

- Procesna grupa pokretanja projekta;
- Procesna grupa planiranja projekta;
- Procesna grupa realizacije projekta;
- Procesna grupa kontrole projekta;
- Procesna grupa zatvaranja projekta.

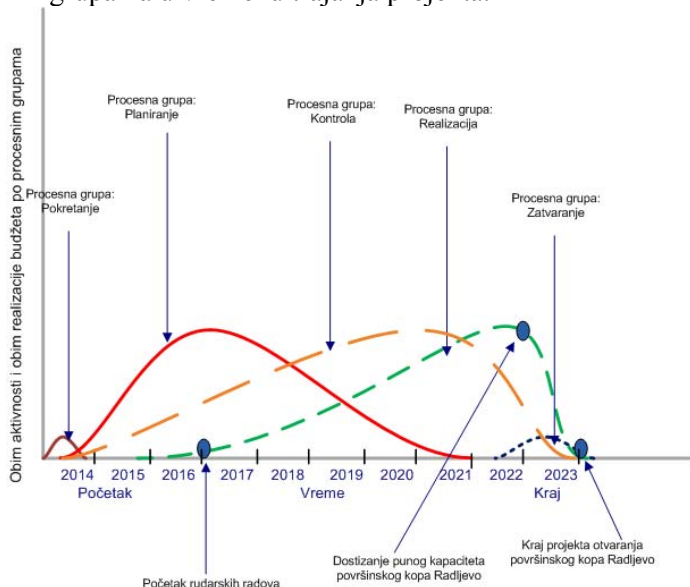
Svaka od navedenih faza projekta predstavlja jedinstveni i iterativni ciklus tokom kojeg se preduzima integracija kako bi se svaki proces projekta na odgovarajući način stavio u istu ravan i povezao sa ostalim procesima radi uspostavljanja koordinacije.

Faza pokretanja i pripadajuća grupa osnovnih procesa predstavlja identifikaciju potrebe za realizovanjem neke poslovne ideje. Jasne i nedvosmislene smernice o projektu, u ovoj najranijoj projektnoj fazi, se formalno razmatraju kroz studije izvodljivosti i opravdanosti, koje daju sliku da li je projekat izvodljiv i da li treba pristupiti njegovom izvođenju. Kada je reč o projektu površinskog kopa Radljevo aktivnosti ove faze ova faza je praktično završena, a izlaz iz ove faze je verifikovana Studija ekonomske opravdanosti sa Idejnim projektom eksploatacije uglja na površinskom kopu Radljevo [9].

Sa aspekta definisanog modela, projekat površinskog kopa Radljevo je u fazi planiranja, u kojoj se kroz procesnu grupu planiranja projekta definiše obim projekta, identifikuju sve aktivnosti od značaja za realizaciju projekta i za koje se vrši detaljno planiranje u pogledu redosleda izvršavanja, projekcije budžeta i potrebnog vremena za realizaciju. Takođe, u okviru ove faze vrši se alokacija resursa, kako ljudskih, tako i materijalnih za izvršenje svakog planiranog dela projekta. Tokom ove faze razmatraju se i potencijalni rizici, koji mogu ugroziti izvršavanje projekta, pa čak dovesti i do totalnog neuspeha projekta kao i preventivne mere u funkciji pojave rizika, zatim plan komunikacija i plan kvaliteta projekta. Kada je reč o statusu projekta u ovoj fazi definisani su obim, vreme trajanja i budžet projekta. Vremenski, projekat započinje u drugoj polovini 2014. godine i završava se u 2023. godini. Kako se i sa dijagrama na Slici 3 vidi, definisane su ključne tačke na projektu i to početak otvaranja površinskog kopa 2016. godine, zatim dostizanje punog kapaciteta od 13 miliona tona uglja 2022. godine i kraj projekta 2023. godine. U poslednjoj godini projekta uglavnom treba da se odvijaju administrativne aktivnosti vezane za zatvaranje projekta. Kada je reč o obimu projekta, definisane su ključne aktivnosti vezane za izradu plansko urbanističke dokumentacije, eksproprijaciju, dodatne geološke, hidrogeološke i geotehničke istražne radove, izradu glavnog rudarskog projekta, nabavku osnovne i pomoćne opreme, rudarske radove otvaranja

površinskog kopa do postizanja punog kapaciteta. Budžet projekta praktično je definisan Studijom ekonomske opravdanosti sa Idejnim projektom eksploatacije uglja na površinskom kopu Radljevo.

Na Slici 2 prikazan je obim aktivnosti procesnih grupa u vremenu trajanja projekta. Obzirom da je obim realizacije budžeta projekta u direktnoj funkciji obima aktivnosti u vremenu to se prikazana ilustracija na Slici 3. može posmatrati i kao prikaz realizacije obima budžeta po procesnim grupama u vremenu trajanja projekta.



*Slika 2. Obim aktivnosti i obim realizacije budžeta po procesnim grupama u vremenu i ključne tačke projekta otvaranja površinskog kopa Radljevo*

Tokom treće faze, faze izvršavanja, kroz pripadajuću procesnu grupu realizuju se planirane aktivnosti iz prethodne faze, uz redovni nadzor i kontrolu izvršavanja. Faza izvršavanja zahteva maksimalnu fokusiranost i posvećenost projektnog tima na realizaciji svih planiranih aktivnosti iz prethodne faze, u cilju dostizanja željenog cilja - uspešnog završetka projekta.

U fazi kontrolisanja kroz definisanu procesnu grupu, odvija se kontinualni monitoring izvršavanja planiranog posla u okviru projekta. Tokom monitoringa vrši se praćenje napretka, upoređivanja sa terminskim planom, planiranim materijalnim resursima i uočavaju se eventualna odstupanja od plana i shodno tome se preduzimaju korektivne akcije.

Finalna faza, ili faza zaključivanja i pripadajuća procesna grupa ima za cilj formalnu konstataciju da je rezultat projekta u saglasnosti sa očekivanjima, u pogledu kvantiteta i kvaliteta, zbog kojih se i otpočelo sa realizacijom projekta. Formalno, projekat u ovoj fazi završava svoj životni ciklus i prelazi se na eksploataciju rezultata projekta, što zapravo predstavlja postprojektni ciklus. Kako je posao na projektu formalno okončan, nakon prihvatanja rezultata projekta prestaje i potreba za projektnim timom.

Strateški, odnosno integrativni, menadžment na projektu sačinjen je od procesa čiji je cilj identifikacija i definisanje svih procesa i aktivnosti koje je neophodno integrisati u okvire upravljanja projektom, kao i njihova međusobna korelacija i efekat na sam projekat kojim se upravlja. Pod ovim se podrazumeva definisanje i integracija procesnih grupa osnovnih, baznih procesa ali i pomoćnih procesa sa aspekta procesnog modela upravljanja projektom. U tom smislu definisani su uz opisane osnovne i pomoćni procesi upravljanja projektom otvaranja površinskog kopa Radljevo: upravljanje ljudskim resursima, upravljanje troškovima, upravljanje kvalitetom, upravljanje rizicima, upravljanje obimom i upravljanje vremenom.

Upravljanje vremenom ima za cilj definisanje vremenskog okvira projekta, kao i vreme trajanja svih potprocesa, zadataka i radova koji sačinjavaju sam projekat.

Upravljanje obimom projekta, integriše sve neophodne poslove i zadatke koje je neophodno izvršiti kako bi sveobuhvatna realizacija projekta bila uspešna. Planiranje obima radova, definisanje međusobne strukture na radovima, verifikacija obima i kontrola obima jesu sastavni procesi upravljanja obimom.

Upravljanje kvalitetom predstavlja grupu procesa koji obezbeđuju da će projekat rezultirati zahtevanim ciljevima kako po osnovu obima tako i po osnovu kvaliteta. Neki od tih procesa su planiranje kvaliteta, obezbeđivanje sigurnosti kvaliteta i kontrola ostvarenja kvaliteta po pojedinim procesima, poslovima kao i projektu u celini.

Upravljanje ljudskim resursima ima za cilj organizovanje i upravljanje projektnim timom kao celinom. Sastavni delovi su planiranje ljudskih resursa, formiranje projektnog tima i upravljanje projektnim timom tokom projektnih aktivnosti. Uspeh projekta jeste, između ostalog, baziran na sposobnosti rukovodioca projekta da objasni projektnom timu njihov značaj za postizanje rezultata projekta.

Upravljanje troškovima sintetizuje procese koji za cilj imaju realizaciju projekta u okvirima projektovanog budžeta. Proces iz ove grupe su: procena troškova, utvrđivanje vrste troškova i kontrolu troškova

u toku realizacije projektnih zadataka.

Upravljanje komunikacijama objedinjuje procese koji za cilj imaju generisanje, selekciju i distribuciju informacija i podataka o projektu. Ti procesi su planiranje komunikacija, distribucija informacija i korišćenje informacija.

Upravljanje rizikom obuhvata procese koji imaju za cilj identifikaciju, sistematizaciju i reakciju na rizike koji se mogu javiti na projektu i u projektnom okruženju i negativno uticati na realizaciju projekta. Kvantitativna i kvalitativna analiza rizika, planiranje odgovora na rizike, posledice rizika, nadzor i kontrola neki su od procesa iz ove grupe.

Upravljanje nabavkom - logistikom, obuhvata sve procese nabavke proizvoda i usluga neophodnih za realizaciju projekta. Planiranje nabavke, prikupljanje ponuda, selekcija dobavljača, zaključivanje ugovora i neposredna realizacija nabavke su procesi ove grupe.

Za uspešnu realizaciju ovako postavljenog procesnog modela upravljanja projektom otvaranja i razvoja površinskog kopa Radljevo neophodno je da rukovodilac projekta i projektni tim raspolažu sa nizom specijalizovanih znanja. Pored specijalizovanih znanja iz oblasti rudarstva i geologije, ovaj projekat zahteva i specifična znanja poput:

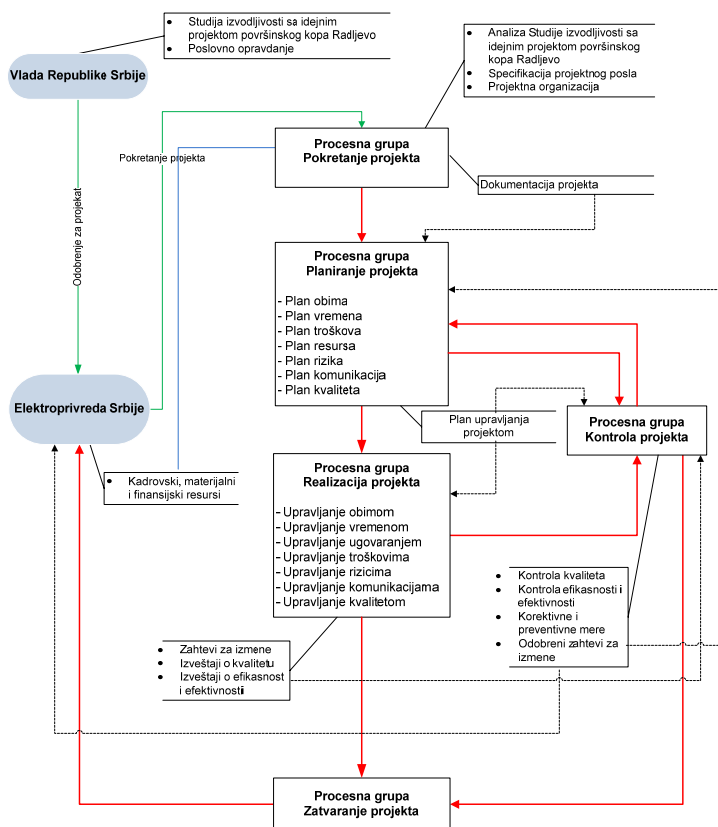
- Tehnička znanja koja su specijalizovana za određene grane kao što su građevina, elektrotehnika, mašinstvo, ekonomija, ekologija itd.
- Znanja iz upravljanja operativnim procesima, poput logistike, komercijalnih poslova, itd.
- Znanja koja se odnose na državnu regulativu, kao što su zakoni, propisi, carinske regulative, standardi, itd.

Kako se svaki rudarski projekat realizuje u gotovo specifičnom i neponovljivom okruženju, za uspeh projekta od vitalne važnosti su i saznanja o samom okruženju. Rukovodilac projekta sa projektnim timom pri planiranju i realizaciji projekta neizostavno mora uzeti u obzir sve specifičnosti okruženja, prikupiti neophodna saznanja kako bi u projekat integrisao povoljne aspekte okruženja, ali i minimizovao ili eliminisao uticaj negativnih aspekata okruženja. Veoma važan aspekt projektnog okruženja predstavlja kulturno i društveno okruženje. Kako projekat površinskog kopa Radljevo podrazumeva neposrednu interakciju sa okruženjem, onda je zaista važno kako ovaj projekat utiče na okruženje i obrnuto, kako okruženje utiče na projekat. Aspekti okruženja kao što su ekonomsko, ekološko, demografsko, kulturno i etičko mogu imati značajne implikacije na projekat.

Na bazi prethodne analize determinisan je procesni model upravljanja projektom otvaranja površinskog kopa Radljevo (Slika 4).

Prikazani model, sa aspekta ovog rada, je dovoljan da se u celosti sagleda multidisciplinarnost i složenost realizacije ovog rudarskog projekta. Ovaj model po obimu i strukturi je na kontekstnom nivou i omogućuje da se za svaku procesnu grupu definiše potpuni procesni model sa definisanim procesnim aktivnostima. Dodatni benefit izgrađenog modela je taj što se na bazi njega mogu definisati procedure za upravljanje pojedinim procesima i aktivnostima na projektu. Objedinjeni, model i procedure čine sistem za upravljanje projektom koji u značajnoj meri treba da poveća pouzdanost realizacije svake od planiranih aktivnosti.

Obzirom da je projekat u ranoj fazi planiranja, kada su definisani samo obim, vreme i budžet projekta, prikazani model procesa upravljanja projektom na Slici 3 će biti osnova za definisanje ostalih planova.



Slika 3. Procesni model upravljanja projektom otvaranja površinskog kopa Radljevo



## 4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Projekat otvaranja i razvoja površinskog kopa Radljevo je multidisciplinarn i veoma složen projekat koji zahteva realizaciju kompleksnih istraživanja kao i izradu studijske i tehničke dokumentacije iz oblasti prostornog planiranja, eksproprijacije, ekologije, geologije, rudarstva, mašinstva, elektrotehnike, građevinarstva, IT tehnologija, zatim nabavku različitih vrsta usluga kao i osnovne i pomoćne opreme na kopu i na kraju samo izvođenja radova na otvaranju i razvoju površinskog kopa do postizanja punog kapaciteta. Takođe, kada je reč o ovom projektu nikako ne treba zanemariti i vrednost investicije do 2022. godine u iznosu od oko pola milijarde evra kao i okruženje u kome će se realizovati projekat.

Ovako složen zahvat moguće je uspešno realizovati samo primenom najboljih praksi iz oblasti upravljanja projektima. Opisani procesni model upravljanja projektom otvaranja i razvoja površinskog kopa Radljevo do postizanja projektovanog kapaciteta je baziran na savremenim saznanjima u oblasti upravljanja projektima i u skladu je sa najboljom praksom u oblasti upravljanja rudarskim projektima. Procesni model je razvijen u ranoj fazi planiranja ovog projekta i on je potreban ali nije i dovoljan uslov za uspešnu realizaciju ovog projekta i on je osnova za razvoj sistema za upravljanje projektom otvaranja i razvoja površinskog kopa Radljevo. Razvijeni sistem za upravljanje ovim projektom treba da sadrži potpun procesni model na potrebnom nivou detaljnosti i za svaki proces razvijene procedure shodno modelu. Obzirom da investiranje u kapitalne rudarske projekte predstavlja vrlo složen proces sastavljen od višedimenzionalnih aktivnosti ispitivanja svih relevantnih determinanti budućih stanja i promena koje projekat nosi sa sobom ovaj model upravljanja projektom sa procesnim procedurama predstavlja podlogu za izradu sistema upravljanja projektom i čini pouzdanu osnovu za efikasnu i efektivnu realizaciju projekta otvaranja površinskog kopa Radljevo.

### Literatura

1. Charvat J.: Project Management Methodologies - Selecting, Implementing, and Supporting Methodologies and Processes for Projects, John Wiley & Sons inc., 2003
2. Kerzner H.: Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling, Eighth Edition, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc, 2003

3. Maylor H.: Project management, Third edition, Prentice Hall, 2003
4. PMI: A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide), 4th edition, Project management Institute, 2010
5. Smith N.J.: Engineering Project Management, Blackwell Publishing, 2009
6. Zambruski M.: A Standard for enterprise project management, CRC Press, 2009
7. Studija ekonomske opravdanosti sa Idejnim projektom eksploatacije uglja na površinskom kopu Radljevo, Vattenfall Europe Mining AG i Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, 2010





## **PROJEKTNO REŠENJE DEPONOVANJA ČVRSTIH OSTATAKA SAGOREVANJA IZ TE STANARI U KASETU 1**

### **DESIGN SOLUTION FOR DISPOSAL OF TPP STANARI SOLID WASTE COMBUSTION WITHIN THE WATERPIPE CELL 1**

Jakovljević I. <sup>1</sup>, Lončar S. <sup>2</sup>, Stojaković M. <sup>3</sup>, Malić N. <sup>4</sup>

#### **Apstrakt**

Završetak izgradnje i probni rad TE Stanari je planiran u 2015., a u 2016. godini bi bila u punoj proizvodnji. Na površinskom kopu Raškovac, u zoni Dragalovci potrebno je obezbediti uslove za izgradnju prve kasete (kasete 1) za odlaganje čvrstih ostataka sagorevanja (deponije pepela). Površina kasete 1 je 8,5 ha, a zapremina 900.000 m<sup>3</sup>. Deponovanje u kaseti 1 će se vršiti u tri faze i to za period oko četiri godine. Nakon završetka odlaganja pepela izvršiće se izolacija i zatvaranje kasete, a potom rekultivacija zemljišta preko kasete.

**Ključne reči:** deponovanje pepela, kasete 1, rekultivacija

#### **Abstract**

Completion of construction and trial operation of TE Stanari is

---

<sup>1</sup> Dr Jakovljević Ivica, dipl.ing., EFT - Rudnik i termoelektrana Stanari, Republika Srpska

<sup>2</sup> Lončar Stevan, dipl.ing., EFT - Rudnik i termoelektrana Stanari, Republika Srpska

<sup>3</sup> Mr Stojaković Milan, dipl.ing., EFT - Rudnik i termoelektrana Stanari, Republika Srpska

<sup>4</sup> Malić Nenad, dipl.ing., EFT - Rudnik i termoelektrana Stanari, Republika Srpska

planned for 2015, while the full production is expected in the year of 2016. It is necessary to provide the conditions for the construction of the first cinder for the disposal of solid combustion residues (ash deposit). Surface of the waterpipe cell 1 is 8.5 hectares, while the volume is 900,000 m<sup>3</sup>. Ash disposal within the waterpipe cell 1 will be carried out through three phases over a three/four year period. The isolation and securing of the waterpipe cell, along with re-cultivation of the land covering the waterpipe cell will be carried out after completion of the ash deposits.

**Keywords:** ash disposal, waterpipe cell 1, reclamation

## 1. UVOD

Radovi na izgradnji TE Stanari u EFT - Rudnik i Termoelektrana Stanari su počeli u aprilu 2013. Godine, a dinamika izvođenja radova ukazuje da će TE Stanari biti završena i puštena u probni rad, u četvrtom kvartalu 2015., a u 2016. godini bi bila u punoj proizvodnji. Pre početka rada termoelektrane, na površinskom kopu Raškovac, u zoni Dragalovci potrebno je otkopati dovoljne količine uglja i otkrivke i obezbediti uslove za izgradnju prve kasete (kasete 1) za odlaganje čvrstih ostataka sagorevanja (deponije pepela).

Deponije su objekti za odlaganje otpada, iznad ili ispod tla ili, i ispod i iznad tla (na ukopanim prostorima ili prirodnim uvalama). Vode koje prođu kroz deponovani otpad perkolacijom, odnosno procedivanjem, su drenažne ili procedne vode i usled kontakta sa otpadom, često dolazi do rastvaranja (izluživanja) štetnih elemenata i jedinjenja iz otpada u procedne - drenažne vode. Kada je u pitanju čvrsti otpad sagorevanja (ČOS) uglja odnosno pepeo, štetni elementi koji mogu doći u rastvor drenažne vode su neki od ovih elemenata: As, Be, Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Mo, Ni, Se, Sr, V, Zn.

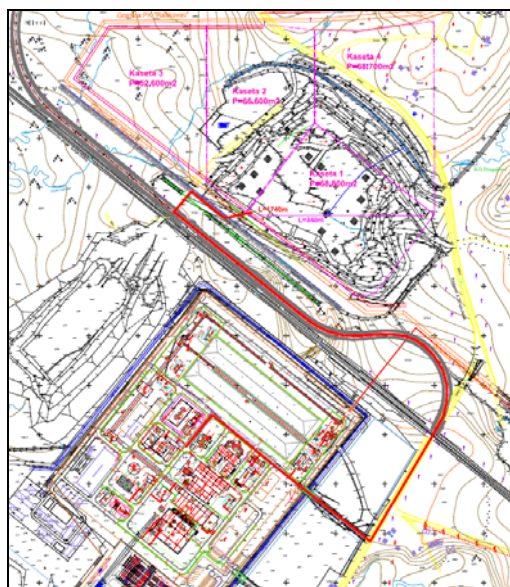
U procesu sagorevanja lignita iz ležišta Stanarskog ugljenog basena u fluidiziranom sloju kotla TE Stanari, nastajće pored letećeg pepela iz vrećastog filtera i krupan pepeo, sa dna ložišta CFB kotla, koji se skuplja nakon prolaza kroz posteljicu na dnu kotla. U oba proizvoda, usled odsumporavanja dimnih gasova, biće i izvestan mali udeo CaSO<sub>4</sub>, deo CaO koji nije reagovao sa sumporom (S) i veoma mali deo CaCO<sub>3</sub> koji nije reagovao do CaO u procesu dekalcinacije.

Potrebne aktivnosti su dinamički usaglašene sa dinamikom, a to je da tehnologija otkopavanja uglja i otkrivke kao i tehnologija deponovanja pepela, ne ometaju jedna drugu, već da se potpuno uklope u dinamiku

eksploatacije kojom je predviđeno kontinualno snabdevanje termoelektrane ugljem, a da se pri tome stvore i uslovi za stvaranje potrebnog prostora za izradu kasete za deponovanje pepela.

Posebna pažnja u eksploataciji uglja, u drugoj polovini 2014. godine, pokloniće se otkopavanju uglja u zoni Dragalovci, kako bi se stvorio slobodan prostor za izradu prve kasete koja će primiti pepeo iz termoelektrane tokom prvih 3 do 4 godine rada. Taj prostor će se stvoriti u južnom i jugozapadnom delu kopa Dragalovci gde će se ugalj otkopati do kraja 2014. godine (Slika 1). Za vreme eksploatacije, odnosno zapunjavanja kasete 1 biće otkopane preostale količine uglja i otkrivke na prostoru planiranom za izradu ostalih kasete.

U prethodnom periodu, za potrebe izrade platoa za TE Stanari i nasipanja trasa na površinskom kopu Raškovac na ovoj lokaciji otkopano je oko 1.760.000 m<sup>3</sup> otkrivke i oko 300.000 tona uglja. Da bi se stvorili uslovi za izradu prve kasete za odlaganje pepela neophodno je otkopati oko 200.000 m<sup>3</sup> otkrivke i oko 240.000 t uglja. Nakon otkopavanja ukupnih količina preostale otkrivke od 837.000 m<sup>3</sup> i uglja na prostoru prikazanom na Slici 1. stvoriće se uslovi za izradu svih kasete (ukupno 4) u kojima se mogu smestiti kompletne količine čvrstih ostataka sagorevanja u narednih 35 do 40 godina rada TE Stanari.

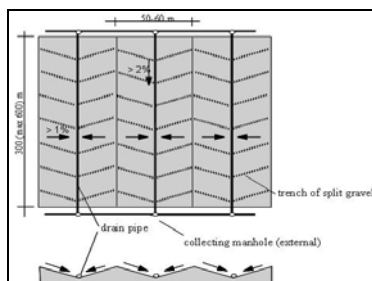


*Slika 1. Raspored kasete za deponovanje pepela iz TE Stanari u zoni Dragalovci*

## 2. FORMIRANJE KASETE 1 ZA I FAZU DEPONOVANJA PEPELA

Nakon završene eksploatacije uglja krajem avgusta 2014. godine iz zone Dragalovci, unutar kopa Raškovac, stvoriće se površina od oko 85.000 m<sup>2</sup> (8,5 ha) slobodne površine, za izgradnju prve kasete (kasete 1) za deponovanje čvrstih ostataka sagorevanja (pepela). Za potrebe TE Stanari, sa godišnjom proizvodnjom pepela od 226.650 tona, faza sa izgradnjom kasete 1, bi obezbedila prostor za deponovanje pepela za oko 3 do 4 godine rada TE Stanari. Celokupna priprema terena obuhvata sledeće operacije:

- Izrada kosina prema dnu deponije sa uglom 20<sup>0</sup> ili nagibom h : l = 1 : 2,75 (ovaj nagib usvojen je i za kosine ispod nivoa terena i za kosine iznad nivoa terena),
- izrada pristupne rampe do dna deponije, nagiba 6%,
- priprema površine zemljišta obuhvata uklanjanje svih krupnih komada koji mogu oštetiti geomembranu,
- izrada potrebnih padova dna kasete za drenažu procednih voda kroz deponovani pepeo,
- nasipanje i ravnanje materijala koji treba da služi kao meka podloga geomembrani, a za njenu zaštitu, koja se postavlja nakon završenih svih navedenih radova,
- postavljanje nepropusne geomembrane (koju sledi i zaštitni netkani geotekstil u zaštiti folije od proboja šljunka iz drenažnog sloja, a takođe i u zaštiti drenažnog sistema od začepljenja čvrstim česticama),
- postavljanje drenažnih cevi sa padom od 2%, a koje se završavaju u HDPE horizontalnim rezervoarima valovitih zidova i debljine zidova 40 mm (da izdrže pritisak materijala preko njih), a zapremine 3 m<sup>3</sup> (Slika 2),



Slika 2. Način drenaže dna kasete 1

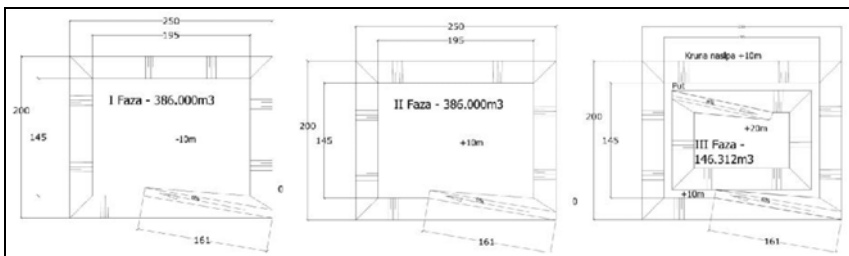
- niz kosine kasete preko geomembrane spuštaju se cevi do HDPE rezervoara a kroz cevi se spuštaju pumpe koje pumpaju drenažnu vodu iz rezervoara drenažne vode u rezervoar recirkulacije drenažne vode,
- nakon zapunjavanja kasete, vrši se prekrivanje deponije deo po deo, da bi se smanjivala površina kasete izložena padavinama, koje se infiltriraju u deponovani pepeo i time povećavaju sadržaj vlage u deponovanom pepelu.

Nasip (telo deponije kasete 1) će se izgraditi od materijala krovinskog glinovitog peska čiji su geomehanički parametri sledeći:

- zapreminska težina  $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$ ,
- ugao unutrašnjeg trenja  $\phi = 26,00^\circ$  i
- kohezija  $c = 7,0 \text{ kN/m}^2$ .

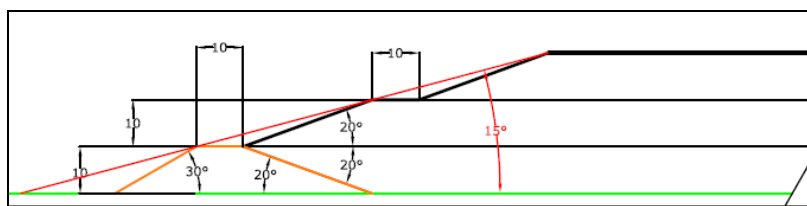
Prva kaseta, koja će se koristiti za izradu deponije pepela, ima vanjske dimenzije osnove  $305 \times 240 \text{ m}$  (Slika 3). Osnovna dimenzija kasete 1 za prvu fazu deponovanja je  $250 \text{ m} \times 200 \text{ m}$  ili  $50.000 \text{ m}^2$ . Ukupna visina deponovanog materijala u kaseti 1 je  $30 \text{ m}$  i to  $10 \text{ m}$  ispod nivoa kote krune nasipa i  $20 \text{ m}$  iznad nivoa kote krune nasipa oko kasete. Visina nasipa za navedenu deponiju iznosi  $h = 10 \text{ m}$ , a širina krune nasipa je  $b = 10 \text{ m}$ . Uglovi nagiba kosine ovog nasipa iznose: prema unutrašnjem delu  $\alpha = 20^\circ$  i prema spoljašnjem  $\beta = 30^\circ$ .

Deo kasete ispod nivoa krune nasipa, ima oblik obrnute zarubljene kupe i dno ima površinu od oko  $28.275 \text{ m}^2$ . Korisna zapremina ove zarubljene kupe je oko  $380.000 \text{ m}^3$ . Sledeća zarubljena kupa je iznad nivoa saobraćajnice, visine  $10 \text{ m}$  i ona ima istu zapreminu od  $380.000 \text{ m}^3$ . Treća zarubljena kupa je najmanja i ona ima visinu od  $10 \text{ m}$  i zapreminu od  $140.000 \text{ m}^3$  (Slika 3). Ukupna zapremina iznosi  $900.000 \text{ m}^3$ .



Slika 3. Tlocrt kasete 1 kroz tri faze deponovanje pepela (I, II i III faza)





Slika 4. Poprečni presjek kasete 1 kroz tri faze deponovanja pepela

Odlaganje materijala za izgradnju nasipa vrši se kamionskim transportom, a planiranje u zoni nasipa se vrši buldozerima. Planiranje odložene mase materijala na mestu izrade nasipa vrši se sukcesivno tako da se formira sloj sa ravnomernom debljinom i na taj način omogući ravnomerno zbijanje materijala.

### 3. TRANSPORT I DEPONOVANJE PEPELA

Za transport pepela od TE do deponije pepela, odabrani su kamioni tipa KAMAZ 6520, sa zapreminom sanduka  $20 \text{ m}^3$  koji mogu da prevezu 10 do 12 t pepela sa nasipnom masom od  $0,5 \text{ t/m}^3$  u rastresitom stanju, odnosno u zbijenom stanju  $0,6 \text{ t/m}^3$ . To znači da se sanduk kamiona od  $20 \text{ m}^3$  puni sa 12 tona vlažnog pepela sa 12% vlage ili 10,56 tona pepela i 1,44 tone vode.

Kamioni u povratku po potrebi mogu da se usmere na sekciju za pranje točkova kamiona, a potom se kreću povratnom deonicom u cilju dodatnog čišćenja točkova od pepela u šarama pneumatika, pre uključanja na javnu saobraćajnicu, a potom došli do kruga TE.

Za razgrtanje i uvaljivanje pepela odabran je buldozer točkaš (KOMATSU), koji treba da uvalja i kompaktira odloženi pepeo. Nakon ravnjanja i kompaktiranja, prolaskom mehanizacije buldozera i kamiona preko osnovnog sloja pepela od 2 m, počinje sa odlaganjem pepela i njegovim ravnjanjem u trakama visine 0,25 m. Sa debljinom pepela od 250 mm od svakog kamiona formira se sloj visine 0,25 m i osnova širine 4 m i dužine 20 m. To se nastavlja tako celom dužinom osnove deponije. Kada se to završi, deponovanje i ravnjanje, opet se počinje na suprotnom kraju deponije, jer se u tom izvršila i stabilizacija deponovanog i uvaljanog pepela. Prolazak kamiona treba takođe uključiti u postupak kompaktiranja kako bi se što više puta prešlo preko formiranih tankih traka pepela. Pepeo sa dna kotla se širi u što tanjem sloju da bi se ravnomerno mešao sa letećim pepelom. Važno je naglasiti da se posle dostizanja nivoa zemljišta, pepeo odlaže u vis, ali tako da uvek do ivice deponije ostaje minimum 5 m slobodnog prostora za eventualnu eroziju pepela od velikih kiša. U procesu

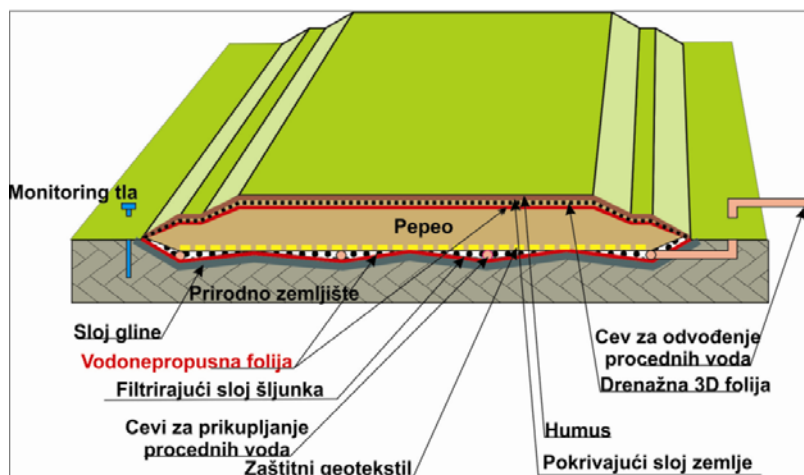
odlaganja pepela iznad nivoa terena, o kosini odloženog pepela vodi se vodi računa koliko se može, ali se konačna kosina ostvaruje radom mehanizacije kako je prikazano na Slici 4.

#### 4. ZATVARANJE DEPONIJE I REKULTIVACIJA

Pri projektovanju prekrivanja (zatvaranja) deponije, osnovno je da se spreči infiltracija padavina u deponovani pepeo, nakon zatvaranja deponije. Sistem prekrivanja, mora da omogući da se uz minimum održavanja obezbedi vršenje drenaže sa površine prekrivene deponije uz minimalnu eroziju i formiranje stabilnog travnatog pokrivača.

Sistem oblaganja za zatvaranje kasete napunjene pepelom, sastoji se od sledećih slojeva, odozgo nadole (Slika 5):

- 125 mm - 200 mm plodnog humusno zemljišnog pokrivača za formiranje travnjaka,
- 450 (350) mm kompaktiranog materijala sa maksimalnom vodopropusnošću  $1 \cdot 10^5$  cm/s,
- geokompozitna 3D drenažna mreža, sa transmisivnošću od najmanje  $7 \cdot 10^{-3}$  cm<sup>2</sup>/s i
- rapava geomembrana LLDPE (linearna polietilenska folija male gustine) debljine 1,0 mm do max 1,52 mm.



Slika 5. Poprečni presek zatvorene kasete deponovanog pepela

Projektno rešenje rekultivacije obuhvata indirektni tip rekultivacije (nanošenje humusnog sloja zemljišta u završnici) i formiranje travnjaka,

setvom travno-detelinske smeše na svim vanjskim kosim i ravnim površinama.

Uporedo sa formiranjem pojedinih kosina i bermi za deponiju pepela može se pristupiti tehničkoj i biološkoj rekultivaciji ovih površina. To znači da se nakon formiranja kosine i krune nasipa za I nivo odlaganja pepela u kasetu deponije, može izvršiti rekultivacija ovih površina. Struktura ukupnih površina za rekultivaciju iznosi:

- kosine,  $31.947 \text{ m}^2 + 17.286 \text{ m}^2 = 49.233 \text{ m}^2$  (4,93 ha),
- ravne površine,  $3.950 \text{ m}^2 + 5.307 \text{ m}^2 = 9.257 \text{ m}^2$  (0,92 ha),
- ukupno,  $58.480 \text{ m}^2$  (5,85 ha).

Nakon razgrtanja humusnog pokrivača sledi setva travno-detelinske smeše uz prethodno đubrenje mineralnim đubrivima. Na kosinama (4,9 ha) ovi radovi u najvećoj meri će se provoditi kombinacijom mehanizovane i ljudske radne snage.

Razgrtanje humusnog materijala na kruni nasipa i završnom platou (0,92 ha) projektuje se radom buldozera, a obrada zemljišta i setva poljoprivrednom mehanizacijom (traktor, rasipač đubriva, tanjirače, drljače, valjak).

Tokom vremena odlaganja pepela i nakon zatvaranja deponije obavezan je monitoring zemljišta i vode iz deponije.

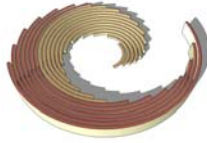
## 5. ZAKLJUČAK

- Završetak izgradnje TE Stanari predviđen je u 2015.
- Pre početka rada TE potrebno je pripremiti prostor za deponovanje ČOS (pepela), u zapadnom delu površinskog kopa Raškovac - zona Dragalovci.
- Deponovanje pepela se projektuje u kasete.
- U I fazi rada TE i deponovanja pepela izgradiće se kasete 1, koja će imati kapacitete za funkcionisanje u periodu 3-4 godine.
- Površina kasete 1 je oko 8,5 ha u osnovi.
- Ukupna zapremina kasete u sva tri nivoa (I, II i III faza deponovanja) iznosi  $900.000 \text{ m}^3$ .
- Deponovani materijal u kaseti 1 će od svih vanjskih uticaja biti izolovan postavljanjem vodonepropusne folije.
- Zatvaranjem deponije izvršiće se stabilizacija i rekultivacija svih vanjskih ravnih i kosih površina.
- Ukupne površine za rekultivaciju iznose 5,85 ha.

## Literatura

1. Malić, N., Matko-Stamenković Una, Trbić, M.: Moguća kontaminacija deponija površinskog kopa Raškovac toksičnim elementima, Zbornik radova II Međunarodnog simpozijuma Stanje i perspektive u rudarstvu i održivi razvoj - Rudarstvo 2011 Srbija, Vrnjačka Banja, 2011
2. Pavlović, V.: Rekultivacija površinskih kopova i odlagališta, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet Beograd, 2000
3. Resulović, H.: Rekultivacija - termini i koncepcija, Zemljište i biljka, 1984, Vol. 33, No. 1, str. 19-24
4. Resulović, H., Čustović, H., Čengić, I.: Sistematika tla/zemljišta Univerzitet u Sarajevu, poljoprivredno - prehrambeni fakultet Sarajevo, 2008
5. Veselinović, D.: Fizičko-hemijski osnovi zaštite životne sredine (Knjiga I: Stanja i procesi u životnoj sredini), Univerzitet u Beogradu, Fakultet za fizičku hemiju Beograd, 1995
6. Vujić, S.: Selektivno otkopavanje i odlaganje otkrivke u funkciji rekultivacije površinskih kopova uglja (monografija), Akademija inženjerskih nauka Srbije, Beograd, 2006
7. DRP PK Raškovac - Tehnički projekat transporta i deponovanja čvrstih ostataka sagorevanja iz TE Stanari - nužne izmene i dopune projekta, Rudarski institut Banja, Luka, 2014





**ZAKONSKE PROCEDURE U VEZI ZAŠTITE ŽIVOTNE  
SREDINE KAO RIZIK U PROCESU OTVARANJA NOVIH  
RUDNIKA**

**LEGISLATION PROCEDURES IN RELATIONS WITH  
ENVIRONMENTAL PROTECTION AS RISK IN NEW MINE  
OPENING PROCESS**

Jelisavac Erdeljan D.<sup>1</sup>

**Apstrakt**

Rudarski objekti, daleko složeniji po svojoj strukturi i fazama izgradnje nego drugi industrijski objekti zahtevaju poseban pristup, naročito u pogledu regulative za zaštitu životne sredine koja predstavlja poseban rizik u procesu otvaranja i izgradnje rudarskih objekata i postrojenja.

***Ključne reči:*** rudarstvo, životna sredine, poslovni rizik

**Abstract**

Mining facilities, far more complex in its structure and construction stages than other industrial facilities require a specific approach, especially regarding to law regulation for protecting the environment, which is a particular risk in the process of opening and construction of mining facilities.

***Keywords:*** mining, environment, business risk

---

<sup>1</sup> Dr Jelisavac Erdeljan Dragana, dipl. ing. rud., Ministarstvo rudarstva i energetike Republike Srbije

## 1. UVOD

Rizik je nepoželjna neminovnost sa kojom preduzeća egzistiraju. Može biti manji ili veći, ali je uvek prisutan, odnosno, ne može se eliminisati, ali se može kontrolisati. Glavna odlika rizika je ta što ishod poslovnog procesa čini neizvesnim.

Proces upravljanja rizikom preduzeća sprovodi se u dve faze: ocena rizika i kontrola rizika.

**Ocenu rizika** se vršiti permanentno, kroz sledeće faze:

- a) identifikovanje rizika,
- b) procena verovatnoće,
- c) procena uticaja, i
- d) određivanje prioriteta.

**Kontrola rizika** znači merenje intenziteta rizika pomoću utvrđenih indikatora, metoda, modela i sistema upravljanja rizikom preduzeća. [2]

O riziku se može govoriti samo u kontekstu bar jedne konkretne alternative. Kod donošenja odluke u smislu smanjenja rizika, cilj je izabrati najbolju alternativu, odnosno najviše prihvatljivu za donosioca odluke. Izbor alternative ne znači i to da će se na taj način apsolutno prihvatiti i rizik koji ide uz nju.

Donosilac odluke kad odlučuje onda ne bira jedan od mogućih rizika, nego bira jednu od mogućih alternativa, ali izbor jedne alternative ujedno znači i prihvatanje rizika određenog nivoa, uzimajući u obzir ostale posledice (među kojima nalazimo i pozitivne, koje pružaju određene prednosti, i negativne koje imaju određene nedostatke).

Kod donošenja odluke uzimaju se u obzir i prednosti i nedostaci, a da pri tome kod izabrane alternative rizik ne mora da bude najmanji. Naprotiv, može se izabrati i alternativa sa najvećim rizikom, ako izborom te alternative moguće prednosti pružaju odgovarajuću kompenzaciju. [1]

Dakle, rizik je nastupajući problem koji ima alternativna rešenja, koja je moguće oceniti i valorizovati pojedinačno. Kada je rizik identifikovan, moguće je izvršiti izbor najpovoljnije alternative i uspešno planirati procese sa aspekta održivosti krajnjeg cilja poslovnog procesa.

## 2. IDENTIFIKACIJA RIZIKA: ZAKONSKA PROCEDURA ZA ZAŠTITU ŽIVOTNE SREDINE

Srbija kao zemlja sa bogatim mineralno-sirovinskim potencijalom i jasnom strategijom u pravcu povećanja eksploatacije mineralnih sirovina i povećanjem učešća rudarske industrije sa sadašnjih 1,5 na 3 % u ukupnom BDP, kao prioritetan zadatak ima ostvarivanje povoljnog

poslovnog okruženja za priliv investicija i jačanje kapaciteta u ovoj privrednoj grani. Takav trend može se ostvariti na prvom mestu kroz usaglašavanje zakonske procedure sa regulativom EU, čime se stvara povoljna klima za strane investitore u smislu usklađenosti i prepoznatljivosti propisa na nivou EU.

Regulativa koja se odnosi na zaštitu životne sredine prilikom izgradnje rudnika i postrojenja za eksploataciju mineralnih sirovina, slična je procedurama za izgradnju drugih industrijskih objekata. Rudarski objekti, povezani u složeni tehnološki sistem za eksploataciju, daleko su složeniji po svojoj strukturi, izgradnji i dinamici razvoja, čime se nameće neminovna potreba prilagođavanja zakonske regulative u vezi zaštite životne sredine specifičnostima ovih objekata.

Posmatrajući procese koji se odvijaju do početka eksploatacije sirovina i dobijanja prvih količina rude može se grubo podeliti na dve faze: fazu geoloških istraživanja i definisanja kvalitativnih, kvantitativnih i prostornih elemenata ležišta i fazu eksploatacije ležišta mineralnih sirovina.

U fazi istražnih radova ne može se sa sigurnošću potvrditi da će se na istraživanom prostoru ostvariti eksploatacija. Ipak u ovoj fazi investiraju se značajna sredstva u istražne radove i izradu elaborata na osnovu kojeg se izdaje potvrda o utvrđenim bilansnim rezervama. Sredstva uložena u fazi istraživanja biće povraćena tek u fazi eksploatacije. Zakonske obaveze vezane za zaštitu životne sredine u fazi istraživanja nisu ni komplikovane ni zahtevne, kako ekonomski i vremenski, tako ni proceduralno.

Završetkom faze istražnih radova i pribavljanjem potvrde o bilansnim rezervama i resursima, kada je već sasvim izvesno da se na određenom prostoru mogu eksploatirati sirovine, procedure počinju da se komplikuju. Na osnovu potvrde o rezervama i resursima kojom se prostorno, kvantitativno i kvalitativno definiše ležište, procedura se nastavlja u pravcu ostvarenja prava na eksploataciju ležišta. Dokumentacija koja se odnosi na zaštitu životne sredine rezultat je procedure sprovedene u cilju dobijanja saglasnosti na Studiju uticaja na prirodno okruženje rudnika. Kroz ovu proceduru predviđeno je uključivanje zainteresovane javnosti u proces odlučivanja o načinu zaštite i unapređenje životne sredine u toku izvođenja radova na eksploataciji mineralnih sirovina u njihovom okruženju. To je momenat u procesu otvaranja rudnika kada se po prvi put konsultuje zainteresovana javnost, ali do tog momenta uložena su značajna sredstva koja mogu nepovratno biti izgubljena u slučaju negativnog stava javnosti prema rudarskim aktivnostima u njihovom neposrednom životnom okruženju.



Međutim, pitanje je uolikoj meri je domaća javnost svesna, spremna, upoznata sa procedurama i edukovana da učestvuje u odlučivanju i kreiranju privrede na svom, lokalnom, nivou, koliko je spremna da preuzme odgovornost za dobro izbalansiran odnos privrednog razvoja i zaštite prirodnog okruženja, odnosno, u kojoj meri je svesna svoje odlučujuće uloge u ovoj fazi procesa. Upravo ove neizvesnosti čine zakonsku proceduru u vezi životne sredine jednim od najvećih rizika u procesu otvaranja rudnika.

Upravo ovaj rizik može dovesti do potpune obustave daljih aktivnosti na otvaranju rudnika. Nije retka pojava da se tek na prve pripremljene radove za otvaranje rudnika dotična javnost budi i reaguje, iako su u redovnoj proceduri sprovedene sve aktivnosti u skladu sa zakonskom procedurom za zaštitu životne sredine, što, između ostalog, podrazumeva obaveštavanje i uključivanje dotične javnosti u proces odlučivanja.

Međutim, u tom trenutku, procedure su već završene, investirana su sredstva u izradu potrebne dokumentacije, pribavljanje saglasnosti i nabavku opreme - mašina i uređaja i proizvodnja je pokrenuta, a javnost negativno raspoložena za rudarske aktivnosti u svojoj okolini. Na žalost, na pragu smo žalbi, tužbi i raznih protesta i zabrana od strane lokalnog stanovništva, procesa koji traju dugo, a krajnje su iscrpljujući i neizvesni za obe strane.

Ni jedan rudnik ne može početi sa eksploatacijom ukoliko nema saglasnost ministarstva koje je nadležno za zaštitu životne sredine. Po propisanim zakonskim procedurama za dobijanje saglasnosti na Studiju, od ključnog značaja je mišljenje dotične javnosti, pa se tako nameće pitanje kako je moguće da dotična javnost negoduje u trenutku kada se pokrene eksploatacija, kada su već sve saglasnosti dobijene? Da li je zakazao sistem sprovođenja zakonskih procedura ili je javnost ipak nezainteresovana u fazi kada može i treba da reaguje i kada ima mogućnost odlučivanja – u toku sprovođenja procedura za Studiju uticaja?

Iako bi trebalo da u momentu pokretanja proizvodnje na rudnicima, kada su sve procedure uspešno završene, rizici budu prevaziđeni - nije tako. Činjenično stanje nam daje drugačiju sliku - na pomolu je najveći rizik - rizik obustave radova usled negodovanja javnosti.

### **3. NATURE 2000**

Nastavljajući dalje sa usklađivanjem zakonske regulative sa pravom EU na pomolu su i nove, dodatne procedure koje su vezane za

implementaciju projekta NATURE 2000.

Novim projektom NATURA 2000 kojim će biti uspostavljena mreža zaštićenih staništa povezanih koridorima komunikacije između tih staništa, uvodi se i nova procedura za projekte. Mreža ustanovljena na teritoriji Srbije postaje deo mreže na evropskom nivou, a svaki projekat izgradnje novog industrijskog postrojenja, pa samim tim i rudnika, podleže prethodnoj proceni prihvatljivosti projekta u toku koje tim stručnjaka treba da proceni da li će izgradnja nekog objekta ugroziti mrežu staništa sa koridorima migracije živog sveta. Ova procedura daje "zeleno svetlo" za nastavak izgradnje objekta po predloženom projektu. Ukoliko se pokaže da će projekat ugroziti mrežu NATURA 2000 - projekat je „neprihvatljiv“. Velika je verovatnoća da će gotovo svaki projekat istraživanja dobiti "zeleno" svetlo, jer istraživanja sirovina imaju minimalne negativne uticaje na životnu sredinu. Međutim, primenjena istraživanja ne mogu se posmatrati odvojeno od eksploatacije, koja ima daleko veći negativan uticaj na neposrednu okolinu. pa se nameće pitanje: šta se dešava ako projekat na nivou istraživanja dobije zeleno svetlo, a kada uđe u fazu eksploatacije projekat bude odbijen, jer značajno ugrožava ekološku mrežu? Da li je ovaj rizik moguće predvideti i identifikovati na samom početku? Ili u fazi istraživanja ležišta mineralnih sirovina?

Da bi se problem procedura za zaštitu životne sredine podveo pod kategoriju „rizika“ potrebno je potpuno definisati sve uslove koji su potrebni da bi se procedure sprovele do kraja, odnosno, da bi se u fazi istraživanja moglo tačno znati koji su rizici sa kojima će se preduzeće suočiti u procesu sticanja prava na eksploataciju sirovina.

Ono što je još bitnije je da preduzeće mora imati saznanje još u toku ulaganja u istraživanja da se na nekom prostoru ne mogu izvoditi radovi na eksploataciji iako su dozvoljeni radovi na istraživanju mineralnih sirovina. U fazi istraživanja investitor mora imati informaciju kakvo je raspoloženje zainteresovane javnosti u pogledu razvijanja radova na eksploataciji sirovina u njihovoj neposrednoj okolini. Takođe, u fazi primenjenih geoloških istraživanja, investitor mora imati informaciju i o prihvatljivosti projekta eksploatacije, a ne samo projekta primenjenih geoloških istraživanja sirovina, u odnosu na NATURE 2000.

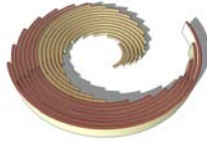
#### **4. ZAKLJUČAK**

Samo kroz detaljno definisane procedure za zaštitu životne sredine preduzeće će se suočiti sa rizikom koji je identifikovan, izmeren, procenjena verovatnoća pojavljivanja i intenzitet uticaja. Ukoliko se rizik

ne može sagledati sa ovih aspekata, intenzitet uticaja na proces otvaranja rudnika se ne može proceniti, niti se njime uspešno može upravljati, a time se znatno smanjuje broj kompanija zainteresovanih za ulaganja u ovu privrednu granu. Međutim nije dovoljno da se procedure detaljno definišu, ono što je bitnije je da se kvalitetno i detaljno sprovedu, naročito u pogledu informisanja dotične javnosti. Tek tada, jedan od najvećih rizika po otvaranje rudnika postaje rizik kojim se može uspešno upravljati.

## **Literatura**

1. Jelisavac Erdeljan, D.: Rudarska privreda pod teretom zakonske regulative u vezi zaštite životne sredine, Simpozijum TIORIR 11, Rudarsko geološki fakultet, Beograd, s.354-357, Zlatibor, 2011
2. Š. Šabović, S. Šabović, Socioeconomica – The Scientific Journal for Theory and Practice of Socioeconomic Development, Otkrivanje rizika u poslovanju preduzeća, Vol. 1, N° 2, s. 213 – 222., 2012
3. [www.ef.uns.ac.rs/Download/menadzment\\_rizikom\\_master/2009-11-05\\_teorija\\_rizika.pdf](http://www.ef.uns.ac.rs/Download/menadzment_rizikom_master/2009-11-05_teorija_rizika.pdf) - EKONOMSKI FAKULTET SUBOTICA



**DUGOROČNI PROGRAM RAZVOJA POVRŠINSKE  
EKSPLOATACIJE DO 2021. GODINE I PROSTORNO  
PLANIRANJE U EKSPLOATACIONOM POLJU RTB BOR**

**LONG-TERM OPEN-PIT MINING DEVELOPMENT  
PROGRAMME UNTIL 2021 AND SPATIAL PLANNING IN THE  
RTB BOR MINING FIELD**

Jenić D.<sup>1</sup>

**Apstrakt**

Dugoročnim programom razvoja površinske eksploatacije u periodu do 2021. god., definisano je područje Borsko-Majdanpečkog basena gde postoje mineralni resursi i gde se obavlja isplativa površinska eksploatacija, kao i područje gde će se obavljati geološka istraživanja za buduća rudna nalazišta. Na tom planskom području treba obezbediti prostorne uslove za ukupni održivi razvoj. U referatu će biti objašnjeno kako će se u planskom području vršiti racionalna površinska eksploatacija ležišta mineralnih sirovina sa prikazom mera za neutralisanje ili ublažavanje negativnih ekoloških i socio-ekonomskih posledica dobijanja bakra.

***Ključne reči:*** površinska eksploatacija, ekološki, socio-ekonomski

---

<sup>1</sup> Jenić Dimča, dipl.ing.rud., Rudarsko-topioničarski basen Bor, Bor

## **Abstract**

In the long-term open pit mining development programme until 2021, the Bor and Majdanpek mining area with its mineral resources has been specified and where cost effective open pit mining is being carried out as well as an area of further geological exploration for future ore deposits. Proper urban conditions need to be provided there for the sustainable development. The report explains the way the rational open pit mining will be performed in the mineral deposit areas with measures for neutralizing and alleviating negative environmental and socio-economic impact of copper production.

**Keywords:** open pit, environmental, socio-economic

## **1. UVOD**

Proizvodnja bakra u kompaniji RTB-Bor se u kontinuitetu odvija počev od 1903. god. na lokalitetima u Boru i Majdanpeku. Danas se eksploatacija rude bakra obavlja u Borskom delu basena u ležištima Veliki Krivelj, Cerovo, u jami Bor i u ležištu Severni Revir u Majdanpeku. Uz podršku Vlade Republike Srbije realizuje se novi razvojno investicioni ciklus u RTB-Bor. Postojeći kapaciteti se proširuju i povećavaju uz postepenu zamenu stare novom visokokapacitivnom opremom i uvođenjem nove tehnologije od istraživanja ležišta, otkopavanja, prerade i dobijanja koncentrata do dobijanja katodnog bakra.

Sagledavanje tehno-ekonomske opravdanosti i perspektivnosti rada i naročito razvoja rudarstva i metalurgije bakra RTB Bor obrađeno je dokumentom Biznis plan proizvodnje bakra u RTB Bor u periodu 2011.-2021. godine, koji potvrđuje opravdanost ulaganja u tehničko-tehnološku modernizaciju cele proizvodne linije i ekonomsku isplativost eksploatacije i prerade domaćih rudnih resursa bakra.

## **2. DUGOROČNI PROGRAM RAZVOJA POVRŠINSKE ESPLOATACIJE**

Strateški pristup razvoja kompanije RTB-Bor sa aspekta upravljanja mineralnim resursima bazira se na principima održivog razvoja u oblasti rudarstva i obuhvata tri aspekta:

- 1) Ekonomski:
  - Obezbeđenje odgovarajućeg dugoročnog ekonomskog okruženja za istraživanje i rudarske aktivnosti kako bi se obezbedila;
  - održiva zaštita resursa mineralnih sirovina kroz planiranje korišćenja zemljišta za sigurnu buduću dostupnost i eksploataciju,
  - razvoj novih tehnologija u cilju većeg (maksimalnog) iskorišćenja ležišta i to u svim fazama od istraživanja, preko eksploatacije do isporuke finalnih proizvoda.
- 2) Socijalni:
  - Promovisanje suštinskog doprinosa eksploatacije mineralnih sirovina u društvu;
  - Promovisanje transparentnosti rudarskog sektora, javnosti (od lokalnog do nacionalnog nivoa), kako bi se dala podrška jasnim i pravovremeno donetim odlukama u oblasti istraživanja, eksploatacije i iskorišćenja mineralnih sirovina;
  - Promovisanje korporativne odgovornosti rudarskog sektora; i
- 3) Aspekt životne sredine:
  - Obezbeđenje kontrole prihvatljivog nivoa rizika negativnih uticaja na životnu sredinu od rudarstva;
  - Promovisanje očuvanja zemljišta kroz rekultivaciju i praksu kontinualnog monitoringa; i
  - Promovisanje istraživanja i razvoja ekoloških rudarskih metoda (od početka do kraja eksploatacije), efikasnog korišćenja materijala, zamene, reciklaže i korišćenja najboljih raspoloživih tehnika.

U cilju realizacije ovog strateškog pristupa, definisan je koncept razvoja rudarstva i proizvodnje u kompaniji RTB-Bor.

Strateški plan proizvodnje bakra u RTB Bor grupi zasniva se na overenim geološkim rezervama rude bakra od preko 2,5 milijardi tona, na mogućnosti povećanja kapaciteta eksploatacije rude nabavkom nove visoko kapacitativne rudarske mehanizacije, na rekonstrukciji i nabavci nove flotacijske opreme i izgradnji nove topionice i fabrike sumporne kiseline, čime će se postići veći tehnološki rezultati, a pre svega, zaštita životne sredine prema najvišim ekološkim standardima. U uslovima sadašnje i projektovane cene bakra na svetskom tržištu, realno je ostvariti dodatni profit kroz iskorišćenje tehnogenih mineralnih sirovina (oko 160.000.000 t) koje su u višedecenijskoj eksploataciji i preradi tretirane kao jalovina.

Dugoročno planiranje proizvodnje u površinskoj eksploataciji u narednih deset do petnaest godina baziraće se na:

- 1) Masovnoj eksploataciji površinskim načinom otkopavanja u:
  - Rudniku bakra Cerovo (ležište Cerovo 1 i Cerovo 2, Cerovo Primarno i Drenova), sa kapacitetom od  $2,5 \cdot 10^6$  tona rude godišnje u I fazi i sa kapacitetom od  $5,5 \cdot 10^6$  t rude godišnje u II fazi; Rudniku bakra Veliki Krivelj sa kapacitetom od  $10,6 \cdot 10^6$  tona rude godišnje;
  - Rudniku bakra Majdanpek - ležište Južni Revir sa kapacitetom od  $8,5 \cdot 10^6$  tona rude godišnje;
- 2) Otvaranju novih rudnika i primeni novih tehnologija u rudarstvu i metalurgiji;
- 3) Rekonstrukciji Topionice i izgradnji fabrike sumporne kiseline čime se novom tehnologijom postižu visoki efekti u iskorišćenju bakra (od 93% na 98%) i naročito efekti u ekologiji iskorišćenjem sumpora (98% u odnosu na sadašnjih 40-50%).

Pored maksimalnog obezbeđenja od aerozagađenja obezbediće se i zaštita od otpadnih voda, prečišćavanjem u postrojenju za tretman otpadnih voda i vraćanjem ponovo u tehnološki proces.

U razmatranom periodu dugoročnog razvoja od 2014. godine do 2021. godine planirana je površinskim načinom otkopavanja proizvodnja data u Tabeli 1.

Tabela 1. Planirana proizvodnja

Br.	Naziv	j.m.	Ukupno
1	Iskopine	t	589.647.697
2	Raskrivka	t	403.164.059
3	Ruda vlažna	t	181.731.350
4	Sadržaj Cu u vlažnoj rudi	%	0,312
5	Količina Cu u rudi	t	582.734
6	Koncent. Cu suvi-sopstveni	t	2.439.618
7	Cu u koncent.-ukupno	t	502.095
8	Au u koncentratu	kg	10.168
9	Ag u koncentratu	kg	60.725
10	Cu - katoda	t	492.053
11	Au - katoda	kg	9.341
12	Ag - katoda	kg	54.725

Prosečan sadržaj bakra u rudi iznosi 0,312%. Ukupna planirana prerada (topljenje) je 2.439.618 t koncentrata bakra koja će se realizovati uz postepeni godišnji rast proizvodnje, tako da se u prvoj godini rada nove metalurgije u 2015. god. planira oko 230.0000 t koncentrata iz

sirovina RTB Bor (projektovani kapacitet je 400.000 t), što daje oko 40.000 t katodnog bakra da bi se u 2021. dostigla proizvodnja od 370.000 t koncentrata iz sopstvenih sirovina, odnosno oko 80.000 t katodnog bakra.

## **2.1. Površinski kop i pogon prerade u rudniku Cerovo**

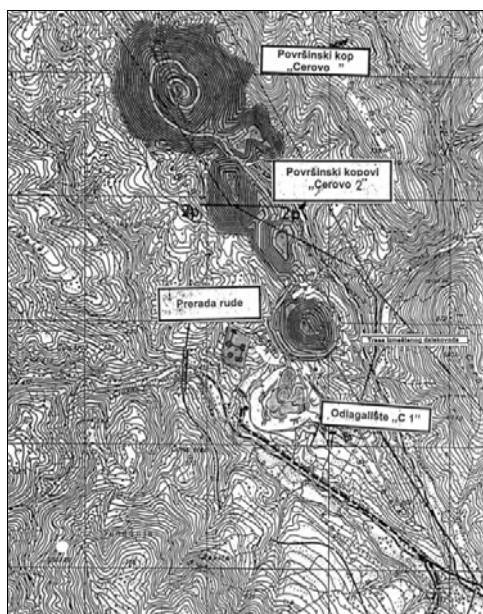
Rudnik bakra Cerovo, nalazi se na oko 25 km severozapadno od Bora. Otvoren je 1993. godine, a privremeno zatvoren decembra 2002. godine. Na osnovu usvojenog Biznis plana (juni, 2011. godina), avgusta meseca 2011. godine, nastavljena je eksploatacija u rudniku bakra Cerovo, raskrivanjem ležišta Cerovo Cementacija 1 i proširenjem granica kopa stvarajući uslove za kapacitet od 5,5 Mt rude godišnje. U sadašnjim uslovima faza raskrivanja i proširenja kopa je završena i u toku je otkopavanje rude po planu uz minimalnu količinu jalovine. Dalji planirani razvoj rudarstva na ovom lokalitetu zasniva se na nastavku proizvodnje na kopu Cerovo-Cementacija 1 i otvaranju novog kopa Cerovo-Cementacija 2. U narednoj fazi planira se otvaranje ležišta Cerovo-Primarno i Drenova bez izmeštanja pruge Bor - Beograd.

Proizvodnja do nivoa mlevenja obavlja se u postojećim kapacitetima u Cerovu, a dalji transport pulpe obavlja se novim hidrotransportom do flotacije Veliki Krivelj sa kapacitetom od 2.500.000 t rude godišnje u I Fazi, a sa 5.500.000 t rude godišnje u II Fazi. U toku je izgradnja nedostajućih prerađivačkih kapaciteta za drugu fazu.

Razmatrajući mogući dalji koncept razvoja rudarstva na lokalitetu ležišta Cerovo, izvršena je optimizacija otkopavanja površinskim kopovima na osnovu određenih tehno-ekonomskih parametara eksploatacije. Na osnovu izvršene optimizacije, definisane su granice kopova (Slika 1) i izvršen obračun masa (Tabela 2).

U razmatranom periodu od 2014. godine do 2021. godine otkopaće se 39 Mt rude sa srednjim sadržajem od 0,341% Cu i 40 Mt jalovine. Proizvešće se 524.000 t koncentrata i dobiti oko 110.000 t bakra u koncentratu, odnosno prosečno godišnje oko 15.000 t bakra u koncentratu. Ukupne eksploatacione rudne rezerve se mogu povećati novom optimizacijom kopova obzirom na trend rasta cena metala na svetskom tržištu.





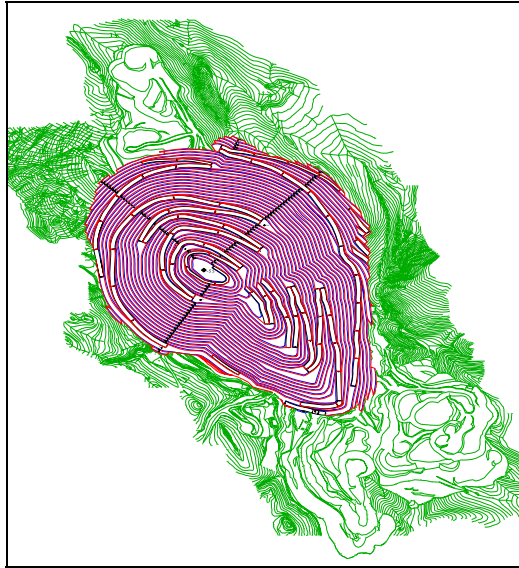
Slika 1. Eksploataciono polje rudnika Cerovo  
 Izvor: Biznis plan za proizvodnju bakra za period od 2011. -2021. godine, RTB Bor grupa, 2011.

Tabela 2. Zbirni obračun za kopove Cementacija 1/2, Cerovo CPD

Elementi	CEMENTACIJA 1 i 2	Cerovo CPD	UKUPNO
Ruda (t)	30.911.833	98.295.751	129.207.584
Jalovina (t)	22.151.493	100.769.987	122.921.480
Iskop (t)	53.063.326	199.065.738	252.129.064
Cu (t)	94.698,30	327.968	422.666,3
Ag (kg)	37.191,12	106.517	143.708,1
Au (kg)	2.771,06	16.413,7	19.184,8
Cu (%)	0,306	0,334	0,327
Ag (%)	1,203	1,084	1,112
Au (%)	0,090	0,167	0,148

## 2.2. Rudnik bakra Veliki Krivelj

Na osnovu overenih rezervi (Elaborat o rezervama ležišta bakra Veliki Krivelj, stanje 30.06.2010. godine, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, 2010. godina) i zahteva u pogledu godišnjeg kapaciteta otkopavanja rude od 10,6 miliona tona za period eksploatacije od 20 godina, konstruisan je površinski kop u konačnoj konturi do K-55 I faza, Slika 2 i izvršen obračun masa (Tabela 3).

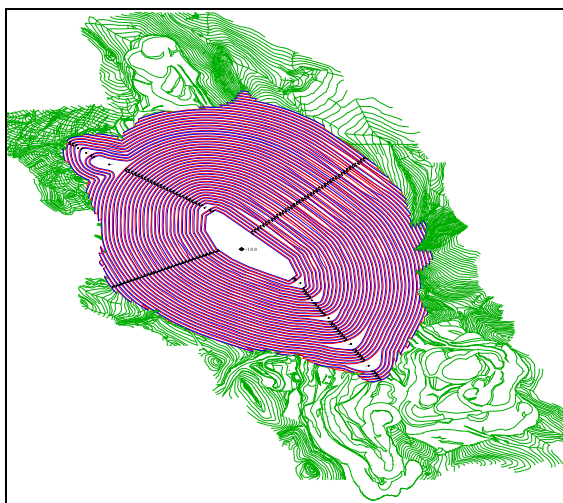


*Slika 2. Izgled završne konture kopa I Faze (2D prikaz)  
Izvor: Biznis plan za proizvodnju bakra za period od 2011. -2021.  
godine, RTB Bor grupa, 2011.*

Tabela 3. Obračun masa (I Faza)

Ukupna količina iskopina, t	446.078.484
Količina jalovine	233.481.038
Količina rude	212.597.445
Granični sadržaj bakra u rudi, %Cu	0,150
Prosečni sadržaj bakra u rudi, %Cu	0,316
Količina bakra u rudi, t	615.654
Koeficijent otkrivke	1,098

Na osnovu bilansnih rudnih rezervi ležišta Veliki Krivelj, eksploataciju je moguće nastaviti u narednom periodu posle faze I. Za iste tehno-ekonomske uslove definisana je granica kopa za naredni period od 20 godina, odnosno za ukupni period eksploatacije od 40 godina, kojim se zahvata više od 50% rezervi rude u ležištu i predstavlja II fazu razvoja kopa do K-100. Konstrukcija završne konture II faze kopa data je na Slici 3, a obračun masa u Tabeli 4.



Slika 3. Izgled završne konture II faze kopa Veliki Krivelj bez transportnih puteva (2D prikaz)

Tabela 4. Obračun masa (II Faza)

Ukupna količina iskopina, t	446.695.144
Količina jalovine	269.634.381
Količina rude	197.634.381
Granični sadržaj bakra u rudi, %Cu	0,150
Prosečni sadržaj bakra u rudi, %Cu	0,332
Količina bakra u rudi, t	654.241
Koeficijent otkrivke	1,368

## 2.3. Rudnik bakra Majdanpek

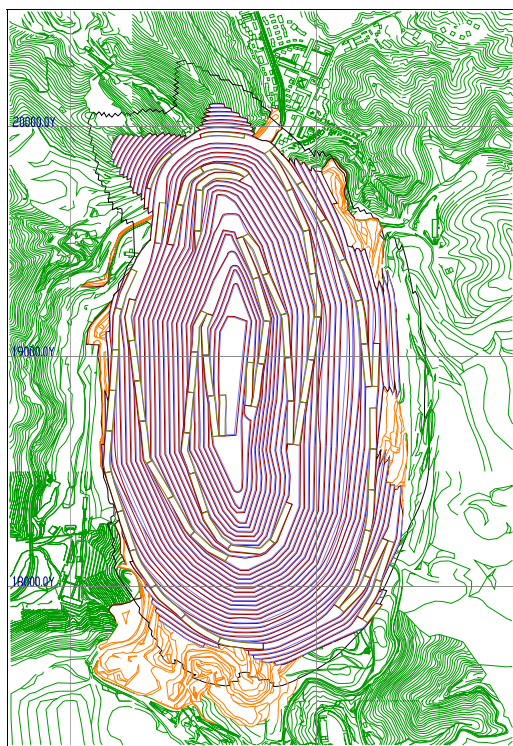
### Površinski kop Južni Revir

Proizvodnja rude i bakra u koncentratu u Rudniku bakra Majdanpek datira još od pre pedeset godina na površinskim kopovima Južni i Severni Revir. Trenutno je aktivan kop na Severnom Reviru gde se otkopava ruda, a u okviru dugoročnog programa razvoja proizvodnje, u toku je proširenje i raskrivanje ležišta Južni Revir koje će biti okosnica daljeg rudarstva u Majdanpeku.

Za potrebe izrade dugoročnog plana proizvodnje bakra u RTB-Bor grupi, definisana je nova strategija razvoja rudnika bazirana na postojećim overenim rudnim rezervama i ciljnim kapacitetom prerade rude od 8,5 miliona tona rude godišnje, pri čemu su maksimalno uvaženi novonastali tržišni uslovi, odnosno znatno povećanje cene bakra na

svetskom tržištu. Zbog toga su geološke rudne rezerve, sa stanjem radova maj 2010. godine, obračunate za granični sadržaj od 0,15% Cu, a u prethodnom elaboratu granični sadržaj je bio 0,20 % Cu. Ukupne količine rude od K+545 do K-100 za granični sadržaj 0,15% Cu iznose 480.089.282 t srednjeg sadržaja 0,316% Cu, 1,351 g/t Ag i 0,176 g/t Au. Koncept razvoja rudnika bakra Majdanpek je zasnovan na proširenju, odnosno rekonstrukciji površinskog kopa Južni Revir, kojim će se omogućiti ostvarivanje kapaciteta od 8,5 miliona tona rude godišnje u periodu do 2023. godine, što predstavlja prvu fazu razvoja kopa.

Rekonstrukcijom površinskog kopa projektovan je kop od K+575 do K+65 (dubina kopa 530 m). Izgled kopa u prvoj fazi do K+65 dat je na Slici 4, a obračun masa u Tabeli 5.

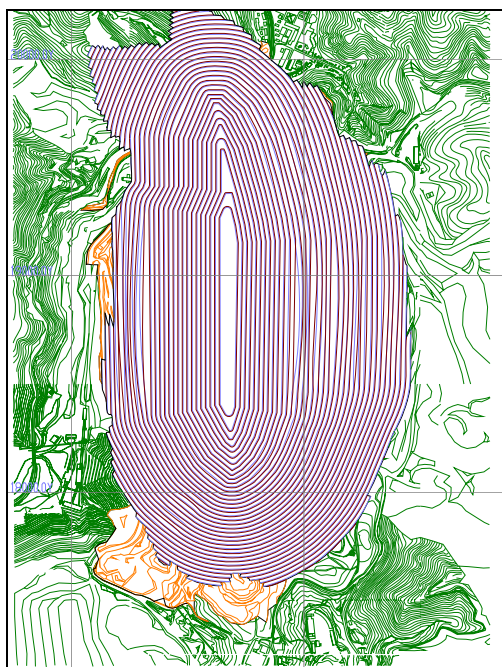


*Slika 4. Izgled završne konture kopa Južni Revir u I fazi na K + 65  
Izvor: Biznis plan za proizvodnju bakra za period od 2011. -2021.  
godine, RTB Bor grupa, 2011.*

Tabela 5. Podaci o sadržaju rude bakra u ležištu Južni revir za I fazu na K+65

Ruda, t	94.212.906
Srednji sadržaj bakra u rudi, % Cu	0.389
Količina bakra u rudi, t	366.733
Sadržaj zlata u rudi, g/t	0.234
Količina zlata u rudi, kg	22.072
Sadržaj srebra u rudi, g/t	1.513
Količina srebra u rudi, kg	142.559
Jalovina, t	202.557.651
Iskopine, t	296.770.558
Srednji koeficijent raskrivke	2,15

Optimizacijom granice kopa pri istim tehno-ekonomskim uslovima, moguće je nakon završetka prve faze nastaviti dalju eksploataciju do konačne ekonomske granice. Izgled kopa proširenog do konačne ekonomske granice II Faza prikazan je na Slici 5, a obračun masa u Tabeli 6.



Slika 5. Izgled završne konture kopa Južni revir u II fazi  
 Izvor: Biznis plan za proizvodnju bakra za period od 2011. -2021. godine, RTB Bor grupa, 2011.

Tabela 6. Podaci o sadržaju rude bakra u ležištu Južni revir za II fazu

Ukupna količina iskopina, t	620.429,481
Količina otkrivke, t	428.948.898
Količina rude, t	191.480.583
Granični sadržaj bakra u rudi, % Cu	0,150
Prosečan sadržaj u rudi, % Cu	0,365
Količina bakra u rudi, t	699.436
Srednji sadžaj zlata, g/t	0,207
Količina zlata, kg	39.625
Srednji sadržaj srebra, g/t	1,489
Količina srebra, kg	285.042
Koeficijent otkrivke, t/t	2,240

### 3. OSNOVNA POLAZIŠTA PROSTORNOG PLANIRANJA U EKSPLOATAACIONOM POLJU RTB-BOR

Eksploataciono polje RTB Bor obuhvata prostor u kome se nalaze rezerve mineralnih sirovina, kao i prostor predviđen za jalovišta, industrijske i druge objekte, a ograničen je odgovarajućim poligonim linijama i prostire se do projektovane dubine eksploatacije.

Prostori na kojima se vrši intenzivna površinska eksploatacija mineralnih sirovina spadaju u zone gde se odigravaju najveće fizičke promene u prostoru. Istovremeno, to su prostori koji se suočavaju sa brojnim razvojnim, ekološkim, socijalnim i prostornim konfliktima i ograničenjima, transformacionim procesima i drugim okolnostima koji su po obliku, obimu i dinamici veoma specifični. S toga razloga je neophodno da se u procesu planiranja na područjima površinske eksploatacije mineralnih sirovina, uključujući i flotacijska jalovišta sistematski primenjuju složeni skupovi indikatora, na osnovu kojih će se procenjivati, meriti i pratiti uticaji planskih intervencija na socijalni, ekonomski i kulturni razvoj lokalnih zajednica. Velike fizičke promene u prostoru izazivaju značajne socijalne transformacije u lokalnim zajednicama, uključujući čak i izmeštanje celih naselja ili njihovih pojedinih delova.

Danas se plansko usmeravanje dugoročnog razvoja, uređenja i obnavljanja degradiranog prostora u rudarskim basenima više ne postavlja kao mogućnost, već kao objektivna nužnost, ali i zakonska obaveza.

Za područje eksploatacionog polja RTB-Bor, a u skladu sa Zakonom o prostornom planiranju, u toku je izrada Prostornog plana područja posebne namene u kome će biti sadržana sva bitna obeležja karakteristična za ovaj planski dokument, koja definišu principe i ciljeve

prostornog razvoja planskog područja.

Jedna od bitnih pretpostavki za kvalitetnu izradu Prostornog plana područja posebne namene je principijelno rešavanje visokog stepena konfliktnosti razvoja i razvojnih ciljeva između lokalnih i opštih ciljeva. To će se učiniti putem utvrđivanja indikatora (pokazatelji) o stanju razvoja, njegovim potencijalima i ograničenjima, očekivanim efektima i o zahtevanim uslovima zaštite životne sredine.

Sistem indikatora za potrebe planiranja i usmeravanja razvoja, mora da prati i meri dinamiku promena u basenu, odnosno da bude prilagođen dinamici planiranja, istraživanja, projektovanja i kontroli uređivanja i obnavljanja prostora. Formiranjem sistema indikatora stvara se zajednička osnova za sprovođenje i praćenje prostornih i urbanističkih planova, kao i razvojnih programa. Naime, **sistem indikatora** koji se uspostavlja na području rudarskog basena mora biti prilagođen različitim nivoima planiranja i obuhvata:

- indikatore na regionalnom nivou (prostorni plan područja posebne namene), koji se formiraju prema tematskim oblastima (prirodni uslovi i prirodni resursi, namena zemljišta, izgrađenost prostora, stanovništvo i socijalni razvoj, privređivanje, rekultivacija, zaštita i dr.);
- indikatore za uže prostorne celine - nivo naselja i nivo dela naselja u zoni širenja kopova, razvoja energetsko-industrijskog kompleksa, izmeštanja infrastrukturnih sistema; i
- indikatore specifični za ova područja - vezani za etape razvoja, projektovanja, izgradnje, obnavljanja i uređenja prostora odnosno dinamiku promena u prostoru po vremenskim ciklusima (međuetape razvoja za kraće vremenske intervale u zonama širenja kopova).

U prethodnom poglavlju, u delu prikaza lokacije ležišta i prostornog razvoja površinskih kopova, naznačene su razvojne faze koje upravo vremenski i prostorno determinišu faze prostornog planiranja na užem i širem prostoru.

Na Slikama 8 i 9 prikazano je eksploataciono polje RTB-Bor sa postojećim i budućim rudarskim i infrastrukturnim objektima u zonama planskog područja za Bor (Slika 8) i Majdanpek (Slika 9) gde se mogu uočiti prostorna razgraničenja između industrijskog kompleksa i kompleksa opšteg dobra.





Posledice planskih intervencija, a naročito širenja površinskih kopova, izmeštanja postojećih kao i izgradnje novih infrastrukturnih koridora i drugih aktivnosti koje iziskuju znatnije promene namene površina, eksproprisane poljoprivrednog zemljišta, izmeštanje objekata domaćinstava i javnih objekata u naseljima, upućuju na veću primenu Procene uticaja na socijalni razvoj (*Social Impact Assessment*) (Petovar, Jokić, 2010).

Uticaj površinskih kopova i flotacijskih jalovišta na socijalni razvoj područja je složenog karaktera i sadrži određene specifičnosti datog područja. Zato su ponuđeni modaliteti preseljenja stanovništva i domaćinstava iz zona/naselja na kojima će se širiti. Površinski kopovi moraju biti pažljivo analizirani i utvrđeni na bazi svih specifičnih podataka koji se prikupljaju da bi se ponudili optimalni uslovi i zadovoljavajući spektar opcija za preseljenje stanovništva i imovine. U pripremi izrade Plana generalne regulacije za naselje Krivelj, prilikom izmeštanja dela naselja zbog širenja kopa Veliki Krivelj, domaćinstvima su ponuđeni sledeći modaliteti preseljenja stanovništva:

**Organizovano preseljenje u namenski obezbeđenoj zoni za izgradnju novog naselja**, sa obezbeđivanjem građevinske parcele/okućnice u zamenu za eksproprisano građevinsko zemljište i **sa izgradnjom stambenog i pomoćnih objekata**. Ova opcija obavezuje korisnika eksproprijacije da pribavi građevinsko zemljište, da ga komunalno opremi, izgradi odgovarajuće objekte komunalne i socijalne infrastrukture i izgradi stambene objekte i da ovako izgrađene objekte da u vlasništvo građanima u zamenu za njihovo zemljište i nekretnine.

**Organizovano preseljenje u zone izgrađenih/formiranih naselja**, sa obezbeđivanjem građevinske parcele/okućnice, u zamenu za eksproprisano građevinsko zemljište, **bez izgradnje stambenog objekta**. Za razliku od prethodne opcije, ova opcija ne predviđa da korisnik eksproprijacije organizuje izgradnju novih stambenih i poljoprivrednih objekata za preseljena domaćinstva.

Slična prethodnoj je opcija koja sadrži **ponudu parcela za izgradnju u okviru formiranih naselja**, koje eksproprisana domaćinstva mogu kupiti po tržišnim cenama od korisnika eksproprijacije. Sve tri opcije obezbeđivanjem ponude uređenih/opremljenih parcela za izgradnju uvažavaju dva važna interesa:

- javni interes koji se ogleda u organizovanom preseljavanju i smanjivanju spontanog i dispergovanog naseljavanja; i
- pojedinačne interese eksproprisanih domaćinstava da se nasele u uređene zone, sa obezbeđenom komunalnom opremom, formiranim javnim službama i znatno boljim kvalitetom življenja

nego što bi to bio slučaj kada bi naseljavanje bilo neorganizovano i spontano.

Prilikom zadnjeg proširenja kopa Veliki Krivelj tokom 2011. godine jedan broj vlasnika domaćinstava sa nepokretnostima u zoni proširenja, rešavan je putem primene obligacionih odnosa otkupom zemljišta i građevinskih objekata. Vlasnici su na taj način individualno rešavali preseljenje.

**Organizovano preseljenje poljoprivrednih domaćinstava.** Ova opcija podrazumeva mogućnost obezbeđenja poljoprivrednog zemljišta, direktnom kupovinom od vlasnika ili davanjem poljoprivrednog zemljišta u državnoj svojini eksproprijisanim vlasnicima poljoprivrednog zemljišta, koji nameravaju da se i dalje bave poljoprivrednom proizvodnjom. Ova opcija podrazumeva da korisnik eksproprijacije blagovremeno otkupi zemljište od prethodnih vlasnika, ili da obezbedi pravo korišćenja poljoprivrednog zemljišta u državnoj svojini. Sprovođenje ove opcije nailazi na vrlo ozbiljna zakonska ograničenja.

**Posebni programi preseljavanja za domaćinstva sa posebnim potrebama.** Ova opcija podrazumeva traženje specifičnih rešenja za domaćinstva koja nisu sposobna ili dovoljno pripremljena da sama organizuju svoje preseljenje i izgradnju nove kuće. Takvim domaćinstvima je moguće ponuditi različite mogućnosti iz tzv. Socijalnog programa za preseljenja domaćinstva. Na primer, pretpostavka je da ima staračkih domaćinstava (sa ili bez naslednika) koja bi prihvatila da dobiju stan u vlasništvu ili na doživotno korišćenje, ili, pak, doživotan smeštaj u domu za stara lica, ili neki drugi oblik garantovanog doživotnog obezbeđenja i staranja u kompenzaciju za svoju imovinu.

#### 4. ZAKLJUČAK

Definisana strategija rudarsko-metalurškog kompleksa RTB-Bor biće ostvarljiva ako se u predviđenom roku na najracionalniji način iskoriste svi raspoloživi resursi RTB Bor i usmere na operacionalizaciju svih navedenih programa.

Razvoj obimne površinske eksploatacije, kao i pogona za preradu mineralne sirovine, dinamične promene u prostoru i veliki obim degradacije prirodne i stvorene sredine daju ukupnom razvoju, kao i uređivanju i obnavljanju prostora u rudarskom basenu, specifična obeležja.

Dosadašnja iskustva u planiranju razvoja u područjima rudarskih basena vezana za rešavanje specifičnih i složenih prostornih i razvojnih konflikta kao posledice permanentnih promena u prostoru u dužem

vremenskom periodu kao i za sprovođenje revitalizacije i rekultivacije degradiranog zemljišta u toku i nakon završene eksploatacije, nameće potrebu uspostavljanja specifičnog integralnog, za naše uslove originalnog pristupa u planiranju razvoja i uređenju prostora.

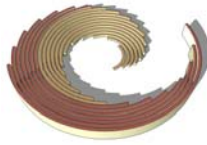
U tom smislu, treba razvijati specifične pristupe prilikom izrade prostornih planova rudarskih basena i to:

uređivanja prostora u zoni gde se eksploatacija planira;

- Uređivanja radne sredine proizvodnih struktura, zone površinskih kopova i rudarsko-industrijski kompleks;
- izgradnje i uređivanja naselja za prihvatanje preseljenog stanovništva, izgradnju novih saobraćajnica, komunalnih, industrijskih i drugih objekata
- rezervacija prostora za uređenje koridora koji obezbeđuju saobraćajnu i infrastrukturnu povezanost unutar područja i u okruženju.

## **Literatura**

1. Strategija razvoja RTB-Bor za period 2011.-2021. godina, RTB-Bor, 2011
2. Prostorni plan područja posebne namene Borsko-Majdanpečkog rudarskog basena - Koncept Prostornog plana, IAUS Beograd, 2013
3. Upravljanje prostornim razvojem u velikim rudarskim basenima, IAUS Beograd, 2010



---

**VIBRACIJE KAO PARAMETAR TEHNIČKOG STANJA  
DINAMIČKOG SISTEMA: PRIMERI NA POGONU ROTORA  
ROTORNOG BAGERA**

**VIBRATION AS A TECHNICAL CONDITION PARAMETER OF  
A DYNAMIC SYSTEM: EXAMPLES FOR THE BUCKET  
WHEEL DRIVE OF BUCKET WHEEL EXCAVATOR**

Jovančić P.<sup>1</sup>, Ignjatović D.<sup>2</sup>, Tanasijević M.<sup>3</sup>, Maneski T.<sup>4</sup>

**Apstrakt**

Pogonska grupa rotora rotornog bagera, po pravilu je celina sa velikom snagom koja ima veliki obrtni moment, veliku masu i koji su različite izvedene konstrukcije i različite izvedbe noseće strukture. Pri procesu kopanja, pogonska grupa rotora rotornog bagera izložena je u procesu kopanja aktivnim i reaktivnim silama. Često te sile izuzetno negativno mogu uticati na sklop pogona, pogotovo ako sistem nije adekvatno dimenzionisan (loša geometrija) i ako nema pravilnog uvođenja opterećenja u oslonce (pravilna pozicija oslonaca). Dijagnostika ponašanja je od presudnog značaja za donošenje pravilnog stava o radu i održavanju kako samog reduktora, elektromotora tako i elemenata

---

<sup>1</sup> Prof. Dr Jovančić Predrag, dipl.ing.rud., Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

<sup>2</sup> Prof. Dr Ignjatović Dragan, dipl.ing.rud., Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

<sup>3</sup> Prof. Dr Tanasijević Miloš, dipl.ing.rud., Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

<sup>4</sup> Prof. Dr Maneski Taško, dipl.ing.maš., Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

konstrukcije koji se naslanjaju na ovaj sklop. Glavni parametar dijagnostikovanja sigurno predstavljaju vibracije izmerene na karakterističnim mestima cele pogonske grupe i noseće strukture. One potvrđuju matematički model koji je urađen metodom konačnih elemenata, a koji u osnovi ima teoriju elastičnosti, odnosno statički i dinamički prikaz dobijenih rezultata.

***Ključne reči:*** rotorni bager, pogon rotora, dinamički sistem, vibracije

## **Abstract**

Drive units on mining machines are, by rule, high powered units, with high torques and masses and designed in different ways with different solutions of loading structure. During excavation, the drive assembly of the bucket wheel of a bucket-wheel excavator is exposed to active and reactive forces. These forces often have adverse effects on the drive assembly, especially if the system has not been adequately sized (poor geometry) and if loads are not properly introduced into the supports (proper positioning of supports). Behavior diagnostics is of great importance for making proper decisions about operating and maintenance, not just about gearbox and motor, but also about elements supported by drive units. Main parameters of diagnostics are vibrations measured on particular points of whole unit and included structure. These parameters are used for confirmation of mathematical model based on finite element method and elasticity theory or in another word static and dynamic representation of results.

***Keywords:*** bucket wheel excavator, bucket wheel drive, dynamic system, vibration

## **1. UVOD**

Rotorni bager predstavlja najkompleksniju i najvažniju mašinu na jednom površinskom kopu u okviru sistema kontinualne eksploatacije i od njegovog pravilnog projektovanja i kasnije eksploatacije zavisi pouzdanost i ekonomičnost rada. Pogonske grupe na rotornom bageru su osnovni elementi prenosa obrtnog momenta i preko njih se omogućuju sva translatorna i obrtna kretanja koja su u krajnjoj funkciji ostvarivanja proizvodnje. Najvažniji pogon i ujedno pogon koji u stvari i karakteriše rotorni bager je pogon rotora.

Drugim rečima, rotorni bager predstavlja izrazit dinamički sistem jer na njemu postoji veliki broj izvora vibracija. Zato je od izuzetnog značaja izdvajanje karakterističnih pobudnih frekvencija i sopstvenih frekvencija oscilovanja. Modovi oscilovanja određuju način vibriranja pogonske grupe rotora. Kvalitetno praćenje stanja pogona rotora zahteva kombinovanu analizu.

Potvrdu ispravnosti modeliranja postojećeg i/ili optimizovanog rešenja nekog elementa daje analiza vibracija. Validacija modela elemenata pogona rotora analizom vibracija zasnovana je na pravilnom izboru karakterističnih tačaka merenja, kao i na tome šta inženjer/ekspert može da očekuje od definisanja modela. Realno opterećenje na pogonu radnog točka, tačno ili približno tačno, određuje oblik deformacije i glavne načine oscilovanja. Upravo prva oscilacije u velikoj meri ukazuje na ponašanje elementa koji se prati.

## **2. VIBRACIJE KAO PARAMETAR TEHNIČKOG STANJA DINAMIČKOG SISTEMA**

Vibracije izaziva sila pobude koja može biti spoljna sila ili sila koja nastaje u samoj mašini. Način vibriranja je potpuno određen silom pobude i njenom frekvencijom, pa se analiza vibracija može koristiti za određivanje stanja mašine tj. za dijagnostikovanje njenog rada. Vibracije u najjednostavnijem obliku predstavljaju mehaničko oscilatorno kretanje, čiji je najprostiji oblik harmonijsko. Međutim, mnogi dinamički sistemi izuzetno su komplikovani kada su u pitanju vibracije jer na njima postoji veliki broj izvora vibracija. Dinamički sistem kao što je rotorni bager nije beskrajno krut jer ima različite stepene fleksibilnosti na različitim frekvencijama. Njegovo vibriranje je reakcija na spoljašnju silu i zavisi od prirode pobudne sile i dinamičkih karakteristika mehaničke strukture. Metoda konačnih elemenata koristi se za proračune koji ukazuju na to kako struktura reaguje na poznatu silu.

Međutim, vibracija predstavlja i kretanje koje rezultuje restitucionom silom. Pri postojanju nekoliko sila pobude koje deluju istovremeno (ili periodično) na različitim frekvencijama, rezultujući grafik vibracija ima izuzetno složen oblik i teško ga je interpretirati. Međutim, da bi smo razumeli složene vibracije rotornog bagera svedjedno moramo poći od linearno harmonijskog, čiji su osnovni parametri: elongacija (pomeranje)  $s$ , amplituda  $A$ , linearna  $f$  i sopstvena (kružna) frekvencija  $\omega_0$ , period  $T$ , brzina  $v$  i ubrzanje  $a$ . Veza između navedenih parametara je dobro poznata. Kako je  $\omega_0 = 2 \cdot \pi \cdot f$ , brzina vibracija je

proporcionalna frekvenciji jer je  $v_{\max} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot A$  dok je ubrzanje proporcionalno kvadratu frekvencije, jer je  $a_{\max} = 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot A$ . To znači da veliko pomeranje i visoka frekvencija rezultuju velikom brzinom i izuzetno visokim vrednostima ubrzanja. Amplituda vibracija zavisi od dva faktora: amplitude pobudne sile  $F$  i dinamičke krutosti mehaničkog sistema  $c_d$ , odnosno  $A = F / c_d$ . Dinamičku krutost mehaničkog sistema određuje skup karakteristika kao što su krutost  $k = m \cdot \omega_0^2$ , masa  $m$  i prigušenje  $\delta$ , kojima se rotorni bager suprotstavlja delovanju spoljašnje sile. Što znači da se amplituda oscilovanja može povećati usled povećanja intenziteta pobudne sile ili usled smanjenja dinamičke krutosti, odnosno može se smanjiti usled smanjenja intenziteta pobudne sile ili usled povećanja dinamičke krutosti.

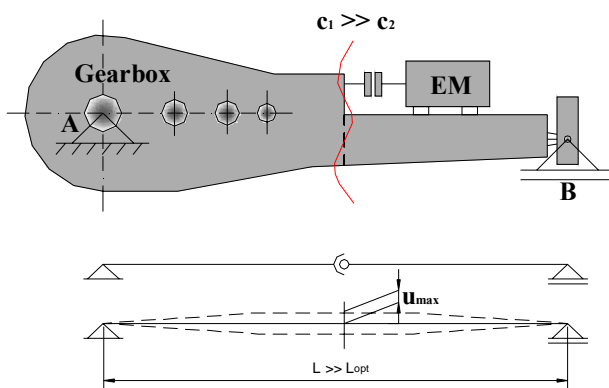
Vibracije predstavljene preko krive pomeranja, brzine ili ubrzanja imaju različite oblike ali nose istu informaciju. Naime, postoji tri načina prikaza oscilovanja. Kriva pomeranja bitno ističe najniže frekvencije, ali je teška za čitanje na višim frekvencijama. Kriva brzine je uglavnom uniformna u nivou frekvencija, i najviše se koristi za dijagnostifikovanje rada mašina. Kriva ubrzanja bitno ističe najviše frekvencije, koje su kod rotornog bagera naročito interesantne, pa je u ovom radu ona i korišćena.

### **2.1. Primer I: Reduktor rotora rotornog bagera SRs 470.17/1.5**

Na primeru rotornog bagera SRs 470.17/1.5 odnosno njegovog pogona rotora - reduktora, daće se egzaktan prikaz dijagnostičkog ponašanja i stanja u cilju konačnog stava o daljem radu ovog reduktora. Proizvođač ovog rotornog bagera je nemačka kompanija TAKRAF, a bager radi na površinskom kopu lignita Drmno. Na Slici 1 prikazana je pogonska grupa radnog točka ovog bagera kao i principijelni dinamički model ovog tipa pogonske grupe na kojoj se uočava velika dužina između oslonaca pogonske grupe, koja se može predstaviti zbog razlike u nivou krutosti, kao gerber, sa zglobom na sredini.

Oscilovanje ovakvog vida rešenja pogonske grupe je uglavnom približno ako ne i isto kao frekvencija pobude, ili njen naredni harmonik, što negativno utiče na rad pogonske grupe. Ovakav prilaz problemu je doveo do detaljnijeg analitičkog pristupa, koji je kasnije definisao numeričko-eksperimentalni proračun. Glavni oblici oscilovanja imaju oblike deformacija pod *zamisljenim* opterećenjem. Najlošije ponašanje konstrukcije se iskazuje prvim oblikom oscilovanja, pa redom dalje. Konstrukcija ima dobro dinamičko ponašanje ukoliko je:

- prva frekvencija visoka i
- ukoliko je razmak između frekvenci veliki.

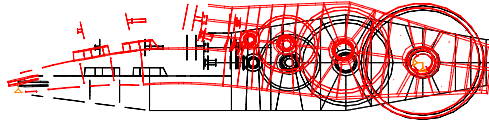


*Slika 1. Pogon rotora bagera SRs 470.17/1.5 i principijelni dinamički model pogonske grupe rotora*

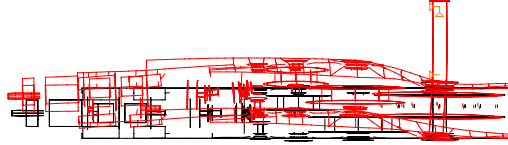
To je moguće ostvariti ukoliko je konstrukcija izvedena sa maksimalnom krutošću i minimalnom masom. Sopstvena frekvenca je proporcionalna  $\sqrt{k/m}$ , gde je  $k$  krutost elementa, a  $m$  masa elementa.

Korišćenjem programskog paketa KOMIPS, došlo se do glavnih oblika oscilovanja koga čine sopstvene frekvence oscilovanja i njihovi oblici oscilovanja - glavni modovi oscilovanja. Ovde su određeni najbitniji glavni oblici oscilovanja noseće konstrukcije reduktora, vratila i zupčanika. Na Slici 2 prikazan je model reduktora sa glavnim oblicima oscilovanja, koji definišu ponašanje reduktora.

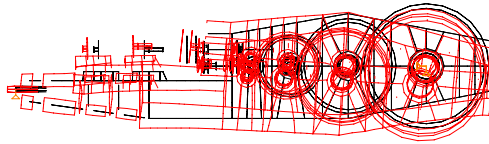




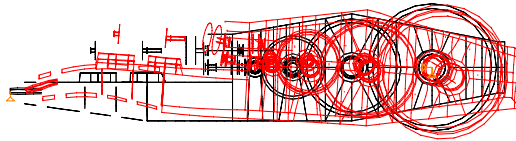
*Prvi glavni oblik oscilovanja -  $f_{01} = 15,3$  Hz*



*Drugi glavni oblik oscilovanja -  $f_{02} = 18,7$  Hz*



*Treći glavni oblik oscilovanja -  $f_{03} = 28,6$  Hz*



*Četvrti glavni oblik oscilovanja -  $f_{04} = 34$  Hz*

*Slika 2. Prva četiri glavna oblika oscilovanja noseće strukture*

Na osnovu prikazanog, možemo konstatovati jako nepovoljno dinamičko ponašanje noseće konstrukcije reduktora, a uzrok tome je mali nivo krutosti reduktora i nepovoljna geometrija. Za reduktor pogona radnog točka koji je klasične izvedbe (konceptijsko rešenje je iz šezdesetih godina prošlog veka), kao što je ovde slučaj, posle dugogodišnje eksploatacije u teškim radnim uslovima, neminovnost je opadanje funkcionalne ispravnosti što se manifestovalo lošim dinamičkim ponašanjem.

Na osnovu opšte poznatih transformacija i poznavanja konstruktivnih parametara elemenata, došlo se do karakterističnih frekvenci, odnosno:

- Pobudnih frekvenci vratila reduktora,
- Pobudnih frekvenci ozubljenja,
- Sopstvenih frekvenci ležajeva,
- Pobudnih frekvenci elektromotora i
- Sopstvenih frekvenci reduktora i vratila sa zupčanicima.

Na osnovu modela i dinamičkog numeričkog proračuna, komentari dobijenih prinudnih i sopstvenih frekvenci su sledeći:

- Prva sopstvena frekvenca reduktora je ispod i blizu frekvenci prva tri vratila. Pri svakom pokretanju pogona prolazi su kroz ovu frekvencu. Ova frekvenca je jako nepovoljna, pored ostalog, zbog savijanja pogonskog sistema oko njegove poprečne ose kao i preloma vratila motora i reduktora u vertikalnoj ravni.
- Četvrta sopstvena frekvenca reduktora (savijanje sa uvijanjem) je dvostruko veća od frekvenci prva tri vratila i kao takva je jako nepovoljna za eksploataciju pogonskog sistema.
- Gonjeni zupčanci na četvrtom, petom i posebno šestom vratilu imaju jako nepovoljno oscilovanje sa frekvencom koje su celobrojni proizvod sa frekvencama prva tri vratila.

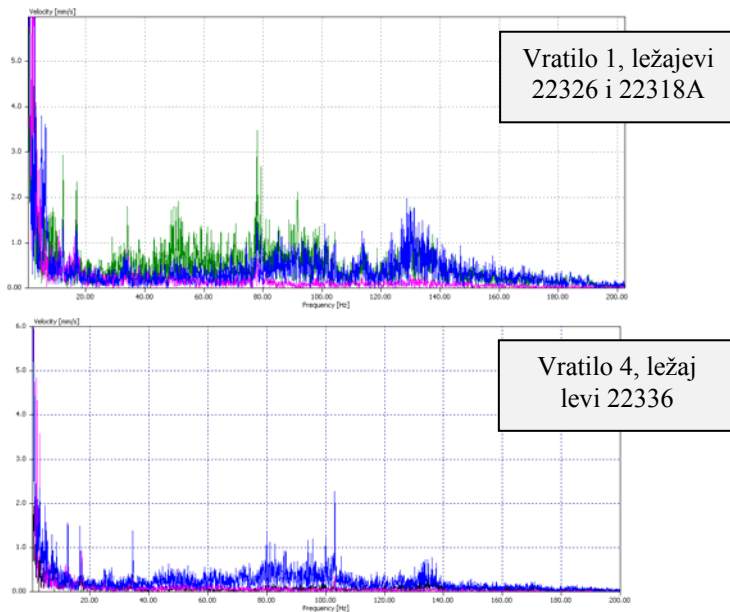
Merenje vibracija reduktora pogona rotora bagera izvršeno je opremom koju predstavlja savremeni davač (senzor) trokomponentnog davača ubrzanja, analogno-digitalni (AD) pretvarač signala i USB komunikacija do računara. Softverski paket podržava analizu vremenskog i frekventnog signala ubrzanja. Frekventni signal dobijen je primenom FFT analize (brza Furijeova transformacija).

Izmerene vibracije daju potvrdu numeričkom modelu. Merenjem vibracija reduktora na bageru koji je u radu, došlo se do dominantnih frekvenci. Njihova porekla su:

- Frekvenca 12.4 Hz prisutna je po celom reduktoru (ona potiče od zadnjeg zupčastog para).

- Frekvenca 16.5 Hz potiče od prvog i trećeg vratila.
- Frekvenca 17.3 Hz je najviše izražena na drugom, trećem i četvrtom vratilu sa desne strane reduktora (prema streli). Neposredno posle ovog merenja došlo je do manje havarije baš na tom mestu (treće vratilo sa desne strane, desni ležaj se havarisao).
- Frekvenca 79 Hz prisutna na prvom vratilu potiče od ležaja elektromotora.
- Frekvenca 103 Hz potiče od ležaja u reduktoru.

Navešće se samo dva karakteristična dijagrama (Slika 3).



*Slika 3. Merenje vibracija reduktora u [mm/s], pri radu bagera; Z – zelena ili crna boja, aksijalne vibracije; P – plava boja, horizontalne vibracije; C – crvena boja, vertikalne vibracije*

Dinamičko ponašanje pogonske grupe rotora rotornog bagera umnogome zavisi od tipa reduktora, načina izvedene noseće strukture, momentne poluge odnosno nosača motora, oslonaca pogonske grupe, starosti i vremena rada pogonske grupe (pojave zazora i veće ishabanosti elemenata koji služe za prenos obrtnog momenta), različitih konstruktivnih izvedbi elemenata (vratila, zupčanika, ležajeva), ulaznih osnovnih parametara (ulazni broj obrtaja, zamajni moment, sila na radnom organu odnosno uticaj radne sredine, struja, napon).

Vibrodiagnostika ima uticaja na donošenje krajnjeg, ispravnog stava o stanju pogonske grupe, tako da se ta analiza primenjuje i na sve elemente, podsklopove i sklopove. Takođe, vibrodiagnostika daje potvrdu numeričkom modelu odnosno njenoj ispravnosti pri izradi dinamičkog modela.

Na osnovu poređenja merenja vibracija pri radu reduktora na bageru i radnom stolu zaključujemo da je najviše došlo do povećanja vibracija samo na frekvenci 12.4 Hz. Ovo je razumljivo jer je reduktor više i nepovoljnije opterećen u radu kada je na bageru nego li na probnom stolu. Ceo reduktor ima loše dinamičko ponašanje. Nakon detaljne dijagnostike ponašanja i stanja reduktora rotora bagera SRs 470.170/1.5, nedvosmisleno se dolazi do zaključka da je potrebna zamena reduktora novim, koji će biti prilagođen teškim uslovima eksploatacije. Novi reduktor i sistem oslanjanja treba da eliminiše postojeće slabosti, koje su dokazane prezentovanim dijagnostičkim pristupom. Sigurno je da će taj novi reduktor, pored već rečenog, imati i manju masu pravilno raspoređenu, drugačiju koncepciju unutrašnjosti reduktora i bolje odnose između stepena prenosa, odnosno bolji prenos obrtnog momenta. Takođe se preporučuje što češće merenje vibracija i praćenje trenda porasta vibracija na karakterističnim tačkama pogonske grupe. To može ukazati na uzrok pojave anomalije i eventualnu preventivnu intervenciju na određenom mestu pogonske grupe, odnosno da se predupredi posledica havarijske prirode.

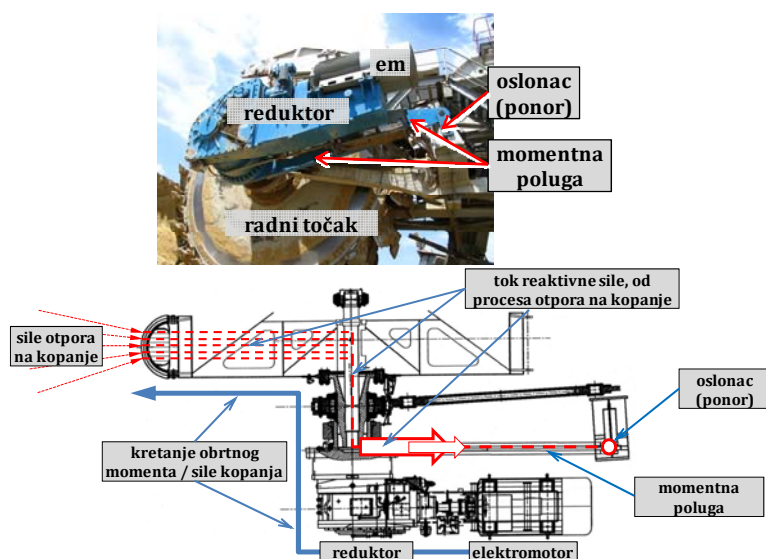
Ovakav pristup doveo je na kraju i do zamene reduktora rotora novim, modernijim reduktorom. Na Slici 4 prikazana je montaža novog reduktora na bageru SRs 470.17/1.5.



*Slika 4. Montaža novog reduktora rotora na bageru SRs 470.17/1,5*

## 2.2. Primer II: Momentna poluga pogona rotora rotornog bagera SRs 1300.26/5+VR

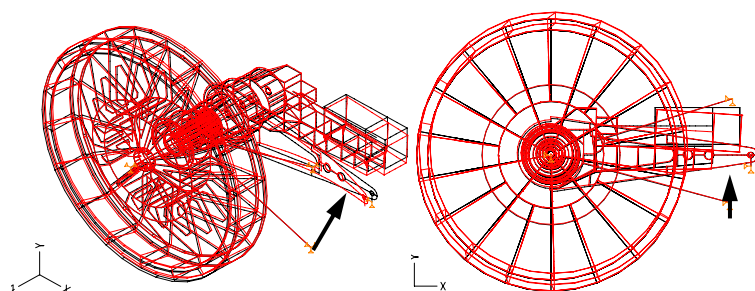
Na rotornom bageru SRs 1300.26/5+VR, koji radi na otkopavanju otkrivke površinskog kopa Drmno, zamenjen je kompletan pogon rotora uključujući i reduktor. Nov reduktor je proizvod nemačke kompanije Flender, snage 900 kW, sa frekventnom regulacijom brzine. Kod reduktora pogona rotora srećemo se sa takozvanom momentnom polugom, čiji je zadatak da se reaktivni moment koji se javlja u procesu kopanja, prenese na strelu pre nego što dođe do reduktora. Na taj način se kućište u velikoj meri rasterećuje, jer osnovno opterećenje se direktno sa izlaznog stepena reduktora uvodi u noseću konstrukciju strele, pa je kućište pored sopstvene težine opterećeno samo manjim dodatnim silama. Opterećenje se uvodi u konstrukciju strele jer strela ima mnogo veći stepen krutosti. Na Slici 5 data je shema aktivnih i reaktivnih sila.



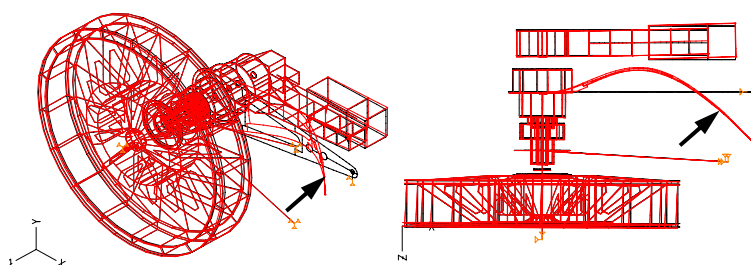
Slika 5. Principijelna shema aktivnih i reaktivnih sila pogona rotora

Jedan od dokaza ispravnosti celog pogona i momentne poluge je izrada numeričkog modela metodom konačnih elemenata i teorije elastičnosti. Kataloško opterećenje u iznosu od 363 kN odgovara obrtnom momentu od 2000 kNm koji je realizovan na radnom točku i kao reaktivna sila se prenosi preko momentne poluge na konstrukciju. Numeričkim proračunom metodom konačnih elemenata [2] je izdvojeno

nekoliko prvih frekvencija, a dve karakteristične  $f_{11}$  i  $f_{12}$  koje bliže definišu stanje i ponašanje momentne poluge prikazane su na Slikama 6 i 7.



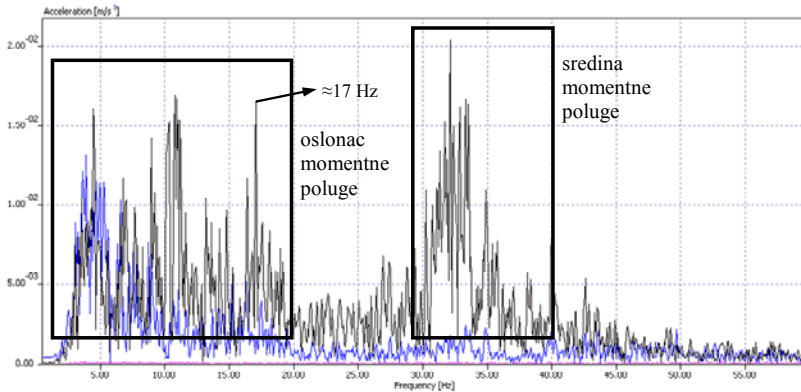
*Slika 6. Karakteristična frekvencija  $f_{11} = 17.21 \text{ Hz} = 1032.6 \text{ min}^{-1}$  – poprečno savijanje momentne poluge*



*Slika 7. Karakteristična frekvencija  $f_{12} = 17.22 \text{ Hz} = 1033.2 \text{ min}^{-1}$  - poprečno savijanje momentne poluge*

Poprečno savijanje momentne poluge je jedna od loših karakteristika na koju ukazuje i dinamički proračun. Uzrok ovako lošeg ponašanja momentne poluge koje se prenosi na čitav pogonski sistem kovanja je reaktivna sila. Merenja vibracija su izvršena u tri pravca (vertikalnom, aksijalnom i horizontalnom) i na tri karakteristična mesta (osloncu poluge na vratilu rotora, sredini poluge, i osloncu poluge na konstrukciji strele rotora).

Na mestima oslonaca momentne poluge signal ukazuje da su najveća ubrzanja na niskim frekvencijama do 20 Hz, za razliku od sredine momentne poluge gde su najveće vrednosti ubrzanja u spektralnom opsegu od 30-40 Hz (Slika 8).



Slika 8. Brzine vibracija na osloncu i na sredini momentne poluge pri određenim frekvencijama

Vibracije pobuđene kopanjem, frekvencije 2 Hz imaju izuzetno malo ubrzanje, što ne znači da kada bager bude kopao materijal značajno veće tvrdoće i samim tim trpeo veće otpore pri kopanju, dati signal neće biti izraženiji. Sopstvene frekvencije nove (zamenjene) pogonske grupe rotora, izdvojene dinamičkim proračunima, čije su vrednosti navedene na Slikama 3 i 4, odnosile su se:

- na momentnu polugu koja nije dobro dimenzionisana (za razliku od ostalih delova za koje se može reći da su zadovoljavajuće krutosti);
- na nosač motora kao deo noseće strukture pogonske grupe.

Navedeno ukazuje na dobro ponašanje cele pogonske grupe. Uvedena regulacije brzine obrtanja vratila rotora elektromotora, odnosno ulaznog vratila reduktora, daje mogućnost rada u širokom frekventnom opsegu, kao i mogućnost menjanja pobude.

Oslanjanje reduktora rotora bagera SRs 1300 prema streli rotora ostvaruje se preko momentne poluge čija je funkcija da primi reaktivne sile koje potiču od rotora pri kopanju, ali i sile odnosno oscilacija od strele rotora. Ovi oslonci u određenom smislu predstavljaju ponore, pa od geometrijskog i dimenzionog rešenja momentne poluge zavisi ponašanje kako samih oslonaca, tako i cele pogonske grupe. Momentna poluga rotora ima nedovoljnu krutost, a njena prva ( $f_{01} = 17.1$  Hz) i druga sopstvena ( $f_{02} = 17.2$  Hz) eksperimentalno određene frekvencije, su izuzetno bliske. Kako je pogon frekventno regulisan, postoji velika verovatnoća da se prva sopstvena frekvencija (dobijena dinamičkim proračunom), poklopi sa pobudom od broja obrtaja vratila rotora elektromotora, odnosno ulaznog vratila reduktora. Rešenje je podizanje

nivoa krutosti poluge, tj. povećanje vrednosti prve sopstvene frekvencije momentne poluge. Promenom dizajna, povećava se prva sopstvena frekvencija.

Prva sopstvena frekvencija mora biti viša od postojeće što ukazuje na to da je postignut veći nivo krutosti. Posledica veće krutosti je i viša prva sopstvena frekvencija, čime se postiže efekat boljeg ukupnog rada pogonske grupe.

### **2.3. Primer III: Ulazno vratilo reduktora rotora rotornog bagera SRs 2000.28/3+VR**

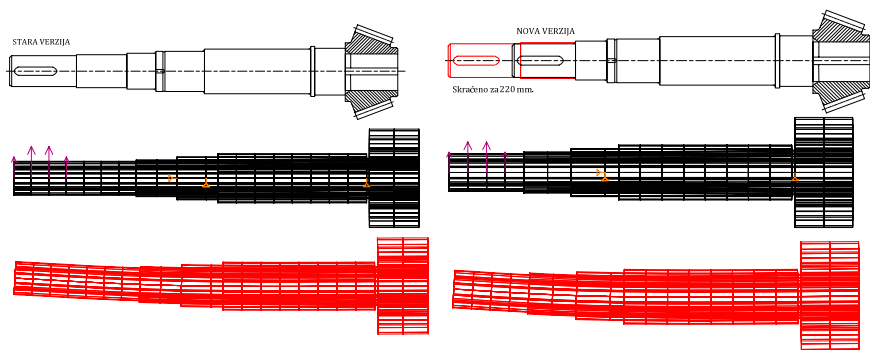
Dijagnostika ponašanja vratila, odnosno preciznije ulaznog vratila reduktora ili elektromotora, kao glavnog pokazatelja dijagnostike ponašanja elementa pogonske grupe, predstavlja jedan od najbitnijih elemenata ponašanja reduktora i elektromotora kao glavnog činioca pogonske grupe sa aspekta vibrodijagnostike. Zbog velikog broja izvora vibracija, izdvajanje sopstvenih frekvenci i karakterističnih pobudnih frekvenci je od velikog značaja na elementima, podsklopovima i sklopovima bilo kojih pogonskih grupa na rotornom bageru. Glavni oblik oscilovanja čine sopstvene frekvence oscilovanja i njihovi oblici oscilovanja - glavni modovi oscilovanja. Posebno treba istaći i pobudne i sopstvene frekvence koje se prikazuju kao analitički deo proračuna frekvenci. Karakteristični parametri za određivanje pobudnih frekvenci vratila su sledeći:

- $n_j$  [ $\text{min}^{-1}$ ] - broj obrtaja vratila,  $f_j$  [Hz] - frekvencija vratila,  $j$  - broj vratila
- $z_{2i-1}$  - pogonski zupčanik,  $z_{2i}$  - gonjeni zupčanik,  $i$  - zupčasti par

Na osnovu poznatog odnosa između broja obrtaja i frekvenci ( $n/60$ ) dobijaju se parametri pobudnih frekvenci vratila. Na slikama 9 i 10 dat je model i dinamički proračun ulaznog vratila reduktora pogona rotora bagera SRs 2000 na PK Drmno, i to za dva slučaja:

- ulazno vratilo ukupne dužine 1386 mm, ima duži deo koji ulazi u hidrodinamičku spojnicu, i predstavlja staro rešenje ulaznog vratila (slika 9),
- deo ulaznog vratila koji ulazi u hidrodinamičku spojnicu je skraćen za 220 mm i predstavlja novo rešenje (Slika 10).

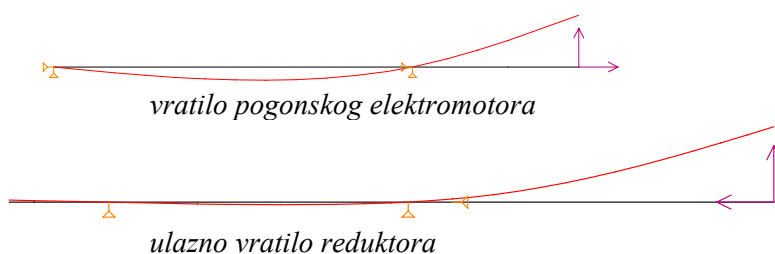




*Slika 9. Stara varijanta: kompjuterski model ulaznog vratila i dinamički proračun, prva frekvencija  $f_{01} = 34.3$  Hz*

*Slika 10. Nova varijanta: kompjuterski model ulaznog vratila i dinamički proračun, prva frekvencija  $f_{01} = 61.0$  Hz*

Za prvu, staru varijantu ulaznog vratila, kod dinamičkog proračuna ovog ulaznog vratila, dobija se vrednost prve frekvence od 34.3 Hz, prikazanu kao savijanje u vertikalnoj ravni. Ostale frekvence su znatno veće pa se neće uzimati u obzir. Opterećenje koje je ovde prikazano odnosi se na simulaciju hidrodinamičke spojnice koja je prikazana kao masa. Računski model ulaznog vratila i vratila rotora elektromotora sa prvim glavnim oblikom oscilovanja prikazani su na Slici 11. Vrednost sopstvenih frekvenci oba vratila u zavisnosti od veličine dela mase spojnice na kraju vratila date su u Tabeli 1.



*Slika 11. Kompjuterski gredni model ulaznog vratila reduktora i vratilo rotora elektromotora bagera SRs 2000 i dinamički proračun, stara varijanta ulaznog vratila*

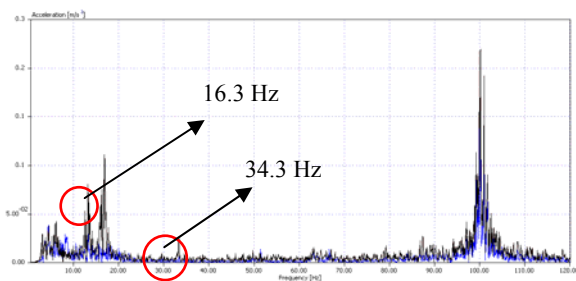
Tabela 1.

Masa spojnice [kg]	100	200	300	400	500
$f_{01}$ elektromotora, [Hz]	71.1	60.6	52.8	47.1	42.9
$f_{01}$ reduktora, [Hz]	62.8	45.8	37.8	<b>32.9</b>	29.6

Broj obrtaja pogonskog elektromotora iznosi  $980 \text{ min}^{-1}$ , što izaziva pobudu na frekvenci od  $16.3 \text{ Hz}$  i sve naredne umnoške ove frekvence,  $2X$ ,  $3X$ ,  $4X$  itd. ( $2 \cdot 16.3 = 32.6 \text{ Hz}$ , koja je vrlo bliska frekvenci ulaznog vratila sa masom spojnice od  $400 \text{ kg}$ ). Na osnovu dinamičkog proračuna i pobudnih frekvenci zaključujemo da je postavljanje težeg dela spojnice znatno povoljnije izvesti na strani elektromotora. Ukoliko se teži deo postavlja na strani reduktora onda njena masa mora biti manja od  $400 \text{ kg}$ . Može se zaključiti da u nekim slučajevima modeliranje vratila sa grednim (linijskim) elementima, sa aspekta inženjerske tačnosti sa maksimalnom greškom od  $10\%$ , odgovara modeliranju sa zapreminskim elementima.

Za drugu, novu varijantu ulaznog vratila koja je data na Slici 10, kod dinamičkog proračuna ovog ulaznog vratila, dobijamo vrednost prve frekvence od  $61.0 \text{ Hz}$ , prikazanu kao savijanje u vertikalnoj ravni. Vratilo je skraćeno za  $220 \text{ mm}$ . Ostale frekvence su i ovde znatno veće pa se neće uzimati u obzir. Opterećenje koje je ovde prikazano odnosi se na simulaciju hidrodinamičke spojnice koja je prikazana kao masa, kao i u prvom slučaju. Broj obrtaja pogonskog elektromotora iznosi  $980 \text{ min}^{-1}$ , što izaziva pobudu na frekvenci od  $16.3$ . Skraćenjem vratila dobilo se na krutosti istog što se i manifestovalo podizanjem vrednosti prve frekvence, pri čemu je i evidentno da se i frekvence pobude od  $2X$ ,  $3X$  i  $4X$  ne poklapaju sa prvom frekvencijom vratila odnosno ne ulaze u rezonantno polje.

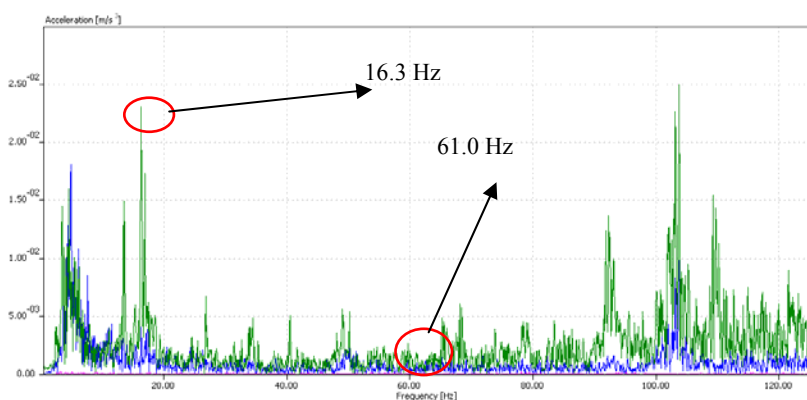
Na Slici 12 dat je signal u frekventnom domenu na karakterističnom mestu ulaznog vratila reduktora pogona rotora bagera SRs 2000. Ulazno vratilo na ovom reduktoru nije redizajnirano već ima dužinu veću za  $220 \text{ mm}$  od stare varijante ulaznog vratila reduktora. Karakteristično mesto merenja vibracija ulaznog vratila, odnosno dobijanje signala koji će pokazati stvarno stanje ulaznog vratila je na kućištu (glavčini) ulaznog vratila.



*Slika 12. Frekventni signal ubrzanja mernog mesta glavčine ulaznog vratila reduktora pogona rotora bagera SRs 2000 sa izdvojenim frekventnim signalom ubrzanja na  $16.3 \text{ Hz}$  i  $34.3 \text{ Hz}$*

Ovde su takođe izdvojena dva signala koja karakterišu ulazno vratilo reduktora pogona rotora bagera SRs 2000. Izdvojen signal na 16.3 Hz je signal obrtanja vratila na  $980 \text{ min}^{-1}$ , a signal na 34,3 Hz je prva sopstvena frekvenca ovog vratila u ravni koja je vrlo bliska drugom harmoniku pobude (Slika 12). Manja prva sopstvena frekvenca ukazuje, kod ovog vratila, na manji nivo krutosti, iako je povećana masa, ali koja je geometrijski nepravilno raspoređena (duži konzolni deo prema spojnici odnosno elektromotoru).

Na Slici 13 dati su signali u frekventnom domenu merenja na karakterističnom mestu ulaznog redizajniranog vratila reduktora pogona rotora bagera SRs 2000.



*Slika 13. Frekventni signal ubrzanja mernog mesta glavčine ulaznog vratila reduktora pogona rotora bagera SRs2000 sa izdvojenim frekventnim signalom ubrzanja na 16.3 Hz i 61 Hz*

Izdvojena su dva signala koja karakterišu ulazno vratilo reduktora pogona rotora bagera SRs 2000. Vratilo je rekonstruisano, odnosno smanjeno za 220 mm što je uticalo na krutost vratila i celog podsklopa. Izdvojen signal na 16.3 Hz je signal obrtanja vratila na  $980 \text{ min}^{-1}$ , a signal na 61 Hz je prva sopstvena frekvenca ovog vratila u ravni (Slika 4). Amplitude su dosta male za ovaj sistem što ukazuje na dobru dimenzionisanost i nivo krutosti, a pojave klizanja signala su nastale od krutosti sistema odnosno od podmazivanja istih na karakterističnim signalima elemenata koji su u sistemu podmazivanja.

Amplitude rekonstruisanog ulaznog vratila su dosta manje u odnosu na staro vratilo:

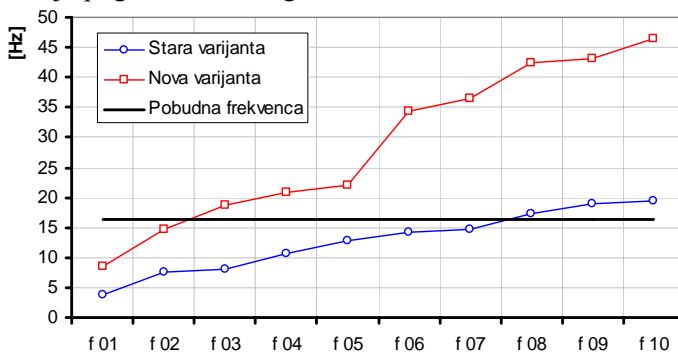
- odnos amplituda pobudnih frekvenci na 16.3 Hz:  
 $7.5 \cdot 10^2 \frac{m}{s^2} > 2.25 \cdot 10^2 \frac{m}{s^2}$ , odnos 1:3.3;
- odnos amplituda prvih sopstvenih frekvenci (34.3 Hz i 61 Hz):  
 $2.6 \cdot 10^2 \frac{m}{s^2} > 1.80 \cdot 10^3 \frac{m}{s^2}$ , odnos 1:14.4

Štaviše, ponašanje cele pogonske grupe je bolje sa manjim nivoom amplituda i višim frekvencama. U tabeli 2 dat je uporedni pregled prvih 10 sopstvenih frekvenci dinamičkog proračuna za oba slučaja i iz te tabele se može videti i odnos nivoa krutosti stare i nove varijante.

Tabela 2. Prvih 10 sopstvenih frekvenci stare i nove varijante pogona rotora bagera SRs 2000

Hz	f <sub>01</sub>	f <sub>02</sub>	f <sub>03</sub>	f <sub>04</sub>	f <sub>05</sub>	f <sub>06</sub>	f <sub>07</sub>	f <sub>08</sub>	f <sub>09</sub>	f <sub>010</sub>
Stara varijanta	3.7	7.6	8.0	10.7	12.9	14.1	14.8	17.3	18.9	19.5
Nova varijanta	8.6	14.6	18.7	20.8	22.1	34.3	36.5	42.5	43.1	46.5

Na Slici 14 dat je uporedni dijagram prvih deset frekvenci starog i novog rešenja pogona rotora bagera SRs 2000.



Slika 14. Prvih deset sopstvenih frekvenci stare i nove varijante pogona rotora bagera SRs 2000 i frekvencija ulaznog vratila reduktora i vratila rotora elektromotora

Ulazno vratilo reduktora odnosno vratilo rotora elektromotora predstavlja glavni pokazatelj dinamičkog ponašanja pogonske grupe. Vratilo mora imati dovoljni nivo krutosti (višu sopstvenu frekvencu) i mora biti optimizirano sa aspekta dimenzionisanosti i geometrije, odnosno da konzolni deo prema spojnici mora biti manji ili jednak

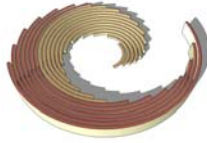
rastojanju između ležajeva u reduktoru. Na taj način se izbegava preklapanje sopstvene frekvence vratila sa frekvencom obrtanja odnosno pobudom, a samim tim postoji i mogućnost postavljanja spojnice na strani ulaznog vratila reduktora.

### 3. ZAKLJUČAK

Dinamičko ponašanje pogonske grupe rotora rotornog bagera umnogome zavisi od tipa reduktora, načina izvedene noseće strukture, momentne poluge odnosno nosača motora, oslonaca pogonske grupe, starosti i vremena rada pogonske grupe (pojave zazora i veće ishabanosti elemenata za prenos obrtnog momenta), različitih konstruktivnih izvedbi elemenata (vratila, zupčanika, ležajeva), ulaznih osnovnih parametara (ulazni broj obrtaja, zamajni moment, sila na radnom organu odnosno uticaj radne sredine, struja, napon). Element koji pokazuje tehnički ispravno dinamičko ponašanje je onaj kod koga je frekvencija prve oscilacije visoka, a razmak između susednih karakterističnih frekvencija veliki, i obrnuto. Vibrodijagnostika ima uticaja na donošenje ispravnog stava o stanju pogonske grupe. Potrebno je sistemski meriti vibracije i samim tim i praćenje trenda porasta vibracija na karakterističnim tačkama. To može ukazati na uzrok pojave anomalije i eventualnu preventivnu intervenciju na određenom mestu, odnosno preduprediti havarijsku posledicu.

### Literatura

1. Jovančić P., Tanasijević M., Ignjatović D.: Relation between numerical model and vibration: Behavior diagnosis for bucket wheel drive assembly at the bucket wheel excavator, *Journal of Vibroengineering*, Vol. 12, Issue 4, p. 500-513, 2010
2. Jovančić P., Ignjatović D., Tanasijević M., Maneski T.: Load-bearing steel structure diagnostics on bucket wheel excavator, for the purpose of failure prevention, *Journal of engineering failure analysis*, Vol. 18, p. 1203-1211, 2011
3. Jovančić P., Čelović Š., Ignjatović D., Maneski T.: Redesigning components of power transmission according to numerical model and vibration diagnostics, *Journal of vibroengineering*, Vol. 15, Issue 3, p. 1322-1329, 2013
4. Damjanović V., Jovančić P.: Validation of bucket wheel drive component model through vibration monitoring: A torque arm key study, *Journal of vibroengineering*, Vol. 16 (3), pp. 1212-1218, 2014



**SISTEMSKA ANALIZA RIZIKA POSLOVNOG SISTEMA U  
POVRŠINSKOJ EKSPLOATACIJI**

**SYSTEMATIC ANALYSIS OF THE BUSINESS SYSTEMS RISK  
IN SURFACE MINING**

Jovičić V.<sup>1</sup>, Pavlović V.<sup>2</sup>

**Apstrakt**

Sistem površinske eksploatacije sa aspekta angažovanih resursa i dinamičnosti predstavlja veoma kompleksan poslovni sistem u kojem uz povećanje kompleksnosti sistema raste i njegova ranjivost odnosno povećanje rizika ostvarenja poslovnih rezultata ili povećanje rizika ponašanja sistema u planiranim okvirima. Upravljanje rizikom je aspekt upravljanja poslovnim sistemom koji ima podržavajuću ulogu u ostvarivanju zahtevanog (projektovanog ili održivog) stanja sistema površinske eksploatacije, koji je zasnovan na identifikaciji i kontroli onih oblasti i događaja koji su potencijalni izazivači neželjenih promena u sistemu. Zbog toga je upravljanje rizikom jedan od osnovnih elemenata sveukupnog upravljanja kompleksnim i dinamičnim sistemom kakav je sistem površinske eksploatacije.

***Ključne reči:*** sistem, površinska eksploatacije, upravljanje, rizik

---

<sup>1</sup> Jovičić Vladan, dipl.ing.rud., Elektroprivreda Srbije, PD RB Kolubara, Lazarevac

<sup>2</sup> Pavlović Vlada, dipl.ing.rud., Elektroprivreda Srbije, PD RB Kolubara, Lazarevac

## **Abstract**

The system of surface mining in terms of the engaged resources and dynamics represents a very complex business system in which with increasing of the system complexity is increases its vulnerability, that is, risks increasing to achieve business results or the system behavior risks increasing within the planned frameworks. Risk management is an aspect of business system management having a supportive role in achieving the required (designed or sustainable) surface mining system condition, which is based on the identification and control of those areas and events being a potential challengers of undesirable changes in the system. Therefore, risk management is an essential element of the overall management by complex and dynamic system such as the system of surface mining.

**Keywords:** system, surface mining, management, risk

## **1. UVOD**

Sistem površinske eksploatacije predstavlja skup organizaciono strukturiranih i uređenih poslovnih procesa koji angažovanjem prirodnih, tehničko-tehnoloških, materijalnih i ljudskih resursa uz stalni uticaj eksternog okruženja, treba da obezbedi racionalno iskorišćenje ležišta i ekonomično i sigurno dobijanje mineralnih sirovina. Ako se u sve ovo još uključi i njegova dinamičnost onda se dobija jasna slika ukupne kompleksnosti sistema površinske eksploatacije. Takođe, uz povećanje kompleksnosti sistema površinske eksploatacije raste i njegova ranjivost, odnosno povećanje rizika ostvarenja poslovnih rezultata ili povećanje rizika ponašanja sistema u planiranim okvirima. U savremenim poslovnim sistemima sve je više prisutna praksa upravljanja rizicima. Upravljanje rizicima je proces menadžmenta poslovnog sistema kojim se obezbeđuje da poslovni sistem funkcioniše u granicama bezrizičnog stanja i kroz koji se potvrđuje poslovna opravdanost izbora sigurnosnih rešenja i kontrola koje će osigurati dovoljan i ekonomski opravdan nivo sigurnosti sistema.

## 2. KARAKTERISTIČNA STANJA SISTEMA POVRŠINSKE EKSPLOATACIJE SA ASPEKTA RIZIKA

Ravnotežno stanje sistema (projektovano) površinske eksploatacije predstavlja sumu stanja karakteristika pojedinih entiteta sistema (rezerve mineralne sirovine, tehnološki parametri kopa, tehničko-tehnološki parametri opreme, ljudski i materijalni resursi). Pod karakteristikama uglavnom se podrazumeva kompleks karakteristika koje zahtevaju interni korisnici (performanse, raspoloživost, pouzdanost) i šira društvena zajednica (bezbednost, zaštita zdravlja, zaštita životne sredine, društvena odgovornost) da bi se ispunila vizija i misija poslovnog sistema.

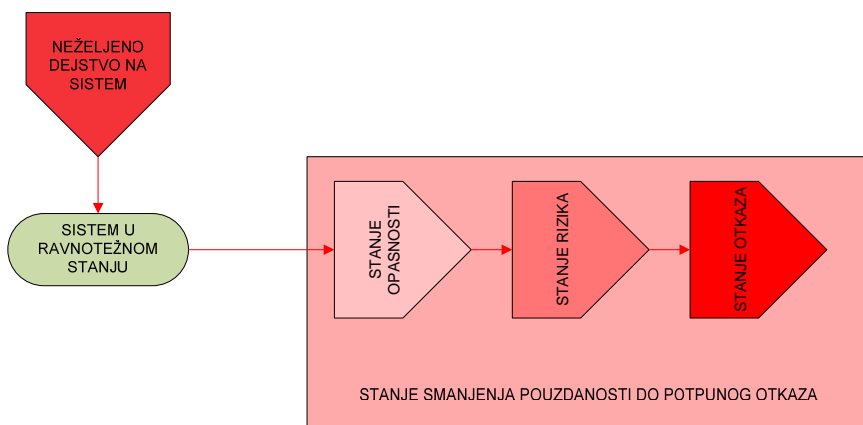
Stanje sistema površinske eksploatacije se menja shodno promenama uslova i načina egzistencije sistema. U toku svoje egzistencije sistemi su izloženi uticaju mnogih spoljašnjih i unutrašnjih faktora. Oni mogu dovesti do neželjene promene stanja, odnosno ponašanja sistema, i u konačnom ishodu do otkaza sistema.

Svaka promena stanja uzrokovana je promenom parametra stanja. Parametri koji određuju tekuće stanje sistema mogu se podeliti u četiri grupe:

- parametri koji karakterišu ulazne veličine sistemi  
 $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$
- parametri koji karakterišu upravljačka dejstva  
 $B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$
- parametri koji karakterišu pokazatelje kvaliteta sistema  
 $C = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}$
- parametri koji karakterišu nepoželjna dejstva  
 $D = \{d_1, d_2, \dots, d_d\}$

Parametri skupova A, B i C se mogu kontrolisati u procesu funkcionisanja sistema i nazivaju se kontrolisani parametri. Oni su ograničeni i formiraju oblast dozvoljenih vrednosti ulaznih, upravljačkih i izlaznih veličina sistema. Granice ovih oblasti određuju se projektovanjem sistema površinske eksploatacije. Parametri skupa D, najčešće su nekontrolisani i formiraju oblast nedozvoljenih vrednosti za sistem. Da bi iz stanja nekontrolisanih prešli u stanje kontrolisanih parametara, savremeni menadžment koristi tehnike upravljanja rizicima. U slučaju kada proces upravljanja rizicima nije integrisan u integralno upravljanje poslovnim procesima tada najčešće dolazi do smanjene pouzdanosti poslovnog sistema i to od stanja opasnosti i stanja rizika, kada je sistem i dalje funkcionalan do stanja potpunog otkaza (Slika 1).





*Slika 1. Karakteristična stanja sistema*

Stanje opasnosti je stanje sistema u kome postoji verovatnoća nekontrolisanog ponašanja sistema. Ovo stanje potencijalno je prisutno u svim sistemima, i uvek je posledica funkcionisanja sistema. Naime, ako je sistem prepušten sam sebi on uvek teži stanju maksimalne entropije, odnosno stanju koje odgovara maksimalnom stepenu dezorganizacije. Ovakvo stanje sistema po pravilu, uvek karakteriše pojava faktora opasnosti.

Stanje rizika sistema nastaje kada se u polju dejstva faktora opasnosti nađu nezaštićeni elementi sistema ili okruženja. S obzirom na stepen opasnosti i vreme izloženosti faktorima opasnosti, posledice uticaja na promenu stanja sistema mogu biti različite. Ako ne izazivaju potpunu degradaciju sistema, smatraju se kompenzovanim od strane sistema. U suprotnom, sistem prelazi u stanje otkaza.

Ova dva stanja sistema su stanja kada po sistem nastaje šteta koja se ne tretira kao poslovni gubitak sistema.

Stanje otkaza sistema je stanje realizovanog rizika pri čemu nastaje šteta koja se tretira kao poslovni gubitak sistema.

### **3. SISTEMSKA ANALIZA RIZIKA**

Termin rizik najčešće se definiše kao:

- Mogućnost gubitka ili izlaganje takvoj mogućnosti;
- Mera verovatnoće da će se štetne posledice po život, zdravlje, svojину i/ili životnu sredinu javiti kao rezultat neke određene opasnosti;

- Mogućnost da se potencijalna opasnost ostvari prilikom i u uslovima korišćenja i/ili izlaganja i mogući značaj štete;
- Kompleksna osobina kojom se jednovremeno opisuje verovatnoća nastanka štetnih događaja i očekivana veličina posledice tih događaja u zaokruženom sistemu i tokom utvrđene dužine vremenskog intervala;
- Stanje u kome postoji mogućnost štetne devijacije u odnosu na željeni ishod.

Navedene definicije rizika sadrže dve osnovne odrednice: nedeterminisanost i gubitak. O riziku se može govoriti u slučaju da:

- Postoje najmanje dva ishoda jednog događaja;
- Najmanje jedan ishod nije poželjan.

Činjenica da postoji više ishoda jednog događaja uslovljava nedeterminisanost, a činjenica da ishod posmatranog događaja može biti različit od željenog ukazuje na mogućnost gubitka.

Sa stanovišta systemske analize zahtevano stanje sistema predstavlja željeni ishod funkcionisanja sistema (željena stanja i/ili ponašanje) dok se sva odstupanja od zahtevanog stanja, kao nepoželjna, tretiraju kao šteta, odnosno gubitak sistema. Gubitak može biti narušavanje performansi sistema (tehničko tehnološke karakteristike opreme na površinskom kopu, kvalitet i rezerve mineralne sirovine, tehnološki parametri površinskog kopa, organizacioni parametri poslovnog sistema itd.), ugrožavanje materijalnih dobara (oprema, objekti površinskog kopa i dr.), bezbednosti i zdravlja ljudi, narušavanje ekološke ravnoteže itd.

Uopšteno, rizik predstavlja kombinaciju verovatnoće pojave neželjenog događaja i posledicu dejstva tog događaja.

Rizik (R) za pojedini resurs ili sistem u celosti procenjuje se procenom njegove vrednosti (*asset value* - AV), ranjivosti tog resursa ili sistema (*vulnerability* - V), pretnji koje mogu iskoristiti te ranjivosti (*threat* - T), verovatnoće ostvarenja pretnji (*probability* - P) i posledicama (*impact* - I).

Matematički, rizik predstavlja funkciju navedenih varijabli:

$$R = f(AV, V, T, P, I)$$

Takođe, da bi se rezultati procene rizika mogli smatrati valjanim, sam proces mora zadovoljiti sledeće kriterijume:

- jednoznačnost,
- objektivnost i
- pouzdanost.

Za očekivanu vrednost rizika u praksi se često koristi samo termin rizik. Međutim, treba praviti razliku između rizika kao stanja sistema iz

koga može da proistekne rizičan događaj i očekivane vrednosti rizika kao pokazatelja efekata realizacije rizičnog događaja.

Kvantitativna vrednost očekivane vrednosti rizika (R), dobijena na osnovu datog matematičkog izraza, predstavlja meru rizika. Međutim, ona ne daje uvid u posmatranu rizičnu situaciju u smislu da li se radi o situaciji veoma male verovatnoće veoma velikog gubitka, ili o situaciji veoma velike verovatnoće veoma malog gubitka. Ona, takođe, ne uzima u obzir aspekt vremena. Naime, posledica mora biti povezana sa njenim razvojem u toku vremena. Sa druge strane, često ne postoji precizno znanje o verovatnoći pojave različitih rizičnih događaja i/ili o vrednovanju uticaja (efekata) ovih događaja.

Analizom statistički značajnog broja rizičnih događaja utvrđene su sledeće zakonitosti njihove realizacije:

- Rizični događaji se mogu posmatrati kao nizovi slučajnih događaja sa Poasonovim zakonom raspodele na ograničenim vremenskim intervalima i eksponencijalnim zakonom raspodele vremena između njihovog pojavljivanja;
- Realizacija rizičnih događaja nije posledica pojedinačnih uzroka, već rezultat pojave i razvoja uzročnog lanca događaja;
- Pojavu uzročnog lanca iniciraju unutrašnji i/ili spoljašnji poremećaji.

Tipični uzročni lanac rizičnog događaja sadrži sledeće događaje:

- Otkaz pojedinih elemenata sistema (unutrašnji poremećaji);
- Pojavu faktora opasnosti na neočekivanom mestu i/ili u neočekivano vreme;
- Neispravnost ili nepostojanje zaštitnih sredstava i/ili neadekvatno ponašanje (novi otkazi) elemenata sistema u novim uslovima funkcionisanja;
- Dejstvo faktora opasnosti na elemente sistema i/ili okruženja.

Sistemsom analizom rizika u površinskoj eksploataciji, rizici se mogu klasifikovati prema različitim kriterijumima.

Prema uzroku:

- Biološki rizici, (negativan uticaj površinske eksploatacije na bezbednost i zaštitu zdravlja zaposlenih i ljudi iz okruženja kao i negativan uticaj na životnu sredinu);
- Hemijski rizici, koji predstavljaju hemijske komponente koje se koriste pri površinskoj eksploataciji ili su proizvod površinske eksploatacije a koje imaju negativan uticaj na bezbednost i zaštitu zdravlja zaposlenih i ljudi iz okruženja kao i negativan uticaj na životnu sredinu;

- Fizički rizici, koji predstavljaju fizičke komponente (buka, vibracije, jonizujuće i nejonizujuće zračenje, neodgovarajuća oprema i dr.) koje mogu uzrokovati bolest, povredu ili udes kako zaposlenih tako i ljudi iz okruženja;
- Tehničko-tehnološki rizici koji su vezani za tehnologiju eksploatacije kao i tehničko tehnološke parametre angažovane opreme na površinskom kopu i drugim rudničkim objektima, kvalitet i rezerve mineralne sirovine i dr.

Prema obimu:

- Specifični (parcijalni) rizici, koji su identifikovati i čiji je obim utvrđen i vezani su uglavnom za neki element sistema površinske eksploatacije;
- Generalni (globalni) rizici, koji tek treba da se u potpunosti identifikuju u pogledu mogućih hazardnih situacija.

Prema dinamici razvoja:

- Udesni rizici, koji imaju veliku brzinu razvoja i ako se ne preduzmu adekvatne mere oni progresivno postaju sve veći i uglavnom su vezani za rad opreme ali su neretko vezani i za ležišne uslove (stabilnost, odvodnjavanje itd.);
- Kumulativni rizici, koji se sporo razvijaju i tokom kojih se degradacione pojave akumuliraju češće su vezani za ležišne uslove, a manje za rad opreme na površinskom kopu:

Prema načinu donošenja odluka za preuzimanje rizika postoje:

- Dobrovoljno preuzeti rizici, obazrivo i promišljeno preuzeti rizici na određenom individualnom nivou i rezultat su svesne odluke;
- Nametnuti rizici, koji se nalaze izvan kontrole pojedinca i rezultat su tzv. *tvrdoglave* odluke.

Prema mogućnostima upravljanja rizikom:

- Upravljivi rizici;
- Neupravljivi rizici, ili rizici kojima je nemoguće upravljati na način da sistem ostane u dozvoljenim granicama.

Prema nivou upravljanja, rizici mogu biti:

- Rizici na nivou izvršenja (operativni menadžment);
- Rizici na nivou srednjeg nivoa upravljanja (srednji menadžment);
- Rizici na nivou strateškog upravljanja (strateški menadžment).

Prema karakteru efekata rizika postoje:

- tehnološki rizici,

- tehnički rizici,
- rizici podrške,
- rizici performansi sistema površinske eksploatacije,
- rizici bezbednosti i zaštite zdravlja,
- ekološki rizici,
- materijalni rizici,
- finansijski rizici.

#### **4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA**

Sistemska shvatanje rizika zahteva nov pristup tretiranju problema rizika sistema površinske eksploatacije kao neodvojivog aspekta svih nivoa upravljanja, a posebno najvišeg menadžmenta.

Upravljanje rizikom je aspekt upravljanja poslovnim sistemom koji ima podržavajuću ulogu u ostvarivanju zahtevanog (projektovanog ili održivog) stanja sistema površinske eksploatacije, koji je zasnovan na identifikaciji i kontroli onih oblasti i događaja koji su potencijalni izazivači neželjenih promena u sistemu. Stoga se upravljanje rizikom uključuje u sva tri generalna nivoa upravljanja:

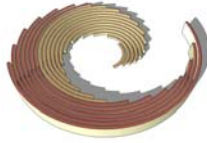
- Operativni menadžment;
- Srednji menadžment;
- Strateški menadžment.

Obzirom da su pomenuti nivoi upravljanja poslovnim sistemom sadržani u svim fazama životnog ciklusa sistema, i da se u svakoj od njih mogu javiti neuspesi i krizne situacije, to je upravljanje rizikom uključeno u kroz ceo životni ciklus poslovnog sistema.

Ovo ukazuje da je upravljanje rizikom jedan od osnovnih elemenata sveukupnog upravljanja kompleksnim i dinamičnim sistemom kakav je sistem površinske eksploatacije.

#### **Literatura**

1. Sage, A.: Systems Engineering for Risk Management, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 1995
2. Vaughan, E. J.: Risk Management, John Willey & Sons, New York, 1997
3. Pavlović V.: Sistemi površinske eksploatacije, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 1998



## KRITERIJUMI OCENE PERSPEKTIVNOSTI KOLUBARSKOG BASENA

### ASSESSMENT CRITERIA PERSPECTIVE KOLUBARA BASIN

Kezović M.<sup>1</sup>

#### **Apstrakt**

Vrednovanje ugljunosnih basena i ležišta uglja može se vršiti prema kriterijumima koji su svrstani u tri grupe: 1. Genetski kriterijumi (sagledavanje postupka nastanka ugljunosne serije u određenim sedimentacionim prostorima), 2. Postgenetski kriterijumi (proces koji se javlja nakon stvaranja ugljunosne serije) i 3. Geološko-ekonomski kriterijumi (analiza geoloških parametara i rudarsko-tehničkih uslova). U pitanju je jedan složen sistem vrednovanja razrađen u studiji *Potencijali ugljunosnih basena Srbije*. Prilikom analize Kolubarskog basena i pojedinačnih ležišta daće se akcenat na Geološko-ekonomske kriterijume (vrsta i kvalitet uglja, dimenzije ugljunosnog basena i ležišta uglja, građa ugljunosne serije i ugljenih slojeva, ugljunosnost basena i rudarsko-tehnički kriterijumi).

***Ključne reči:*** kriterijumi, perspektivnost, Kolubarski basen, ležišta uglja.

---

<sup>1</sup> Mr Kezović Miodrag, dipl.ing.geol., Elektroprivreda Srbije, PD RB Kolubara, Lazarevac

## Abstract

Evaluation coal basins and coal deposits can be made according to the criteria which were divided into three groups: 1. Genetic criteria (assessment of occurrence of coal-bearing series of proceedings in certain sedimentation areas), 2. Postgenetic criteria (processes that occur after the formation of coal-bearing series), 3. Geological-economic criteria (analysis of geological and mining parameters and technical requirements). It is a complex evaluation system developed in the study *Potential coal-bearing basin Serbia*. During the analysis Kolubara basin and individual deposits will give emphasis in Geology and economic criteria (type and quality of coal, dimension coal basins and deposits of coal, lumber and coal-bearing series of coal seams, coal basin and mining-technical criteria).

**Keywords:** criteria, prospects, Kolubara basin, coal deposits.

## 1. UVOD

Svestranom analizom i sagledavanjem svih relevantnih parametara za ocenu perspektivnosti ugljonosnog basena i ležišta uglja pristupljeno je rangiranju rudnika. Na taj način se dobija jasna slika o potencijalnosti i besperspektivnosti pojedinih delova ležišta, definiše se prostor za dalja geološka istraživanja i razvoj uz ekonomsku opravdanost u uložena sredstva.

Za ovakvu analizu bilo je neophodno koristiti brojne rezultate istraživanja dobijene primenom metodoloških postupaka iz različitih geoloških oblasti (paleogeografska analiza, strukturno-facijalna analiza, sedimentološka metoda, petrografska istraživanja, geološko kartiranje, istražno bušenje i dr.).

Takođe je bilo veoma važno izvršiti sintezu velikog broja podataka i dati što je moguće bolji tekstualno-tabelarno-grafički prikaz kriterijuma za vrednovanje ugljonosnog basena i pripadajućih ležišta/polja uglja. Prilikom analize i prikaza ukupnih rezervi i parametara kvaliteta uglja po ležištima korišćeni su ažurirani podaci iz *Knjige rezervi mineralnih sirovina* [5].

## 2. KRITRIJUMI OCENE PERSPEKTIVNOSTI UGLJONOSNOG BASENA

**Genetski kriterijumi-faktori** imaju presudni značaj za početni period formiranja i razvoj ugljonosne serije (formiranje sedimentacione sredine, akumulacija materijala i stvaranje litofacijalnih tvorevina). Za ocenu perspektivnosti ugljonosnog basena najnačajniji su sledeći kriterijumi:

**Tip i geostrukturalna pozicija basena.** Basen predstavlja zalivsku panonsku depresiju razvijenu u sklopu tektonske jedinice rova Save.

**Paleotektonski i paleogeografski uslovi.** Danas basen zahvata središnji i donji tok reke Kolubare. Sa paleotektonskog stanovišta razlikuje se preneogeni i neogeni stadijum razvoja. Neogeni razvoj počinje u badenu formiranjem zaliva u tektonsko-eroziono predisponiranoj potolini. U periodu trajanja kolubarskog zaliva karakteristične su povremene oscilacije nivoa vode koje su dovele do pomeranja južne granice, a samim tim su uslovile i manje raznolikosti paleogeografskih uslova.

**Litološka obeležja i facijalni razvoj basena.** Kolubarski basen izgrađen je od paleozojskih, mezozojskih, neogenih i kvartarnih tvorevina.

**Paleozojske (Pz)** metamorfne stene su ustanovljene u J, JZ i JI delu terena (čine direktnu podlogu produktivnim gornjepontskim naslagama). **Mezozojske (Mz)** sedimentne naslage su trijaske starosti, a prisutne su i magmatske stene (vulkaniti) u gornjekrednim sedimentima, posebno u JI delovima basena.

**Neogene tvorevine (Ng)** imaju najveće rasprostranjenje i litološku raznovrsnost. Neogen čine sedimenti donjeg, srednjeg (baden, sarmat) i gornjeg (panon, pont) miocena.

U sastav slatkovodnog donjeg miocena ( $M_1$ ) ulaze peskoviti laporci, tufiti i glinci. Peskovi, šljunkoviti peskovi i šljunkovi ulaze u sastav badenskih naslaga ( $M_2^1$ ), dok je sarmat ( $M_2^2$ ) određen prisustvom tri horizonta: glinovito-laporovitim, peskovitim i krečnjačkim horizontom. Facija panonskog kata ( $M_3^1$ ) sadrži peskove, ređe šljunkove, peskovite i alevritične gline, alevrite i u manjoj meri laporce.

Pontski kat -  $M_3^2$  (donji -  $^1M_3^2$  i gornji -  $^2M_3^2$ ) ima najveće rasprostranjenje na prostoru Kolubarsko-tamnavskog basena i predstavljen je peskovito-glinovitim sedimentima. Reč je o seriji laporovitih i alevritskih glina, alevrita i ređe zaglinjenih peskova u donjem pontu i peskova, alevrita, glina i **ugljonosne serije** u gornjem pontu.



### **Sedimentološke i tektonske karakteristike ugljunosne serije.**

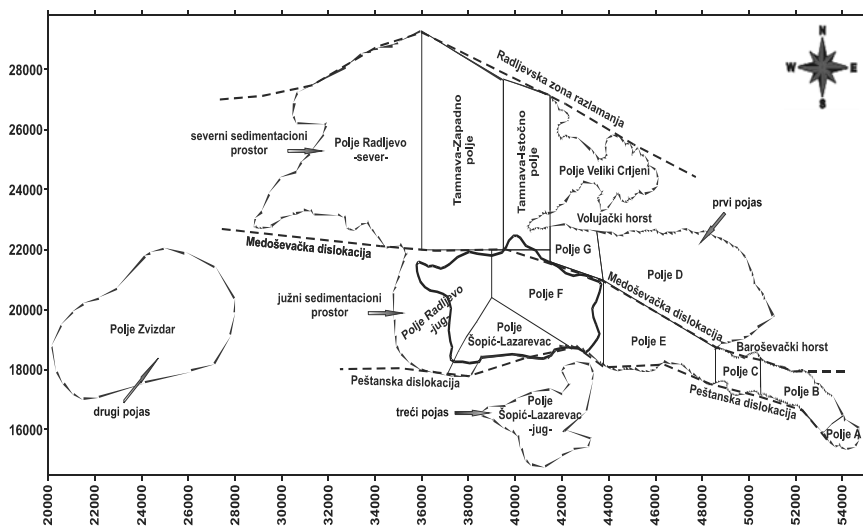
Složena ugljunosna serija je stvorena u dva sedimentaciona prostora (**severni i južni**), koji su međusobno razdvojeni Medoševačkom dislokacijom i podeljena u tri pojasa razvića (prvi pojas - kontinuirano razviće ugljunosne serije u ležištu, drugi pojas - razviće ugljunosne serije na prostoru polja *Zvizdar* i treći pojas - razviće ugljunosne serije na prostoru južnog dela polja *Šopić-Lazarevac*).

U okviru južnog dela produktivnog basena ispoljen je maksimalan uticaj Medoševačkog razloma uslovljavajući stvaranje ugljunosne serije na najvećim dubinama (asimetrična sinklinala izdužena pravcem istok-zapad, najprodubljenija na polju *F*), sa maksimalnim debljinama, ali i sa najintenzivnijim raslojavanjem.

Severni deo produktivnog basena takođe predstavlja sinklinalu sa središtem na polju *Tamnava-Istok* i manje izraženom morfoloijom u odnosu na sinklinalu južnog dela basena.

Tvorevine gornjeg ponta su posebno značajne jer su nosioci velikih količina ugljene materije, čija je debljina veoma promenljiva. Zapravo, od nekadašnjeg polja *A* na istoku pa do polja *F*, prisutna su dva ugljena sloja. U pravcu juga i polja *F* su izdiferencirana tri ugljena sloja složene građe. U severoistočnom delu basena konstatovano je prisustvo prostog, homogenog, neporemećenog, pretežno horizontalnog ugljenog sloja postojane debljine - polje *D* i *G*, koji je delimično redukovano erozijom - polje *Veliki Crljeni* i polje *Tamnava-Istok*. Diferencijalni pokreti su doveli do stvaranja blokovske građe sa jalovim horstovima (volujački i baroševački). U severozapadnom delu basena izraženo je prisustvo složenog ugljenog sloja razvijenog u blagoj sinklinali, koji je erodovan i *snažno se raslojava u pravcu zapada i juga - Tamnava-Zapadno Polje, polje Radljevo i polje Zvizdar*. Debljina gornjepontskih naslaga, uključujući ugljunosnu seriju, kreće se u intervalu 150-320 m (Slika 1).

**Kvartarne tvorevine (Q).** Akumulacije kvartarnih tvorevina su vezane za rečne doline, gde se pojavljuju u vidu aluvijalnih nanosa (al), rečnih terasa (t) i deluvijalno-proluvijalnih naslaga (d+pr). U sastav aluvijalnih naslaga ulaze šljunkovi, peskovi i gline. Sastav rečnih terasa određuju facija korita (šljunkovi i srednjezrni peskovi) i facija povodnja (alevriti i alevritske gline), a u sastav deluvijalno-proluvijalnih naslaga ulaze sugline i supeskovi.



*Slika 1. Pregledna karta prostiranja složene ugljunosne serije po poljima sa ucrtanom konturom intenzivnog raslojavanja*

Postgenetski kriterijumi-faktori podrazumevaju sagledavanje procesa koji se javljaju posle ispunjavanja basena i stvaranja ugljunosne serije. Za ocenu perspektivnosti ugljunosnog basena od posebnog su značaja:

**Tektonska građa basena.** Na strukturni izgled Kolubarskog basena uticali su: paleoreljef i tektonski odnosi u njegovoj podlozi (rasedi pravca pružanja I-Z i SZ-JI), predneotektonska faza oblikovanja (diferencijalnim pokretima stvorene depresije) i neotektonska faza oblikovanja (diferencijalnim pokretima stvorena blokovsko-rovovska struktura). Za vreme starije neotektonske faze procesi stalnog izdizanja obodnih delova basena su kompenzovani diferencijalnim tonjenjem blokova unutar basena. U periodu relativnog mirovanja, za vreme gornjeg pontaa, došlo je do stvaranja debelih naslaga uglja. Tada je veći deo sedimentacionog prostora bio denivelisan, o čemu svedoči gotovo horizontalno pružanje ili blag pad ( $1-5^\circ$ ) ugljunosne serije. Pad ugljunosne serije je znatno veći uz same rasedne strukture, i do  $45^\circ$ . U mlađoj etapi neotektonskog stadijuma (od kraja pontaa do danas) karakteristični su diferencijalni pokreti sa dominacijom izdizanja (obodne i basenske horstovske strukture) i laganih spuštavanja. Diferencijalni pokreti su doveli do nabiranja ugljunosne serije u vidu plitkih i asimetričnih antiklinala i sinklinala pravca pružanja ZSZ-IJI, posebno u istočnom delu basena, i do stvaranja blokovske građe sa jalovim

horstovima (volujućki i baroševački) i tektonskim rovom dužine preko 9.5 km. Prevojna područja između izdignutih i relativno spuštenih blokova najčešće predstavljaju zone pojačane seizmičke aktivnosti (lazarevačko trusno područje).

**Egzogeni i endogeni procesi.** Dejstvo erozionog faktora na ugljunosnu seriju je ispoljeno u obodnim delovima basena i aluvionu reke Kolubare. Magmatogene aktivnosti nisu imale uticaj na ugljene slojeve, a samim tim ni na bilo kakve promene ugljunosne serije.

**Geološko-ekonomski kriterijumi** se odnose na geološke parametre i rudarsko-tehničke uslove od bitnog uticaja na ekonomičnost eksploatacije ležišta. Među ovim kriterijumima značajni su:

**Dimenzije.** Kolubarski produktivni basen obuhvata oko 600 km<sup>2</sup> površine. Ugalj za eksploataciju je zahvatao oko 167 km<sup>2</sup> ili oko 28% površine basena, a danas zahvata oko 130 km<sup>2</sup> ili oko 22% površine basena. Debljina ugljunosne serije je od 20 do 120 m<sup>7</sup>.

**Poznata ležišta uglja.** Aktivni ugljenokopi: polje *B* i *C*, polje *D*, *Tamnava-Zapadno Polje* i polje *Veliki Crljeni*.

**Istočni deo basena** ima 9 ugljunosnih polja: *A*, *B* i *C*, *D*, *E*, *F*, *G*, *Veliki Crljeni* i *Šopić-Lazarevac*. **Zapadni deo basena** obuhvata četiri ugljunosna polja: *Tamnava-Istok*, *Tamnava-Zapad*, *Radljevo* i *Zvizdar*.

**Napomena:** Na poljima *A* i *Tamnava-Istok* je završena eksploatacija.

Kvalitet	Vlaga	Pepeco	S ukupno	Koks	C-fix	Isparljive materije	Sagorljive materije	Qgv	Qdv
	%	%	%	%	%	%	%	kJ/kg	kJ/kg
	46.00	17.00	0.50	31.00	15.00	22.00	38.00	9100	7500

Rezerve Stanje na dan 31.12.2013.	Utvrđene rezerve (A+B+C1)	oko 2.72*10 <sup>9</sup> t
	Bilansne	oko 2.00*10 <sup>9</sup> t
	Potencijalne rezerve (C <sub>7</sub> +D)	oko 0.32*10 <sup>9</sup> t
	Zaključno sa 2013. godinom u basenu otkopano	oko 0.98*10 <sup>9</sup> t
	Zajedno sa jamskom eksploatacijom*	<b>1*10<sup>9</sup> t</b>

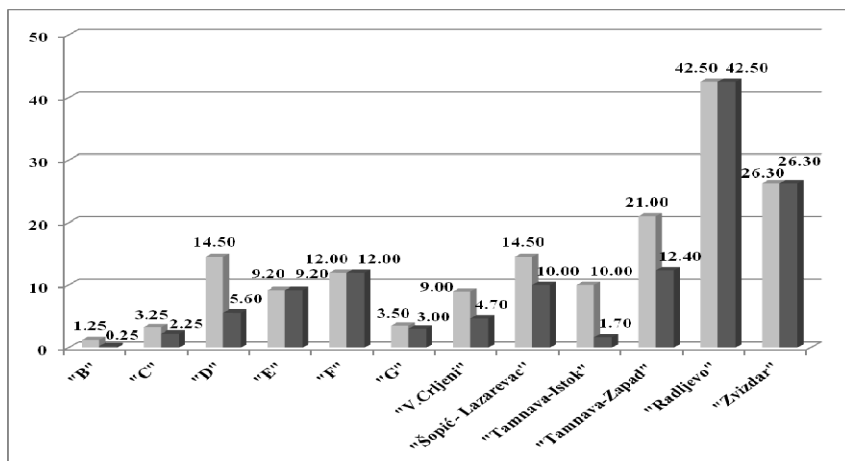
\* jamskom eksploatacijom od 1930. do 1974. godine, kada je zatvorena poslednja jama *Junkovac*, ukupno je otkopano oko 14.500.000 t uglja. Tako je, krajem 2013. godine otkopana **milijardita** tona uglja u Kolubarskom basenu.

**Stepen izučenosti basena.** Dosadašnjim istraživanjima pouzdano su utvrđene granice produktivnog dela basena. Mreža istražnih bušotina po poljima je različita. Osnovna istraživanja su u najvećoj meri završena, a trenutno se izvode detaljna istraživanja.

### 3. UPOREDNI PRIKAZ KRITERIJUMA ZA OCENU PERSPEKTIVNOSTI UGLJONOSNIH POLJA

**Starost i vrsta uglja.** U okviru ugljonosnih polja egzistuje meki mrki ugalj - lignit, gornjepontske starosti, sa svojim geološkim osobenostima.

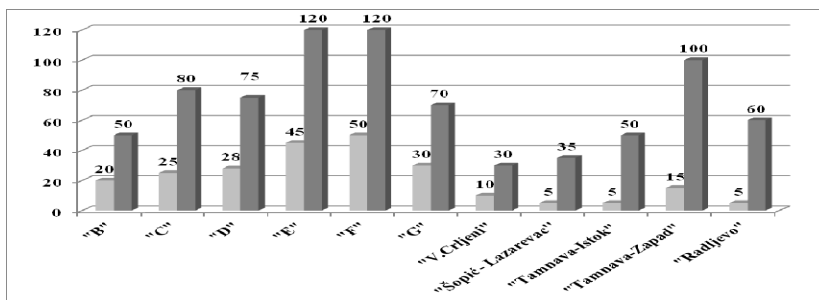
**Ugljonosna serija.** Površina prostiranja ugljonosne serije kreće se u intervalu od 0.25 km<sup>2</sup> do 42.5 km<sup>2</sup>. Nekada je površina prostiranja po poljima bila veća (od minimalnih 1.25 km<sup>2</sup> do maksimalnih 42.5 km<sup>2</sup>). Dugogodišnjom eksploatacijom je došlo do otkopavanja značajne količine uglja što je direktno uticalo na smanjenje površine prostiranja ugljonosne serije po poljima *B, C, D, Veliki Crljeni, Tamnava-Istok i Tamnava-Zapad* (Slika 2). Ovde treba imati na umu i značaj osnovnih i **detaljnih** geoloških radova u novijim fazama istraživanja koji su u velikoj meri doprineli boljem poznavanju svakog ležišta ponaosob, a samim tim i prostiranja ugljonosne serije. Npr. ležište/polje *Šopić-Lazarevac* je podeljeno koridorom površine od 4.5 km<sup>2</sup> na severni i južni deo. To je prostor gde izostaje prisustvo ugljonosne serije, te je i njena površina prostiranja korigovana.



Slika 2. Površina prostiranja ugljonosne serije po poljima (km<sup>2</sup>) (nekad-siva boja i sad-crna boja)

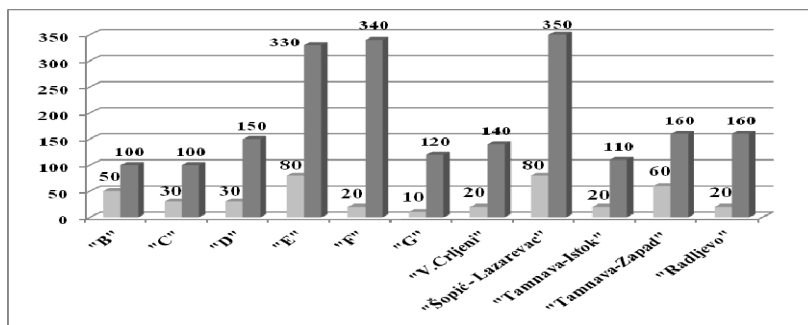
Kod analize minimalne i maksimalne debljine ugljonosne serije po poljima (Slika 3) određene su za oba slučaja minimalna, maksimalna i srednja vrednost debljine. Tako se minimalna debljina ugljonosne serije kreće u intervalu od 5 m do 50 m, dok je srednja vrednost 22 m.

Vrednosti maksimalne debljine ugljunosne serije kreću se u intervalu od 30 m do 120 m, dok je srednja vrednost 72 m.



Slika 3. Minimalana i maksimalna debljina ugljunosne serije po poljima (m)

Kod analize minimalne i maksimalne dubine do podine ugljunosne serije po poljima (Slika 4) određene su za oba slučaja minimalna, maksimalna i srednja vrednost dubine. Tako se minimalna dubina ugljunosne serije kreće u intervalu od 10 m do 80 m, dok je srednja vrednost 38 m. Vrednosti maksimalne dubine ugljunosne serije kreću se u intervalu od 100 m do 350 m, dok je srednja vrednost 187 m.



Slika 4. Minimalana i maksimalna dubina do podine ugljunosne serije po poljima (m)

**Ugljeni slojevi.** U okviru severnog i južnog dela basena, na produktivnim poljima egzistuju ugljeni slojevi različitih morfostrukturnih karakteristika (debljina, dubina zaleganja, površina prostiranja, padni ugao i dr.). Kako je već dat opis ugljenih slojeva (podnaslov *Sedimentološke i tektonske karakteristike ugljunosne serije*) ovde je predstavljen uporedni prikaz debljina ugljenih slojeva (Tabela 1).

Tabela 1. Ugljunosna polja i debljina ugljenih slojeva južnog i severnog dela basena

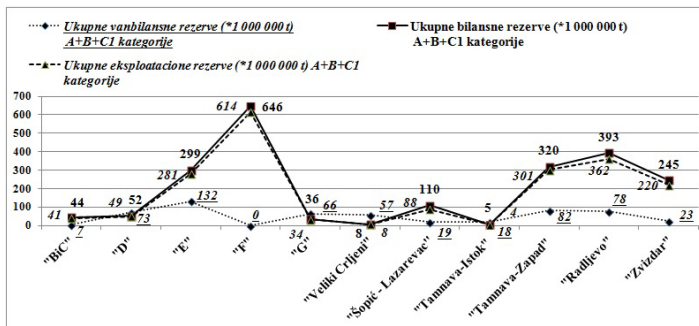
Ugljunosna polja južnog dela basena	Ugljeni slojevi		Ugljunosna polja severnog dela basena	Ugljeni sloj	
	Debljina (m)			Debljina (m)	
	I + II	III			
Polje B	20-22		4-14	Polje D	10.5-45 (29.7)
Polje C	20-25		5-20	Polje G	18-41 (29.4)
Polje E	30-50		15-20	Polje V. Crljeni	4-22 (11.7)
Polje F	15-20	20-40	3-27	Polje Tamnava-Istok	5-25 (18.3)
Polje Šopić-Lazarevac	1.0-20.0 (17.9)		-	Polje Tamnava-Zapad	0.5-26 (20.9)
				Polje Radljevo	3.5-30 (20.9)

**Napomena:** U koloni gde su prikazane vrednosti ugljenih slojeva, I i II ugljeni sloj je prisutan samo na polju F, dok je na poljima B, C i E to jedinstveni glavni ugljeni sloj (I+II). Ovakav prikaz je neophodan da bi se pravilno izvršilo povezivanje/korelacija ugljenih slojeva.

**Napomena:** U severnom delu basena prisutan je glavni (homogeni i složeni) ugljeni sloj koji se povezuje sa I+II ugljenim slojem južnog dela basena. Brojevi u zagradama predstavljaju srednje vrednosti debljina.

**Rezerve uglja** [ $*10^6$  t]. Na grafiku (Slika 5) dat je uporedni prikaz ukupnih bilansnih, vanbilansnih i eksploatacionih rezervi uglja A+B+C<sub>1</sub> kategorije po poljima sa stanjem na dan 31.12.2013. godine. Na osnovu prikaza jasno se izdvajaju ležišta/polja sa najvećim ukupnim rezervama uglja (polje F, polje E, polje Tamnava-Zapad i polje Radljevo). Statistički posmatrano:

- ukupne bilansne rezerve se kreću u intervalu od  $5*10^6$  t do  $646*10^6$  t, sa srednjom vrednošću od  $196*10^6$  t;
- ukupne vanbilansne rezerve se kreću u intervalu od 0 t do  $132*10^6$  t, sa srednjom vrednošću od  $50*10^6$  t; i
- ukupne eksploatacione rezerve se kreću u intervalu od  $4*10^6$  t do  $614*10^6$  t, sa srednjom vrednošću od  $182*10^6$  t.



Slika 5. Ukupne bilansne, vanbilansne i eksploatacione rezerve uglja po poljima ( $*10^6$  t)

**Produktivnost.** Produktivnost ležišta/polja u okviru ugljunosnog basena je pretrpela izvesne promene vrednosti usled stalnog napredovanja rudarskih aktivnosti (polje *B i C, D, Tamnava-Istok i Tamnava-Zapad*), detaljnih geoloških istraživanja i prikaza projektovanih granica polja definisanih odgovarajućom tehničkom dokumentacijom (polje *Veliki Crljeni, G, Radljevo i Zvizdar*). Npr. polje *Veliki Crljeni* obuhvata površinu od oko 8.5 km<sup>2</sup>. Određivanje produktivnosti ležišta se vrši preko obrasca (A+B+C<sub>1</sub>+C<sub>2</sub>/P ležišta, a produktivnost sloja A+B+C<sub>1</sub>/P sloja), tako da se dobijaju iste vrednosti 65.753,66 t /4.700 m<sup>2</sup> = 13.99 t/m<sup>2</sup>. Međutim, eksploatacija se vrši na površini od oko 2.3 km<sup>2</sup>, tako da vrednost produktivnosti ležišta i sloja iznosi oko **5.4 t/m<sup>2</sup>**. Isti slučaj je i na projektovanim granicama polja *G*, gde će se eksploatacija vršiti na površini od oko 1.3 km<sup>2</sup> (površina polja je oko 3.0 km<sup>2</sup>), tako da vrednost produktivnosti ležišta i sloja iznosi oko **35.4 t/m<sup>2</sup>**. Prikaz vrednosti dat je u Tabeli 2.

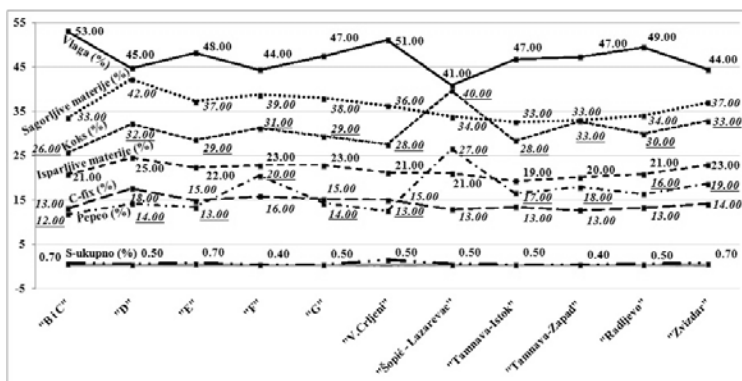
Tabela 2. Produktivnost ležišta i sloja u okviru polja ugljunosnog basena

Polje/ležište	<i>B i C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>Veliki Crljeni</i>	<i>Šopić-Lazar.</i>	<i>TIP</i>	<i>TZP</i>	<i>Radljevo</i>	<i>Zvizdar</i>
Produktivnost ležišta (t/m <sup>2</sup> )	14.77	22.23	44.01	53.85	34.03	13.99	14.34	13.49	32.39	11.08	9.18
Produktivnost sloja (t/m <sup>2</sup> )	-	22.23	-	-	34.03	13.99	-	13.49	32.39	11.08	-

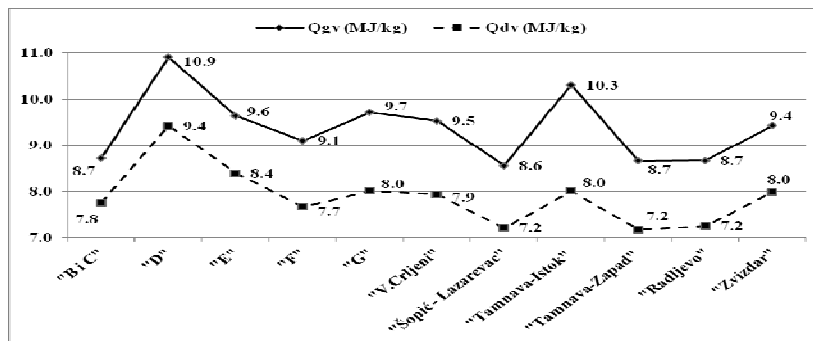
**Kvalitet uglja.** Na graficima (Slike 6 i 7) dat je uporedni prikaz srednjih ponderisanih vrednosti parametara kvaliteta po poljima sa stanjem na dan 31.12.2013. godine. U okviru kompletne tehničke analize prikazani su sledeći parametri: sadržaj dostavne vlage, sadržaj pepela, sadržaj sumpora ukupnog, sadržaj koksa, sadržaj fiksnog ugljenika (C-fix), sadržaj isparljive materije, sadržaj sagorljive materije, gornja toplotna moć i donja toplotna moć. Statistički posmatrano sadržaj navedenih parametara je u sledećim okvirima:

- Dostavna vlaga (W) je u intervalu od 41.00% do 53.00%, sa srednjom vrednošću od 46.00%;
- Pepeo (A) je u intervalu od 12.00% do 27.00%, sa srednjom vrednošću od 17.00%;
- Sumpor ukupno (Su) je u intervalu od 0.40% do 0.70%, sa srednjom vrednošću od 0.50%;
- Koks je u intervalu od 26.00% do 40.00%, sa srednjom vrednošću od 31.00%;
- Fiksni ugljenik (C-fix) je u intervalu od 13.00% do 18.00%, sa srednjom vrednošću od 15.00%;

- Isparljive materije - volatili (V) su u intervalu od 19.00% do 25.00%, sa srednjom vrednošću od 22.00%;
- Sagorljive materije (SM) su u intervalu od 33.00% do 42.00%, sa srednjom vrednošću od 38.00%;
- Gornja toplotna moć (Q<sub>gv</sub>) je u intervalu od 8.6 MJ/kg do 10.9 MJ/kg; i
- Donja toplotna moć (Q<sub>dv</sub>) je u intervalu od 7.2 MJ/kg do 9.4 MJ/kg.



Slika 6. Srednja ponderisana vrednost parametara kvaliteta po poljima (%)



Slika 7. Srednja ponderisana gornja i donja toplotna vrednost po poljima (MJ/kg)

**Građa ugljionosne serije i ugljenih slojeva** je data kroz prikaz (Tabela 3) koji sadrži osnovne geomorfološke i litološke karakteristike po poljima (morfostrukturni tip, superpozicioni odnos, litološki sastav podine, litološki sastav povlate i tip i broj ugljenih slojeva).



Tabela 3. Građa ugljonošne serije i ugljenih slojeva po poljima

Starost naslaga	Ležište/polje (status)	Morfostrukturni tip ležišta/polja	Superpozicioni odnos/litološki sastav		Tip i broj ugljenih slojeva
			podina	povlata	
GORNJI PONT - <sup>2</sup> M <sub>3</sub>	<b>Polje B (aktivni kop)</b>	Plitka sinklinala, modifikovana kvartarnom erozijom	Gline, peskovite gline, kaolinske gline, rede šljunkovito-peskovite gline	Gline, laporovite i peskovite gline, pesak i dijatomejska zemlja	Homogen, glavni i povlatni
	<b>Polje C (aktivni kop)</b>	Plitka sinklinala, predstavlja neposredni nastavak sa polja B	Glinovito-peskoviti sedimenti	Gline, laporovite i peskovite gline, rede prisustvo peska	Homogen, glavni i povlatni
	<b>Polje D (aktivni kop)</b>	Relativno morfološki miran, denivelisan prostor	Gline, peskovite gline, pesak sa retkim prisutvom sitnozmg kvarcnog šljunka	Peskovi različite granulacije, rede gline, peskovite gline i kvartarna ilovača	Homogen - jedinstven, glavni
	<b>Polje E (van eksploatacije)</b>	Sinklinalna strukturna jedinica			Relativno homogeni, glavni i povlatni
	<b>Polje F (van eksploatacije)</b>	Sinklinalna strukturna jedinica, kao prirodni nastavak sa polja E	Gline, peskovite gline, pesak sa retkim prisutvom sitnozmg kvarcnog šljunka	Gline, peskovi, kvartarna ilovača sa proslojcima šljunka i glinovitih peskova	Intenzivno raslojeni, podinski, glavni i povlatni
	<b>Polje G (van eksploatacije)</b>	Relativno morfološki miran, denivelisan prostor			Homogen - jedinstven, glavni
	<b>Polje Veliki Crljeni (aktivni kop)</b>	Blok nepravilnih kontura	Peskovi u debeloj seriji	Peskovi, peskovite gline i kvartarna ilovača	Homogen - jedinstven, glavni
	<b>Polje Šopić - Lazarevac (van eksploatacije)</b>	Sever-Sinklinalna strukturna jedinica, Jug- morfološki miran prostor	Gline, peskovite gline i pesak	Glinovito-peskoviti sedimenti	Sever-intenzivno raslojavanje Jug - jedinstven, glavni
	<b>Polje Tamnava - Istok (završena eksploatacija)</b>	Centralni deo blage sinklinala	Prašnasti, sitnozrni i srednjezni peskovi, retko peskovite gline i gline	Ugljevite gline, peskovite gline, peskovi heterogenog sastava i kvartarne gline	Homogen - jedinstven, glavni
	<b>Polje Tamnava - Zapad (aktivni kop)</b>	Blaga sinklinala			Intenzivno raslojen - složen, glavni
	<b>Polje Radljevo (van eksploatacije)</b>	Sever - morfološki miran prostor, Jug - Sinklinalna strukturna jedinica	Peskovi heterogenog sastava, rede peskovite gline	Peskovi, peskovite gline i kvartarna ilovača	Sever i Jug - najintenzivnije raslojavanje
	<b>Polje Zvizdar (van eksploatacije)</b>	Sinklinalna strukturna jedinica	Peskovi heterogenog sastava i peskovite gline	Peskovi, peskovite gline i kvartarne naslage	Intenzivno raslojen - složen, glavni

**Napomena:** Debljina i tip ugljenih slojeva dati su u okviru Tabele 1.

**Rudarsko-tehnički faktori** podrazumevaju sagledavanje i analizu hidrogeoloških i inženjersko-geoloških karakteristika u ležištu, kao i postojeću infrastrukturu u cilju nesmetane efikasne proizvodnje uglja (Tabela 4).

Tabela 4. Hidrogeološke i inženjersko-geološke karakteristike po poljima

Ležište/ polje	Hidrogeološke karakteristike/uslovi u ležištu	Inženjersko-geološke karakteristike/uslovi u ležištu
<b>Polje B i C</b>	Povoljni hidrogeološki uslovi.	Povoljni inženjersko-geološki uslovi.
<b>Polje D</b>	Podinska i povlatna izdan ne predstavljaju značajnije poteškoće za odvodnjavanje.	Ugljeni sloj i prateći sedimenti imaju povoljne inženjersko-geološke karakteristike.
<b>Polje E</b>	Relativno povoljni hidrogeološki uslovi. Pažnju treba usmeriti na odvodnjavanje međuslojnih i povlatnih kolektora.	Inženjersko-geološke karakteristike su uglavnom povoljne.
<b>Polje F</b>	<b>Istočni deo polja</b> - povoljni hidrogeološki i inženjersko-geološki uslovi <b>Zapadni deo polja</b> - veoma složeni hidrogeološki i inženjersko-geološki uslovi (raslojavanje, nepovoljan odnos ugali/jalovina, nužno selektivno otkopavanje...). Pristvo važnih saobraćajnica, korito reke Kolubare i njenih pritoka.	
<b>Polje G</b>	Povoljni hidrogeološki i inženjersko-geološki uslovi za neometano obavljanje rudarskih radova. Nepovoljne okolnosti na ovom polju su: prisustvo važnih saobraćajnica, tok reke Kolubare i industrijski objekti (toplana, objekti za preradu uglja i otpadnih voda).	
<b>Polje Veliki Crljeni</b>	Povoljni hidrogeološki i inženjersko-geološki uslovi. Nepovoljna okolnost je prisustvo važnih saobraćajnica (Ibarska magistrala, pruga Beograd-Bar i dr.).	
<b>Polje Šopić - Lazarevac</b>	<b>Severni deo polja</b> - složeni geološki uslovi, izrazito raslojavanje ugljonojne serije, veći broj izdani u međuslojnim i povlatnim peskovima. Sredinom ovog dela polja prolaze značajne saobraćajnice. <b>Južni deo polja</b> - povoljni uslovi.	
<b>Polje Tamnava - Istok</b>	Utvrđena su tri tipa izdani sa ukupnim prilivom vode od 0,54 do 0,74 m <sup>3</sup> po toni otkopanog uglja.	Inženjersko-geološke karakteristike u najvećem delu polja su bile povoljne.
<b>Polje Tamnava - Zapad</b>	Utvrđena su tri tipa izdani sa ukupnim prilivom vode od 0,66 do 0,74 m <sup>3</sup> po toni otkopanog uglja.	U zoni intenzivnog raslojavanja složenog ugljenog sloja nepovoljni su inženjersko-geološki uslovi.
<b>Polje Radljevo</b>	<b>Severni deo polja</b> - Povoljni inženjersko-geološki uslovi. <b>Južni deo polja</b> - nepovoljni geološki uslovi (erozija, značajna redukcija i veoma izraženo raslojavanje). Sa hidrogeološkog stanovišta severni i južni deo polja imaju iste, relativno nepovoljne uslove.	
<b>Polje Zvizdar</b>	Nepovoljne hidrogeološke karakteristike.	Izrazito nepovoljni uslovi (raslojenost, značajne dubine, neophodan selektivan rad...)

**Ostvarena proizvodnja.** U periodu od 1952. do kraja 2013. godine površinskom eksploatacijom na šest ugljenokopa ostvarena je ukupna proizvodnja od oko 988\*10<sup>6</sup> t (Tabela 5). Ovde treba dodati i otkopane količine uglja podzemnom/jamskom eksploatacijom.

Tabela 5. Period eksploatacije i ukupna proizvodnja uglja po poljima (stanje na dan 31.12.2013.)

Polje/ležište	<i>A</i>	<i>B i C</i>	<i>D</i>	<i>Veliki Crljeni</i>	<i>TIP</i>	<i>TZP</i>
Period eksploatacije uglja (godina)	1952.-1966.	1956.-2013.	1966.-2013.	2009.-2013.	1979.-2013.	1995.-2013.
Ostvarena proizvodnja (*10 <sup>6</sup> t)	> 6.0	oko 89.0	oko 493.0	oko 21.0	oko 235.0	oko 144.0

**Napomena:** Podzemna eksploatacija (ukupno otkopano oko 14.5\*10<sup>6</sup> t uglja) je vršena u okviru sledećih polja:

- Polje *D* (Rudnik Junkovac) u periodu od 1938. do 1974. godine;
- Polje *Veliki Crljeni* - u tri rudnika (Kolubara I – 1939.-1950., Kolubara II - Veliki Crljeni 1930.-1965. i Kolubara III – Kosmaj 1957.-1968.);
- Polje *Šopić-Lazarevac* (Rudnik Šopić) u periodu od 1932. do 1947. godine; i
- Polje *Radljevo* u periodu od 1935. do 1966. godine.

Na prostoru polja *Zvizdar* u periodu od 1942. do 1970. godine otkopano je oko 0.6\*10<sup>6</sup> t uglja.

**Stepen istraženosti.** Na osnovu podataka dobijenih istražnim bušenjem po odgovarajućoj mreži različite gustine od 1000\*1000 m, 500\*500, 250\*250 m, do 125\*125 m, po poljima su utvrđene ukupne istražene rezerve uglja *A+B+C<sub>1</sub>* kategorije i potencijalne *C<sub>2</sub>* kategorije, odnosno utvrđen opšti stepen istraženosti ležišta  $(A+B+C_1)/(A+B+C_1+C_2)*100$  i stepen istraženosti bilansnog prostora  $(A+B)/(A+B+C_1)*100$ . Analizom rezultata povoljan stepen istraženosti imaju polje *B i C, D, G, Tamnava-Istok i Veliki Crljeni*, gde su ukupne bilansne rezerve *A* kategorije i *A i B* kategorije. Nepovoljan stepen istraženosti bilansnog prostora imaju polje *E i F* (bilansne rezerve su *A, B i C<sub>1</sub>*, odnosno *B i C<sub>1</sub>* kategorije). Najnepovoljniji stepen istraženosti imaju polje *Šopić-Lazarevac* (bilansne rezerve su *B i C<sub>2</sub>* kategorije), polje *Tamnava-Zapad* sa stepenom istraženosti bilansnog prostora od **23.3%** i bilansnim rezervama *B i C<sub>1</sub>* kategorije, kao i polja *Radljevo* (sa nepovoljnim stepenom istraženosti i bilansnim rezervama *B, C<sub>1</sub> i C<sub>2</sub>* kategorije) i *Zvizdar* (sa stepenom istraženosti bilansnog prostora od **32.2%** i bilansnim rezervama *B i C<sub>1</sub>* kategorije).

#### 4. ZAKLJUČAK

Na osnovu datog prikaza genetskih, postgenetskih i geološko-ekonomskih kriterijuma jasno se dolazi do zaključka da će za dugoročni plan razvoja i efikasno poslovanje na prostoru Kolubarskog basena biti

najznačajnija ležišta/polja *E*, *F*, *Tamnava-Zapad* i *Radljevo*. Od ukupnih geoloških i eksploatacionih rezervi uglja na predmetnom području, oko 71.74% rezervi uglja se nalazi na ova četiri ležišta.

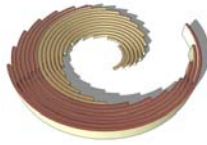
Reč je o ležištima koja se odlikuju najsloženijim geološkim uslovima u ugljonosnom basenu. Na poljima *E* i *F* je posebno nepovoljan morfostrukturni tip ležišta (izražena produbljenost i raslojenost ugljonosne serije). Na polju *F* dodatni problem predstavlja prisustvo važnih saobraćajnica (Ibarska magistrala, pruga Beograd-Bar i dr.), korito reke Kolubare i njenih pritoka. Na poljima *Tamnava-Zapad* i *Radljevo* je izraženo raslojavanje (u pravcu zapada i juga) i relativno nepovoljne kvalitativne karakteristike složene ugljonosne serije. ***Na polju Tamnava-Zapad je u prethodnoj (2013.) godini ostvarena proizvodnja od 14.608.440 t uglja, što je za tu godinu predstavljalo 48.7% od ukupno planirane dinamike proizvodnje uglja u aktivnim ugljenokopima Kolubarskog basena. Usled velikih poplava u periodu od 14. do 16. maja 2014. godine, danas je polje Tamnava-Zapad veliko jezero sa procenjenom ukupnom količinom zamuljane vode i mulja od 187 miliona m<sup>3</sup>, obuhvatajući površinu od 7.5 miliona m<sup>2</sup> (trenutno su u toku neophodni pripremni radovi za početak ispumpavanja vode i mulja).*** Sva četiri polja imaju loš stepen istraženosti.

Imajući u vidu navedeno neophodno je razvijanje takvog sistema eksploatacije koji će omogućiti najracionalnije iskorišćavanje ležišta i plasman uglja zahtevanog kvaliteta put termoelektrana (selektivna eksploatacija, homogenizacija, upravljanje kvalitetom uglja i dr.).

## Literatura

1. Dimitrijević, M. D.: Geološko kartiranje, BIGZ, Beograd, 1978
2. Kezović, M.: Tektonska aktivnost i ugljonosnost Kolubarsko-tamnavaškog basena, Magistarska teza, RGF, Beograd, 2003
3. Maksimović B. i dr.: Korelacija i sinhronizacija litostratigrafskih odnosa i strukturno-tektonski sklop Kolubarskog basena, Geološki zavod GEMINI, Knjiga 1, Beograd, 1993
4. Nikolić, P. i Pantić, R.: Sirovinski potencijali i mogući razvoj ugljarstva Srbije, Monografija, NAUKA, Beograd, 1997
5. Stojaković, R.: Kolubarski ugljonosni basen - Knjiga rezervi mineralnih sirovina sa stanjem na dan 31.12.2013. godine, Baroševac, 2014
6. Filipović, I. i gr.: Tumač i OGK SFRJ, list Vladimirci 1:100000 Savezni Geološki Zavod/SGZ, str. 1-64, Beograd, 1973.
7. Filipović, I. i gr.: Tumač i OGK SFRJ, list Obrenovac 1:100000 Savezni Geološki Zavod/SGZ, str. 1-58, Beograd, 1978
8. Stručna i fondovska dokumentacija RB Kolubara





**PALEZOJSKO-MEZOZOJSKE NASLAGE  
KOLUBARSKO-TAMNAVSKOG BASENA**

**PALEZOIC-MESOZOIC SEDIMENTS  
KOLUBARA-TAMNAVA BASIN**

Kezović M.<sup>1</sup>

**Apstrakt**

Nastanak Kolubarsko-tamnavskog basena je direktno vezan za morfološki izgled paleoreljefa i tektonske odnose u njegovoj podlozi (u prvom redu rasedi pravca pružanja I-Z i SZ-JI). Paleoreljef ovog prostora čine sedimenti paleozojsko-mezozojske starosti sa svojim geološkim karakteristikama. Vrlo izražen paleoreljef omogućio je dalji proces taloženja neogenih (baden, sarmat, panon i pont) i kvartarnih tvorevina. Takođe, znatno je doprineo lakšem i jasnijem tumačenju stratigrafsko-paleogeografske evolucije predmetnog područja. Imajući to u vidu ovaj rad ima za cilj da sa stanovišta geološke nauke i struke što bolje i detaljnije prikaže rasprostranjenje, stratigrafski položaj, litološki sastav, sadržaj faune, starost tvorevina, njihovu debljinu i dr., i na taj način doprinese pravilnom sagledavanju geološke građe i istorije stvaranja terena za dati geološki period.

***Ključne reči:*** Kolubarsko-tamnavski basen, paleoreljef, geološke karakteristike paleozojsko-mezozojskih naslaga.

---

<sup>1</sup> Mr Kezović Miodrag dipl.ing.geol., Elektroprivreda Srbije, RB Kolubara, Lazarevac

## **Abstract**

The emergence of the Kolubara-tamna basin is directly related to the morphology paleorelief and tectonic relationships in his base (primarily faults the direction of providing E-W and NW-SE). Paleorelief this area are sediments of Palaeozoic and Mesozoic age with its geological characteristics. Very pronounced paleorelief enabled further deposition process Neogene (Badenian, Sarmatian, Pannonian and Pontian) and Quaternary sediments. Also significantly contributed to easier and more precise interpretation of stratigraphy-paleographic evolution of the area. Bearing this in mind, this paper aims at from the standpoint of geological science and profession better and more detailed show distribution, stratigraphic position, lithologic composition, fauna, age formations, their thickness etc, and thus contributes to the correct analysis of geological materials and the history of the creation of the field for a given geological period.

**Keywords:** Kolubara-tamna basin, paleorelief, geological characteristics of Palaeozoic and Mesozoic sediments.

## **1. UVOD**

Rekonstrukcija stratigrafsko-paleogeografske evolucije i geološke građe Kolubarsko-tamnavskog basena urađena je na osnovu prikupljene i sistematizovane geološke dokumentacije dobijene petrografskim, biostratigrafskim i sedimentološkim istraživanjima, primenom strukturno-facijalne metode, paleogeografske analize, geološkog kartiranja, istražnog bušenja, geofizičkog istraživanja, kao i ličnim zapažanjima na terenu. U okviru produktivnog basena i njegovog neposrednog oboda, od primarnog značaja je bila analiza podataka iz istražnih bušotina. Van produktivnog dela basena broj istražnih bušotina je znatno manji, tako da su u velikoj meri korišćeni podaci geofizičkih istraživanja, a posebno geološkog kartiranja terena. Prikupljeni podaci su bili osnova za izradu velikog broja radnih strukturnih profila različite orijentacije koji su omogućili detaljan i jasan uvid u geološku građu paleozojsko-mezozojskih (Pz-Mz) tvorevina.

## **2. GEOLOŠKA ANALIZA PALEOZOJSKO-MEZOZOJSKIH NASLAGA**

### **2.1 Rezultati dosadašnjih istraživanja**

Od sredine 19. veka prostor Kolubarsko-tamnavskog basena je predmet brojnih geoloških istraživanja, kako domaćih tako i stranih geologa. Kao rezultat toga postoji veliki broj publikovanih radova i fondovskog materijala koji imaju specijalistički karakter.

P. Stevanović (1951, 1951a) je u svojim radovima izneo rezultate proučavanja tercijarnih tvorevina severozapadne Srbije. Svojim istraživanjima P. Stevanović je 1984. godine obuhvatio i starije sedimente, dajući nove podatke o postojanju fosilonosnog gornjeg devona i namirskog kata, koji ranije nisu bili poznati u zapadnoj Srbiji.

Na listovima O GK 1:100.000 i njihovim tumačima Vladimirci (Filipović i dr., 1973.) i Obrenovac (Filipović i dr., 1978.) dat je značajan doprinos geološkom poznavanju ovog prostora. Rezultati su dobijeni detaljnim regionalno-geološkim istraživanjima i rešavanjem biostratigrafske problematike.

Na osnovu proučavanja geoloških uslova paleozoika severozapadne Srbije (Filipović I., 1974.) i stratigrafskih i tektonskih karakteristika Jadranskog paleozoika (Pešić L., 1982.) dobijene su značajne informacije za dobro razumevanje geoloških uslova koji su vladali u vremenu paleozoika na prostoru Kolubarsko-tamnavskog basena.

Studija Geologija šire okoline Beograda (Anđelković i dr., 1989.) daje niz značajnih podataka koji omogućavaju kvalitetniju geološku interpretaciju istraživnog prostora. Sastoji iz četiri knjige (monografije) koje u potpunosti sagledavaju istorijsko-geološki razvoj teritorije šire okoline Beograda, a samim tim i prostora Kolubarsko-tamnavskog basena.

Pored publikovanih radova, korišćen je veliki broj stručnih radova, izveštaja, elaborata, studija i dr., koji se nalaze u stručnim fondovima PD RB Kolubara d.o.o. Lazarevac i na Rudarsko-geološkom fakultetu u Beogradu.

### **2.2 Metode istraživanja**

U cilju definisanja geološke građe paleozojsko-mezozojskih naslaga korišćene su sledeće metode istraživanja:



**Osnovno i detaljno geološko kartiranje** obuhvata izučavanje starosti (biostratigrafija, apsolutna starost), sastava (petrologija), geneze (sedimentologija), deformacija (strukturna geologija) i istorije stvaranja terena (paleogeografska analiza)[2].

**Istražno bušenje** predstavlja pogodan način dopune i provere ranijih geoloških istraživanja. Bušenje se izvodi metodom rotacionog mašinskog bušenja. Produkt bušenja je jezgro koje se detaljno kartira. Ovaj metodološki postupak ima veliku primenu u definisanju litološke raznovrsnosti istražnog prostora. Posebno su značajni rezultati stratigrafske analize dubokih istražnih bušotina.

**Biostratigrafska metoda** daje dobre rezultate za utvrđivanje starosti sedimenata na osnovu rezultata proučavanja faune.

**Sedimentološkom analizom** utvrđene su zakonitosti nagomilanja, smenjivanja i rasprostranjenja sedimentnih naslaga.

**Strukturna metoda** tektonskih istraživanja daje rezultate u vezi sa ubranošću i izrasedanošću slojeva, na osnovu čega se vrši analiza i definiše tektonski sklop stena.

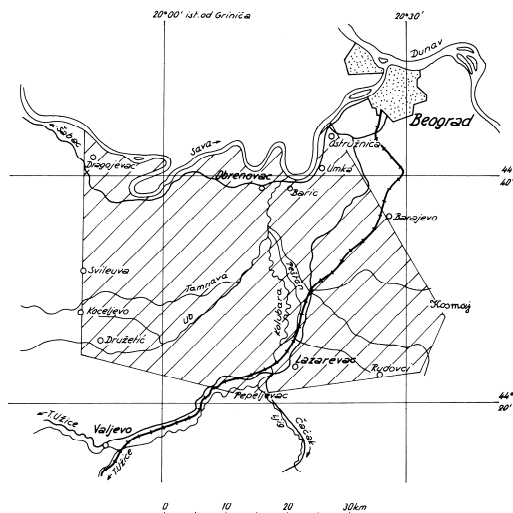
**Paleogeografska analiza** podrazumeva proučavanje osobina stena koje ukazuju na određene fizičko-geografske prilike iz vremena njihovog postanka, na osnovu kojih se vrši paleogeografska rekonstrukcija svih tipova predela stena.

### **Opšti podaci**

**Geografski položaj.** Kolubarsko-tamnavski basen pripada severozapadnoj Srbiji i prostire se između reke Save na severu, podnožja Slovačkih visova i Vlašića na jugu, Rudovaca i Barajeva na istoku i Koceljeve i Dragojevca na zapadu. Ovako ograničena oblast, prema teritorijalno-administrativnoj podeli, zahvata prostore opština Lazarevac, Lajkovac, Ub, Obrenovac i Vladimirci (Slika 1 i 1a).

**Geomorfološke karakteristike.** Sa geomorfološkog stanovišta prostor Kolubarsko-tamnavskog basena obuhvata, najvećim delom, ravničarske terene sa brojnim aluvijalnim ravnima, meandrima, terasnim odsecima, terasnim površima i drugim morfološkim oblicima. Idući na jug i istok, dolinski reljef postepeno, preko pobrđa, prelazi u tipičan šumadijski brdoviti predeo.

Na istraživanom terenu prisutan je veći broj brda i uzvišenja koja ne prelaze 300 metara apsolutne visine. To su: Bobija (276), Glavčić (274), Ašikov Grob (295), Stolice (291), Seni Rt (232) i dr.



*Slika 1. i 1a. Pregledne geografske skice istražne oblasti*

**Hidrografske karakteristike.** Osnovu hidrografske mreže čini reka Kolubara koja protiče sredinom basena i uliva se u Savu, koja drenira severni deo terena. U sliv reke Kolubare ulaze: sa leve strane reka Tamnava sa Ubom, Kladnica i Vraničina, a sa desne strane reke Peštan,

Turija i Lukavica. Na osnovu ovakve hidrografske mreže moguće je uslovno izdvojiti četiri različite kategorije tokova. Svakako, najveći i najmarkantniji je tok reke Save (prva kategorija). Nižu (drugu) kategoriju čini tok reke Kolubare. Treću kategoriju čine tokovi Tamnave, Uba, Kladnice, Peštana, Turije i Lukavice. Sledeću (četvrtu) kategoriju predstavljaju potoci, koji su čitavim svojim tokom u granicama istraživane oblasti, kao što su: Vukodraž, Vlasnica, Vukićevica, pa i nešto manji tokovi Duboke reke, Suvaje, Trstenice.

**Klimatske karakteristike.** Ovo područje se odlikuje kontinentalnom klimom umerenih širina i pripada umereno humidnoj oblasti.

**Komunikacije.** Putna mreža je dobro razvijena i povezuje međusobno sva naseljena mesta i regionalne centre. Kroz centralni deo basena prolazi železnička pruga Beograd-Bar i magistralni put Beograd-Skoplje (Ibarska magistrala). Kroz južni deo basena prolazi magistralni put Mladenovac-Lazarevac-Valjevo-Tuzla. Basen presecaju regionalni putevi I reda Obrenovac-Lajkovac, Šabac-Obrenovac, Šabac-Koceljevo, Obrenovac-Lazarevac preko Čelija. Industrijska pruga Rudovci-Vreoci-Veliki Crljeni-Obrenovac povezuje površinske kopove sa TE u Velikim Crljenima i Obrenovcu. Najznačajnije naseljeno mesto je Lazarevac, sa svim odlikama većeg administrativnog centra.

### 2.3 Primena metoda istraživanja

Analiza podataka prikupljenih i sistematizovanih primenom navedenih metoda istraživanja omogućila je detaljno sagledavanje geološke građe paleozojsko-mezozojskih tvorevina istražnog prostora.

#### *Stratigrafski prikaz*

Kolubarsko-tamnavski basen izgrađen je od paleozojskih<sup>1</sup>, mezozojskih, neogenih i kvartarnih tvorevina. Paleozojsko-mezozojski sedimenti su rasprostranjeni u obodnim delovima basena i predstavljaju osnovu neogenim i kvartarnim naslagama. Na bazi podataka dobijenih kompleksnim geološkim istraživanjima jasno se izdvajaju osnovne

---

<sup>1</sup> Na osnovu rezultata bušenja i sagledavanja litološkog rasporeda tvorevina u susednim oblastima može se konstatovati prisustvo paleozojskih sedimenata na većem prostoru u okviru istraživanog terena. Tako je paleozoik verovatno predstavljen gornjedadonsko-karbonskom serijom konglomerata i škriljaca, terigenim sedimentima srednjeg karbona, zatim peščarsko-škriljavom serijom srednjeg perma i krečnjačko-škriljavom serijom gornjeg perma.

geološke karakteristike (starost, superpozicioni odnosi, debljina, litološki sastav) prikazane u okviru Slike 2. Na geološkim profilima A-B i C-D dat je grafički prikaz preseka kroz karakteristične litološke članove da bi se što bolje stekao uvid u geološku građu Pz-Mz tvorevina i njihov međusobni odnos sa neogenim i kvartarnim naslagama (Slika 3 i 4).

**Paleozoik (Pz).** Tvorevine paleozoika na proučavanom prostoru predstavljene su devonskim, karbonskim i permskim naslagama i uglavnom su konstatovane u obodnim delovima basena. Njihovo razviće se može dovesti u vezu sa Jadarskim paleozoikom [3]. Pored toga, paleozojski sedimenti se pojavljuju u vidu manjih izolovanih partija u lokalnostima Raduša i donji tok reke Kolubare. Dubinskim bušenjem prisustvo ovih tvorevina ustanovljeno je u južnom, jugozapadnom i jugoistočnom delu terena (čini direktnu podlogu produktivnim gornjepontskim naslagama).

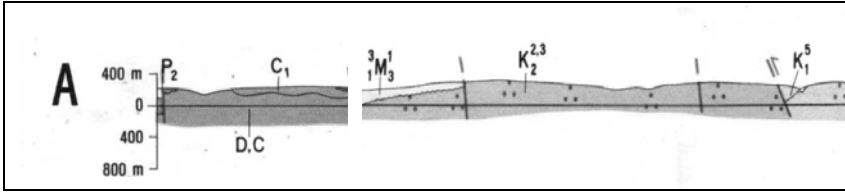
**Seriya konglomerata i škriljaca (D<sub>3</sub>+C).** Rasprostranjenje serije konglomerata i škriljaca konstatovano je u obodnim delovima istraživanog prostora. Zapravo, jugozapadnu, južnu i jugoistočnu granicu čine ove tvorevine. Tako se njihovo prisustvo na površini terena može pratiti od Rudovaca na istoku (horst Rudovački zabran-Preseka), preko Šušnjara i dalje na zapad (Vlašičko-blizonjski horst).

Sarmatske i pontske naslage, kao okolni-mlađi sedimenti, sa serijom konglomerata i škriljaca su u transgresivnom odnosu.

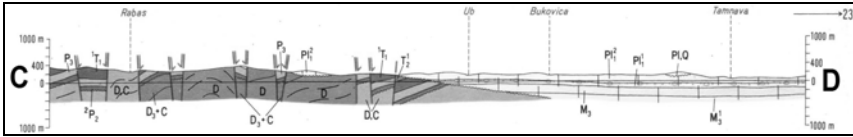
GEOLOŠKI STUB PALEORELJEFA KOLUBARSKO-TAMNAVSKOG BASENA						
1 : 8 500						
Otradio: M. Kezović						
STAROST		GRAFIČKI PRIKAZ		DEBLJINA (m)	TEKSTUALNI PRIKAZ	
LITOLOGIJA						
MEZOZOIK	TRIJAS	AREDA	K <sub>1</sub> K <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	70	- Gosavski glinci - Masivni kristalasti krečnjaci	
		DOJANI		60	Masivni kristalasti krečnjaci Dolomitični krečnjaci	
		DOJANI	T <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	200	Glineni škriljci, liskunoviti peščari, sivi do crni slojeviti i bankoviti dolomitični krečnjaci	
		SRIT				
PALEOZOIK	MLADI	PERM	P <sub>1</sub> P <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	120	Slojeviti i bankoviti krečnjaci sa proslojcima glinenih škriljaca,	
				60-100	Glineni škriljci, srednje do krupnozrni kvarcni peščari,	
					Kvarcni peščari, peškoviti glineni škriljci, glineni škriljci	
	STARUJI	G. DEVON-KARBON	BAGAR	C <sub>2</sub> D <sub>3</sub> -C	>300	Konglomeratično-škriljava serija (argilofiliti sa valucima i blokovima krečnjaka)

\* Geološki stub Kolubarsko-tamnavskog basena je urađen na osnovu podataka OGK, list Obrenovac i Vladimirci i ličnih zapažanja.

Slika 2. Geološki stub paleoreljefa istraživane oblasti



Slika 3. Instrukтивan profil A-B sa vertikalnim prikazom Pz-Mz tvorevina [9]



Slika 4. Instrukтивan profil C-D sa vertikalnim prikazom Pz-Mz tvorevina i međusobnim odnosom sa neogenim i kvartarnim naslagama [7]

U sastav serije ulaze, najvećim delom, konglomeratično-škriljave stene (argilofiliti sa pretaloženim valucima i blokovima krečnjaka), po čemu je serija i dobila naziv.

U pomenutim sedimentima konstatovani su brojni tentakuliti i konodonti. Upravo, na osnovu karakteristične konodontske faune (*Polygnathus communis*, *Palmatolepis glabra*...) dokazano je da ova serija u svojim najnižim delovima pripada famenskom katu gornjeg devona. Takođe je konstatovano da je jedan deo ove serije i vizeskonamirske starosti sa karakterističnom konodontskom faunom *Siphonodella crenulata*, *Polygnathus glabra glabra* i dr. [9].

Debljina serije je različita i kreće se do više desetina metara.

**Terigeni sedimenti (C<sub>2</sub><sup>2</sup>).** Terigeni sedimenti srednjeg karbona, na površini terena, konstatovani su u obodnim delovima terena u lokalnostima Bukovika, Oštrikovače i Damjanovića brda. Navedene tvorevine se prema okolnim sedimentima (panonskim i pontskim) nalaze u diskordantnom kontaktu.

U sastav terigenih sedimenata srednjeg karbona ulaze glineni škriljci, peskoviti glineni škriljci i znatno ređe kvarcni peščari. U kvarcnim peščarima konstatovani su foraminiferski krečnjaci, u vidu sočiva, sa bogatom faunom u povlati (brahiopodi, gastropodi, krinoidske drške i cefalopodi). Starost ove serije, određena najvećim delom na

osnovu brahiopodske faune (*Orthotetes sp.*, *Isogramma n. sp.*, *Cancrinella undata* i dr.) je baškirska [9].

**Srednji perm ( $P_2$ ).** Na osnovu rasprostranjenja permskih tvorevina u širem području Jaderske oblasti (jugozapadna granica) može se sa pravom konstatovati njihovo prisustvo i u okviru istražnog prostora.

Kontakt srednjopermskih naslaga prema starijoj podlozi je transgresivan, dok naviše hlorit-sericitski škriljci postupno prelaze u fosilonosnu gornjopermsku seriju. U sastav terigenih sedimentata srednjeg perma, idući odozdo naviše, ulaze: srednje do krupnozrni peščari (sa dominantnim učešćem kvarca) i hlorit-sericitski škriljci.

Promenljive je debljine koja se kreće u intervalu od 60 do 100 metara.

**Gornji perm ( $P_3$ ).** Gornjopermske tvorevine na području zapadne Srbije čine najrasprostranjeniji stratigrafski član paleozoika. Na istraživanom prostoru su konstatovane u okolini Bresnice i Stepanje. Njihov odnos prema okolnim sedimentima karakteriše kontinuiran prelaz donjih delova serije prema srednjem permu u podini i završnih delova serije prema donjem trijasu u povlati.

U sastav gornjopermskih naslaga ulazi serija bituminoznih, bankovitih i slojevitih krečnjaka sa interkalacijama glinenih škriljaca. Prema sadržaju faune gornji perm je podeljen u tri zone:

1. Donja, edmondijaska sa *Edmondia permiana*, *Mizia velebitana*.
2. Srednja, produktusna sa *Productus*-ima, *Lyttonia*-ma i dr.
3. Gornja, koralska sa *Qaagenophillum indicum* i *Notothyryrus*-ma.

Donji delovi serije su od slojevitih i bankovitih krečnjaka (bituminozni) sa proslojcima peskovitih glinenih škriljaca. Srednji deo serije, za razliku od njenog donjeg dela, ima znatno umanjen sadržaj glinenih škriljaca. Gornji (završni) deo serije čine krečnjaci sa koralskom zonom.

Debljina gornjopermske serije iznosi oko 120 metara i konstantna je.

**Mezozoik (Mz).** Mezozojske tvorevine Kolubarsko-tamnavskog basena su predstavljene trijaskim i gornjekrednim sedimentima. One se pojavljuju u vidu malih izolovanih partija, u domenu reke Dobrave i centralnih delova terena (Tulari). Veće rasprostranjenje trijaskih naslaga konstatovano je u južnom obodnom delu istražnog prostora (Čelije, Slovac).

**Trijas (T).** Trijaski sedimenti, konstatovani na istražnom području, su predstavljeni donjetrijaskim i srednetrijaskim naslagama.

**Donji trijas ( $T_1$ ).** Donjetrijaski sedimenti se javljaju ispod aluvijalnih naslaga Kolubare u ataru sela Stepanje, Slovca, Nepričave, Petke i Čelija, i u vidu manjih oaza u zoni Tulara i Svileuve. Leže konkordantno preko gornjepermskih krečnjaka u podini i u kontaktu su sa pontskim laporcima i sarmatskim slojevima u povlati.

Neposredno van granica istraživanog terena (Jadarski paleozoik) konstatovano je da konkordantno preko crnih bituminoznih krečnjaka gornjeg perma leži 300 metara debela donjetrijaska serija.

U sastav donjeg trijasa ulaze, idući odozdo naviše, serija slojevitih i bankovitih dolomitičnih krečnjaka sa nijansama od sive do crne boje, zatim liskunovitih peščara i na kraju glinenih škriljaca.

U dubokim istražnim bušotinama izbušenim u široj okolini Lajkovca i Čelija konstatovani su donjetrijaski sedimenti. Oni su determinisani na osnovu prisustva foraminifera *Meandrospira inlia* i pojave sitnih oolita, što upućuje na plitkovodnu, toplu, dinamičnu sredinu blizu obale. Donjetrijaske naslage su veoma ispucale i jako karstifikovane. Debljina naslaga iznosi oko 200 metara. [4]

U zoni Tulara i Svileuve konstatovano je prisustvo donjeg trijasa, u vidu manjih izolovanih partija, predstavljeno facijom verfenskih škriljaca i laporovitih krečnjaka. [4].

**Srednji trijas ( $T_2$ ).** Srednji trijas je konstatovan dubokim bušotinama u lokalnostima Nepričava, Pepeljevac i Čelije. Leži konkordantno preko donjetrijaskih sedimenata u podini i u kontaktu su sa gornjekrednim tvorevinama u povlati. U sastav srednjeg trijasa ulaze dolomitični krečnjaci anizijskog kata ( $T_2^1$ ) i masivni kristalasti krečnjaci ladinskog kata ( $T_2^2$ ).

Debljina naslaga je procenjena na oko 60-ak metara.

**Gornja kreda ( $K_2^{3-4}$ ).** Zapadno od Vukićevice u zoni Tulara, potom u Boboviku, Meovinama i donjem toku reke Dobrave konstatovane su gornjekredne naslage. Ove pojave čine povlatu donjetrijaskim sedimentima, a podinu kenozojskim naslagama (panonski slojevi, pontski laporci, kao i kvartarni terasni peskovito-šljunkovito-glinoviti sedimenti).

U sastav gornje krede najvećim delom ulaze sprudni i subsprudni krečnjaci a pored njih, sa nešto manjim učešćem, zastupljeni su peščari i glinci (debljine oko 70 m). Na osnovu faunističkog sadržaja u pomenutim tvorevinama konstatovana je turonska i senonska starost. Tako su, senonske tvorevine Posavine predstavljene dvema facijama [4]:

- krečnjačkom facijom koju čine mermerasto-rudisni krečnjaci ( $^1K_2^{3-4}$ ); i
- facijom gosavskih glinaca sa *Pyrgulifera pichleri* u naizmeničnom smenjivanju sa slojevitim i konglomeratičnim krečnjacima ( $^2K_2^{3-4}$ ).

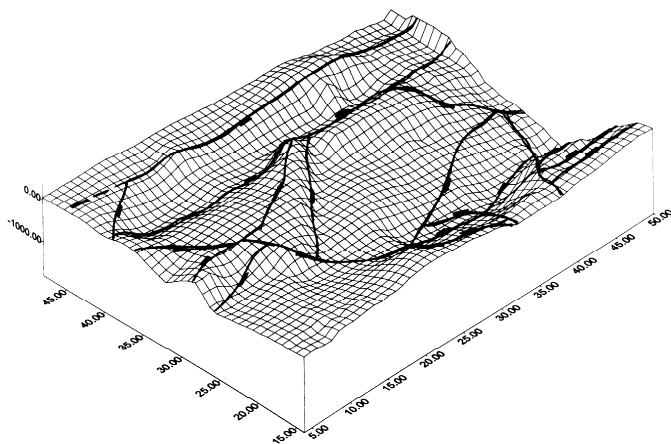
Stvaranje sedimenata je bilo u plitkom moru sa veoma razuđenim paleoreljefom.

### **Tektonski prikaz**

Paleozojsko-mezozojske tvorevine u tektonskom sklopu Kolubarsko-tamnavskog basena pripadaju donjem, starijem strukturnom spratu (Slika 5).

Plikativni sklop donjeg strukturnog sprata je znatno izražen (hektometarsko-kilometarski naborni oblici paleozoika Jaderske oblasti i linearni nabori flišnih sedimenata kredne starosti).

Najizraženiji pravac pružanja rupturnih struktura je istok-zapad, zatim severozapad-jugoistok i severoistok-jugozapad.



Slika 5. Blok dijagram starijeg tektonskog sklopa istražnog prostora

## **2.3 Prikaz rezultata istraživanja**

Na osnovu rezultata istraživanja određena je geološka građa i tektonske karakteristike paleozojsko-mezozojskih tvorevina.

**Geološke karakteristike.** Izvršena je grafička interpretacija i definisanje stratigrafskih odlika istražnog prostora. Osnovne geološke karakteristike (superpozicioni odnosi, litološki sastav, prisustvo fosilne faune i debljina) date su u okviru Tabele 1.



Tabela 1. Geološke karakteristike paleozojsko-mezozojskih naslaga Kolubarsko-tamnavskog basena

Pozicija i starost naslaga	Naziv sedimenata (litol. oznaka)	Superpozicioni odnos	Litološki sastav	Fosilna fauna	Debljina (m)	
GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE PALEORELJEFA	PALEZOIK (Pz)	Gornje-devonsko-karbonska serija (D <sub>3</sub> +C)	Transgresivan kontakt sa sarmatskim i pontskim naslagama /povlata	Argilofiliti sa pretaloženim valucima i blokovima krečnjaka	Konodonti: <i>Polygnathus communis</i> , <i>Palmatolepis glabra</i> , <i>Siphonodela crenulata</i>	> 300
		Terigeni sedimenti srednjeg karbona (C <sub>2</sub> <sup>2</sup> )	Diskordantan kontakt sa panonskim i pontskim tvorevinama/povlata	Gineni škriljci, pekoviti glineni škriljci, rede kvarcni peščari	Brahiopodi: <i>Orthotetes sp.</i> , <i>Isogramma n. sp.</i> , <i>ancrinella undata</i>	
		Srednji perm ( <sup>2</sup> P <sub>2</sub> )	Transgresivan kontakt sa starijim tvorevinama, postepen prelaz sa gornjim permom	Hlorit-sericitiski škriljci, srednje do krupnozrni peščari	/	60-100
		Gornji perm (P <sub>3</sub> ) najrasprostranjeniji paleozojski stratigrafski član	Kontinuiran prelaz sa srednjim permom/podina. Postepen prelaz prema donjem trijasu/povlata.	Koralski krečnjaci.	<i>Qaagenophillum indicum</i> i <i>Notothyryrus</i>	120
	Zona sa umanjenim sadržajem glinenih škriljaca	<i>Productus</i> , <i>Lyttonia</i>				
	Bituminozni krečnjaci.	<i>Edmondia permiana</i> , <i>Mizia velebitana</i>				
	MEZOZOIK (Mz)	Donji trijas ( <sup>1</sup> T <sub>1</sub> )	Konkordantan prelaz sa gornjim permom/podina. Diskordantan kontakt sa sarmatskim i pontskim tvorevinama/povlata.	Glineni škriljci Liskunoviti peščari, Dolomitični krečnjaci	Foraminiferi: <i>Meandrospira inlia</i> i pojave sitnih oolita.	200
		Srednji trijas (T <sub>2</sub> )	Konkordantan prelaz sa donjim trijasom/podina. Postepen kontakt sa gornjekrednim tvorevinama/povlata.	Masivni krečnjaci ladinskog kata ( <sup>1</sup> T <sub>2</sub> ), Dolomitični krečnjaci anizijskog kata ( <sup>1</sup> T <sub>2</sub> )	/	60
		Gornja kreda (K <sub>2</sub> <sup>3-4</sup> )	Podina-donjetrijski sedimenti, Povlata-panonski, pontski i kvartarni sedimenti.	Gosavski glinci ( <sup>1</sup> K <sub>2</sub> <sup>3-4</sup> )	<i>Pyrgulifera pichleri</i>	70
	Mermerasto rudisni krečnjaci ( <sup>1</sup> K <sub>2</sub> <sup>3-4</sup> )	/		60		
<b>Napomena:</b>						
1. geološke karakteristike paleoreljefa podrazumevaju prikaz paleozojsko-mezozojskih tvorevina; i						
2. tabelarni prikaz je usklađen sa tekstom radi lakšeg praćenja (od starijih ka mladim tvorevinama).						

**Tektonske karakteristike.** Osnovna obeležja tektonskog sklopa nastala su polifaznim oblikovanjem u toku hercinske i alpske orogeneze.

Veriscijski pokreti su usloveli nastanak prvih nabornih i rasednih struktura u paleozojskim tvorevinama (laramijska i asturijska faza).

Pod uticajem alpske mediteranske faze nastaju sistemi nabora višeg reda razdvojeni sistemima raseda različite orijentacije. To je u mezozojskom periodu uslovalo diferencijalne pokrete i stvaranje depresionih oblika. U mlađim fazama istorije stvaranja terena bila su dominantna spuštanja u već formiranim depresijama i taj trend se održao do u recentno vreme.

### 3. ZAKLJUČAK

Savremeni/sadašnji izgled Kolubarsko-tamnavskog basena je rezultat složenih geoloških aktivnosti koje traju od paleozoika i mezozoika, pa sve do današnjeg perioda.

U cilju dobrog poznavanja geoloških uslova istražnog prostora iz tog perioda neophodno je detaljno sagledavanje i analiza podataka dobijenih **kompleksnim** geološkim istraživanjima.

Na taj način se vrši kvalitetnija interpretacija geološke građe u datim periodima stvaranja terena. Stratigrafski i tektonski prikaz, paleogeografska evolucija (odnosno rekonstrukcija) terena i druge geološke karakteristike su u ***direktnoj zavisnosti od novih rezultata geoloških istraživanja.***

Na sadašnjem nivou saznanja može se govoriti o:

- *litofacijalnim karakteristikama Kolubarsko-tamnavskog basena:*

**Paleozoik (Pz).** U sastav paleozojskih tvorevina ulaze gornjeveronsko-karbonska serija (D<sub>3</sub>+C), sedimenti srednjeg karbona (C<sub>2</sub><sup>2</sup>), srednjeg i gornjeg perma (<sup>2</sup>P<sub>2</sub> i P<sub>3</sub>).

**Mezozoik (Mz).** Mezozojske naslage su predstavljene trijaskim (donji - <sup>1</sup>T<sub>1</sub> i srednji trijas - T<sub>2</sub>) i gornjekrednim sedimentima (K<sub>2</sub><sup>3-4</sup>).

- *tektonskim karakteristikama Kolubarsko-tamnavskog basena:*

Plikativni sklop (naborni oblici), rupturni sklop (rasedne strukture) i uporedni prikaz rupturnog sklopa paleoreljefa i savremenog reljefa.

- *morfološkim karakteristikama paleoreljefa i kinematskim svojstvima istražnog prostora:*

Debljina paleozojsko-mezozojskih tvorevina je oko 850 m. Reč je o veoma razuđenom paleoreljefu.

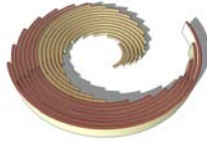
U badenu (koji direktno naleže preko Pz-Mz osnove) maksimalna amplituda vertikalnih pokreta je preko 1000 m. Izraženo je i prisustvo depresije pravca pružanja I-Z, sa spuštanjima i do 900 m.

- *sastavu faune i starosti tvorevina istražnog prostora:*

Na osnovu dominantnog prisustva konodontske, brahiopodske i foraminiferske faune utvrđena je Pz-Mz starost tvorevina.

## **Literatura**

1. Anđelković, M. (ur.): Geologija šire okoline Beograda, knj. IV, Paleogeografija, str. 1-282, Beograd, 1989
2. Dimitrijević, M.D.: Geološko kartiranje, BIGZ, Beograd, 1978
3. Pešić, L.: Stratigrafske i tektonske karakteristike paleozoika u slivu reke Jadrana - zapadna Srbija, Geol. an. Balk. pol., knj. 46, Beograd, 1982
4. Stevanović, P.: Donji pliocen Srbije i susednih oblasti, Posebna izdanja SANU, Geološki institut, knj. 2, Beograd, 1951
5. Stevanović, P.: Stratigrafski odnosi u široj okolini Koceljeva (Valjevska podgorina), Glasnik SANU, 3/2, Beograd, 1951
6. Stevanović, P. et al.: Research of fossil and recent Ostracodes in Yugoslavia and a review of the Palaeo-Meso and Neogeographic features of southeastern Europe, Zapisnici SGD za 1983, Beograd, 1984
7. Filipović, I. i gr.: Tumač i OGK SFRJ, list Vladimirci 1:100.000, Savezni Geološki Zavod/SGZ, str. 1-64, Beograd, 1973
8. Filipović, I.: Paleozoik severozapadne Srbije - Geologija, rasprave in pročila, 17, Ljubljana, 1974
9. Filipović, I. i gr.: Tumač i OGK SFRJ, list Obrenovac 1:100.000, Savezni Geološki Zavod/SGZ, str. 1- 58, Beograd, 1978
10. Stručna i fondovska dokumentacija RB Kolubara



## **DIMENZIONISANJE DEPONIJA ZA UGLJ**

### **SIZE OF COAL STOCKPILES**

Knežević D.<sup>1</sup>, Kolonja B.<sup>2</sup>, Stanković R..<sup>3</sup>, Tomašević A.<sup>4</sup>, Nišić D.<sup>5</sup>

#### **Apstrakt**

U ovom radu data je analiza vrsta i načina korišćenja deponija za uglj. Poseban akcenat je stavljen na sadašnju praksu formiranja i korišćenja deponija uglja u Srbiji. Analizirane su njihove veličine i dinamika korišćenja. Dati su principi dimenzionisanja veličine deponije za homogenizaciju uglja. Konstatovano je da su postojeće deponije predimenzionisane i da se, po prostornim mogućnostima, lako mogu prilagoditi uslovima koje traže deponije za homogenizaciju uglja.

***Ključne reči:*** deponije uglja, skladištenje uglja, mešanje ugljeva, homogenizacija uglja

---

<sup>1</sup> Prof. Dr Knežević Dinko, dipl.ing.rud., Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

<sup>2</sup> Prof. Dr Kolonja Božo, dipl.ing.rud., Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

<sup>3</sup> Prof. Dr Stanković Ranka, dipl.ing.rud., Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

<sup>4</sup> Tomašević Aleksandra, dipl.ing.rud., Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

<sup>5</sup> Nišić Dragana, dipl.ing.rud., Univeritet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

## Abstract

This paper provides an analysis of the type and manner for use of coal stockpiles. Special emphasis is put on the current practice of creation and use of coal stockpiles in Serbia. It has been analyzed their size and dynamics of use. The principles of stockpile size dimensioning for coal homogenization. It was noted that the existing stockpiles are oversized and that, according to the available space, can be easily adapted to the conditions required by the stockpiles for coal homogenization.

**Keywords:** coal deposits, coal storage, coal mixing, coal homogenization

## 1. UVOD

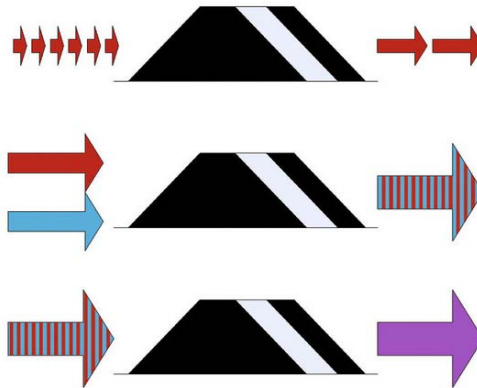
Objekti za skladištenje uglja formiraju se iz tri razloga:

- kao skladišni (akumulacioni) prostor,
- kao prostor za mešanje ugljeva različitog porekla, i
- kao prostor za homogenizaciju ugljeva različitog kvaliteta (i/ili porekla).

Šematski prikaz deponija različite namene prikazanje na Slici 1 [1]. Različite namene utiču na veličinu (geometriju), tip i opremu koja se koristi na deponiji. Na našim prostorima značajne su akumulacione i deponije za homogenizaciju uglja. Deponije, kao prostor za mešanje ugljeva različitog porekla i karakteristika značajne su samo za velike luke.

## 2. ZNAČENJE POJEDINIH IZRAZA

Postoji veliko šarenilo izraza kojim se želi opisati homogenizacija, i u srpskom i u engleskom jeziku. U srpskom jeziku se to radi opisno kao "ujednačavanje kvaliteta mešanjem ugljeva različitog porekla i karakteristika". S obzirom na dužinu pojma ustalio se izraz homogenizacija, mada se spominju i blending i miksing (sve anglicizmi). Izraz "**miksing**" (**mešanje, miksovanje**) podrazumeva mešanje različitih komponenata, ali tako da se tragovi pojedinačnih komponenata i posle mešanja mogu identifikovati. Kada se mešaju ugljevi, radi ujednačavanje kvaliteta, izrazi miksing i miksovanje se pogrešno koriste.



Slika 1. Šematski prikaz deponija različite namene (gore: akumulaciona, u sredini: za blendiranje i dole: za homogenizaciju)

Izraz **blending (mešanje)** predstavlja formiranje krajnjeg proizvoda potrebnog i poznatog kvaliteta od dva ili više tipova istog materijala (npr. uglja, duvana itd.), ali različitog porekla, tako da se posle mešanje ne može identifikovati ni jedan od materijala pojedinačno. Kod blendiranja odnos među komponentama je uvek isti, pa svaka komponenta mora biti poznatog i ujednačenog kvaliteta. Dakle, blendiraju se prethodno homogenizovani proizvodi. Kad je u pitanju ugalj blendiranje se sreće na lučkim (akumulacionim) deponijama gde se od ugljeva različitih vrsta, porekla i kvaliteta sprema ugalj kvaliteta koji kupac želi.

Izraz **homogenizacija** (engl. *homogenisation*), predstavlja preradu jedne vrste materijala (npr. uglja) tako da se nepoželjne razlike u pogledu kvaliteta ili granulometrijskog sastava ublaže (ujednače). Homogenizacija je mešanje materijala istog porekla kako bi se dobio zajednički proizvod poznatog i ustaljenog kvaliteta pri čemu se u krajnjem proizvodu ne poznaju komponente od kojih je on sastavljen. Kada se na jednom rudniku ili koku u tehnološkom lancu mešaju ugljevi različitog kvaliteta iz različitih delova ležišta, iz silosa ili deponija da bi se dobio krajnji proizvod - ugalj poznatog i ustaljenog kvaliteta tada se ispravno koristi izraz homogenizacija.

### 3. DEPONIJE KAO AKUMULACIONA SKLADIŠTA

Deponije uglja kao skladišni (akumulacioni) prostor formiraju se radi uspostavljanja tehnološkog sistema u kojem se koristi različita oprema i različiti sistemi, transportni i proizvodni. Tipičan primer je

prodaja uglja kupcu koji je udaljen od rudnika ili izravnavanje diskontinuiteta u radu rudnika i termoelektrane.

**Lokacija akumulacione deponije.** Da bi rudnik radio kontinuirano i u skladu sa vlastitom tehnologijom te da ne bi čekao utovar ka kupcu formira se deponija neposredno uz rudnik. Rudnički transport treba da bude što kraći, a deponiju treba formirati van kontura kopa, kako se tehnološki ni organizaciono ne bi remetio rad kopa. U ovoj varijanti kupac uvek ima na raspolaganju dovoljne količine uglja za utovar, a rudnik je nezavisan u organizovanju proizvodnje i nije mu važno da li potrošač ima ili nema svoj deponijski prostor. Kada su rudnik i potrošač prostorno blizu, a tehnološki teško mogu uskladiti dinamiku rada i kapacitete onda se formira jedna, zajednička, deponija izvan kopa na potezu ka potrošaču (najčešće su to termoelektrane).

**Veličina (kapacitet) deponije.** Kapacitet deponije je uslovljen kapacitetom transportnog sredstva koji odvozi uglj i dinamikom organizovanja transporta. Pravilo je da prevoznik kada dođe na utovar ne čeka već da odmah, i u što kraćem vremenu, bude natovaren i otpremljen. Dinamika odvoza zavisi kako od broja i veličine raspoloživih transportnih sredstava tako i od dinamike odvoza u narednom transportnom ciklusu.

Kada se radi o velikim potrošačima onda se kapacitet određuje u odnosu na potrošnju i procenjeno vreme zastoja proizvodnje uglja. Uzroci zastoja su svakojaki. Najznačajniji je vezan za vreme potrebno za remonta rudarske i druge opreme. Najpodesniji period za remonte je u letnjim mesecima, međutim zbog korišćenja godišnjih odmora (rudara, mehaničara, dobavljača, proizvođača rezervnih delova) remontu na kopu se pomeraju ka kasno proletnjim i kasnim letnjim, odnosno ranim jesenjim mesecima. U tom periodu termoelektrane najčešće rade smanjenim kapacitetima (primarno se koriste hidroelektrane, smanjena potrošnja), tako da blokovi pojedinačno idu u remonte. Drugi bitan uzrok zastoja u radu rudnika, odnosno kopa vezan je za klimatske i meteorološke uslove. U zimskom periodu najteži je rad na kopu, a potražnja za električnom strujom iz termoelektrana je najveća pa je ovo bitan parametar za dimenzionisanje deponije. Treća važan činilac su havarije i problemi izazvani prirodnim katastrofama (poplave, klizišta). Događaji iz maja i juna 2014. godine pokazali su da to može izazvati značajan poremećaj na elektroenergetskom tržištu. Bitno je razmotriti i verovatnoću štrajkova, nemira i pobuna.

Na veličinu deponije uglja značajan uticaj ima i procena pouzdanosti snabdevača, odnosno potrošača. Ova procena se svodi na procenu rizika i nosi značajnu dozu ekspertskeg znanja i subjektivne procene. U ovu grupu treba dodati i lokalno iskustvo sa snabdevačima i potrošačima.

Faktori koji nedostaju prethodnoj analizi odnose se na ekonomičnost rada i procenu isplativosti rada rudnika/kopa i termoelektrane. Pošto su kod nas rudnici/kopovi uglja i termoelektrane u državnom vlasništvu, a preko cene njihovih krajnjih proizvoda se održava i socijalni mir to ti parametri ne učestvuju u određivanju veličine deponija uglja. U svetu se svakako o tome vodi računa.

Sve u svemu, određivanje veličine deponije je kompleksan problem. U staroj SFRJ izrađen je predlog Pravilnika o administrativno-tehničkom određivanju veličine deponije [2]. Taj pravilnik nikada nije zaživeo, a predviđao je minimalnu zapreminu deponija termoelektrana koja obezbeđuje rad, punim kapacitetom, u periodu od 45 dana. To se uklapalo u tada važeće principe koji su predviđali i rezervu za rok od 90 dana [3].

Veličina deponija uglja na termoelektranama u Srbiji, bez Kosova i Metohije, prikazana je u Tabeli 1.

**Vrsta deponije.** Kada se predviđa kontinuirani (stalni) odvoz tada se deponija prilagođava planiranim transportnim sredstvima, a kada se odvoz dešava s vremena na vreme deponija se improvizuje.

Deponije na termoelektranama su građevinski i tehnološki uređene sa definisanim prostorom (površinski i zapreminski), odvodnjavanjem, prskačima, tehnologijom odlaganja i izuzimanja.

Tabela 1. Veličina deponija uglja u Srbiji, bez KiM

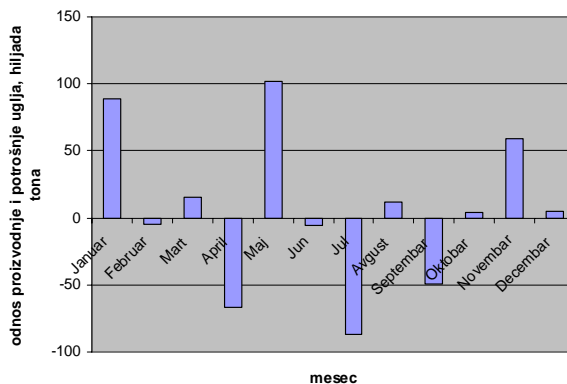
Termoelektrana	Potrošnja uglja, t/dan	Veličina deponije, t	Rezerve u uglju, dan	Tip deponije	Postojanje kopovske deponije
Nikola Tesla-A	36.200	530.000	≈ 14	polarna	da
Nikola Tesla-B	42.000	370.000	≈ 9	polarna	da
Kolubara	12.000	110.000	≈ 10	linijska	ne
Morava	4.000	200.000	≈ 50	linijska	da
Kostolac-A	12.000	120.000	≈ 10	linijska	ne
Kostolac-B	38.400	600.000	≈ 15	linijska	ne

**Oprema za transport, skladištenje i izuzimanje.** Oprema se u potpunosti prilagođava transportnom sredstvu. Kada se transport vrši stalno i kontinuirano onda se oprema prilagođava transportnom sredstvu.

**Stanje u Srbiji.** Sve naše deponije uglja su formirane kao skladišni prostor. U slučaju kada je termoelektrana udaljena od kopa (Kolubara - TENT) formiraju se dve deponije - bunker uz kop, a otvorena deponija na lokaciji termoelektrana. Ovakvim rasporedom rad kopa i termoelektrane je nezavisan, a redovno godišnje održavanje je moguće obaviti u periodu kada kopu i termoelektrani najviše odgovara. Primer



mesečne usklađenosti dovoza i potrošnje uglja na termoelektrani Nikola Tesla-B, prikazan je na Slici 2 [4].



*Slika 2. Odnos dovoza i potrošnje uglja na TE Nikola Tesla B*

Postojanje deponijskog objekta na lokaciji RB Kolubare i TENT-B omogućava nezavisan rad oba subjekta. Sa Slike 2, koja daje petogodišnji prosek, vidi se korišćenje deponija. U januaru, maju i novembru izrazito je veća potrošnja od proizvodnje (dovoza) uglja, dok je u aprilu, julu i oktobru suprotno (veći dovoz od potrošnje). Tokom ostalih meseci dovoz i potrošnja su prilično izjednačeni.

Zbog postojanja bunkerskog prostora uz lokaciju kopa, usklađenosti dovoza i potrošnje uglja na TENT-B i raspoloživog bunkerskog prostora unutar blokova tehnološki je usklađeno da se vozovi prazne direktno u elektranske bunkere, a samo radi akumulisanja rezerve ili prevazilaženje nekog poremećaja ugalj ide na elektransku deponiju. Količina uglja koji se pre sagorevanja deponuje redovno je ispod 5% u odnosu na potrošeni ugalj [4]. U Tabeli 2 dat je petogodišnji pregled količina dovezenog i potrošenog uglja i količina koje ostaju na deponiji (100% je petogodišnji prosek).

Dakle, kada na mestu proizvodnje i mestu potrošnje postoje akumulacioni prostor tada njegovo korišćenje treba racionalizovati da se jedna deponija koristi za kontinuirano snabdevanje, dok se druga (obično na lokaciji potrošača) koristi samo kao rezerva.

Kada su kop i termoelektrana na prostorno bliskoj lokaciji onda se formira jedna (tehnološki, zajednička) deponija uglja. Takav slučaj je na kopu Drmno koji ugljem snabdeva termoelektrane Kostolac-A i Kostolac-B. Korišćenje zajedničke akumulacione deponije je tehnološki potpuno drugačije.

Tabela 2. Količina uglja koja se odlaže na deponiju TENT-B

Godina	Količina uglja dovezena u TENT B, %	Ukupna raspoloživa količina, %	Potrošeno uglja, %	Količina uglja odložena na deponiju, %
Stanje 31.12.				2,75
1.	99,77	102,52	97,75	4,77
2.	89,57	94,34	90,62	3,72
3.	100,54	104,26	100,41	3,84
4.	105,45	109,29	105,20	4,09
5.	104,68	108,77	103,84	4,93
Suma/prosek	500,00	519,18	497,82	4,27

Naime, posmatrano na časovnom nivou, dinamika i kapacitet korišćenja kopa se razlikuje od dinamike i kapaciteta na termoelektrani. Prosečan časovni kapacitet kopa je 4.000 tona uglja, a potrošnja na termoelektrani je 2.700 t/h, dok je prosečno vreme kopanja uglja 4.500 h/g, a sagorevanja u termoelektrani 6.000 h/g. Da bi se ovo uskladili neophodno je imati bar jednu akumulacionu, bolje reći, izravnavajuću deponiju uglja. Mesečni odnosi punjenja i pražnjenja deponije prikazani su u Tabeli 3.

Tabela 3. Mesečni odnosi punjenja i pražnjenja deponije ugljem sa PK Drmno

Mesec	Razlika punjenje/pražnjenje		
	TEKo-A	TEKo-B	TEKo-A + TEKo-B
Januar	- 20.753	117.385	96.632
Februar	- 21.174	206.088	184.914
Mart	66.414	-102.116	- 35.702
April	- 11.814	-134.895	- 146.709
Maj	- 61.579	153.056	91.477
Jun	27.363	102.589	129.952
Jul	- 123.052	248.545	125.493
Avgust	110.194	-347.417	-237.223
Septembar	42.151	-62.532	- 20.381
Oktobar	- 2.628	29.590	26.962
Novembar	8.878	-176.312	- 167.434
Decembar	- 20.234	102.589	82.355

Analiza mesečnog punjenja i pražnjenja zajedničke deponije PK Drmno i TE Kostolac analizirana je za period januar 2010. - avgust 2014. Iz navedene analize se vidi da se deponija, u periodima od 1 do 4 meseca, naizmenično više puni nego što se prazni, pa se - više prazni nego što se puni i tako redom. Interesantno je da se u zimskim mesecima (decembar, januar, februar), kada su najteži uslovi za rad na kopu i najveća potrošnja energije, deponija više puni nego prazni, dok se u prelaznim periodima

(mart-april i avgust-septembar) više prazni. Odnosno, u analiziranom period je na deponiji TEKo-A deponovano je 10.850.519 t, a izuzeto 10.856.753 t, dok je na deponiji TEKo-B deponovano 18.017.546 t, a izuzeto 18.154.116 t. Znači da je više od 99% deponovanog uglja utrošeno, te da je sa deponije, kao akumulisane rezerve potrošeno manje od 1% deponovanog uglja.

Valja primetiti da mesečni nedostataka uglja (više se prazni nego što se deponuje) iznosi od 20.381 do 237.223 tona uglja. Posmatrano na celokupni kapacitet od 720.000 t vidi se da su deponije korišćena u rasponu od 3 - 33%.

#### **4. DEPONIJE ZA MEŠANJE UGLJEVA**

Mešanje ugljeva različitog porekla (ili kvaliteta) podrazumeva deponovanje ugljeva jednog pored drugog u zavisnosti od vremena pristizanja na deponiju. Ponekad je moguće uspostaviti sistem da oni dolaze naizmenično i u približno jednakim količinama, pa se pri izuzimanju neka vrsta ujednačavanja kvaliteta spontano dešava. Najčešće je to teško izvesti pa različiti ugljevi i u različitim količinama stižu s vremena na vreme, neplanski, stohastički, pa je ujednačavanje kvaliteta uglja pri izuzimanju neznatno i slučajno.

Čak i kada su poznati kvaliteti ugljeva na ulazu sistem (statičkog) slaganja jedno pored drugog saglasno vremenu dolaska i izuzimanje, redom sa najbliže gomile, ne može bitno da utiče na kvalitet proizvoda koji se izuzima sa te deponije.

U praksi (posebno u lukama) sreće se sistem mešanja koji se naziva blendiranje koji podseća na homogenizaciju ugljeva. Naime, mešaju se ugljevi koji su prethodno homogenizovani, pa im je kvalitet poznat i ustaljen, i koji su odloženi na različite gomile (silose). Njihov maseni odnos se unapred definiše, a mešanje je ostvaruje dodavanjem na istu traku pre utovara.

Na rudnicima ili termoelektranama moguće je mešanjem (blendiranjem) postići homogenizaciju. Preduslov za to da se, u prvoj fazi, na različitim gomilama odlaže ugalj poznatog i približno jednakog kvaliteta. U drugoj fazi je moguće dobiti ugalj ujednačenog kvaliteta tako što će se istovremeno izuzimati i mešati (najčešće na traci kojom se ugalj izvozi sa deponije) ugalj boljeg kvaliteta od potrebnog sa ugljem lošijeg kvaliteta od potrebnog. Maseni odnos, odnosno kapacitet izuzimanja, treba biti unapred zadan.

## 5. DEPONIJE ZA HOMOGENIZACIJU UGLJA

Deponije za homogenizaciju su tehnološki najkomplikovanije jer na njima od uglja promenljivog kvaliteta (na ulazu) treba “napraviti” ugalj poznatog, ujednačenog i ustaljenog kvaliteta (na izlazu). Zbog toga se kod ovih deponija podrazumeva dinamičko odlaganje i dinamičko izuzimanje.

Ove deponije su, po pravilu, na kraju tehnološkog lanca upravljanja kvalitetom uglja te su i njihove mogućnosti ograničene i, najčešće, uslovljene uspešnošću homogenizacije u prethodnim fazama. Veličina deponija za homogenizaciju uglja (prostorno i zapreminski) zavisi od karakteristika uglja. Što je kvalitet uglja na ulazu ujednačeniji, a zahtevani kvalitet uglja na izlazu sa deponije umereniji to će i deponije biti manje.

Homogenizacija na deponijama se obavlja u dva postupka: pri odlaganju i pri izuzimanju. Ispitivanja su pokazala da su mogućnosti homogenizovanja u fazi odlaganja značajno veće nego i fazi izuzimanja [5].

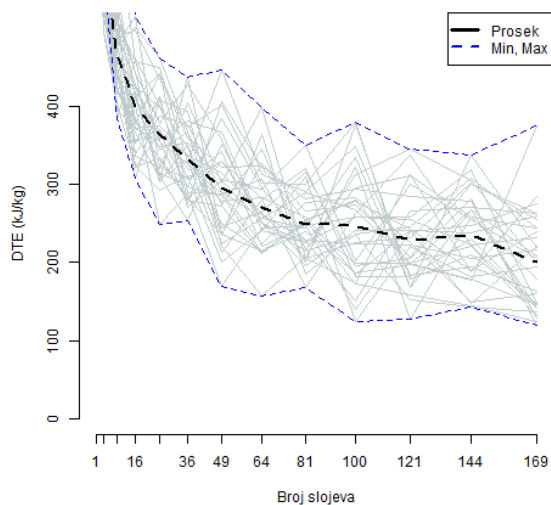
Tehnologija rada na deponijama za homogenizaciju vezana je za formiranje određenog broja gomila, najčešće je to paran broj, tako da dok se jedna gomila puni, druga se prazni. Pri tome, svaku gomilu treba do kraja potpuno napuniti i do kraja potpuno isprazniti.

Efikasnost se statistički definiše odnosom standardne devijacije istog parametra kvaliteta uglja na ulazu i na izlazu sa deponije. Korišćenje ovako dobijene efikasnosti homogenizacije nije praktično jer nedostaju podaci vezani za zapreminu deponije, način odlaganja, debljinu slojeva, način izuzimanja, greške uzorkovanja i analize itd. [6]. Zbog toga se efekat homogenizacije vezuje za broj odloženih slojeva i može da se računa po empirijskom obrascu:

$$E = \frac{\sigma_{in}}{\sigma_{out}} = k \cdot \sqrt{n}$$

Koeficijent  $k$  se kreće od 0,5 do 0,7 i teško je objasniti kada je 0,5, a kada 0,7.

Bolji način za praćenje efikasnosti jeste simulacijom vrednosti standardne devijacije, za izabrani parametar i za svaki sloj. Kao rezultat dobije se dijagram iz kojeg se vidi posle koliko slojeva se standardna devijacija stabilizuje, Slika 3 [7]. Povećanjem broja odloženih slojeva homogenizacija neće biti bolja, ali će se povećati svi troškovi, od investicionih do operativnih.



Slika 3. Prosečna standardna devijacija za različiti broj odloženih slojeva

Za ovakvu simulaciju potrebno je znati i kapacitet i karakteristike materijala za koji se deponija planira pa će iz toga proizaći i dimenzije svakog sloja, odnosno cele deponije. Iz prakse se zna da dužina deponije treba da bude najmanje 4 puta veća od njene širine [8]. Iz ekonomskih razloga teži se širim, a kraćim deponijama, a raspoloživi odlagači i izuzimači omogućavaju visine deponija i iznad 22 m. Međutim, valja računati i na mogućnosti mašina kojima se ugalj odlaže i izuzima. Odlagači obično rade u rasponu brzina 4-20 m/s, a izuzimači 1-6 m/s. Za obe mašine je bolje da rade sa manjim brzinama. Ako je dužina deponije mala, a kapacitet i broj slojeva veliki onda će obe mašine raditi sa velikom brzinom, što nije dobro ni tehnološki ni sa aspekta održavanja i radnog veka mašine.

Za kvalitet srpskih lignita broj slojeva koji obezbeđuju potrebnu homogenizaciju (na bazi donje toplotne vrednosti) varira od 25-49, što za kapacitete odlaganja od 4-5.000 t/h obezbeđuje formiranje gomile za 24 - 36 sati [7, 9]. Za dve gomile to iznosi 2-3 dana i time se dobija deponija koja je 4-5 puta manja od deponije za akumulisanje i stvaranje rezerve uglja. Razume se, kada je kvalitet uglja na ulazu lošiji, a opseg kvaliteta veći potrebno je formirati i više od 100 slojeva. Tipičan primer za ovo su deponije uglja u Grčkoj.

## 6. ZAKLJUČAK

Dimenzionisanje deponije uglja je veoma zahtevan proces koji ne uključuje samo stručna razmatranja vezana za namenu deponije i kvalitet uglja već podrazumeva i analizu mnogih socijalnih i ekonomskih parametara. Saglasno tome, po dimenzijama najmanje su deponije potrebne za homogenizovanja uglja. Može se zaključiti da se naše deponije koriste ekonomski neracionalno i da su predimenzionisane. Prostor na postojećim akumulacionim deponijama omogućava njihovo pretvaranje u deponije za homogenizaciju uz prenamenu mašina koje se koriste za odlaganje i izuzimanja, odnosno uz uspostavljanje odgovarajućeg, automatizovanog sistema, odlaganja i izuzimanja.

### **ZAHVALNOST**

*Ovaj rad je rezultat projekta Unapređenje tehnologije površinske eksploatacije lignita u cilju povećanja energetske efikasnosti, sigurnosti i zaštite na radu, br. 33039, koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.*

### **Literatura**

1. Dröttboom M.: Stacking, Blending & Reclaiming, Bed Blending Efficiency - Adding Value with Stockyard Systems, <http://www.process-worldwide.com/>, 2012
2. Perišić M. et al.: Utvrđivanje potrebnih veličina deponija uglja za termoelektrane, Rudarski institut, Beograd, 1982
3. Carpenter M. A.: Management of coal stockpiles, IEA Coal Research, London, 1999
4. Leontijević M.: Mogućnosti homogenizacije uglja u sistemu P.K. Tamnava - termoelektrana Nikola Tesla B korišćenjem raspoloživih resursa, magistarski rad, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 2010
5. Zador A. T.: Technology and Economy of blending and mixing, The best of bulk solids handling: Stacking, Blending and Reclaiming of bulk materials - B/94, Trans Tech Publication, 1994
6. Wolpers F. M.: Homogenization of bulk material in longitudinal and circular stockpile arrangements, Beltcon 8, <http://www.saimh.co.za/>, 1995
7. Stevanović D., Kolonja B., Stanković R., Knežević D., Banković M.: Application of stochastic models for mine planning and coal quality control, [www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0354-9836-98361300031S.pdf](http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0354-9836/2013%20OnLine-First/0354-98361300031S.pdf), 2013

8. Erasmus J. H.: Bulk Raw Materials Storage Selection,  
[www.beltcon.org.za/docs/b1111.pdf](http://www.beltcon.org.za/docs/b1111.pdf)
9. Kolonja B. i dr.: Implementacija sistema za upravljanje kvalitetom  
uglja na površinskim kopovima Tamnava, Rudarsko-geološki fakultet,  
Beograd, 2008



## JAVNOST I POVRŠINSKA EKSPLOATACIJA UGLJA

### PUBLICITY AND SURFACE COAL MINING

Korakianiti M.<sup>1</sup>

#### **Apstrakt**

Mišljenje javnosti o površinskoj eksploataciji uglja najčešće je negativno. Tu su posebno izraženi neargumentovani stavovi ekoloških organizacija i zajednica da površinski kopovi uglja ali i drugih mineralnih sirovina, ne bi trebalo da egzistiraju zbog štete koju izazivaju u životnoj sredini. Ovakav doživljaj javnosti proizilazi iz loše slike koju neretko ostavlja površinska eksploatacija uglja. Negativne slike, koje se javljaju kao posledica površinske eksploatacije uglja, izazivaju stvaranje barijere za nesmetan razvoj kako postojećih tako i novih površinskih kopova ne samo uglja kao i značajnijeg razvoja rudarskog sektora.

***Ključne reči:*** javnost, površinska eksploatacija, životna sredina

#### **Abstract**

Public perception of the surface mining of coal is usually negative. There are remarkable unsubstantiated opinions by environmental organizations and communities that coal opencast mining as well as other raw minerals, should not exist because of the damage they cause to the environment. Such public experience comes from bad image that often

---

<sup>1</sup> Korakianiti Marijana, master.ing.zzs., Tekon Sistemi, Beograd



leaves coal surface mining. Negative images, which appear as a result of surface mining, causing the creation of barriers to the smooth development of both existing and new surface mines not only the coal and the significant development of the mining sector.

**Keywords:** public, surface mining, environment

## 1. UVOD

Javnost je veoma zabrinuta zbog klimatskih promena kao i posledica koje izaziva površinska eksploatacija uglja i korišćenje ovog energenta. Ugalj se u javnosti, a posebno kod ekoloških organizacija tretira kao prljav i neefikasan izvor energije. U prošlosti, industrija je više shvatana kao osnov ekonomije, socijalne stabilnosti i ukupnog blagostanja što danas nije slučaj i to pre svega zbog nedostatka komunikacije i saradnje sa društvenom zajednicom. Zbog toga javnost ima osećaj da nema pravičnu naknadu za posledice površinske eksploatacije i da ovaj sektor mora da poveća svoje napore i nastojanja da zaštiti javnost i životnu sredinu.

U novije vreme, veruje se da postoji poseban disbalans između želja i potreba zacrtanih ciljeva rudarskog i energetskeg sektora, životne sredine i društvene zajednice. Ovo nasleđe je zasnovano na istorijskim primerima loše prakse (kolubarski i kostolački baseni uglja, borski rudarski basen, većina površinskih kopova nemetaličnih mineralnih sirovina).

Danas, termin površinska eksploatacija izaziva brigu kod šire društvene zajednice kad god se pomene. On po pravilu predstavlja tužnu sliku gabaritne opreme koja menja pejzaž, što za posledicu ima izmeštanje naselja, raseljavanje stanovništva, uništavanje prirodnih staništa i tako dalje.

## 2. UTICAJ NEGATIVNOG MIŠLJENJA JAVNOG MNJENJA

Negativno mišljenje javnog mnjenja po pitanju površinske eksploatacije uglja može da dovede do značajnih prepreka u razvoju projekata vezanih za površinske kopove, kako nove tako i postojeće.

Potencijalni uticaj negativnog mišljenja javnosti najčešće se odnosi na:

- Stalni pritisak na planere i lokalnu samoupravu da odbijaju projekte čak i kada je u njima uključen socijalni i ekološki aspekt i kada u njima ne postoje objektivni ekološki rizici;

- Vršiti se pritisak i na Vladu da se primene strožije smernice u zakonodavnom okviru;
- Pritisak lokalnog stanovništva kako bi se zadovoljile njihove želje a koje nisu nužno potrebne (specijalni zahtevi, zapošljavanje, drugi benefiti lokalnog stanovništva itd.);
- Pretvaranje bilansnih u vanbilansne rezerve uglja i drugih mineralnih sirovina primenom strogih zahteva za držanje distance od prirodnih i kulturnih dobara, urbanističke i druge infrastrukture na koje bi površinska eksploatacija mogla da ima uticaj;
- Podsticanje javnosti sa negativnim izveštajima i ne davanje kompletnih informacija po pitanju budućih namera dodatno unose sumnju u rudarske projekte;
- Podsticanje protesta koji mogu da dovedu do usporenja dinamike razvoja površinskih kopova ili zaustavljanja novih rudarskih projekata;
- Sprečavanje radova na već otvorenim kopovima čak i kada su oni u skladu sa ekološkim i sociološkim standardima.

Svi ovi uticaji najčešće nemaju negativne uticaje samo na pojedinačne rudarske projekte već i na ukupna razvoj rudarskog sektora pa samim tim i na ukupni privredni razvoj države.

### **3. POZITIVNI UTICAJ POVRŠINSKE EKSPLOATACIJE UGLJA**

#### **3.1. Značaj uglja**

Treba istaći da je održiva, konkurentna i sigurna energija jedan od osnovnih stubova svake države ali svakodnevnog života svih građana. Obzirom da je, kao i u slučaju drugih tržišta, jedan od osnovnih ciljeva tržišta eklektične energije konkurentnost to je onda i ključno pitanje osiguranja dostupnosti električne energije po pristupačnim cenama. Potpuni prekid ili restriktivno snabdevanje električnom energijom za posledicu ima ogromne finansijske gubitke u privredi i negativan uticaj na stanovništvo (obzirom na postignuti stepen životnog standarda, zdravstvenu zaštitu i tako dalje).

Kompleksna dinamika nepredvidive proizvodnje električne energije zajedno sa obnovljivim izvorima energije je ogroman izazov kojim tek treba naučna i stručna javnost da se pozabavi pre nego što se privreda i društvo oslone samo na obnovljivu energiju. Dok se ne prevaziđu ovi izazovi, uglj i druga fosilna goriva će biti osnovni izvori

energije u našem a i svetskom energetskom sistemu. To je zabeleženo i u svim strateškim dokumentima razvijenih država i stručnih asocijacija.

Danas se u Srbiji proizvede između 70% i 80% energije (zavisno kako se tretira energija iz HE Đerdap) iz fosilnih goriva, a tako će biti i u decenijama koje dolaze. Obzirom na značaj energije u našem ekonomskom sistemu neophodno je da država u kontinuitetu omogući dalji razvoj sektora energetike baziranog na domaćim fosilnim izvorima. Ovakav koncept se uklapa u ukupna strateška opredeljenja EU, UN ali i svih razvijenih država koji se oslanja na maksimalnu energetsku nezavisnost koja proističe iz sopstvenih izvora.

Ugalj ima jedinstvenu ulogu u ekonomskom i energetskom sistemu jedne kako u Srbiji tako i u celom svetu zbog toga što je relativno jeftin i jednostavan za transport i skladištenje. Da bi i dalje ostao primaran energent potrebno je da bude eksploatisan na odgovoran način, uz korišćenje čistih tehnologija.

Mnoge društvene strukture (lokalne zajednice, ekološka udruženja, lobiji koji se baziraju na drugim izvorima energije (gasni, nuklearni i obnovljivi izvori) sve čine da se površinska eksploatacija uglja i ugalj kao energent predstavi kao najveći zagađivači životne sredine i glavni uzrok globalnog zagrevanja. Ni jedno ni drugo nije tačno, posebno što ugalj nije naučno, u značajnijoj meri, doveden u vezu sa globalnim zagrevanjem. Pomenute društvene strukture ne biraju sredstva za ostvarenje svojih ciljeva, od antipropagande pa sve do protesta širokih razmera. Međutim, treba imati u vidu da će ugalj i u narednom dugom periodu biti primaran energent i da nikakva antipropaganda globalno neće dovesti do gašenja termoenergetskih postrojenja i zatvaranja rudnika. Jedino što može da nastane to je lokalna ekonomska i društvena šteta, kao posledica povećanog uvoza energenata i električne energije. Ovo je stav većine stručnih asocijacija u svetu, a potvrda ovog stava delom se može uočiti i u Srbiji. Naime, dugogodišnja smanjena investiciona aktivnost u površinskoj eksploataciji uglja, posebno u kolubarskom basenu, kao posledica nestrategičkog pristupa, dovela je do toga da postojeći proizvodni kapaciteti jedva zadovoljavaju domaće potrebe. Tako je zbog potapanja površinskog kopa Tamnava-Zapadno Polje i prestanka proizvodnje na njemu, značajno smanjena proizvodnja u TE Nikola Tesla a deficit u proizvodnji električne energije iznosi 20% do 30%. Ovaj deficit se nadoknađuje uvozom koji iznosi i do 1.000.000 eura dnevno.

### **3.2. Savremeni pristup površinskoj eksploataciji uglja**

U nestručnoj javnosti, pod površinskom eksploatacijom se

uglavnom se podrazumeva devastirajući proces sa komplikovanim operacijama, ograničenim tehničkim mogućnostima, institucionalno neuređeni i sa malo brige za životnu sredinu i lokalno stanovništvo.

Međutim, površinska eksploatacija uglja, pa i uglja značajnije se razvija poslednjih tridesetak 30 godina. Glavni cilj razvoja usmeren je održivom poslovanju, pri čemu se balansira između socijalnog, ekološkog i ekonomskog aspekta. Održivi poslovni razvoj baziran je na tehnologijama i procesnim aktivnostima koje su pažljivo isprojektovane na osnovu detaljnih analiza i simulacija i koje se kontinualno verifikuju u praksi. Primenjene nove tehnologije obuhvataju i ekološki i planerski aspekt pri čemu su potencijalni uticaji na životnu sredinu smanjeni na razumnu meru

Savremen pristup razvoju površinske eksploatacije uglja nudi značajne socio-ekonomske prednosti za njeno okruženje a, naročito u siromašnim oblastima.

Primeri socio-ekonomskih prednosti:

- Energetska nezavisnost države;
- Povećanje BDP, direktno i indirektno;
- Direktno zapošljavanje na visoko kvalifikovanim i dobro plaćenim poslovima - ovo može imati značajan i posebno pozitivan uticaj na ruralne sredine pri čemu pomaže u ispunjavanju ciljeva ruralne politike.
- Indirektno zapošljavanje kroz upošljavanje lokalnih firmi - najčešće ovo podrazumeva upošljavanje železnice, prevoznika, otvaranje elektrana, održavanje opreme, snabdevanje gorivom, uređenje okoline, angažovanje poljoprivrednika i dr.
- Direkta ulaganja u lokalne projekte;
- Poboljšanje lokalne infrastrukture, kroz održavanja lokalne putne, vodosnabdevanje i dr.

Osim socio-ekonomskih savremena površinska eksploatacija površinska eksploatacija uglja pruža značajne ekološke prednosti i predstavlja jedinu industriju koja ima mogućnosti da kroz svoj razvoj više da sačuva nego da naruši životnu sredinu. Tako razvoj površinskog kopa od faze projektovanja do posle eksploatacione faze podrazumeva privremeno korišćenje zemljišta (nekoliko desetina godina) pri čemu se sama eksploatacija odvija u skladu sa projektom rekultivaciju i ukupne remedijacije. Ovakav pristup omogućuje da se prostor i zemljište upotrebljeni u procesu eksploatacije isplanira, stabilizuje i praktično pripremi za druge svrhe kao na primer za poljoprivredu, parkove prirode, turističke namene i dr.

Neke od prednosti u zaštiti životne sredine tokom površinske eksploatacije su:

- Mogućnosti za unapređenje životne sredine i biodiverziteta;
- Uklanjanje zagađenja iz podzemnih voda;
- Rekultivacija devastiranog zemljišta;
- Rekultivacija plodnog zemljišta;
- Stabilizacija terena;
- Unapređenje mreže brana i nasipa, radi smanjenja opasnosti od poplava.

#### **4. TEHNIKE NAJBOLJE PRAKSE U UPRAVLJANJU POTENCIJALNIM UTICAJIMA**

##### ***Proces planiranja***

Okvir za kontrolu razvoja površinskih kopova uglja oslanja se pre svega na strateška opredeljenja na nacionalnom nivou u koja je uključen i lokalni razvoj. Dobra praksa je da projekti lokalnog razvoja uvek budu bazirani na razvoju površinske eksploatacije. Uz to je važno da u proces dogovaranja budu uključeni predstavnici lokalnih vlasti i nevladinog sektora. Ovakav pristup omogućuje da se sa jedne strane, uz razvoj površinske eksploatacije održivo razvija i lokalna zajednica a sa druge strane da se postave dugoročni planovi za kontrolu ekoloških i socioloških aspekata eksploatacije na zadovoljstvo svih zainteresovanih strana.

Takođe, i sam rudarski sektor, kroz nesmetan razvoj površinske eksploatacije ohrabren je da značajno više polaže na rešavanje problema koji se odnosi na očuvanje životne sredine, kao i rešavanje socijalnih pitanja, a koji su detektovani kroz razvojne projekte.

##### ***Lokalna zajednica***

Kompanije koje se bave površinskom eksploatacijom, dobra praksa je da se one trude da razumeju potrebe lokalne zajednice i da idu uvek ispred onoga što se od njih traži i očekuje, a sve to u nameri da očuvaju dobar odnos sa zajednicom. Ovo je dobar imidž koji površinska eksploatacija uglja treba da gradi ne samo zbog nesmetanog razvoja postojećih površinskih kopova već zbog budućih projekata.

U Tabeli 1dat je prikaz nekih potencijalnih uticaja na lokalnu zajednicu i životnu sredinu uopšte sa merama smanjenja.

Tabela 1. Prikaz potencijalnih uticaja na lokalnu zajednicu i životnu sredinu

Potencijalni uticaj	Mere za smanjenje negativnog uticaja
Buka	Eksperti za buku sprovode istraživanja sa kompletnom opremom za detekciju buke a sve to na osnovu tehničke dokumentacije površinskog kopa. Procesne aktivnosti se planiraju i prilagođene su tako da smanje bilo kakav uticaj na okolinu. U cilju zaštite od buke poželjno je koristiti zasade drveća a u ekstremnim slučajevima i ograde protiv buke.
Prašina	Kontrola prašine uključuje pre svega obuku zaposlenih a potom i projekta tehničko tehnološka rešenja koja smanjuju njen uticaj na okolinu. Osim toga potrebno je predvideti i mobilne jedinice za kontrolu prašine kao i sredstva za njeno smanjenje (vodeni topovi, sprejovi za statičnu prašinu, vodene zavese, sprejovi za koagulaciju, objekat za pranje vozila i opreme).
Transport	Negativni uticaj saobraćaja može da se smanji tako što se tačno utvrde rute kretanja vozila kao vreme transporta.
Vizuelna oštećenja	Vizuelna oštećenja se dešavaju tokom procesa eksploatacije kopa, a smanjuju se tako što se proces eksploatacije deli u više faza kako bi se smanjio vizuelni efekat oštećenja. Takođe se sadi i drveće kako bi se smanjio i zaklonio efekat oštećenja.
Kulturno nasleđe	Mesta od značaja se identifikuju i/ili isključe iz eksploatacije ili se radovi sprovode tako da se na kraju eksploatacije sve vrati na svoje mesto i što više sačuva kulturno nasleđe.
Dostupnost ljudima i životinjama	Pristup ljudima i životinjama se utvrđuje još tokom planiranja i projektovanja površinskog kopa, pri čemu se gleda da se prirodni putevi ne blokiraju a ukoliko ipak do toga da dođe da se obezbede alternativni putevi.
Vodni resursi	Proračuni i studije se izvode na terenu tokom planiranja razvoja kako bi se identifikovali potencijalni uticaji na vodne resurse. Eksploatacija se projektuje tako da ublaži (smanji) potencijalni negativni uticaj na vodne resurse, a planovi se prave kako bi se smanjio uticaj na životnu sredinu i sprečilo zagađenje. Biološki i fizičko-hemijski monitoring se izvodi kao deo ovih planova. Sve interakcije sa površinskom i podzemnom vodom se prate i odobrene su od strane nadležnih institucija.
Sistem upravljanja životnom sredinom	Emisija štetnih gasova i čestica, vibracije, prašina, buka kao i vodni tokovi, prate se, analiziraju i održavaju u granicama kako zakon nalaže. Kao dobra praksa često se definišu i akcioni planovi u cilju redukcije zagađenja.
Lokalna zajednica	Tokom radnog veka jednog površinskog kopa kao i perioda njegove rekultivacije, najbolje bi bilo uključiti i mišljenje lokalne zajednice kako bi svačije potrebe bile zadovoljene.

## ***Upravljanje životnom sredinom***

Kompanije koje se bave površinskom eksploatacijom blisko saraduju sa svim zainteresovanim stranama kako bi omogućili da njihovi projekti budu i ekološki prihvatljivi. Potencijalni uticaji na životnu sredinu, koji se javljaju tokom eksploatacije, detaljno se definišu kroz planove i projekte koji se rade sa zainteresovanim stranama u pripremnom periodu.

Primeri najbolje prakse uključuju:

- Udaljavanje radnika iz opasnih i senzitivnih zona;
- Upravljanje rudarskim otpadom;
- Raseljavanje ljudi i životinja i održavanje biodiverziteta;
- Plan sveobuhvatnog monitoringa;
- Vraćanje prirodnih vodotokova kako je predviđeno rečnom morfologijom terena;
- Uvećanje biodiverziteta postupkom rekultivacije, pri čemu se omogućava stvaranje novih vrsta.

## ***Površinska eksploatacija i održivi razvoj***

Bez obzira što uglj kao energent ima najznačajniju ulogu u energetske sistemu naše zemlje ali i značajnu ekonomsku ulogu, u poslednje vreme površinska eksploatacija uglja sve više prati i u svoj razvoj uključuje principe održivog razvoja jer:

- Iako se oslanja na korišćenje zemljišta koje je nekad i visokog kvaliteta, uvek planira njegovu rekultivaciju i ponovno privođenje nameni;
- Obezbeđuje čuvanje značajnih nacionalnih rezervi bolje nego drugi oblici održivosti;
- Obezbeđuju adekvatne zalihe energije koje zadovoljavaju potrebe stanovništva;
- Proizvodnjom domaćeg uglja može u potpunosti da se sprovede princip energetske nezavisnosti države;
- Može da značajno utiče na povećanje BDP;
- Postoji mogućnost i simultanog vađenja različitih vrsta mineral u našim basenima uglja, pri čemu se štedi i novac i vreme;
- Obezbeđuje se stalno zaposlenje pri čemu se poboljšava ekonomska slika kako lokalne zajednice tako i države.

## 5. ZAKLJUČAK

Nema sumnje da domaće rudarske kompanije koje se bave površinskom eksploatacijom uglja ali i inženjeri koji se bave projektovanjem površinskih kopova koriste dobru praksu i ulažu značajne stručne napore u cilju da se eliminišu ili značajno smanje potencijalno negativni uticaji koji nastaju kao posledica rudarskih radova. Takođe nema sumnje da ugalj ima značajnu ulogu u snabdevanju tržišta različitim vrstama energije čime se osigurava ekonomska budućnost zemlje i društveno blagostanje. Onda se postavlja pitanje zašto je i čime narušena slika površinske eksploatacije uglja? Problem očigledno leži u nedostatku želje da se javnosti predoči prava slika, kako bi se i mišljenje promenilo. Nesporno je da većina ljudi nema jasnu sliku o tome šta se u stvari radi na samom površinskom kopu kao ni to kakve benefite ova industrija donosi kako u socijalnom tako i u ekološkom smislu.

Ugalj kao energent i površinska eksploatacija uglja krajnje su pogrešno shvaćeni od strane javnosti. Lobistima za zaštitu životne sredine i korišćenje drugih izvora energije omogućeno je da iznose svoje mišljenje i da u kontinuitetu ubeđuju javnost da ugalj nema budućnost. Takođe, ni Vlada i ministarstva, u prethodnom dužem periodu nisu bili dovoljno aktivni u izgradnji pozitivnog i istovremeno objektivnog stava o uglju koju bi i javnost prihvatila.

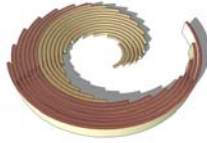
U cilju menjanja postojeće loše slike u javnosti potrebno je:

- Predstavnici vlasti udruženi sa predstavnicima kompanija, treba više da se bave promovisanjem prednosti koje donosi ugalj, i da okrenu svest javnosti da nam je i dalje ugalj neophodan kao jedan od osnovnih izvora energije. Vlada treba da omogući dobar institucionalni i zakonodavni okvir koji će ovo i potkrepiti.
- Površinske eksploatacije uglja treba da istraje u usvajanju novih tehnologija, tehnoloških rešenja i najbolje prakse u funkciji povećanja efektivnosti i efikasnosti poslovanja i zaštite životne sredine. Na ovaj način se ostvaruju ciljevi održivog razvoja.
- Primere dobre prakse treba dokumentovati i stalno ih prezentovati javnosti kako bi se javnost uverila da je uz površinsku eksploataciju uglja moguće imati zdravu životnu sredinu i održavati društveno blagostanje.



## **Literatura**

1. Adams, W.M., The Future of Sustainability: Re-thinking Environmentand Development in the Twenty-first Century, Report of the IUCN Renowned, 2006
2. Craynon J. R., Approaches and barriers to incorporating sustainable Development into coal mine design, Blacksburg, VA, 2011
3. Pešić R., Održivi razvoj - Nastanak koncepta održivog razvoja, Poljoprivredni fakultet, Beograd, 2002



## STANDARDI ZA UPRAVLJANJE RIZICIMA

### STANDARDS FOR RISK MANAGEMENT

Korakianiti M.<sup>1</sup>

#### Apstrakt

Bezbednost svakog poslovnog sistema podrazumeva prilagođenost i usklađenost s realnim rizicima. Obzirom da ne postoji *nulti rizik*, potrebno je u svim područjima poslovanja sprovoditi kvalitetnu identifikaciju, analizu i valorizaciju rizika, a nakon toga odrediti mere za smanjivanje rizika ili dovođenje u stanje prihvatljivog rizika. Cilj ovog rada je da se prikažu međunarodni standardi za upravljanje rizicima. Reč je o standardima čija je primena moguća u gotovo svim područjima poslovanja.

**Ključne reči:** bezbednost, rizik, standard, upravljanje

#### Abstract

Safety of every business system must be adapted and matched to real risks. It has long been known that there is no *zero risk*, therefore, it is necessary, in all areas of business, to implement quality identification, analysis and evaluation of risks, and then to specify measures to minimize the risk or achieving the state of acceptable risk. The aim of

---

<sup>1</sup> Korakianiti Marijana, master, ing., Tekon Sistemi, Beograd

this paper is to present standards for risk management. It is the standards, whose application is possible in almost all areas of business.

**Keywords:** safety, risk, standard, management

## 1. UVOD

Za sve poslovne organizacije a posebno rudarske, koje egzistiraju u uslovima turbulentnog okruženja i uslovima značajnih rizika, kako poslovnih tako i tehnoloških i prirodnih, od suštinskog je značaja da shvate kojim su rizicima izložene i na koji način ti rizici utiču na ostvarivanje njihovih poslovnih ciljeva. Rudarske organizacije, kako u administrativnom tako i u tehničko-tehnološkom domenu poslovanja, pre svega mora da prepoznaju interne i eksterne rizike, da bi mogle njima da upravljaju. Prihvatajući proaktivan pristup riziku i upravljanju rizikom, organizacije preuzimaju kontrolu nad neočekivanim događajima koji mogu da izazovu finansijske gubitke, prekid normalnog poslovanja, narušavanje reputacije i/ili konkurentnost.

## 2. STANDARDI ZA UPRAVLJANJE RIZICIMA

Ponašanje rizika u organizaciji je najčešće je promenljivo tokom vremena. To znači da se sve procesne aktivnosti odvijaju u uslovima veće ili manje entropije. Organizacijska entropija se definiše kao prirodna sila koja teži da svaki organizovani sistem dovede do stanja potpune neorganizovanosti i haosa. Procenjeni rizik zabeležen u jednom trenutku ne mora biti na istom nivou u sledećem, odnosno prihvatljivi rizik, zbog nekog razloga koji se desio tokom vremena, može opet da poprimi neprihvatljivi nivo. To ima za posledicu potrebu stalnog sprovođenja kontrole rizika a uz to i kontinualnu aktivnost održavanja rizika na prihvatljivom nivou tolerancije. Prema prirodi problema, stalna kontrola i držanje rizika na prihvatljivom nivou je takođe poslovni proces.

Za razliku od niza drugih poslovnih procesa, proces upravljanja rizicima može biti jedinstven za sve tipove organizacija, bez obzira na delatnost i veličinu. Zbog toga za proces upravljanja rizicima postoje različiti međunarodni standardi koji sve više pronalaze primenu u sve većem broju organizacija pa i rudarskih.

Iako je bilo mnogo pristupa i definicija menadžmenta rizicima, prvi nacionalni standard se pojavio u Australiji i Novom Zelandu 1995. godine, a zatim u Kanadi 1997., Velikoj Britaniji 2000. I ostale regije i zemlje su postepeno razvijale slične postupke standardizovanog pristupa

upravljanju rizicima. Tako je, Američki standard COSO ERM objavljen 2004. godine a ubrzo nakon objavljivanja postao primarni standard za upravljanje rizicima u kompanijama (ERM - Enterprise Risk Management). Međutim, druge zemlje i područja kao što je EU ili Kina imale su takođe potrebu da razviju svoje sisteme i standarde u skladu sa svojim pogledom na poslovanje kako na nacionalnom nivou, tako i na međunarodnom.

Standardi ne moraju biti obavezno sertifikacijski već jednostavno predstavljaju smernice za uspostavljanje i poboljšanje procesa za upravljanje rizicima u organizaciji. Oni ne obavezuju organizacije na primenu, ali ih organizacije najčešće primenjuju jer je u njima obično sadržana najbolja praksa i višegodišnja proverenost od strane niza organizacija.

U Tabeli 1 dat je prikaz međunarodnih standarda za upravljanje rizicima.

Tabela 1. Međunarodni standardi za upravljanje rizicima

Naziv	Svrha/opis	Delokrug
<b>AS/NZS 4360: Risk Management (1995)</b> <i>AS/NZS 4360: Upravljanje rizicima (1995)</i>	AS/NZS 4360 pruža generički vodič za identifikaciju, analizu, procenu, tretiranje, praćenje, komuniciranje i upravljanje rizicima kako bi se postigla pouzdanija osnova za donošenje odluka i planiranje. Ovaj standard se primenjuje dobrovoljno.	Odnosi se na širok niz aktivnosti, odluka ili operacija bilo kojeg javnog, privatnog ili društvenog preduzeća, grupe ili pojedinca.
<b>COSO ERM (2004)</b> <i>COSO Upravljanje rizicima u preduzećima (2004)</i>	COSO ERM je okvir koji pruža integrisane principe, zajedničku terminologiju i praktičnu implementaciju smernica za razvoj ili merenje performansi u procesu upravljanja rizicima preduzeća. Ovaj standard se primenjuje dobrovoljno.	Odnosi se na menadžment, direktore, regulatorna tela i sve koji su zainteresovani za bolje razumevanje upravljanja rizicima u preduzećima.
<b>ISO 31000: Risk Management (2009)</b> <i>ISO 31000: Upravljanje rizicima (2009)</i>	ISO 31000 pruža principe i opšte smernice o upravljanju rizicima. Odnosi se na bilo koju vrstu rizika, bez obzira na njegovu prirodu. Primena je dobrovoljna.	Odnosi se na sva javna, privatna ili društvena preduzeća, asocijacije, grupe ili pojedince.
<b>ISO/IEC 31010: Risk Management - Risk Assessment Techniques</b>	ISO 31010 pomaže organizacijama u implementaciji načela menadžmenta rizicima i smernica koje je objavio ISO 31000:2009 (dopunjen sa ISO Guide 73:2009) i bavi se konceptima	Odnosi se na sva javna, privatna ili društvena preduzeća, asocijacije, grupe ili pojedince.

<b>(2009)</b> <b>ISO/IEC 31010:</b> <b>Upravljanje rizicima - Tehnike procjene rizika (2009)</b>	procene rizika, procesima procene i izborom tehnika procene rizika. Ovaj standard nije namenjen za sertifikaciju, regulatorne ili ugovorne primene.	
<b>ISO/IEC Guide 73: Risk Management Guidelines (2009)</b> <b>ISO/IEC Guide 73: Smjernice za upravljanje rizicima (2009)</b>	Ovaj vodič pruža definicije opštih pojmova vezanih za menadžment rizicima. Ima za cilj da podstiče uzajamna i dosledna shvatanja koherentnog pristupa i opisa aktivnosti koje se odnose na upravljanje rizicima, kao i korišćenje jedinstvene terminologije upravljanja rizikom u poslovnim procesima.	Odnosi se na one koji se bave upravljanjem rizicima, one koji su uključeni u aktivnosti ISO i IEC i na one koji razvijaju nacionalne ili specifične standarde, vodiče, procedure i pravila postupanja u vezi upravljanja rizicima.
<b>BS 31100 (Risk Management)</b> <b>BS 31100 (Upravljanje rizicima)</b>	BS 31100 pruža osnovu za organizacije da razumeju, kreiraju, integrišu i održavaju programe upravljanja rizicima dajući preporuke određenom modelu, okviru i procesu, sa ciljem povećanja mogućnosti organizacije za ispunjenje njenih zadataka.	Odnosi se na bilo koju organizaciju bilo koje veličine.

### 3. PRINCIPI UPRAVLJANJA RIZICIMA

Standardi za upravljanje rizicima, koji nose oznaku ISO/IEC su doneti od strane međunarodne organizacije za standardizaciju i kao takvi sup o automatizmu međunarodni. Drugi pomenuti standardi za upravljanje rizicima jesu nacionalni, ali su kao dobra praksa prihvaćeni na međunarodnom planu. Treba napomenuti da ISO/IEC standardi, generalno, ne samo u oblasti upravljanja rizicima su nastali, najčešće kao skup najboljih praksa iz pojedinih nacionalnih standarda.

Ako se analiziraju svrha i delokrug pojedinih standarda (Tabela 1) može se zaključiti da su svi bazirani na istim ili sličnim principima sa manjom ili većom detaljnošću.

Efektivno i efikasno upravljanje rizicima u svim standardima podrazumeva primenu sledećih principa:

#### ***Upravljanje rizikom stvara vrednost***

Upravljanje rizikom doprinosi ostvarivanju ciljeva i njihovom unapređenju, na primer, efikasnosti procesa i aktivnosti, zaštite životne sredine, finansijskog učinka, korporativnog rukovođenja, bezbednosti i

zdravlja na radu, kvaliteta proizvoda, saglasnosti sa pravnim i regulatornim zahtevima, društvenog prihvatanja i reputacije.

### ***Upravljanje rizikom je sastavni deo organizacionih procesa***

Upravljanje rizikom je deo odgovornosti menadžmenta i sastavni deo organizacionih procesa, kao i svih projekata i procesa upravljanja promenama. Upravljanje rizikom nije samostalna delatnost odvojena od osnovnih aktivnosti i procesa organizacije.

### ***Upravljanje rizikom je deo donošenja odluka***

Upravljanje rizikom pomaže menadžmentu da donosi odluke zasnovane na pouzdanim informacijama, pomaže u postavljanju prioriteta akcija i razlikovanju alternativnih pravaca delovanja i definiše da li je rizik prihvatljiv ili nije, kao i da li će tretman rizika biti adekvatan i efikasan.

### ***Upravljanje rizikom se eksplicitno bavi neizvesnostima***

Upravljanje rizikom se bavi onim aspektima donošenja odluka koje karakteriše neizvesnost, kao i prirodom i načinima rešavanja neizvesnosti.

### ***Upravljanje rizikom je sistematično, strukturisano i blagovremeno***

Sistematski, blagovremen i strukturiran pristup upravljanju rizicima doprinosi efikasnosti i konzistentnosti, uporedivosti i pouzdanosti rezultata poslovnih procesa i ukupnog poslovanja.

### ***Upravljanje rizikom se zasniva na najboljim dostupnim informacijama***

Inputi za proces upravljanja rizikom su zasnovani na izvorima informacija kao što su iskustvo, povratne informacije, posmatranje, prognoze i ekspertske ocene. Međutim, donosioci odluka treba da budu informisani i treba da uzmu u obzir ograničenja koja se tiču korišćenih podataka i modela, kao i mogućnosti neslaganja eksperata.

### ***Upravljanje rizikom je prilagođeno organizaciji***

Upravljanje rizikom je usklađeno sa spoljašnjim i unutrašnjim kontekstom organizacije i profilom rizika.

### ***Upravljanje rizikom uzima u obzir ljudski faktor***

Upravljanje rizikom mora da uoči i prepozna mogućnosti, percepcije i namere ljudi izvan i unutar organizacije, koji bi mogli olakšati ili otežati ostvarivanje ciljeva organizacije.

### ***Upravljanje rizikom je transparentno i otvoreno za sugestije***

Odgovarajuće i pravovremeno uključivanje bitnih zainteresovanih strana i, posebno, menadžmenta na svim nivoima organizacije, osigurava relevantnost i ažurnost procesa upravljanja rizikom. Uključenost, takođe, omogućava zainteresovanim stranama da budu na pravi način zastupljene i da njihova mišljenja budu uzeta u obzir prilikom određivanja kriterijuma rizika.

### ***Upravljanje rizikom je dinamično, iterativno i reaguje na promene***

Nastupanjem internih i eksternih događaja, kontekst i saznanja se menjaju, pristupa se kontroli i reviziji, neki rizici se pojačavaju i izbijaju u prvi plan, dok se drugi umanjuju. Organizacija mora da obezbedi proces procene rizika, koji će biti u stanju da kontinualno prati i odgovara na promene.

### ***Upravljanje rizicima omogućava kontinualno poboljšanje i unapređenje organizacije***

Organizacije treba da razviju strategije unapređivanja zrelosti svojih procesa upravljanja rizikom, paralelno sa svim drugim aspektima organizacije.

## **4. OKVIR I PROCES ZA UPRAVLJANJE RIZIKOM**

Osim pomenutih principa i okvir i proces u pomenutim međunarodnim standardima za upravljanje rizicima ima niz zajedničkih elemenata koji pomažu organizacijama da efikasno upravljaju svojim rizicima na različitim nivoima i u specifičnim domenima poslovanja organizacije. Okvir obezbeđuje da informacije o riziku budu adekvatno saopštene i iskorišćene kao osnova za donošenje odluka ali i preuzimanje odgovornosti na svim relevantnim organizacionim nivoima. On ne opisuje sistem upravljanja, već omogućuje organizacijama da integrišu upravljanje rizikom u svoj sistem upravljanja. Dakle, organizacije treba da prilagode elemente okvira svojim specifičnim potrebama ali svakako uključuje:

- dizajn okvira za upravljanje rizikom,
- implementaciju upravljanja rizikom,
- nadzor i pregled okvira i
- stalno poboljšanje okvira.

Okvir za upravljanje rizicima je iterativni proces koji čine četiri pomenuta potprocesa. Proces započinje potprocesom dizajn okvira ali se ne završava potprocesom stalnog poboljšanja jer su izlazi iz ovog potprocesa novi ulazi u potproces dizajna okvira. Ova iterativnost procesa je obavezna jer se na taj način omogućuje njegovo kontinualno poboljšanje.

Osim procesa za definisanje okvira, zajednički za sve standard je i proces upravljanja rizikom na kontekstnom nivou i on sadrži sledeće potprocese:

### ***Komunikacija i konsultovanje***

Ovim potprocesom se definišu aktivnosti komunikacija i konsultacija sa internim i eksternim zainteresiranim stranama, u vezi svake procesne aktivnosti i procesa kao celine.

### ***Utvrđivanje konteksta***

Utvrđivanje eksternog, internog i konteksta upravljanja rizikom u kojem će se odvijati ostatak procesa. Potrebno je utvrditi kriterijume prema kojima će se procenjivati rizik i definisati strukturu analize rizika.

### ***Identifikovanje rizika***

Ovi potprocesom vrši se identifikovanje gde, kada, zašto i kako bi događaji mogli sprečiti, umanjiti, odložiti ili povećati postizanje poslovnih ciljeva.

### ***Analiza rizika***

Potprocesom analiza rizika vrši se identifikacija i procena postojećih kontrola, zatim određivanje posledica i verovatnoće in a kraju nivo rizika. Ova analiza treba da razmotri područje potencijalnih posledica i njihovu pojavu.

### ***Vrednovanje rizika***

Kroz ovaj potproces vrši se poređenje procenjenih nivoa rizika sa prethodno utvrđenim kriterijumima i razmatranje ravnoteže između potencijalnih koristi i nepovoljnih rezultata. To konačno omogućuje donošenje odluka o obimu i prirodi tretmana rizika i o prioritetima.

### ***Tretman rizika***

U ovom potprocesu vrši se izrada i primena specifičnih troškovno-efikasnih strategija i akcionih planova za povećanje potencijalnih koristi i smanjenje potencijalnih troškova.



### ***Monitoring i pregled/izveštavanje***

Potprocesom monitoring prati se efikasnost svih procesnih aktivnosti procesa upravljanja rizikom. To je ključno za stalno poboljšavanje.

## **5. ZAKLJUČAK**

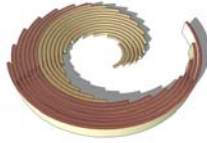
U svim granama ljudske delatnosti, pa samim tim i u rudarskom sektoru prisutni su rizici različite prirode i karaktera. Rezultati koji se očekuju u procesu razvoja rudarske organizacije ili rudarskog sektora (bez obzira da li je reč o institucionalnom ili poslovnom), u neposrednoj su vezi sa prognoziranjem, prevencijom, smanjivanjem posledica rizičnih događaja. Drugim rečima u neposrednoj su vezi sa upravljanjem rizicima.

Generalno, osnovu upravljanja rizikom čini preduzimanje mera usmerenih na eliminisanje uzroka nastanka i/ili minimiziranje efekata rizičnih događaja, kao i mera za obezbeđenje minimalnih gubitaka i otklanjanje posledica ukoliko dođe do realizacije rizičnih događaja. Uspešno rešavanje pitanja upravljanja rizikom moguće je ukoliko se poznaju fenomeni kojima se upravlja i metode upravljanja. Razvijena društva i privrede standardizovali su jasna određenja, terminologija i shvatanje rizika.

Donošenjem standarda na nacionalnom i međunarodnom nivou, organizacije su, bez obzira na vrstu i poslovno delovanje, dobile niz alata za identifikovanje i evaluaciju rizika, uticaj na rizike različitim merama i na kraju upravljanje rizicima. Standardi sadrže smernice i metodologije za praktičnu primenu koje su bazirane na najboljoj praksi. Okvir koji je definisan standardima pomaže organizacijama da efikasno upravljaju svojim rizicima kroz primenu procesa upravljanja rizikom na različitim nivoima i u specifičnim kontekstima organizacije.

### **Literatura**

1. BS31100; The code of practice for risk management and guidance for ISO 31000, <http://www.itgovernance.eu>
2. ISO 31000:2009; Risk management - Principles and guidelines
3. ISO 31010:2009; Risk management - Risk assessment techniques
4. ISO 31100:2011; Risk management - Code of practice and guidance for the implementation of ISO 31000
5. Projekti implementacije sistema upravljanja kvalitetom, Tekon Sistemi



---

**MODELIRANJE DISPERZIJE PRAŠINE NA PODRUČJU  
POVRŠINSKOG KOPA UGLJEVIK ISTOK 2**

**DUST DISPERSION MODELING FOR UGLJEVIK EAST 2  
OPENCAST MINING AREA**

Lilić N.<sup>1</sup>, Cvjetić A.<sup>2</sup>, Pantelić U.<sup>3</sup>, Tomašević A.<sup>4</sup>

**Apstrakt**

U ovom radu prikazani su rezultati modeliranja disperzije prašine na području budućeg površinskog kopa Ugljevik Istok 2 primenom modela AERMOD. Modelirana je distribucija suspendovanih čestica veličine 10 mikrometara (PM10) sa i bez postupaka zaštite od prašine. Analize rezultata modeliranja ukazuju da se, zbog ukupnih rudarskih aktivnosti, može očekivati znatniji uticaj prašine na užem području izvođenja radova u površinskom kopu. U slučaju primene metoda obaranja prašine, pouzdana je procena da u zoni receptora koji su u dometu perjanice emitovane prašine (stambeni objekti istočno i jugozapadno od površinskog kopa) imisije suspendovanih čestica neće prelaziti propisane granice od 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

---

<sup>1</sup> Prof. Dr Lilić Nikola, dipl.ing.rud., Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

<sup>2</sup> Prof. Dr Cvjetić Aleksandar, dipl.ing.rud., Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

<sup>3</sup> Pantelić Uroš, mast.ing.zr., Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

<sup>4</sup> Tomašević Aleksandra, dipl.ing.rud., Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

**Ključne reči:** modeliranje disperzije prašine, AERMOD, površinska eksploatacija

## **Abstract**

This paper presents the results of dust dispersion modelling in the area of planned Ugljevik East mine, using the AERMOD model. Dust dispersion was modelled for PM10, with and without methods for dust suppression. Analysis of modelling results is showing that significant impact of dust can be expected in the proximity of the open cast mines, due to mining activities. Reliable assessment is indicating that suspended particles concentration will not be higher than legal limit of  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , in case of applied methods for dust suppression in the zone of receptors within the influence of the plume.

**Keywords:** air dispersion modelling, AERMOD, surface mining

## **1. UVOD**

Začetke savremene nauke o modeliranju zagađenja vazduha nalazimo 1920-ih kada su vojni stručnjaci u Engleskoj pokušali da procene disperziju otrovnih hemijskih supstanci na bojnopolju [1]. Razvoj nauke 1950-tih i 1960-tih, uključio je praktična studijska istraživanja vezana za razumevanje strukture atmosfere, što je dovelo do razvoja prvih regulatornih modela zagađenja vazduha u SAD. Pasquill [2] i Stern [3] daju pregled rezultata istraživanja i postavljenih teorijskih osnova do sredine 1970-tih.

Značajan uticaj na kvalitet vazduha na području aktivnih površinskih kopova uglja imaju ukupne suspendovane čestice (TSP) i čestice ekvivalentnog aerodinamičkog prečnika manjeg od  $10 \mu\text{m}$  (PM10) [4-6]. Disperzija (lebeće) prašine u vazduhu radne okoline vezana je za sve faze tehnološkog procesa površinske eksploatacije uglja [5-7]. Transport uglja i jalovine identifikovan je kao glavni izvor zagađenja TSP i PM10 [7-11]. Utvrđeno je da disperzija TSP i PM10 u vazduhu, pored tehnoloških, zavisi i od meteoroloških uslova [12-16]. Najviše koncentracije prašine nalaze se u prostoru površinskog kopa da bi se postepeno smanjivale sa povećanjem udaljenosti od rudnika [11, 14].

Holmes i Morawska [17] su analizirali različite raspoložive modele disperzije čestica prašine među kojima model kutije, Gausov model,

Lagranž/Ojlerov i CFD (*Computational fluid dynamics*) modele. Zaključili su da je osnovna slabost u modeliranju disperzije čestica nedostatak studija validacije kojima bi se poredile procenjene i stvarne vrednosti. Chaulya i dr. [18], su poredili FDM (*Fugitive dust model*) i PAL2 model (*point, area and lines sources model*) tokom zimske sezone u regionu rudnika uglja u Indiji. Ovim istraživanjima, pri poređenju eksperimentalnih podataka sa rezultatima modela, dobijeni su koeficijenti korelacije 0,66 za PAL2 i 0,75 za FDM model. Trivedi i dr. [11], su sa 5 stanica za monitoring, modelirali ukupne suspendovane čestice (TSP) primenom FDM modela i dobili koeficijent korelacije 0,71. Jaiprakash i dr. [19], su primenili AERMOD model i dobijene vrednosti poredili sa rezultatima sa 20 stanica za monitoring, a dobijena je vrednost koeficijenta korelacije od 0,783 za TSP i 0,741 za PM10. NIOSH [20] je na osnovu istraživanja Reed-a [21] zaključio da ISC3 model (*Industrial Source Complex Model*) ne može tačno proceniti koncentracije prašine iz rudarskih aktivnosti, jer je model razvijen za predikciju disperzije prašine iz stacionarnih izvora. AERMOD je model koji US EPA sada preporučuje za modeliranje kvaliteta vazduha [22].

Kompanija COMSAR ENERGY REPUBLIKA SRPSKA, a.d. Banja Luka, Republika Srpska, planira izgradnju termoelektrane TE Ugljevik III snage 2\*300 MW, kao treće faze energetskog kompleksa u Ugljeviku. Snabdevanje blokova sa ugljem vršiće se sa novog površinskog kopa Ugljevik Istok 2. Projekat predstavlja *greenfield* investiciju i pokriva koncesioni prostor od 2625 ha i 8000 m<sup>2</sup>.

Površinskim kopom treba obuhvatiti eksploataciju uglja na delu ležišta Ugljevik Istok 2 sa mogućnošću proširenja kopa na deo ležišta Glinje. Kapacitet površinskog kopa je planiran na 2,0 mil. tona uglja godišnje.

U ovom radu prikazani su rezultati modeliranja disperzije prašine na području budućeg površinskog kopa Ugljevik Istok 2 primenom modela AERMOD. Modelirana je distribucija PM10 za meteorološke uslove za period 2009.-2012. godina sa i bez primene metoda i postupaka zaštite od prašine.

## **2. PRIMENA MODELA AERMOD ZA MODELIRANJE DISPERZIJE PRAŠINE**

AERMOD je stacionarni model perjanice koji se koristi za modeliranje disperzije polutanata u vazduhu [23]. Prema ovom modelu u stabilnom graničnom sloju, pretpostavlja se Gausova raspodela koncentracija i u vertikalnom i horizontalnom pravcu (pravcu duvanja

vetra). U konvektivnom graničnom sloju, u horizontalnom pravcu se pretpostavlja Gausova raspodela koncentracija, dok se vertikalna distribucija opisuje sa bi-Gausovom funkcijom gustine verovatnoće.

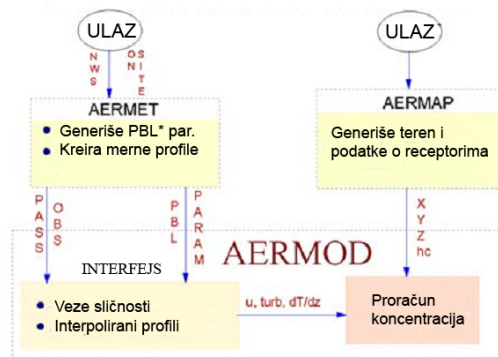
Na Slici 1 prikazan je tok i obrada informacija u modelu AERMOD [24]. Sistem se sastoji od jednog glavnog programa (AERMOD) i dva predprocesora (AERMET i AERMAP).

Osnovna svrha predprocesora AERMET je da na osnovu reprezentativnih meteoroloških merenja u domenu modeliranja, odredi parametre graničnog sloja koji se koriste za procenu profila vetra, turbulencije i temperature za potrebe modela AERMOD.

Predprocesor terena AERMAP koristi podatke o terenu za izračunavanje uticaja visine terena. Visina terena je jedinstveno definisana za svaki receptor na lokaciji i koristi se za izračunavanje visine linije strujanja. Mreža podataka potrebna za AERMAP se dobija iz DEM modela (*Digital Elevation Model*). AERMAP se, takođe, koristi za kreiranje mreže receptora. Nadmorska visina za svaki receptor se automatski dodeljuje kroz AERMAP. Za svaki receptor, AERMAP za AERMOD priprema: lokaciju receptora ( $x_r$ ,  $y_r$ ), njegovu nadmorsku visinu ( $z_r$ ) i specifičnu razmeru visine terena receptora ( $h_c$ ).

U modelu AERMOD perjanica se modelira kao kombinacija dva granična stanja: horizontalna perjanica i perjanica koja prati teren. Za sve moguće slučajeve, ukupna koncentracija na receptoru je ograničena predikcijom koncentracija iz ovih stanja. U slučaju ravnog terena navedena dva stanja su ekvivalentna. Pri razmatranju podele visine linije strujanja, u slučaju izraženog terena, ukupna koncentracija se izračunava kao ponderisana suma koncentracije vezane za navedena dva granična slučaja stanja perjanice.

#### STRUKTURA SISTEMA MODELIRANJA



Slika 1. Tok i obrada informacija u modelu AERMOD [23]

Opšta jednačina koncentracija, koja se primenjuje u stabilnim ili konvektivnim uslovima je data u sledećem obliku:

$$C_T\{x_r, y_r, z_r\} = f C_{c,s}\{x_r, y_r, z_r\} + (1-f) C_{c,s}\{x_r, y_r, z_p\} \quad (1)$$

gde su  $C_T\{x_r, y_r, z_r\}$  ukupna koncentracija,  $C_{c,s}\{x_r, y_r, z_r\}$  je koncentracija vezana za stanje horizontalne perjanice (indeksi  $c$  i  $s$  odnose na konvektivne odnosno stabilne uslove),  $C_{c,s}\{x_r, y_r, z_p\}$  je koncentracija vezana za stanje perjanice koja prati teren,  $f$  je težinska funkcija perjanice,  $\{x_r, y_r, z_r\}$  su koordinate receptora

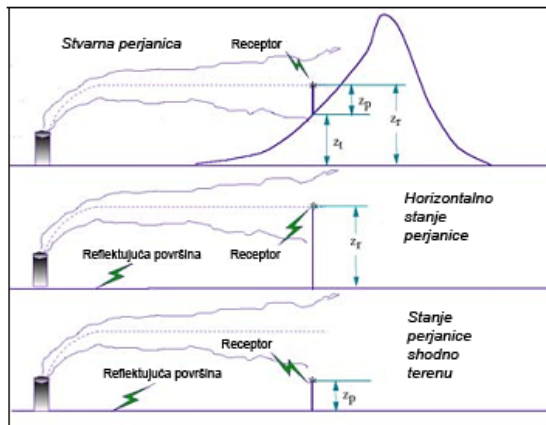
Opšti oblik izraza za koncentraciju prikazan jednačinom (1) za konvektivni i stabilni granični sloj se može napisati na sledeći način:

$$C\{x, y, z\} = (Q/\tilde{u}) P_y\{y; x\} P_z\{z; x\} \quad (2)$$

gde  $Q$  emisija izvora,  $\tilde{u}$  je efektivna brzina vetra,  $P_y$  i  $P_z$  su funkcije gustine verovatnoće koje opisuju horizontalne i vertikalne distribucije koncentracija.

AERMOD simulira pet različitih tipova perjanica u zavisnosti od stabilnosti atmosfere i lokacije u odnosu na granični sloj. Tokom stabilnih uslova, perjanice se modeliraju sa poznatim horizontalnim i vertikalnim Gausovim funkcijama.

Slika 2 ilustruje odnos između stvarne perjanice i karakterizacije modelom AERMOD ( $z_r$  označava visinu definisanu u odnosu na kotu osnove dimnjaka),  $z_p = z_r - z_t$  je visina receptora iznad lokalnog terena, a  $z_t$  je visina terena receptora.



Slika 2. Ukupna koncentracija procenjena kroz AERMOD predstavlja ponderisani zbir dva ekstremna moguća stanja perjanice [23]

Model AERMOD računa vertikalne meteorološke varijacije korišćenjem efektivne vrednosti brzine vetra i turbulenciju. Pošto je

AERMOD stacionarni model perjanice, koristi jednu vrednost svake meteorološke promenljive da predstavi stanje disperzivnog sloja za svaki period modeliranja (obično za jedan sat). Konkretno, efektivni parametri se određuju kao prosečne vrednosti iz meteoroloških profila u sloju između centra mase perjanice i receptora.

Za stabilne uslove, u modelu AERMOD izraz za koncentracije ( $C_s$  u jednačini (1)) ima Gausov oblik, i sličan je izrazima koji se koriste u mnogim drugim stacionarnim modelima perjanice [24].  $C_s$  je dat:

$$C_s(x_r, y_r, z) = \frac{Q}{\sqrt{2\pi}\bar{u}\sigma_{zs}} F_y \sum_{m=-\infty}^{\infty} \left[ \exp\left(-\frac{(z-h_{es}-2mz_{eff})^2}{2\sigma_{zs}^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z-h_{es}-2mz_{eff})^2}{2\sigma_{zs}^2}\right) \right] \quad (3)$$

gde je  $z_{eff}$  - efektivna visina sloja mešanja,  $\sigma_{zs}$  je ukupna vertikalna disperzija u stabilnom graničnom sloju, a  $h_{es}$  je visina perjanice (tj. visina dimnjaka sa visinom dizanja perjanice).

### 3. PROCENA KVALITETA VAZDUHA NA PODRUČJU POVRŠINSKOG KOPA UGLJEVIK ISTOK 2

Potencijalna opasnost od zagađivanja vazduha u životnoj sredini u najvećoj meri je u funkciji dispergovanja sitnih frakcija prašine sa suvih površina i distribucije, pod uticajem vetra, izvan rudarskog kompleksa. Intenzitet aerzagadenja sa površinskih kopova zavisi od niza faktora: prirodnih karakteristika stenskog masiva, klimatskih i meteoroloških uslova, tehnologije otvaranja i eksploatacije ležišta, efikasnosti primenjenog postupka za sprečavanje emitovanja prašine itd. U ukupnom emisionom fonu dominira sekundarno emitovanje prašine sa aktivnih površina pod uticajem vetra. Aktivne etaže na površinskim kopovima (površinski izvori) i sistemi transportera sa trakom (linijski emiteri) u određenim meteorološkim uslovima (deficit vlage, visoka temperatura, povećana brzina vetra) postaju značajni emiteri prašine. Dodatnom emitovanju doprinose rudarske mašine i tehnološka oprema angažovana na otkopavanju, transportu i odlaganju.

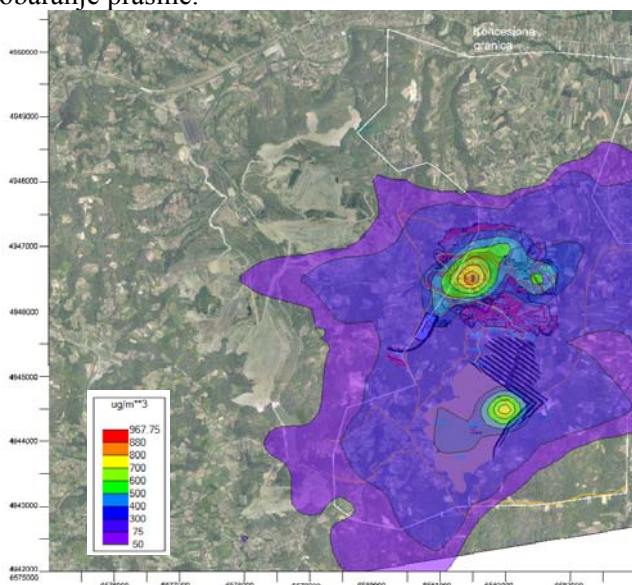
U Tabeli 1 prikazani su faktori intenziteta izdvajanja prašine pod uticajem primarnih i sekundarnih izvora na rudarskim objektima, prema National Pollutant Inventory [24].

Model AERMOD (US Environmental Protection Agency) korišćen je za procenu kvaliteta vazduha u funkciji raspodele koncentracije čestica PM10. Dobijeni rezultati predstavljaju maksimalne dnevne vrednosti koncentracija čestica PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) i prosečne godišnje vrednosti koncentracija čestica PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) za definisane izvore izdvajanja, određeni period i receptore. Potrebno je naglasiti da je u razmatranim modelima uzeta u obzir i elevacija terena. Za meteorološke uslove korišćeni su podaci za period 2009.-2012. godina.

Tabela 1. Faktori emisije prašine u zavisnosti od tipa aktivnosti i opreme, prema [24]

Aktivnost/oprema	Faktor emisije prašine	
	TSP	PM <sub>10</sub>
Bager na otkrivci, kg/t	0,025	0,012
Bager na uglju, kg/t	0,029	0,014
Transportne trake, kg/t	0,005	0,002
Utovar sa gomile, kg/t	0,004	0,0017
Kretanje vozila, kg/km	4,08	1,24
Istovar iz kamiona, kg/t	0,012	0,0043
Buldozer, kg/ h	17,0	4,1
Erozija vetrom, kg/ha/h	0,4	0,2

Raspodela srednjih dnevnih vrednosti koncentracija čestica PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) oko površinskog kopa za analizirane meteorološke uslove prikazana je na Slici 3. Analiza je vršena za uslove postojanja 38 izvora prašine na površinskom koku: 21 površinski (jalovinske etaže, etaže na uglju, spoljašnje odlagalište i segmenti puta) i 17 zapreminskih (bageri, buldozeri, utovar i istovar iz kamiona) u uslovima bez sprovođenja mera zaštite za obaranje prašine.

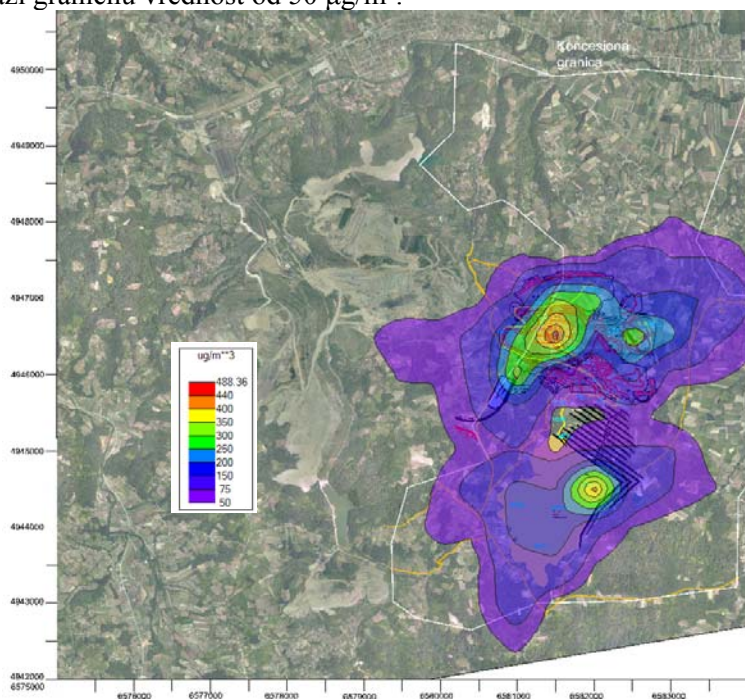


Slika 3. Raspodela srednjih dnevnih koncentracija čestica PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) oko površinskog kopa Ugljevik Istok 2 bez primene metoda i postupaka zaštite od prašine



Prema podacima US EPA (AP-42, 1992) i National Pollutant Inventory (2011) emisije čestica prašine iz različitih izvora na površinskim kopovima se mogu smanjiti za 50% i više primenom tehnika kvašenja mineralne sirovine ili obaranja prašine prskanjem vodom. Distribucija suspendovanih čestica ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) oko površinskog kopa Ugljevik Istok 2 za iste uslove i sa istim periodom usrednjavanja od jednog dana uz korišćenje tehnika obaranja prašine prikazana je na Slici 4.

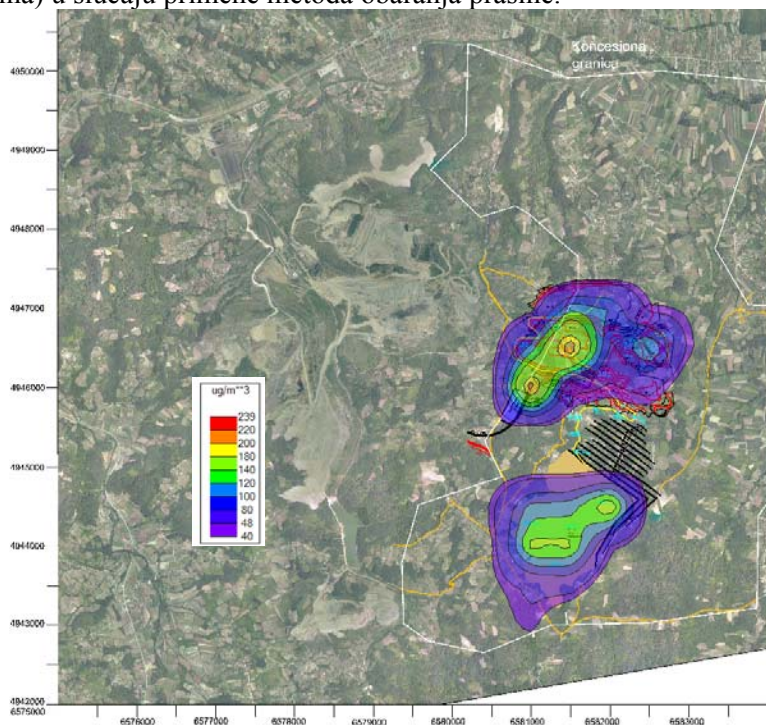
Izolnije koncentracija čestica prašine PM10 prikazane na Slikama 3 i 4 jasno ukazuju da bi se primenom tehnika prskanja vodom pri obaranju prašine u procesu eksploatacije uglja na površinskom koku Ugljevik Istok 2 znatno smanjile vrednosti koncentracija prašine. Potrebno je naglasiti da ukoliko se ne bi primenjivale tehnike obaranja prašine, istočno od analiziranog kopa u zoni stambenih objekata sela Janjari i Atmančići i jugozapadno u zoni sela Gajići, mogle bi se očekivati koncentracije PM10 od  $95 \mu\text{g}/\text{m}^3$  do  $88 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Slika 3) što prelazi graničnu vrednost od  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



*Slika 4. Raspodela koncentracija srednjih dnevnih koncentracija čestica PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) oko površinskog kopa Ugljevik Istok 2 uz primenu metoda i postupaka zaštite od prašine*

U slučaju primene metoda i postupaka zaštite od prašine orošavanjem mogle bi se očekivati maksimalne dnevne koncentracije čestica prašine PM10 od 50 do 59  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  u zoni stambenih objekata sela Janjari i Atmančići što neznatno prelazi graničnu vrednost od 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Treba istaći da granica tolerancije za dnevne koncentracije čestica prašine PM10 iznosi 75  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Raspodela srednjih godišnjih vrednosti koncentracija čestica PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) oko površinskog kopa za analizirane meteorološke uslove prikazana je na Slici 4. Izolinije srednjih godišnjih koncentracija čestica prašine PM10 prikazane na Slici 4 ukazuju da se na osnovu analize dužeg perioda uprosečavanja može zaključiti da je pouzdana procena da u zoni receptora koji su u dometu perjanice emitovane prašine (stambeni objekti istočno od površinskog kopa) imisije suspendovanih čestica neće prelaziti propisane granice od 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (period uprosečavanja kalendarska godina) u slučaju primene metoda obaranja prašine.



Slika 4. Raspodela koncentracija srednjih godišnjih koncentracija čestica PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) oko površinskog kopa Ugljevik Istok 2 uz primenu metoda i postupaka zaštite od prašine

#### 4. ZAKLJUČAK

Potencijalna opasnost od zagađivanja vazduha u životnoj sredini područja oko površinskih kopova uglja u najvećoj meri je u funkciji dispergovanja sitnih čestica prašine sa suvih površina pod uticajem vetra. Model AERMOD je korišćen za procenu kvaliteta vazduha u funkciji raspodele koncentracije čestica krupnoće ispod 10  $\mu\text{m}$  (PM10). Dobijeni rezultati predstavljaju srednje vrednosti koncentracija PM10 za definisane izvore izdvajanja, određeni period i receptore. Izolinije koncentracija PM10 ukazuju da se može očekivati znatniji uticaj prašine kako na užem području izvođenja radova u površinskom kopu tako i u široj okolini kopa. Međutim, u slučaju obaranja prašine prskanjem vodom, pouzdana je procena da u zoni receptora, koji su u dometu perjanice emitovane prašine (stambeni objekti istočnoj jugozapadno od površinskog kopa) imisije suspendovanih čestica neće prelaziti propisane granice od 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Za postizanje efikasnih rezultata snižavanja nivoa zagađenja vazduha na području površinskih kopova uglja od suštinskog značaja je primena tehničkih mera zaštite koje je potrebno podići na nivo politike upravljanja kvalitetom vazduha. Na ovaj način se kvalitet vazduha može dovesti u okvire ograničenja propisanih protokolom nacionalnog kvaliteta ambijentalnog vazduha. Ovakav pristup obezbeđuje ekološki prihvatljivo rudarstvo i kvalitetnija staništa za sve one koji žive u oblastima gde se izvode rudarske aktivnosti.

#### Literatura

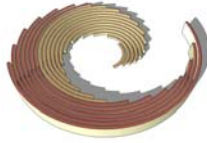
1. Sutton, O. G.: Micrometeorology, McGraw-Hill, London. 1953, 333 pp.
2. Pasquill, F.: Atmospheric Diffusion, 2nd Edition. Ellis Horwood Limited, Chichester, 1974
3. Stern, A. C., Air Pollution: Volume I - Air Pollutants, Their Transformation and Transport, Academic Press, New York, 1976
4. Sinha, S., Banerjee, S. P.: Characterization of haul road in Indian open cast iron ore mine, Atmospheric Environment 31, 2809-2814, 1997
5. Chakraborty, M. K., et al.: Determination of the emission rate from various opencast mining operations. Environmental Modeling & Software 17, 467-480, 2002
6. NIOSH-National Institute for Occupational Safety and Health, Significant Dust Dispersion Models for Mining Operations IC 9478 (USA), 2005

7. Reed, W. R.: An improved model for prediction of PM10 from surface mining operations (Dissertation). Virginia Polytechnic Institute and State University, Department of Mining and Minerals Engineering, (USA), 2003
8. US EPA, Technology Transfer Network Support Center for Regulatory Atmospheric Modeling. Obtenido de., 2009, <http://www.epa.gov/scram001/>
9. US EPA, AERMOD: Description of model formulation, EPA-454/R-03-004, 2004
10. National Pollutant Inventory, Emission Estimation Technique Manual for Mining and Processing of Non-Metallic Minerals, 2011

### **Priznanje**

*Ovaj rad je realizovan u okviru projekta Unapređenje tehnologije površinske eksploatacije lignita u cilju povećanja energetske efikasnosti, sigurnosti i zaštite na radu (TR 33039), koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa istraživanja u oblasti tehnološkog razvoja za period 2011.-2014. godina.*





**ANALIZA UZROKA UGIBA STRELE KONTRATEGA  
ODLAGACA ARS 2000**

**ANALYSIS OF COUNTER WEIGHT BOOM BENDING ON  
SPREADER ARS 2000**

Maneski T.<sup>1</sup>, Ignjatović D.<sup>2</sup>, Slavković Č.<sup>3</sup>, Beatović D.<sup>4</sup>,  
Maneski M.<sup>5</sup>

**Apstrakt**

U radu je prikazana analiza uzroka i način rešavanja problematike ugibe strele protivtega odlagača ARs 2000 na površinskom kopu Drmno.

**Ključne reči:** odlagač, ugib, deformacija, metoda konačnih elemenata

**Abstract**

Analysis and procedure of problem solving, counter weight boom bending on Spreader ARs 2000 in the open pit mine Drmno have been shown in this paper.

**Keywords:** spreader, bending, deformation, method of final elements

---

<sup>1</sup> Prof. Dr Maneski Taško, dipl. ing. maš., Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet

<sup>2</sup> Prof. Dr Ignjatović Dragan, dipl. ing. rud., Univerzitet u Beogradu, Rudarsko geološki fakultet

<sup>3</sup> Slavković Časlav, dipl. ing. rud., TE KO Kostolac, Kostolac

<sup>4</sup> Beatović Danko, dipl. ing. rud., TE KO Kostolac, Kostolac

<sup>5</sup> Maneski Miloš, dipl. ing. građ., Štrabag, Srbija

## 1. UVOD

Odlagač ARs 2000 (15+60+60)x22 fabrički broj 3093 proizvodnje ThyssenKrupp Fördertechnik GmbH pušten je u rad 2009 godine u okviru V BTO sistema na površinskom kopu Drmno. U proteklom periodu sa ovom mašinom odloženo je 53.445.778 m<sup>3</sup> jalovine a ukupno vreme rada bilo je 17.059 časova.

Odlagac je kapaciteta 8500 m<sup>3</sup>/h sa ukupnim rasponom 135 metara i predviđen je za odlaganje u visinskom (22 metara) i dubinskom radu. Servisna masa je 1.159,651 tona, a radna masa (sa materijalom i zaprljanjem) 1.233,913 tona (Tabela 1).

Tabela 1.1 Tehnicki podaci, težine

Čelicna konstrukcija	560,92 tona
Mašinska oprema	339,19 tona
Elektro oprema	65,44 tona
Ostala oprema	44,70 tona
Balast	55,00 tona
Deo mosta/prijemne strele	94,38 tona
<b>Servisna masa</b>	<b>1.159,65 tona</b>
Materijal na traci sa zaprljanjem	74,26 tona
<b>Radna masa</b>	<b>1.233,91 tona</b>

Tokom montaže odlagača uočena je greška u inženjeringu tako da je težina odlagača narasla sa prvobitno ponuđenih 958,7 tona na 1.166,3 tona, pri čemu je masa strele protivtega sa stubom i platformom sa preliminarnih 255,8 tona (08.2007) narasla na 345,8 tona (04.2008), odnosno povećana je za 90 tona. Nakon puštanja u rad uočene su deformacije na strelji protivtega, što je bilo i vidljivo golim okom nakon montaže. Na Slici 1 prikazan je izgled odlagača u toku montaže i nakon završetka montaže pre transporta. Na Slici 1 i 2 može se videti da strela protivtega u toku montaže (bez opterećenja) nije bila deformisana.



*Slika 1. Izgled odlagaca u toku montaže i nakon završetka montaže*



*Slika 2. Strela protivtega odlagaca nakon montaže opreme i balasta*

## **2. MERENJE**

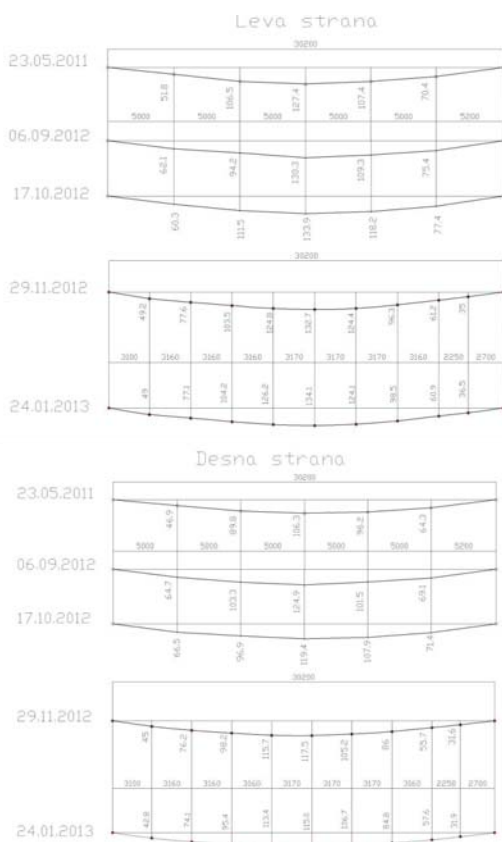
Geometarska merenja su izvedena u više navrata u periodu od 2011 do 2103 godine. Na Slici 3 prikazane su tačke merenja.

Prikaz rezultata merenja relativne deformacije glavnih nosača strele kontratega dati su na Slici 4. Relativna deformacija predstavlja ugib glavnog nosača u odnosu na duž koja se dobija spajanjem tačke kod zglobnog oslonaca (tačka 1L – Slika 3) glavnog nosača i tačke na rastojanju 30.200 mm od prve tačke.





Slika 3. Tačke merenja



Slika 4. Rezultati merenja

Može se zaključiti da su relativne deformacije veoma velike i da variraju u vremenu i do 20%.

### 3. PRORAČUN

Proračun strele kontratega je izveden primenom metode konačnih elemenata sa programom KOMIPS (Autor Prof. Dr Taško Maneski, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu). Primenjeni su konačni elementi štapa, grede i plece.

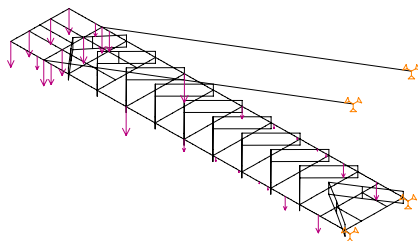
Računski modeli proračuna strele kontratega su:

- linijski model strele kontratega G1 sa opterećenjem po izvornom projektu,
- linijski model strele kontratega G2 sa opterećenjem po IFP Leipzig,
- površinski grubi model strele kontratega PG1 sa opterećenjem po izvornom projektu,
- površinski grubi model strele kontratega PG2 sa opterećenjem po IFF Leipzig,
- površinski fini model strele kontratega PF1 sa opterećenjem po izvornom projektu,
- površinski fini model strele kontratega PF2 sa opterećenjem po IFF Leipzig.

Proračun je izveden samo za osnovno opterećenje i to za dva slučaja. Prvi slučaj osnovnog opterećenja je preuzet iz izvornog projekta, dok je drugi slučaj osnovnog opterećenja preuzet iz izveštaja nezavisnog konsultanta (IFF Leipzig).

#### *Linijski modeli strele kontratega*

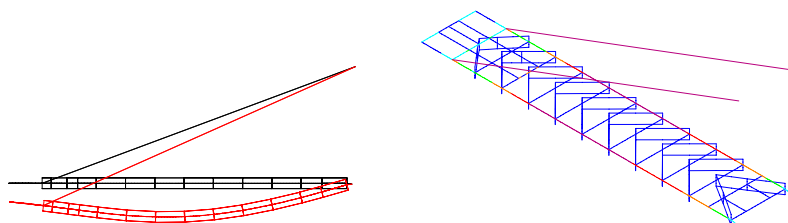
Prvo je izveden proračun strele kontratega sa linijskim modelom strele konačnih elemenata grede (nosači) i štapa (lamele) (Slika 5.). Vrednosti deformacija i napona dati su u analizi rezultata proračuna.



*Slika 5. Računski linijski model strele kontratega G1 sa opterećenjem po izvornom projektu*

	Opterećenja modela G1	Opterećenja modela G2
Sopstvena težina	400000 N	400000 N
Lamele	94000 N	94000 N
SFi =	1369250 N	1292400

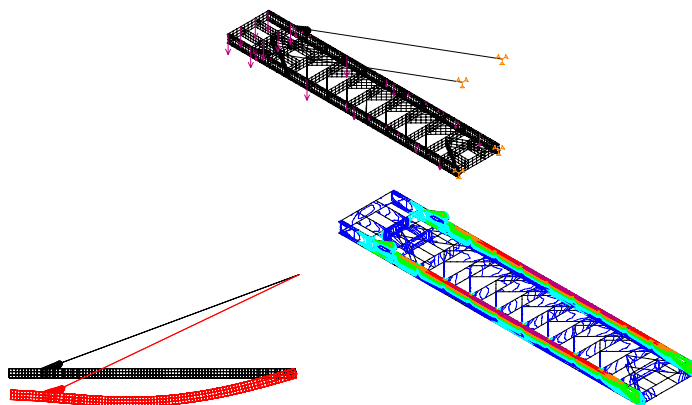
Na Slici 6. dat je prikaz deformacija i napona.



*Slika 6. Deformacija i naponi*

### ***Površinski grubi modeli strele kontratega***

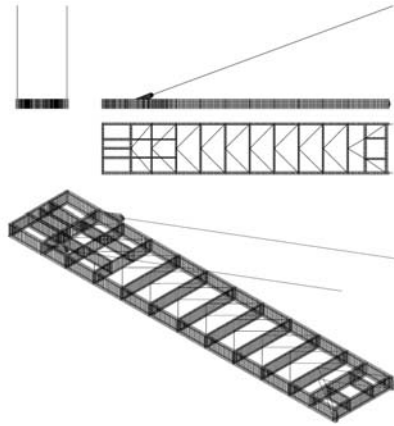
Površinski grubi (redukovani) model strele kontratega i rezultati proračuna prikazani su na Slici 7. Vrednosti deformacija i napona dati su u analizi rezultata proračuna.



*Slika 7.*

### ***Površinski fini modeli strele kontratega***

Površinski fini model strele kontratega prikazan je na Slici 8. Vrednosti deformacija i napona dati su u analizi rezultata proračuna.



Slika 8.

### Utjecaj vetra i snega

Utjecaj dejstva vetra u horizontalnom pravcu strele kontratega je neznatan na deformaciju i napon strele. Utjecaj dejstva vetra u vertikalnom pravcu strele kontratega i snega na konstrukciji i kontejnerima je izazvao povećanje deformacije i napona strele do 15% (Tabela 2).

### Simulacija izmerenih deformacija

Postizanje vrednosti proračunskih deformacija sa izmerenim deformacijama se postiže dodavanjem vertikalnog opterećenja u iznosu do 200.000 N oko sredine glavnog nosača strele kontratega. Rezultati proračuna dati su u Tabeli 2.

### Analiza

Vrednosti maksimalnih deformacija i napona za sve modele date su u Tabeli 2.

Tabela 2.

Modeli	Opterećenje	Model	$f_{max}$ absolutno mm	$f_{max}$ relativno mm	$\sigma_{ekv,max}$ nosač MPa	$\sigma_{ekv}$ zateza MPa
Linijski model	Izvorni projekat	G1	180	83	184	208
	IFF Leipzig	G1	186	89	197	193
Površinski grubi model	Izvorni projekat	PG1	129	52	122	192
	IFF Leipzig	PG2	127	52	131	176
Površinski fini model	Izvorni projekat	PF1	144	70	154	184
	IFF Leipzig	PF2	147	71	157	168
Površinski fini model sa vetrom i snegom od 1,5 kN/m <sup>2</sup>	Izvorni projekat	PF1a	170	85	170	200
	IFF Leipzig	PF2a	172	93	180	182
Površinski fini model simulacija izmerenih deformacija	Izvorni projekat	PF1b	184	128	196	195
	IFF Leipzig	PF2b	189	130	207	180

#### 4. ZAKLJUČAK

Na odlagaču ARs 2000 (15+60+60)x22 fabrički broj 3093 proizvodnje ThyssenKrupp Fördertechnik GmbH pušten je u rad 2009. godine u okviru V BTO sistema. Nakon puštanja u rad uočene su deformacije na strelji protivtega.

Izmerene maksimalne relativne deformacije po redoslednom vremenu merenja su:

- levi glavni nosač 127 , 130 , 134 , 133 , 134 mm
- desni glavni nosač 106 , 125 , 119 , 117 , 115 mm.

Izmerene vrednosti relativnih deformacija su značajno velike i variraju u vremenu. Razlika između proračunskih i izmerenih vrednosti relativnih deformacija je značajno velika. Konstatovana značajna razlika proračunatih i izmerenih vrednosti relativnih deformacija se može objasniti time što na strelji ima težina koje su veće od proračunskih ili nisu uzete u obzir.

Zbog velikih izmerenih relativnih deformacija, kao i relativno visokih vrednosti napona u lamelama i glavnim nosačima strele kontratega predlaže se sledeće:

- Uvođenje dva nova užeta, po jedno po svakom glavnom nosaču strele (jedan kraj nove zatege bi bio na oko sredine raspona između zglobnog oslonca i postojeće veze lamele sa glavnim nosačem, dok bi drugi kraj bio nešto ispod veze lamele sa ramom (Slika 9). Postavljanje užeta bi se izvelo sa postepenim simultanim opterećenjem užadi uz paralelno merenje opterećenja užadi i rasterećenja postojećih lamela mernim trakama.
- Neophodno je permanentno praćenje ugiba. U slučaju da dođe do novog rasta ugiba neophodno je rasteretiti strelu kontratega i proveriti stvarna opterećenja.
- Neophodno je postaviti merne trake na obe lamele i na oba glavna nosača koja će meriti u dužem vremenskom periodu promenu opterećenja i naprežanja.



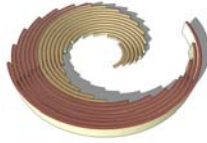
*Slika 4.1. Pozicija novih lamela.*

Smanjenje negativnog uticaja njihanja strele kontratega pri transportu odlagača zahteva ravan planum za njegovo kretanje.

### **Literatura**

1. Maneski T., KOMIPS, Mašinski fakultet, Beograd (1998)
2. Maneski T., Ignjatović D., Maneski M., Statički proračun – strela kontratega odlagaca ARs 2000 TE-KO Kostolac, Mašinski fakultet, Beograd, 2014
3. P.Kraske, Statische Berechnung, Ubertrage Tragsicherheit Ballastausleger Kostolac, Leipzig, (2013)





**ANALIZA RIZIKA INVESTICIONIH AKTIVNOSTI  
RAZVOJA RUDARSKIH BASENA EPS**

**INVESTMENT ACTIVITIES RISK ANALYSIS OF EPS  
MINING BASINS DEVELOPMENT**

Mitrović S.<sup>1</sup>, Daničić D.<sup>2</sup>, Nedeljković Z.<sup>3</sup>

**Apstrakt**

Sve, do danas analizirane razvojne opcije EPS u funkciji strateškog opredeljenja daljeg razvoja površinske eksploatacije uglja u kolubarskom i kostolačkom basenu nose sa sobom značajne rizike realizacije i samim tim moguće nepovoljne scenarije koji mogu da imaju negativne uticaje, ne samo na EPS već i na šire društveno i privredno okruženje. Posebno je značajno istaći da trenutno kritično stanje razvoja kolubarskog basena nosi značajno veće rizike za realizaciju bilo koje razvojne opcije nego što je to slučaj sa kostolačkim basenom. Na ovu konstataciju upućuje iskustvo u razvoju kolubarskog basena poslednjih dvadesetak godina, kako sa aspekta jasnih, strateških razvojnih odluka, tako i sa aspekta realizacije planiranih aktivnosti i investicija. Naime, pomenuta iskustva su i dovela do ove kritične tačke daljeg razvoja kolubarskog basena. U kostolačkom basenu situacija je mnogo jasnija jer su strateške odluke

---

<sup>1</sup> Mitrović Slobodan, dipl.ing., Elektroprivreda Srbije, Beograd

<sup>2</sup> Dr Daničić Darko, dipl.ing., PD RB Kolubara, Lazarevac

<sup>3</sup> Nedeljković Zoran, dipl.ing., Elektroprivreda Srbije, Beograd



usmerene na jedan površinski kop čiji je proizvodni kapacitet razvijen u meri da zadovolji, kako postojeću tako i eventualnu uvećanu tražnju za ugljem u budućem periodu do 2020. godine, a i kasnije.

**Ključne reči:** rizik, razvoj, investicije, rudarski basen

## **Abstract**

All till today analyzed development options of EPS in a function of the strategic orientations for further development of opencast mining in Kolubara and Kostolac basins carry with them significant risks of implementation and thus possible adverse scenarios that can have a negative impact, not only on EPS, but also on the broader social and economic environment. It is particularly important to emphasize that the current critical state of the Kolubara basin development carries significantly higher risks for the implementation of any development options than is the case with Kostolac basin. This statement refers experience in the development of the Kolubara basin during the last twenty years, both in terms of clear, strategic development decisions, and in terms of the implementation of planned activities and investments. In fact, the above experiences have brought to this critical point for further development of the Kolubara basin. In Kostolac basins situation is much clearer since strategic decisions are directed toward an opencast mine, whose production capacity was developed with a measure to meet both existing and possible increased demand for coal in the future period till the year 2020 and thereafter.

**Keywords:** risk, development, investment, mining basin

## **1. UVOD**

Sa aspekta investicionih aktivnosti u EPS, vreme od 1990. do 2011. godine karakterišu dva potpuno različita perioda. Tokom devedesetih godina, zbog sankcija OUN prema Srbiji, potpuno su zaustavljene investicije u rudarskim basenima EPS. Oprema koja je kupljena do 1990. godine (3 bagera SRs 2000, 3 odlagača, dva bagera SRs 630 i SRs 800), nije montirana jer su se proizvođači povukli sa montaže.

Oprema je tokom devedesetih sopstvenim snagama montirana i otvoren je površinski kop Tamnava-Zapadno Polje sa delimično realizovanim investicijama (transporteri su pozajmljeni sa drugih

površinskih kopova). U tom periodu maksimalno je favorizovano otkopavanje uglja u odnosu na otkopavanje jalovine ili otkopavanje plićih delova ležišta što je dovelo do toga su početkom 2000. godine rezerve otkrivenog uglja bile minimalne, a kosine ugljenih i jalovinskih etaža gotovo sastavljene.

Nakon 2000. godine, uložena su od strane EU značajna sredstva u vidu donacija i povoljnih kreditnih linija (krediti vlade Poljske, EBRD i KfW banaka), u nabavku pomoćne mehanizacije i transportnih sistema, čime su stvoreni uslovi za intenzivnije otkopavanje jalovine pa je proizvodnja za samo dve godine gotovo udvostručena (sa 50 miliona metara kubnih u 2001. na preko 90 miliona u 2003. godini). U tom periodu u RB Kolubara izvršena je revitalizacija dela opreme, uložena su značajna sredstva za nabavku pomoćne mehanizacije, na površinskom kopu Tamnava-Zapadno Polje nabavljeni su sistemi transportera većeg kapaciteta (širine 2.000 mm) novi BTO sistem i raspodelne stanice. Takođe, značajna sredstva uložena su za procese odvodnjavanja i za eksproprijaciju. Time su stvoreni preduslovi za ostvarenje projektovanog kapaciteta od 12 miliona tona uglja godišnje na površinskom kopu Tamnava Zapadno Polje. U ovom periodu proizvodne aktivnosti sa površinskog kopa Polje B delom su prešle u prostor eksploatacionog dela ležišta Polje C sa povećanim kapacitetom (prebačen deo opreme iz drugih delova rudarskog basena Kolubara).

Završetkom radova na površinskom kopu Tamnava-Istočno Polje prešlo se na eksploataciono polje Veliki Crljeni. Međutim, zbog problema sa eksproprijacijom, proizvodnja i napredovanje najvećeg površinskog kopa - Polje D, bilo je znatno usporeno, a u jednom trenutku pretila je opasnost da nastane deficit u proizvodnji uglja za termoelektrane Nikola Tesla. Tokom 2011. godine otpočelo se sa preseljenjem groblja u Vreocima čime se stvaraju preduslovi za dalje napredovanje površinskog kopa Polje D.

U međuvremenu su urađene brojne studije opravdanosti i neophodna dokumentacija za otvaranje zamenskih kapaciteta (Polje E, Polje G, Veliki Crljeni, Polje C i Radljevo) i izmeštanje infrastrukturnih objekta (rečnih tokova, saobraćajnica i dr.). Međutim, zbog brojnih problema koji su prisutni, pre svega zbog problema sa eksproprijacijom i nedostatka finansijskih sredstava za investicije, kasnilo se sa otvaranjem zamenskih kapaciteta.

U kostolačkom basenu uglja tokom devedesetih godina, zbog nedostatka transportera, otkopavan je samo istočni (plići) deo površinskog kopa Drmno. Nakon 2000. godine, najpre su rudarskim radovima dostignute zapadne granice kopa, a zatim je nastavljeno

napredovanje ka severu. Tokom 2004. godine deo opreme sa površinskog kopa Ćirikovac je revitalizovan i prebačen na kop Drmno. Izrađena je dokumentacija za povećanje kapaciteta ovog kopa sa 6,5 na 9 miliona tona uglja godišnje. Nabavkom BTO sistema kapaciteta 12 miliona m<sup>3</sup> godišnje, izgradnjom raspodelnog i bunkera rezerve i povezivanjem kopa Drmno sa TE Kostolac A, stvoreni su preduslovi za privremeno zatvaranje u ovom trenutku neperspektivnih i neprofitabilnih kopova Klenovnik i Ćirikovac. Oprema sa ovih kopova je delimično revitalizovana i prebačena na kop Drmno. Istovremeno na prostoru kopa Ćirikovac formirana je deponija za pepeo iz termoelektrana. U ovom periodu započeta su ulaganja u unapređenje procesa odvodnjavanja i nabavku pomoćne mehanizacije.

Analizom stepena realizacije usvojene Strategije razvoja energetike Srbije do 2015. godine, uočljivo je da su predviđeni programi za kostolački basen uglavnom realizovani i da se razvoj ovog basena, odnosno razvoj površinskog kopa Drmno, odvijao prema planiranoj dinamici kako sa aspekta Strategije tako i sa aspekta projektne dokumentacije, osim u delu planiranih aktivnosti na izgradnji objekata odvodnjavanja.

Kada je reč o kolubarskom basenu, površinski kop Tamnava-Zapadno Polje je uglavnom razvijan prema planovima. Sve ostale aktivnosti na razvoju postojećih površinskih kopova ili otvaranju novih zamenskih površinskih kopova u značajnoj meri kasne, kako zbog nedostatka investicionih sredstava, tako i zbog nerealizovane eksproprijacije. Zastoj u realizaciji eksproprijacije i preseljenja groblja i naselja Vreoci praktično je uzrokovao zaustavljanje proizvodnje na površinskom kopu Polje D i planiranu dinamiku eksploatacije, što je dalje, lančano, uslovalo donošenje ad-hok, nestrateških mera u cilju obezbeđenja proizvodnje uglja sa pojedinih površinskih kopova. Sve ovo je uticalo da se površinski kopovi u kolubarskom basenu ne razvijaju prema projektnoj dokumentaciji i Dugoročnom programu razvoja ovog basena.

## **2. ANALIZA RIZIKA INVESTICIONIH AKTIVNOSTI RAZVOJA KOLUBARSKOG BASENA**

Za razvoj kolubarskog basena, posebno poslednjih desetak godina, analiziran je čitav niz razvojnih opcija. Sve su uglavnom bazirane na dinamici razvoja proizvodnje na istim površinskim kopovima: Polje D i proširenje Polja D, Polje B/C, Polje E, Polje G, Tamnava-Zapadno Polje i Radljevo. Obzirom da su u razvojnim opcijama isti površinski kopovi sa

različitim pristupom otvaranja ili razvoja, sa sličnim investicionim ulaganjima to su i rizici vezani za realizaciju bilo koje opcije praktično isti.

Glavni rizik za realizaciju razvojnih planova kolubarskog basena vezan je za investicione mogućnosti kako interne tako i eksterne. Naime, planirana investiciona ulaganja u iznosu od preko 1 milijarde evra u periodu 2012. do 2017. godine, predstavljaju značajna investiciona sredstva koja EPS iz sopstvenih prihoda ne može da obezbedi. Uzimajući u obzir ekonomsku krizu u svetu i kod nas, veliko je pitanje mogućnosti obezbeđenja ovako velikih investicionih sredstava i iz eksternih izvora, bilo da je reč o strateškom partnerstvu bilo da je reč o kreditima. Zbog toga je ovaj rizik i kvantifikovan kao najviši.

Ovaj rizik je objektivne prirode i u značajnoj meri se može smanjiti tako što će EPS planirane investicije obezbediti iz sopstvenih izvora povećanjem cene električne energije i transferne cene uglja, ako ne na ekonomsku onda bar na razumnu cenu koja može da obezbedi budući razvoj EPS, a samim tim i kolubarskog basena.

Nepovoljni scenario ovog rizika je, da ako se ne realizuju planirane investicione aktivnosti, na kraju ovog investicionog ciklusa pojaviće se značajan deficit proizvodnje u iznosu i do 7 miliona tona uglja ili preko 25% potrebne godišnje proizvodnje. Posledice ovakvog scenarija, interno gledano, je zaustavljanje pojedinih blokova u TE Nikola Tesla, a eksterno značajno izdvajanje deviznih sredstava za uvoz električne energije u kontinuitetu od oko 600 MW. Radi jasnijeg sagledavanja posledica ovakvog scenarija, može se reći da bi ovaj manjak uglja približno zadovoljio realizaciju kapaciteta novoplanirane TE Kolubara B.

Drugi po značaju je rizik pravovremenog vršenja procesa eksproprijacije. Naime, prethodno iskustvo govori da u realizaciji procesa eksproprijacije često nisu bila problem investiciona sredstva za ovu namenu već nepostojanje strateškog plana razvoja i sa tim u vezi plana eksproprijacije. Takođe, vezano za eksproprijaciju, često, problemi proizilaze iz nepostojanja strateškog sociološkog pristupa problemu raseljavanja pojedinaca i čitavih naselja sa pratećom infrastrukturom, što je često uzrokovalo značajne zastoje u razvoju pojedinih površinskih kopova. Evidentni su problemi vezani za razvoj površinskog kopa Polje D, koji su prouzrokovani kašnjenjem eksproprijacije i raseljavanja naselja Vreoci, i koji su u značajnoj meri i prouzrokovali sadašnje ukupno kritično stanje sa aspekta proizvodnje uglja u kolubarskom basenu.

Ovaj rizik je subjektivne prirode i može se u potpunosti isključiti strateškim pristupom problemu eksproprijacije uz uvažavanje socioloških aspekata stanovništva.

Treći po značaju je rizik pravovremenog izmeštanja infrastrukturnih objekata na svim ležištima, posebno velikih infrastrukturnih objekata u zoni ležišta Polje G, Polje C i dalje Polje E kao i Polje D. Dosadašnje iskustvo u kolubarskom basenu govori da su otvarana i eksploatisana ležišta koja su u značajno manjoj meri imala probleme sa izgrađenom infrastrukturom. To je za posledicu imalo, sa aspekta kvaliteta i boljeg iskorišćenja resursa uglja, neizbalansiran razvoj površinske eksploatacije u celom kolubarskom basenu. Tako su u ranijem periodu eksploatisana ležišta sa značajno boljim kvalitetom uglja i povoljnijim ležišnim uslovima eksploatacije u istočnom delu basena, a u budućem periodu će morati da se eksploatišu delovi basena sa manje kvalitetnim ugljem i značajno lošijim ležišnim uslovima. Međutim, važno je istaći da je neophodno da se prethodne greške ne ponove, već da se preostali deo istočnog dela basena i ležišta koja egzistiraju u njemu, u budućem periodu istovremeno valorizuju sa ležištima iz zapadnog dela basena kako bi se ublažili negativni efekti nižeg kvaliteta uglja i lošijih ležišnih uslova u zapadnom delu basena.

Ovaj rizik je takođe subjektivne prirode i može se u potpunosti isključiti strateškim pristupom daljeg razvoja kolubarskog basena koji podrazumeva izbalansiranu eksploataciju preostalog dela kolubarskog basena u funkciji kvaliteta uglja i maksimalnog iskorišćenja resursa uglja.

Rizici koji se odnose na eksproprijaciju i izmeštanje infrastrukture nisu kvantifikovani kao najviši jer su uglavnom subjektivne prirode i mogu se isključiti aktivnostima PD RB Kolubara i EPS. Međutim, sa aspekta posledica ovi rizici su takođe u kategoriji najviših jer ako se ne budu pravovremeno realizovale potrebne aktivnosti na eksproprijaciji i izmeštanju infrastrukture, neće se postići potrebna dinamika razvoja površinskih kopova, zbog čega će se pojaviti deficit u proizvodnji uglja. Posledice ovakvog nepovoljnog scenarija su zaustavljanje pojedinih blokova u TE Nikola Tesla i uvoz električne energije, slično kao i kod neobezbeđenja investicija za razvoj kolubarskog basena.

Sledeći rizik je vezan za mogućnost ugovaranja i nabavke osnovne opreme prema planiranoj dinamici. Naime, zbog relativno kratkih rokova za nabavku osnovne opreme uz istovremeno komplikovane procedure javnih nabavki ali i obezbeđenja investicija velika je verovatnoća da neće moći da se u potpunosti realizuje dinamika nabavke osnovne opreme u periodu ovog investicionog ciklusa. Nepovoljan scenario ovog rizika je da se na pojedinim površinskim kopovima neće realizovati planirani razvoj i da oni neće biti u mogućnosti da daju planirane kapacitete u proizvodnji uglja.

Ovaj rizik se u značajnoj meri može umanjiti tako što će se

investiciona sredstva predviđena za revitalizaciju osnovne opreme rebalansom planova angažovati za nabavku nove opreme, dinamički kada to bude potrebno. Na ovaj način se može obezbediti deo potencijalno nedostajuće osnovne opreme za rad na nekom od površinskih kopova i dobiti vreme od 3 do 4 godine za realizaciju nabavke planirane nove osnovne opreme.

I poslednji analizirani rizik, koji može da utiče na budući razvoj kolubarskog basena, je rizik izbora opcije razvoja.

### **3. ANALIZA RIZIKA INVESTICIONIH AKTIVNOSTI RAZVOJA KOSTOLAČKOG BASENA**

Trenutno, razvoj kostolačkog basena definisan je razvojem površinskog kopa Drmno i to obzirom na planiranu dinamiku izgradnje novih termoenergetskih postrojenja u Kostolcu i sa tim u vezi planirane zahteve za kapacitetima na proizvodnji uglja. Naime, postojeći površinski kop Drmno, sa godišnjim kapacitetom od 9 miliona tona uglja, u analiziranom investicionom ciklusu, ali i kasnije podizanjem kapaciteta na 12 miliona tona, u potpunosti može da zadovolji zahtevanu proizvodnju za snabdevanje postojećih i novih termoelektrana.

Glavni rizik za realizaciju razvojnih planova kostolačkog basena u analiziranom investicionom ciklusu vezan je investicione mogućnosti. Međutim, planirana investiciona sredstva u iznosu od oko 180 miliona evra nisu takvog reda da ih EPS iz sopstvenih prihoda ne može da obezbedi. Zbog toga je ovaj rizik i kvantifikovan kao srednji.

Drugi rizik za realizaciju razvojnih planova u kostolačkom basenu je rizik realizacije projekta odvodnjavanja. Ovaj rizik, sa tehničko-tehnološkog i investicionog aspekta ne bi smeo da bude rizik koji će usloviti dalji razvoj površinskog kopa Drmno, ali dosadašnje iskustvo i kašnjenje u realizaciji projekta odvodnjavanja ukazuju da se ovaj rizik mora uzeti u obzir kada je reč o budućem razvoju kostolačkog basena.

Treći rizik je vezan za nastavak eksploatacije na površinskom kopu Ćirikovac i nije direktno vezan za obezbeđenje potrebne proizvodnje i sigurno snabdevanje termoelektrana ugljem u analiziranom investicionom periodu. Međutim, vezan je za ukupan razvoj kostolačkog basena i valorizaciju resursa uglja iz ovog basena. Nepovoljan scenario ovog rizika već se dešava, jer se odlaganjem pepela na prostoru površinskog kopa Ćirikovac ne mogu realizovati optimalne aktivnosti na nastavku eksploataciju ovog ležišta. Zbog toga je neophodno, hitno u novim okolnostima i pod novim uslovima studijski rešiti pitanje mogućnosti

tehno-ekonomski opravdanog nastavka eksploatacije na ležištu Ćirikovac. U protivnom, eksploatacija ovog značajnog ležišta može biti veoma ugrožena sa ekonomskog aspekta.

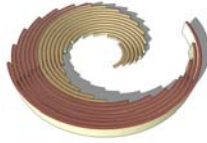
#### **4. ZAKLJUČAK**

Razvojne opcije EPS u funkciji daljeg razvoja površinske eksploatacije uglja u kolubarskom i kostolačkom basenu nose sa sobom značajne rizike realizacije i samim tim moguće nepovoljne scenarije koji mogu da imaju negativne uticaje, ne samo na EPS već i na šire društveno i privredno okruženje. Posebno je značajno istaći da trenutno kritično stanje razvoja kolubarskog basena nosi značajno veće rizike za realizaciju bilo koje razvojne opcije nego što je to slučaj sa kostolačkim basenom..

Glavni rizik za realizaciju razvojnih planova kolubarskog basena vezan je za investicione mogućnosti kako interne tako i eksterne. Naime, planirana investiciona ulaganja u iznosu od preko 1 milijarde evra u periodu 2012. do 2017. godine, predstavljaju značajna investiciona sredstva koja EPS iz sopstvenih prihoda ne može da obezbedi. Uzimajući u obzir ekonomsku krizu u svetu i kod nas, veliko je pitanje mogućnosti obezbeđenja ovako velikih investicionih sredstava i iz eksternih izvora, bilo da je reč o strateškom partnerstvu bilo da je reč o kreditima. Zbog toga je ovaj rizik i kvantifikovan kao najviši.

#### **Literatura**

1. Fondovska dokumentacija EPS, RB Kolubara i TE KO Kostolac



---

**DOBRA PRAKSA REAGOVANJA U VANREDNIM  
SITUACIJAMA - PLAN SANACIONOG ODVODNJAVANJA  
POPLAVLJENOG POVRŠINSKOG KOPA TAMNAVA -  
ZAPADNO POLJE**

**GOOD PRACTICE OF RESPONSE DURING EMERGENCY  
SITUATION - REHABILITATION DEWATERING PLAN OF  
THE FLOODED OPENCAST MINE TAMNAVA - WEST FIELD**

Pavlović V.<sup>1</sup>, Ignjatović D.<sup>2</sup>, Šubaranović T.<sup>3</sup>, Janković I.<sup>4</sup>

**Apstrakt**

Poplave površinskih kopova su relativno retke, ali sa promenama klimatskih prilika su sve verovatnije i treba preduzimati posebne i dodatne mere zaštite kopova od površinskih voda. U skoroj prošlosti u Evropi poplavljen je površinski kop uglja Turow u Poljskoj avgusta 2010. godine, kao i veliki površinski kopovi uglja u Australiji 2008. i 2010. godine. Za ponovno aktiviranje ovih kopova trebalo je u proseku oko dve godine. U katastrofalnim poplavama maja 2014. godine, poplavljen je najveći površinski kop uglja Tamnava-Zapadno Polje u Srbiji, sa oko 50% ukupne proizvodnje u kolubarskom basenu. Samo efikasnom realizacijom Plana sanacionog odvodnjavanja poplavljenog površinskog

---

<sup>1</sup> Prof. Dr Pavlović Vladimir, dipl.ing.rud., Centar za površinsku eksploataciju, Beograd

<sup>2</sup> Prof. Dr Ignjatović Dragan, dipl.ing.rud., Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

<sup>3</sup> Dr Šubaranović Tomislav, dipl.ing.rud., Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd fakultet, Beograd

<sup>4</sup> Janković Ivan, dipl.ing.rud., Ministarstvo rudarstva i energetike Republike Srbije, Beograd



kopa na bazi poštovanja pravila struke i najbolje svetske prakse, moguće je ostvariti realnu dinamiku pouzdanog postepenog dostizanja projektovanih kapaciteta proizvodnje.

**Ključne reči:** sistem, površinska eksploatacije, upravljanje, rizik, sanaciono odvodnjavanje

## **Abstract**

Flooding of opencast mines are relatively rare, but with changes of climatic conditions, are increasingly likely and it should be taken special and additional measures to protect mines from surface waters. In the recent past in Europe was flooded opencast coal mine Turow in Poland in August 2010, as well a large opencast coal mines in Australia in 2008 and 2010. To re-activate these mines was required an average of about two years. The catastrophic floods in May 2014, have flooded the largest opencast coal mine Tamnava West Field in Serbia, with about 50% of total production in Kolubara basin. Only by the effective implementation of the Rehabilitation Dewatering Plan of the flooded opencast mine on the basis of the profession rules respect the and the world's best practice, it is possible to achieve realistic dynamics and the reliable gradually attaining the designed production capacity.

**Keywords:** *system, surface mining, risk management, rehabilitation drainage*

## **1. UVODNE NAPOMENE**

Od oko 39 miliona tona uglja, koji se godišnje otkopa u Srbiji, u kolubarskom basenu se otkopa preko 30 miliona tona, što predstavlja oko 75%. U okviru Elektroprivrede Srbije, godišnje se u termoelektranama proizvede preko 22 GWh električne energije, a od uglja iz kolubarskog basena preko 17 GWh, odnosno oko 80%.

Osim za termoelektrane, kolubarski površinski kopovi proizvode i oko 1.000.000 t komadnog uglja za široku potrošnju i oko 700.000 t sušenog uglja. Trenutno se eksploatacija u okviru kolubarskog basena uglja vrši na četiri površinska kopa - Polje D, Polje B/C, Tamnava-Zapadno Polje i Veliki Crljeni. Ukupna proizvodnja uglja u 2013. godini u kolubarskom basenu iznosila je 30,7 miliona tona uglja i 69,3 miliona metara kubnih jalovine. Na eksploataciji je angažovano 17 rotornih bagera, jedan bager vedričar, 21 bager dreglajn, 15 odlagača i

samohodnih transportera i 83 pogonske stanice sa preko 65 kilometara transportera sa trakom.

Površinski kop Tamnava-Zapadno Polje je najveći proizvođač uglja u kolubarskom basenu. Od ukupno 30,7 miliona tona uglja proizvedenih u 2013. godini na ovom kopu je proizvedeno rekordnih 14,6 miliona tona što iznosi 47% ukupne proizvodnje kolubarskog basena. Uz ovu proizvodnju uglja otkopano je 33 miliona m<sup>3</sup> jalovine. Postignuta proizvodnja realizovana je sa devet kontinualnih sistemi, od čega su osam sa rotornim bagerima i jedan sa bagerom vedričarem. Shodno datoj proizvodnji uglja, ne samo u 2013. godini, površinski kop Tamnava-Zapadno Polje je ključan i za rad i proizvodnju električne energije u termoelektrani Nikola Tesla i ukupnu energetska stabilnost države.

Polovinom maja meseca 2014. godine veći deo centralne i zapadne Srbije zadesile su katastrofalne poplave. Ove poplave posebno su pogodile zapadni deo kolubarskom basena gde su locirani površinski kopovi Tamnava-Zapadno Polje i Veliki Crljeni. Oba površinska kopa su potpuno potopljena, zajedno sa svim kontinualnim proizvodnim sistemima i na njima se ne odvijaju proizvodne aktivnosti.

## **2. OPERATIVNA STRATEGIJA SANACIJE POVRŠINSKOG KOPA TAMNAVA - ZAPADNO POLJE**

### **2.1. Domen strategije**

Strategija realizacije projekta sanacije odnosi se na izradu plana sanacije površinskog kopa na bazi prethodno sprovedenih analiza geometrije potopljenog površinskog kopa, unutrašnjeg odlagališta i položaja opreme pod vodom, stabilnosti površinskog kopa i unutrašnjeg odlagališta u funkciji dinamike odvodnjavanja potopljenog površinskog kopa, stabilnosti površinskog kopa i unutrašnjeg odlagališta u funkciji tehnologije i dinamike nastavka eksploatacije, stanja rečnih tokova, retenzija i akumulacija u zoni uticaja na površinski kop, rizika nastavka eksploatacije uglja u funkciji geometrije, stabilnosti i odvodnjavanja površinskog kopa kao i analize direktne i indirektno štete na površinskom kopu.

Strateški ciljevi projekta su:

- Da se na bazi sprovedenih analiza definiše optimalan plan sanacije površinskog kopa u funkciji pouzdanosti rada opreme i stabilnosti površinskog kopa, odnosno da se definiše dinamika odvodnjavanja potopljenog površinskog kopa u funkciji stabilnosti radnih i završnih kosina, unutrašnjeg odlagališta i

opreme, dinamika zaštite površinskog kopa od površinskih voda (rečni tokovi, retenzije i dr.) in a kraju dinamika, tehnologija i oprema za eksploataciju na potopljenom površinskom kopu;

- Da se na bazi sprovedenih analiza i plana sanacije izrade projektni zadaci za izradu Uprošćenog rudarskog projekta sanacionog odvodnjavanja na površinskom kopu Tamnava-Zapadno Polje i Uprošćenog rudarskog projekta nastavka eksploatacije na površinskom kopu Tamnava-Zapadno Polje.

Ove strateške ciljeve treba realizovati uz poštovanje pravila struke i najbolje svetske prakse pri realizaciji sličnih projekata uz maksimalno uvažavanje ukupne pouzdanosti površinskog kopa kao i mera zaštite životne sredine i ekologije u celini.

## **2.2. Situaciona analiza**

Obzirom da je površinski kop potpuno potopljen situacionu analizu je nemoguće uraditi. Jedino što je poznato je to da je potopljen značajna deo opreme i procenjena količina vode u kopu od oko 190 miliona m<sup>3</sup>. Za pouzdaniju situacionu analizu neophodno je uraditi geodetsko podvodno snimanje kopa, odlagališta i opreme kao i geodetsko snimanje rečnih tokova, retenzija i vodoakumulacija u zoni uticaja na površinski kop, zatim analizu stabilnosti potopljenog površinskog kopa i unutrašnjeg odlagališta i na kraju hidrodinamički model ležišta.

### **SWOT analiza**

*Pretnje iz eksternog okruženja:*

- Klimatske prilike za vreme sanacije;
- Uticaj na životnu sredinu i ekologiju u celini;
- Finansijska sredstva.

*Jake tačke projekta:*

- Nastavak bezbedne, pouzdane, efikasne i efektivne proizvodnje na površinskom kopu;
- Definisan i upravljiv sistem sanacije površinskog kopa.

*Slabe tačke projekta:*

- Neažurnost podataka o stanju površinskog kopa neposredno pre poplave;
- Nedovoljna pouzdanost postojećih podloga za izradu projekta.

### 3. MERE I PROGRAMI ZA REALIZACIJU STRATEŠKIH CILJEVA

Za realizaciju pomenutih strateških ciljeva definisan je niz hijerarhijski razdvojenih mera.

***Hitne mere:***

- Realizacija sledećih programa:
- Vreme realizacije: 25.06.2014.

***Program geodetskih snimanja i izrade geodetskih podloga***

Kao podloga za sve potencijalne projekte i radove na sanaciji površinskog kopa Tamnava-Zapadno Polje neophodno je detaljno, pouzdano i maksimalno kvalitetno izvršiti geodetska snimanja i izradu geodetskih podloga dela površinskog kopa pod vodom, dela površinskog kopa koji nije pod vodom sa odlagalištem, kao i stanje rečnih tokova, retenzija, brana, akumulacija u zoni uticaja na površinski kop.

U tom smislu potrebno je sprovesti sledeći program:

1. Obnavljanje postojeće geodetske mreže površinskih kopova koja će obezbediti realizaciju novih geodetskih radova u koordinatnom sistemu radova iz perioda pre poplava.
2. Batimetrijska merenja i izrada 3D modela dna i etaža potopljenog kopa ukupne površine oko 750 ha sa rezolucijom 30 cm\*30 cm
3. Premer sadržaja dna kopa zapunjenog muljem korišćenjem po profilima upravnim na kosine na međusobnom rastojanju ne većem od 10 m. Na pretpostavljenim lokacijama potopljene opreme snimanje realizovati profilima sa rastojanjem 2-3 m.
4. Snimanje i izrada 3D modela terena i ortofoto planova rezolucije 5 cm sa visinskom predstavom (izohipse i karakteristične kote) nepotopljenih površina kopa, oko 1450 ha u razmeri 1:1000. Za izgrađene strukture obezbediti 3D koordinate karakterističnih tačaka sa tačnošću 2-3 cm.
5. Snimanje i izrada 3D modela terena i ortofoto planova aktuelnih koridora rečnih tokova u zoni uticaja na površinski kop u razmeri 1:1000.
6. Numeričko grafička obrada podataka prikupljenih napred navedenim metodama i generisanje sledećih izlaznih dokumenata u formama standardnih CAD/GIS programskih paketa:
  - 3D ortofoto plan celog područja kopa sa prezentacijom izohipsi i 3D strukturnih linija svih objekata. Upoređenje

- novog i prethodnog stanja sa identifikacijom 2D i 3D promena na poplavljenom području.
- 3D model kopova sa prikazom sadržaja na dnu i etažama (kosinama) sa identifikacijom pozicija potopljenih bagera i opreme, oštećenja kosina i nivoa nanetog mulja u kopu.
  - Generisanje profila mulja iznad dna kopa upravnih na kosine sa prikazom opreme potopljene u mulju.
  - Izrada 3D topografskih podloga i ortofoto planova rečnih koridora sa generisanjem karakterističnih poprečnih profila na svakih 20 m sa mogućnošću naknadnih generisanja na svim lokacijama od interesa za projektante.
7. Izrada elaborata o realizovanim radovima sa prikazom rezultata.
  8. Sve topografske podloge koje podležu Zakonu o premeru i katastru zemljišta treba da budu overene od strane Sektora za nadzor RGZ i overene od licenciranih inženjera za projektovanje i izvođenje geodetskih radova.

### **Program hidrodinamičke simulacije efekata pražnjenja akumulacije**

U cilju numeričke simulacije efekata crpenja akumuliranih količina površinskih voda u okviru površinskog kopa Tamnava - Zapadno Polje potrebno je sprovesti sledeće aktivnosti:

1. Prikupljanje, analiza i sinteza postojeće dokumentacije.
2. Izrada novog hidrodinamičkog modela ili nestacionarna rekalkibracija postojećeg modela za stanja režima podzemnih i stanja vodostaja površinskih tokova za period pre plavljenja kopa.
3. Simulacija efekata pražnjenja akumulacije površinskog kopa Tamnava-Zapadno Polje u uslovima prestanka rada drenažnih bunara na kopu, pri čemu je potrebno uzeti u obzir:
  - a. Aktuelne vodostaje okolnih površinskih tokova.
  - b. Prosečne višegodišnje sume mesečnih padavina za analizirani period kojim su obuhvaćeni prognozni proračuni.
  - c. Uticaj i odsustvo brane retenzije Kladnica.

Efekte pražnjenja kopa od akumuliranih količina površinskih voda na stanje podzemnih voda analizirati na svakih 10 m obaranja nivoa voda u kopu. Po dostizanju konačnih visina radnih etaža, u proračune uključiti i drenažne bunare na kopu.

### ***Program geomehaničke simulacije efekata pražnjenja akumulacije***

Efekte pražnjenja kopa od akumuliranih količina površinskih voda na stanje geomehaničke stabilnosti površinskog kopa i unutrašnjeg odlagališta analizirati na svakih 5 do 10 m obaranja nivoa voda u kopu.

### ***Program za ispumpavanje vode iz površinskog kopa***

Obezbediti pouzdanost ispumpavanja tako što treba realizovati sledeće aktivnosti:

Izvršiti analizu i determinisati moguću dinamiku ispumpavanja vode iz kopa vodeći računa o realnim tehničkim mogućnostima, stabilnosti kosina i okolnog terena i drugim faktorima od značaja, imajući pri tome prioritetni cilj da se voda u najkraćem periodu ispumpa.

Izvršiti izbor tipa i broja pumpi za ispumpavanje vode iz kopa vodeći računa o promeni potrebnih performansi u toku ispumpavanja zbog bitno drugačije visine ispumpavanja na početku i na kraju tog poduhvata. Saglasno tome, odabrati mesta za postavljanje opreme za ispumpavanje vode imajući u vidu da se oprema neminovno mora pomerati tokom pumpanja.

Izvršiti izbor recipijenta za ispuštanje vode iz kopova. Kao realni recipijenti za ispumpavanje vode iz kopova su korita reka Kolubare i Kladnice, pri čemu je korito reke Kolubare realan recipijent gotovo bez limita u pogledu kapaciteta za prijem ispumpane vode.

Izvršiti izbor trase cevovoda, prečnika i cevnog materijala za ispumpavanje vode. Sa tim u vezi, determinisati dinamiku angažovanja cevnog materijala sobzirom na izabrani recipijent i potencijalna mesta postavljanja pumpi.

Definisati dinamiku pumpanja vode, pri čemu treba uzeti u obzir broj i tip izabranih pumpnih agregata, hidrološke uslove u vodotoku i stabilnost kosina površinskih kopova. Pri tome posebnu pažnju posvetiti stabilnosti kosina unutrašnjeg odlagališta površinskog kopa Tamnava-Zapadno Polje. Takođe, dinamiku ispumpavanja definisati tako da ne dođe daljeg oštećenja potopljene opreme.

Definisati sistem za monitoring promene nivoa podzemnih voda u zoni površinskog kopa u zavisnosti od dinamike crpljenja. Mrežu za monitoring formirati na osnovu sistema postojećih pijezometara i bunara sistema zaštite površinskog kopa od podzemnih voda i novih pijezometara koje je neophodno predvideti.

Definisati stalni monitoring stabilnosti površinskog kopa i odlagališta.

Definisati stalni monitoring kvaliteta vode koja se ispumpava, kao i mere i objekte za poboljšanje kvaliteta vode, ukoliko se ustanovi da je

voda koja se ispumpava nižeg kvaliteta od propisanog kvaliteta vode za recipijente.

Definisati i mere za vađenje mulja iz površinskog kopa. U okviru ove aktivnosti potrebno je definisati pre svega količinu a potom i lokaciju za smeštanje mulja kao i tehničke mere za formiranje deponije mulja.

Da bi se predmetni radovi realizovali neophodno je odgovarajuću tehničku dokumentaciju za realizaciju ovih radova.

Za potrebe izrade projekata neophodno je uraditi sledeće:

- Uraditi namenska geodetska i druga potrebna snimanja.
- Definisati geološke, hidrogeološke i geotehničke uslove površinskog kopa.
- Uraditi prognozni model za ocenu stabilnosti kosina prilikom pumpanja vode.

Za izradu predmetne projektne dokumentacije neophodno je dobiti mišljenja i uslove nadležnih institucija.

### ***Program za rekonstrukciju korita reka Kolubare, Peštana i Lukavice***

Aktivnostima na rekonstrukciji korita ovih vodotokova potrebno je obuhvatiti:

- Izgradnju trajnog čepa na poplavnom koritu reke Kolubare.
- Izradu odbrambenog nasipa na južnoj granici Tamnavskih kopova od korita reke Kolubare do nasipa puta Lajkovac - Obrenovac u naselju Skobalj.

Izgradnju novog korita reke Vraničine na potezu od lokaliteta Jabučki Cigani do uliva ovog vodotoka u korito reke Kolubare, uključujući i prilagođavanje ušća potoka Skobalj u ovaj vodotok.

Rekonstrukciju i uređenje korita i nasipa reke Kolubare na potezu od ušća reke Vraničine (postojalo do 14. maja 2014.) do ušća korita reke Lukavice u Kolubaru.

Nadvišenje postojećeg desnoobalnog nasipa reke Kolubare uzvodno od vodozahvata za TE Kolubara A (odnosi se na stari desnoobalni nasip urađen pre izgradnje regulisanog korita reke Kolubare I faza izmeštanja).

Rekonstrukciju korita i nasipa reke Peštan u zoni ušća ovog vodotoka u korito reke Kolubare.

Izgradnju deonice lokalnog puta Vreoci - Skobalj koji je prekinut u poplavi.

Sanaciju korita i desne obale korita reke Kolubare - I faza izmeštanja na mestu prelaska bagera sa površinskih kopova Tamnava Istočno Polje na kop Veliki Crljeni.

U pripreмној фази и у склопу израде одговарајуће техничке документације за реализацију ових радова неопходно је урадити и следеће:

- Namenska geodetska snimanja, a posebno obratiti pažnju na podvodna geodetska snimanja izmeštenog korita reke Kolubare, Peštana i dr.
- Definirati geološke uslove za izgradnju objekata, a naročito obratiti pažnju na definisanje pozajmišta za izgradnju ovih objekata.
- Uraditi hidrološke analize u skladu sa novim hidrološkim uslovima koji su posledica poplave od 14. do 16.05.2014. godine.
- Uraditi hidrauličke i ostale potrebne analize za definisanje tehničkih rešenja.

Za izradu predmetne projektne dokumentacije neophodno je dobiti mišljenja i uslove nadležnih institucija, kao i građevinsku dozvolu.

### ***Program za rekonstrukciju brane Kladnica***

Aktivnostima na rekonstrukciji ovog objekta, potrebno je obuhvatiti:

Rekonstrukciju pregradne konstrukcije brane Kladnica.

Rekonstrukcija vodozahvata za crpnu stanicu Kladnica.

Izgradnja sigurnosnog preliva za velike vode na brani Kladnica.

Izrada zaštite crpne stanice od površinskih voda - regulaciju Simića potoka.

Izvršiti zamenu dotrajale i neadekvatne opreme u crpnoj stanici Kladnica.

Napraviti uputstvo za upravljanjem retenzijom Kladnica i akumulacijom Paljuvi-Viš u cilju zaštite od poplava površinskog kopa Tamnava - Zapadno Polje.

Za realizaciju ovih radova potrebno je izraditi odgovarajuću tehničku dokumentaciju u okviru čega treba pripremiti potrebna merenja i analize i to:

- Uraditi namenska geodetska snimanja.
- Definirati geološke uslove za izgradnju objekata, a naročito obratiti pažnju na definisanje karakteristika materijala za rekonstrukciju pregradne konstrukcije.
- Uraditi hidrološke analize u skladu sa novim hidrološkim uslovima koji su posledica poplave.
- Uraditi hidrauličke i analize stabilnosti kao i ostale potrebne analize za definisanje tehničkih rešenja.



Za izradu predmetne projektne dokumentacije neophodno je dobiti mišljenja i uslove nadležnih institucija, kao i građevinsku dozvolu.

Osim pobrojanih hitnih mera potrebno je realizovati i sledeće prioritetne mere:

***Prioritetne mere***

- Plan sanacije površinskog kopa;
- Program monitoringa sanacije površinskog kopa;
- Projektni zadaci za Uprošćene rudarske projekte sanacionog odvodnjavanja i nastavka eksploatacije na površinskom kopu Tamnava-Zapadno Polje.

Vreme realizacije: 30.06.2014.

Ove mere su dinamički pomerene u odnosu na hitne.

I na kraju, potrebno je, u okviru mera za realizaciju strateških ciljeva izraditi sledeće uprošćene rudarske projekte:

***Mere:***

- Uprošćeni projekat sanacionog odvodnjavanja površinskog kopa Tamnava - Zapadno Polje

Vreme realizacije: 15.07.2014.

- Uprošćeni projekat nastavka eksploatacije na površinskom kopu Tamnava - Zapadno Polje

Vreme realizacije: 30.08.2014.

Po završetku projektnih aktivnosti na realizaciji uprošćenog rudarskog projekta sanacionog odvodnjavanja i dobijanju potrebnih klauzula, saglasnosti i dozvola potrebno je raspisati tender i izvršiti izbor najkvalitetnijeg izvođača radova na sanacionom odvodnjavanju po odobrenoj tehničkoj dokumentaciji uprošćenog rudarskog projekta.

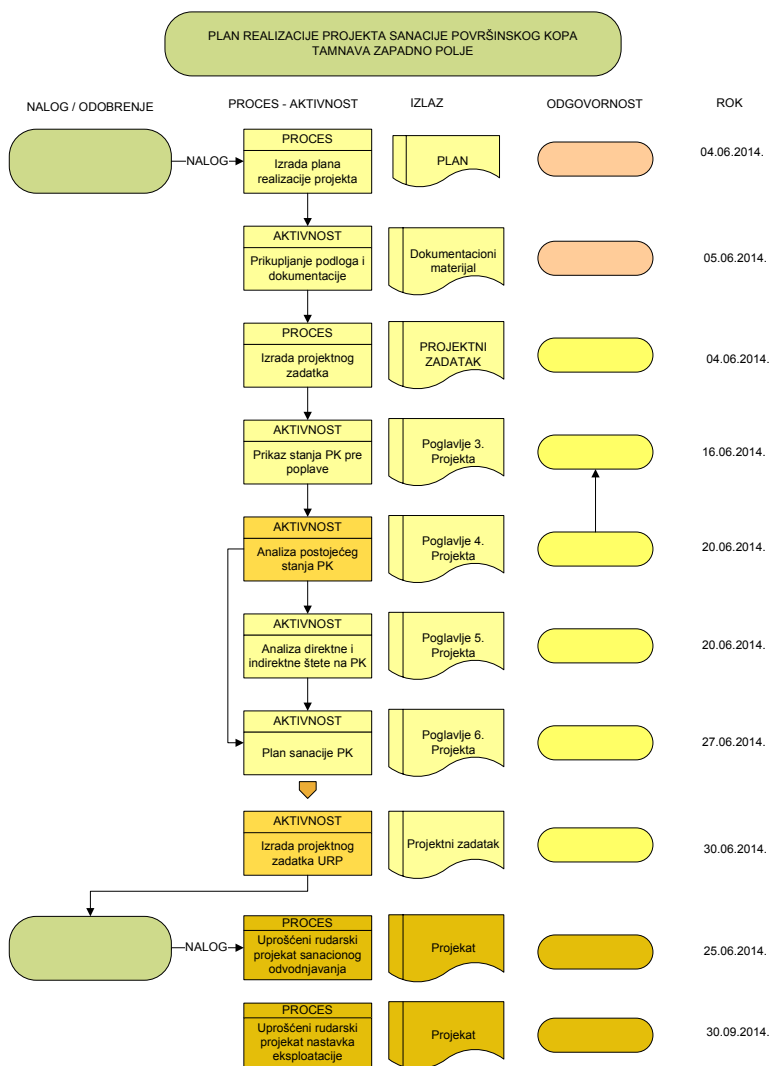
**3. PLAN REALIZACIJE PROJEKTA SANACIJE  
POVRŠINSKOG KOPA TAMNAVA ZAPADNO POLJE**

Sve pomenute i opisane aktivnosti na sanacionom odvodnjavanju površinskog kopa Tabanava-Zapadno Polje sa aspekta inženjerskog posla mogu se tretirati kao projekat. Obim ovog projekta definisan je sledećim sadržajem:

1. Uvodne napomene
2. Plan realizacije projekta sanacije površinskog kopa Tamnava-Zapadno Polje
3. Prikaz stanja površinskog kopa Tamnava-Zapadno Polje pre poplave
- 3.1. Planovi i dinamika izmeštanja rečnih tokova u zoni uticaja na

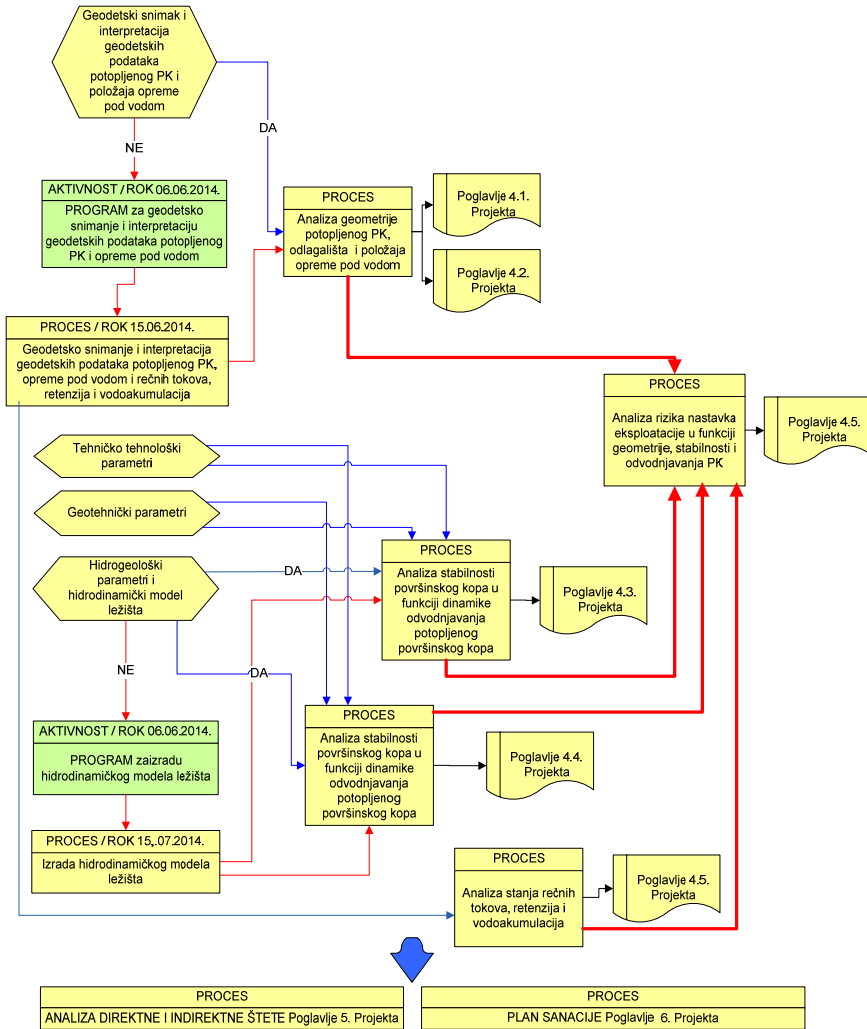
- površinski kop
- 3.2. Geološke, hidrogeološke i geotehničke karakteristike ležišta
- 3.3. Tehnologija eksploatacije
- 3.4. Dinamika eksploatacije
- 3.5. Odvodnjavanje površinskog kopa
- 4. Analiza postojećeg stanja površinskog kopa Tamnava-Zapadno Polje
  - 4.1. Analiza geometrije potopljenog površinskog kopa i položaja opreme pod vodom
  - 4.2. Analiza geometrije potopljenog unutrašnjeg odlagališta
  - 4.3. Analiza stabilnosti površinskog kopa i unutrašnjeg odlagališta u funkciji dinamike odvodnjavanja potopljenog površinskog kopa
  - 4.4. Analiza stabilnosti površinskog kopa i unutrašnjeg odlagališta u funkciji tehnologije i dinamike nastavka eksploatacije
  - 4.5. Analiza stanja rečnih tokova, retenzija i akumulacija u zoni uticaja na površinski kop
  - 4.6. Analiza rizika nastavka eksploatacije uglja u funkciji geometrije, stabilnosti i odvodnjavanja površinskog kopa
- 5. Analiza direktne i indirektno štete na površinskom kopu Tamnava-Zapadno Polje
  - 5.1. Direktne štete na površinskom kopu
  - 5.2. Direktne štete na opremi
  - 5.2. Indirektno štete
- 6. Plan sanacije površinskog kopa - Uprošćeni rudarski projekat
  - 6.1. Dinamika odvodnjavanja potopljenog površinskog kopa od podzemnih voda u funkciji stabilnosti radnih i završnih kosina površinskog kopa, unutrašnjeg odlagališta i opreme
  - 6.2. Dinamika zaštite potopljenog površinskog kopa od površinskih voda (rečni tokovi, retenzije i dr.)
  - 6.3. Dinamika eksploatacije na potopljenom površinskom kopu
  - 6.4. Tehnologija eksploatacije na potopljenom površinskom kopu
  - 6.5. Oprema za eksploataciju na potopljenom površinskom kopu
  - 6.6. Program monitoringa sanacije površinskog kopa
- 7. Uprošćeni rudarski projekat sanacionog odvodnjavanja na površinskom kopu Tamnava-Zapadno Polje
- 8. Uprošćeni rudarski projekat nastavka eksploatacije na površinskom kopu Tamnava-Zapadno Polje

Obim projekta, uređen kao niz procesnih aktivnosti sa dinamikom realizacije predstavlja plan realizacije projekta sanacionog odvodnjavanja i prikazan je na Slici 1.



*Slika 1. Plan realizacije projekta sanacionog odvodnjavanja površinskog kopa Tamnava - Zapadno Polje*

Na Slici 2. prikazan je detaljan plan realizacije Poglavlja 4. projekta sanacije površinskog kopa Tamnava - Zapadno Polje



Slika 2. Detaljan plan realizacije Poglavlja 4. projekta sanacije površinskog kopa Tamnava - Zapadno Polje

## 4. ZAKLJUČAK

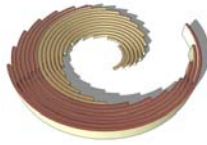
Potapanje površinskih kopova Tamnava-Zapadno Polje i Veliki Crljeni je katastrofa koja je izazvana nezapamćenim poplavama u Republici Srbiji maja meseca 2014. godine i kao takva aktuelizuje brojna pitanja koja se odnose na reagovanje u vanrednim situacijama na površinskim kopovima i u rudarstvu generalno. Na primeru projekta sanacije površinskog kopa Tamnava-Zapadno Polje prikazana je dobra praksa reagovanja u vanrednoj situaciji kakva je bila ova poplava. Projektom sanacije predviđene su sve neophodne aktivnosti, njihov obim i dinamika realizacije u funkciji bezbednog sanacionog odvodnjavanja potopljenog kopa i pouzdanog nastavka eksploatacije.

Ministarstvo rudarstva i energetike ulaže velike i ozbiljne napore da se proces sanacije od poplava obavi na koordiniran i što efikasniji način, na osnovu prihvaćenog Idejnih projekata Plana sanacije površinskih kopova i Procene štete na površinskim kopovima PD Kolubara i ubrzalo je aktivnosti na izradi pojedinih Programa.

Postavljene strateške ciljeve je neophodno realizovati uz poštovanje pravila struke i najbolje svetske prakse pri realizaciji sličnih projekata uz maksimalno uvažavanje ukupne pouzdanosti rada površinskih kopova kao i mera zaštite životne sredine i ekologije u celini.

### Literatura

1. Pavlović V., Šubaranović T., Polomčić D.: Sistemi odvodnjavanja površinskih kopova, Univerzitet u Beogradu Rudarsko-geološki fakultet, str. 1-522, Recenzenti: R. Simić i B. Kolonja, ISBN: 978-86-7352-244-9, Beograd, 2012
2. PMI: A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide), 4th edition, Project management Institute, 2010



**METODOLOGIJA IZRADE I MODEL UPRAVLJANJA  
PROJEKTOM DUGOROČNOG PROGRAMA EKSPLOATACIJE  
UGLJA U UGLJONOSNIM BASENIMA EPS**

**ESTABLISHMENT OF THE METHODOLOGY AND  
MANAGEMENT MODEL FOR THE LONG-TERM COAL  
MINING PROJECT IN COAL BASINS OF EPS**

Pavlović V.<sup>1</sup>, Jevtić B.<sup>2</sup>, Mićović Ž.<sup>3</sup>, Tomašević G.<sup>4</sup>,

**Apstrakt**

Izrada Dugoročnog programa eksploatacije kao strateškog dokumenta razvoja površinske eksploatacije u ugljonosnim basenima EPS je kompleksan i nelinearan proces detaljne situacione analize i donošenja strateških odluka na bazi anticipiranja budućeg stanja. Metodološki, izrada Dugoročnog programa je proces koji sadrži niz aktivnosti smeštenih u tri kontinualna procesna segmenta - procena situacije, zatim formulisanje strateških pravaca razvoja i na kraju implementacija Dugoročnog programa, kao Strategije razvoja eksploatacije u ugljonosnim basenima EPS. Upravljanje ovako kompleksnim projektom je veoma važan segment izrade Dugoročnog programa i on se odnosi na upravljački koncept u funkciji njegove efektivne i efikasne realizacije.

***Ključne reči:*** Dugoročni program, metodologija, upravljanje, projekat

---

<sup>1</sup> Prof. Dr Vladimir Pavlović, dipl.ing.rud., Centar za površinsku eksploataciju, Beograd

<sup>2</sup> Jevtić Branko, dipl.ing.rud., Elektroprivreda Srbije, Beograd

<sup>3</sup> Mićović Željko, dipl.ing.rud., Elektroprivreda Srbije, Beograd

<sup>4</sup> Tomašević Gordana, dipl.ing.rud., Elektroprivreda Srbije, Beograd

## Abstract

Development of the long-term mining program as a strategic document for surface mining development in EPS coal-bearing basins is a complex and nonlinear process of detailed situational analysis and strategic decision-making based on the anticipation of a future conditions. Methodologically, development of the Long-Term Program is a process that includes a series of activities stored in three continuous process segments - assessment of the situation, then the formulation of strategic development directions and finally implementation of the Long-Term Program, as the Strategy for Mining Development of EPS coal-bearing basins. Management of such complex project is a very important part of making Long-Term Program and it refers to the concept of control as a function of its effective and efficient implementation.

**Keywords:** *Long-Term Program, methodology, management, project*

## 1. UVOD

Izrada Dugoročnog programa eksploatacije uglja u ugljonosnim basenima EPS proističe iz potrebe da se razvoj površinske eksploatacije uglja u kolubarskom i kostolačkom basenu dugoročno, strateški planira u funkciji održavanja kontinuiteta proizvodnje i zadovoljenja energetske potreba države uz istovremeno održiv razvoj rudarstva. Pored toga i članom 67. *Zakona o rudarstvu i geološkim istraživanjima* precizira se obaveza da se za eksploataciju resursa koji su od značaja za Republiku Srbiju izrađuje Dugoročni program eksploatacije za period od najmanje deset godina.

Kolubarski i Kostolački baseni uglja danas predstavljaju najvažniji resursni potencijal rada Elektroprivrede Srbije i nesumnjivo će ugalj iz ovih basena u dužem vremenskom periodu u ovom veku biti primarna sirovina za proizvodnju električne energije u Srbiji.

Dugoročni program po obimu i sadržaju (*Pravilnik o sadržini Dugoročnog programa eksploatacije ležišta mineralnih sirovina i godišnjih planova izvođenja rudarskih radova, Sl. glasnik RS br. 27/97*) je strateški dokument i cilj njegove izrade baziran je na potrebi smanjenja protivrečnosti, odnosno, preispitivanju postojećih i iznalaženju novih obrazaca upravljanja razvojem površinskih kopova da bi se optimalno valorizovali ukupni potencijali rudarskih basena, kako sa aspekta uglja tako i ostalih pratećih mineralnih sirovina.

Polazna osnova za izradu Dugoročnog programa su rezultati analize postojećeg stanja u ugljonosnim basenima EPS. Analiza treba da obuhvati sve bitne elemente koji utiču na strategiju daljeg razvoja ovih basena, a pre svega geološke, hidrogeološke i geotehničke podatke, stanje osnovne opreme, eksproprijaciju, potrebu izmeštanja infrastrukturnih objekata, uticaja na životnu sredinu, status pojedinih pogona u basenima (na primer Prerade u kolubarskom basenu) itd. Takođe, potrebno je izvršiti analizu i interpretaciju rešenja datih u geološkoj, rudarskoj i prostornoj tehničkoj dokumentaciji (elaboratima, idejnim projektima sa studijama opravdanosti, glavnim i dopunskim rudarskim projektima i prostornim planovima).

Polazeći od iskazanog plana za proizvodnjom uglja datom u aktuelnoj Strategiji razvoja energetike Republike Srbije, a na osnovu prethodno izvršenih analiza, potrebno je uraditi Dugoročni program kao Strategiju razvoja ova dva ugljonosna basena, koji sadrži planove i dinamike eksploatacije uglja u ovim basenima, odnosno površinskim kopovima za period do 2025. godine, sa sagledavanjem razvojne perspektive do kraja eksploatacije. U funkciji usvojenih planova i dinamika eksploatacije, Dugoročni program treba da sadrži i plan i dinamiku izmeštanja infrastrukturnih objekata, plan i dinamiku eksproprijacije, plan i dinamiku angažovanja, revitalizacije i nabavke osnovne i pomoćne opreme, plan i dinamiku geoloških, hidrogeoloških i geotehničkih istraživanja, plan i dinamiku zaštite životne sredine kao i plan i dinamiku investicija za realizaciju Dugoročnog programa. Za realizaciju Dugoročnog programa potrebno je definisati odgovarajuće programe, mere i akcioni plan sa planom kontrole i monitoringa realizacije.

## **2. METODOLOGIJA IZRADE PROJEKTA**

Dugoročni program eksploatacije uglja u ugljonosnim basenima EPS je strateški plan koji determiniše strateške razvojne ciljeve na bazi detaljno sprovedene analize postojećeg stanja površinske eksploatacije u ovim basenima ali i njihove potencijalnosti za budući razvoj. Postojeće stanje i potencijalnost budućeg razvoja sagledavaju se sa aspekta geoloških, hidrogeoloških i geotehničkih podataka, infrastrukturne zaposednutosti, eksproprijacije, osnovne i pomoćne opreme, organizacije i kadrova, bezbednosti i zdravlja na radu, zaštite životne sredine, investicija, potencijalnih rizika za realizaciju i ekonomske opravdanosti Dugoročnog programa.



Za realizaciju Dugoročnog programa definišu se ključni programi i aktivnosti koje treba preduzeti kako bi se ostvarili željeni ciljevi u određenom roku. Ključna komponenta ovog strateškog plana svakako su resursi uglja kao neobnovljivi resurs, ali ništa manje nisu važni, kako je pomenuto, ni ostali uticajni elementi koji utiču na realizaciju strateških ciljeva: oprema, investicije, kadrovi, infrastruktura, zakonodavni i institucionalni okvir, poslovno okruženje i tako dalje.

Sama izrada Dugoročnog programa kao strateškog dokumenta razvoja površinske eksploatacije je kompleksan i nelinearan proces detaljne situacione analize i donošenja strateških odluka na bazi anticipiranja budućeg stanja. Primenjena metodologija izrade Dugoročnog programa sastoji se od sledećih koraka:

- Dogovaranje procesa izrade;
- Definisavanje ciljeva;
- Procena okruženja (mogućnosti i pretnje);
- Procena unutrašnjeg stanja (jake i slabe tačke);
- Prepoznavanje strateških pitanja sa kojima se baseni suočavaju;
- Izdvajanje ideja za strateško delovanje;
- Procenjivanje benefita u funkciji izbora strategije razvoja eksploatacije uglja;
- Procenjivanje rizika kako bi se prepoznale opasnosti za strateško delovanje;
- Definisavanje plana implementacije i plana kontrole implementacije strateškog dokumenta.

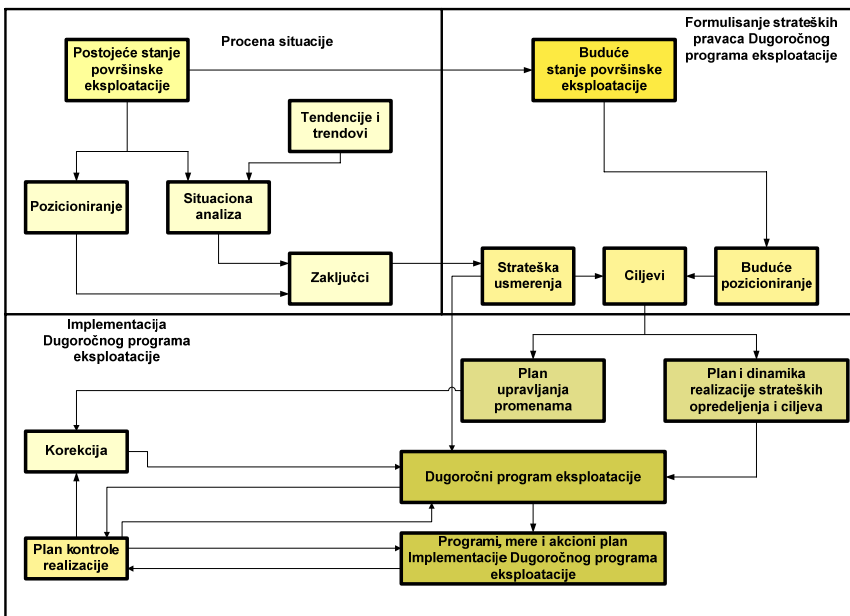
Dobro formulisan Dugoročni program kao strateški plan je:

- Jasan po pitanju ciljeva i prioriteta;
- Zasnovan na realnom shvatanju uzroka, trendova, prilika, prepreka i moguće razvojne opcije;
- Prihvatljiv i efikasno prenesen svim zainteresovanim stranama, interno i eksterno;
- Efikasno implementiran.

Izrada Dugoročnog programa je proces koji sadrži niz aktivnosti smeštenih u tri kontinualna procesna segmenta. Prvi procesni segment je procena situacije (postojeće stanje), drugi formulisanje strateških pravaca razvoja površinske eksploatacije i treći implementacija Dugoročnog programa kao Strategije razvoja eksploatacije u ugljonosnim basenima EPS (Slika 1). Projektni tim za realizacije Dugoročnog programa sastavljen je od relevantnih eksperata i stručnjaka za sve oblasti od značaja za izradu Dugoročnog programa.

Metodološki se ovaj proces sprovodi na sledeći način:

- Prikupljaju se i analiziraju svi raspoloživi, dostupni i relevantni podaci vezani za rudarske basene EPS (geološki, rudarski, prostorni, ekološki i ekonomski).
- Na bazi detaljne analize determinišu se strateška opredeljenja i strateški ciljevi iz kojih treba da proisteknu programi, mere i aktivnosti za realizaciju Dugoročnog programa u narednom periodu do 2025. godine sa projekcijom stanja do kraja eksploatacije u ova dva ugljonojna basena.
- Sve vreme izrade Dugoročnog programa rukovodilac projekta i stručni tim tesno saraduju, obavljaju konsultacije i prezentuju rešenja radnom timu EPS, koji odobrava ključne faze projekta kako sa aspekta projektnih rešenja tako i sa aspekta dinamike realizacije i mogućnosti implementacije projekta.



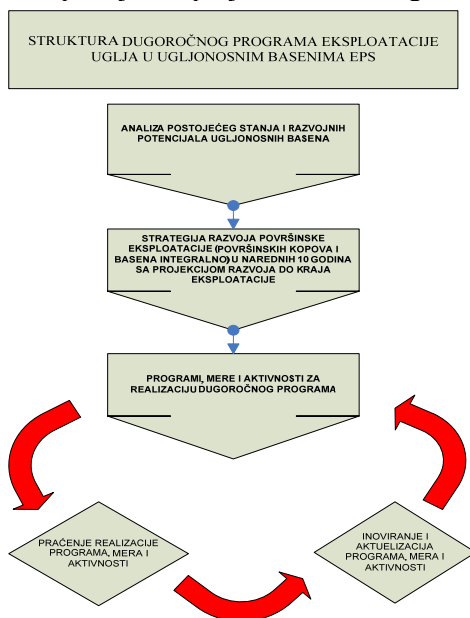
Slika 1. Proces izrade Dugoročnog programa eksploatacije uglja u ugljonojnim basenima EPS

### 3. PROCESNI MODEL REALIZACIJE PROJEKTA

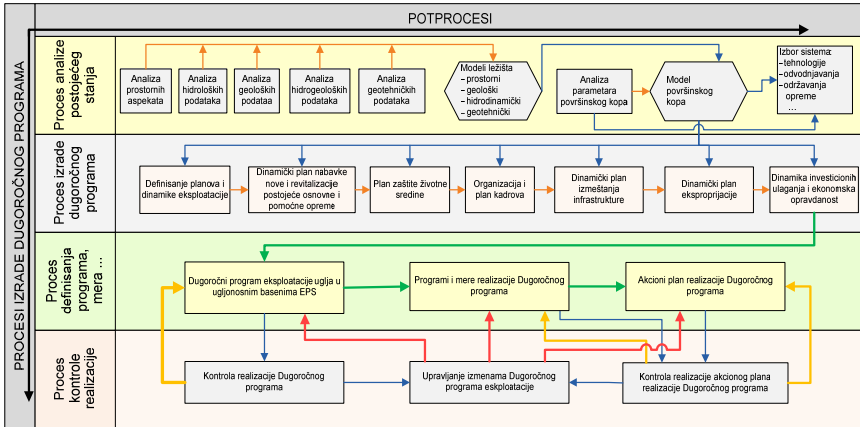
Na bazi opisane metodologije izrade Dugoročnog programa formulisan je procesni model realizacije projekta. Cilj izrade procesnog modela realizacije projekta je da se definisana metodologija u potpunosti primeni, a sam proces bude upravljiv. Definisanje procesnog modela realizacije projekta Dugoročnog programa eksploatacije uglja u ugljunosnim basenima EPS izvršeno je iterativno u tri koraka koji su proistekli iz detaljne analize obima, sadržaja i dinamike realizacije samog projekta.

U prvom koraku, na bazi analize obima projekta definisana je struktura Dugoročnog programa eksploatacije (Slika 2).

U drugom koraku, na bazi detaljne analize sadržaja projekta determinisan je procesni model izrade Dugoročnog programa eksploatacije (Slika 3). U modelu su prikazani identifikovani procesi, hijerarhijski poređani odozgo na dole. Svakom procesu dodeljen je odgovarajući skup potprocesa, koji su hijerarhijski poređani sa leva na desno. Identifikovani procesi i potprocesi u modelu, osim na sadržaju projekta, bazirani su i na metodologiji izrade i strukturi Dugoročnog programa eksploatacije. Takođe, ovako definisan procesni model omogućuje potpunu upravljivost projekta izrade Dugoročnog programa.



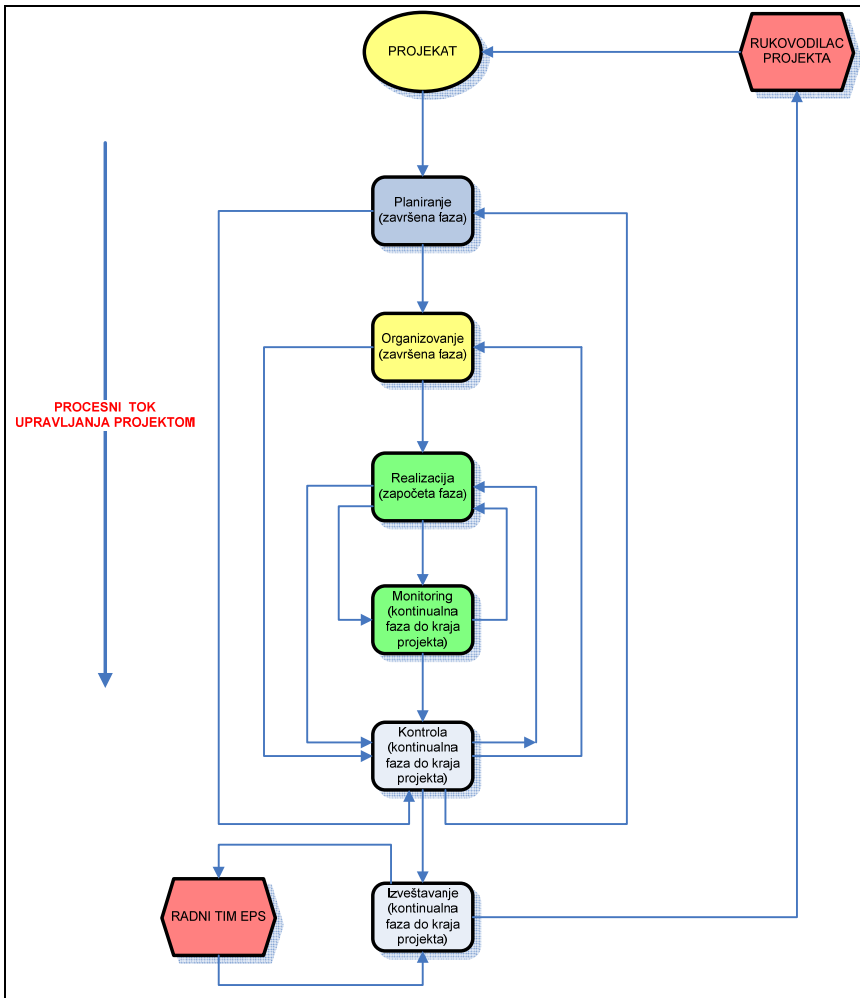
Slika 2. Struktura Dugoročnog programa eksploatacije



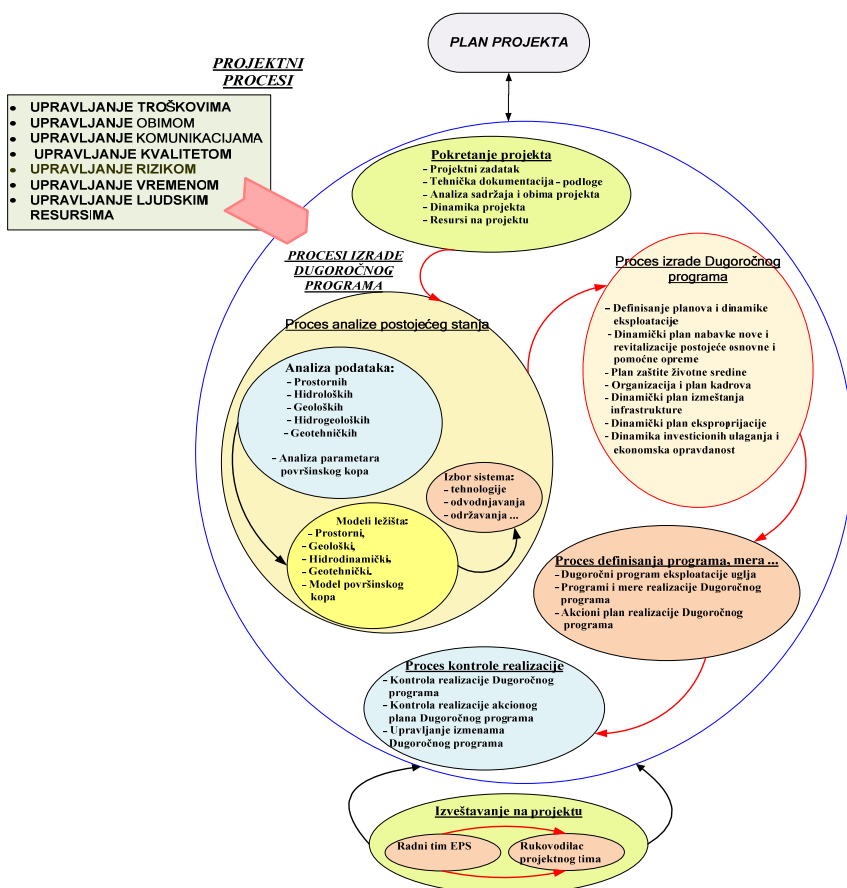
Slika 3. Procesni model izrade Dugoročnog programa eksploatacije uglja

#### 4. MODEL UPRAVLJANJA PROJEKTOM

Upravljanje projektom je veoma važan segment izrade Dugoročnog programa eksploatacije uglja u ugljonosnim basenima EPS i on se odnosi na upravljački koncept kojim se, uz pomoć odgovarajućih metoda organizacije, planiranja, realizacije i kontrole, usklađuju svi potrebni resursi sa obavljanjem potrebnih aktivnosti da bi se sam projekat efektivno i efikasno realizovao. Na bazi procesnog toka upravljanja projektom (Slika 4) definisan je i sam model upravljanja projektom izrade Dugoročnog programa. Model upravljanja (Slika 5), izgrađen je integracijom procesnog toka upravljanja projektom i procesnog modela izrade projekta Dugoročnog programa.



Slika 4. Procesni tok upravljanja projektom izrade Dugoročnog programa eksploatacije uglja



*Slika 5. Model upravljanja projektom izrade Dugoročnog programa eksploatacije uglja*

Model čine dve grupe procesa. Prvu grupu čine projektni procesi, odnosno procesi upravljanja troškovima, vremenom, obimom, komunikacijama, kvalitetom, rizikom i ljudskim resursima. Pomenuti procesi pripadaju domenu planiranja i kontrole projekta. Drugu grupu čine procesi izrade Dugoročnog programa i oni pripadaju domenu realizacije projekta.

## 5. REALIZACIJA MODELA UPRAVLJANJA PROJEKTOM IZRADE DUGOROČNOG PROGRAMA

Kao prvi korak implementacije razvijenog modela upravljanja projektom izrade Dugoročnog programa definisana je i razvijena dinamika realizacije projekta i to po ključnim delovima samog projekta (Slika 6). Generalno, dinamika realizacije projekta izrade Dugoročnog programa razvijena je na osnovu hijerarhije procesnog modela izrade ovog projekta, a u kome je sadržan obim i sadržaj pojedinih aktivnosti.

Polazni element za definisanje dinamike je rok za završetak projekta, a dinamika pojedinih delova projekta definisana je na bazi obima svakog dela pojedinačno. U planiranoj dinamici realizacije projekta od 365 kalendarskih dana, predviđena je i rezerva vremena od 28 kalendarskih dana. Rezerva vremena u iznosu od 7.7% u značajnoj meri uvećava stepen pouzdanosti predložene dinamike.

Na primeru dinamike realizacije projekta prikazana je implementacija, odnosno realizacija definisanog modela upravljanja ovim projektom.

Dalja implementacija modela odnosi se na plan angažovanja materijalnih resursa koji proističe iz obima projekta, zatim plan angažovanja kadrova, koji proističe iz definisane dinamike projekta, a plan upravljanja troškovima iz definisane dinamike i zadatog budžeta projekta.

ID	Task Name	Duration	Start	Finish
1	PROJEKAT DPE EPS	310 days	Mon 01.09.14	Fri 06.11.15
2	PLAN PROJEKTA	25 days	Mon 28.07.14	Fri 29.08.14
3	UPRAVLJANJE PROJEKTOM	310 days	Mon 01.09.14	Fri 06.11.15
4	UGOVARANJE SA PODIZVOĐAČIMA	10 days	Mon 04.08.14	Fri 15.08.14
5	PROJEKAT DPE KOLUBARSKI BASEN	280 days	Mon 01.09.14	Fri 25.09.15
6	PRIKAZ OPŠTH PODATAKA O BASENU - DELATNOST, ORGANIZACUA	15 days	Mon 08.09.14	Fri 26.09.14
7	GEOLOGUA, HIDROGEOLOGUA, INŽENERSKA GEOLOGUA	60 days	Mon 01.09.14	Fri 21.11.14
8	PRIKAZ RASPOLOŽIVIH KAPACITETA PO PROIZVODNIM JEDNICAMA	60 days	Mon 17.11.14	Fri 06.02.15
9	ANALIZA VAŽEĆE TEHNIČKE DOKUMENTACIJE I STANJE RADOVA	45 days	Mon 15.09.14	Fri 14.11.14
10	ANALIZA ORGANIZACIONIH I KADROVSKIH MOGUĆNOSTI	10 days	Mon 17.11.14	Fri 28.11.14
11	PLAN I DINAMIKA DUGOROČNOG RAZVOJA EKSPLOATACIJE UGLJA	210 days	Mon 20.10.14	Fri 07.08.15
12	Završna kontrola i priprema	20 days	Wed 29.07.15	Tue 25.08.15
13	PROJEKAT DPE KOSTOLAČKI BASEN	185 days?	Thu 15.01.15	Wed 30.09.15
14	OSNOVNI PODACI O PREDUZEĆU	10 days	Thu 15.01.15	Wed 28.01.15
15	GEOLOGUA, HIDROGEOLOGUA I INŽENERSKA GEOLOGUA	35 days	Thu 15.01.15	Wed 04.03.15
16	PODACI O AKTIVNIM KOPOVIMA I KOPOVIMA NA KOJIMA JE PRESTALA EKSPLOATACUA	30 days	Thu 15.01.15	Wed 25.02.15
17	PODACI O RASPOLOŽIVIM KAPACITETIMA	25 days	Tue 17.02.15	Mon 23.03.15
18	KADROVSKA STRUKTURA I RASPOLOŽIVOST	10 days	Tue 03.02.15	Mon 16.02.15
19	PLAN I DINAMIKA DPR ZA NAREĐNI PERIOD	155 days	Tue 27.01.15	Mon 31.08.15
20	POLAZNE OSNOVE RAZVOJA	20 days	Mon 03.08.15	Fri 28.08.15
21	TEHNIČKO-TEHNOLOŠKA ANALIZA USLOVA REALIZACIJE DUGOROČNOG PROGRAMA	30 days	Mon 17.08.15	Fri 25.09.15
22	Završna kontrola i priprema	15 days	Thu 10.09.15	Wed 30.09.15

Slika 6. Dinamika realizacije projekta izrade Dugoročnog programa

## 6. ZAKLJUČAK

Izrada Dugoročnog programa eksploatacije uglja u ugljonosnim basenima EPS proističe iz potrebe da se razvoj površinske eksploatacije uglja u kolubarskom i kostolačkom basenu dugoročno, strateški planira u funkciji održavanja kontinuiteta proizvodnje i zadovoljenja energetske potreba države uz istovremeno održiv razvoj rudarstva. Sama izrada Dugoročnog programa, kao strateškog dokumenta razvoja površinske eksploatacije je kompleksan i nelinearan proces detaljne situacione analize i donošenja strateških odluka na bazi anticipiranja budućeg stanja.

Postojeće stanje i potencijalnost budućeg razvoja sagledavaju se sa aspekta geoloških, hidrogeoloških i geotehničkih podataka, infrastrukturne zaposednutosti, eksproprijacije, osnovne i pomoćne opreme, organizacije i kadrova, bezbednosti i zdravlja na radu, zaštite životne sredine, investicija, potencijalnih rizika za realizaciju i ekonomske opravdanosti Dugoročnog programa.

Za realizaciju Dugoročnog programa definišu se ključni programi i aktivnosti koje treba preduzeti kako bi se ostvarili željeni ciljevi u određenom roku. Ključna komponenta ovog strateškog plana svakako su resursi uglja kao neobnovljivi resurs, ali ništa manje nisu važni, ni ostali uticajni elementi koji utiču na realizaciju strateških ciljeva: oprema, investicije, kadrovi, infrastruktura, zakonodavni i institucionalni okvir, poslovno okruženje i tako dalje.

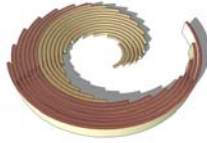
Obzirom na obim i kompleksnost, za uspešnu realizaciju ovog projekta definisana je metodologija koja sadrži niz aktivnosti smeštenih u tri kontinualna procesna segmenta - procena situacije, zatim formulisanje strateških pravaca razvoja i na kraju implementacija Dugoročnog programa kao strategije razvoja eksploatacije u ugljonosnim basenima EPS. Takođe, upravljanje ovako kompleksnim projektom je veoma važan segment izrade Dugoročnog programa i on se odnosi na upravljački koncept u funkciji njegove efektivne i efikasne realizacije.

Definisana metodologija izrade i model upravljanja ovim projektom u značajnoj meri povećavaju pouzdanost njegove izrade kako sa aspekta ulaznih podataka, situacione analize i definisanja strateških opredeljenja tako i sa aspekta efektivnosti i efikasnosti same realizacije projekta.



## **Literatura**

1. PMI: A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide), 4th edition, Project management Institute, 2010
2. Quality management systems - Guidelines for quality management in projects, ISO 10006, 1997



---

**ANALIZA STABILNOSTI KOSINA ODLAGALIŠTA PK  
TAMNAVA-ZAPADNO POLJE U FUNKCIJI ISPUMPAVANJA  
VODE IZ KOPA**

**SLOPE STABILITY ANALYSIS OF DUMP SITE AT THE OCM  
TAMNAVA-WEST FIELD IN THE FUNCTION OF WATER  
DEWATERING FROM MINE**

Petrović B.<sup>1</sup>

**Apstrakt**

Tokom majskih elementarnih nepogoda koje su zadesile Srbiju, došlo je do ulaska reke Kolubare sa njenim pritokama u kop Tamnava-Zapadno Polje. Procenjeno je da je oko 180.000.000 m<sup>3</sup> vode tom prilikom ušlo u kop i za duži period onemogućilo njegovu normalnu proizvodnju. Da bi se proizvodnja nesmetano nastavila, neosporno da tu vodu, zajedno sa muljem treba ispumpati. Iako samo ispumpavanje nije preterano komplikovan proces, posledice koje ono može izazvati svakako zahtevaju ozbiljnu analizu. Shodno tome, urađena je analiza stabilnosti kosina u funkciji ispumpavanja vode iz kopa, prvenstveno sa ciljem da nagovesti eventualne neželjene situacije koje mogu nastati tom prilikom. Treba naglasiti da ova analiza predstavlja preliminarnu analizu, koja kao takva čini osnov za kompleksnija i sveobuhvatna razmatranja, koja će uslediti tek nakon verifikacije fizičko-mehaničkih svojstva radne sredine koja su usled dejstva vode na njih višestruko promenjena.

***Ključne reči:*** ispumpavanje, etaža, visina etaže, nagib etaže, faktor sigurnosti

---

<sup>1</sup>mr Branko Petrović, dipl.inž.rud., PD RB Kolubara, Lazarevac

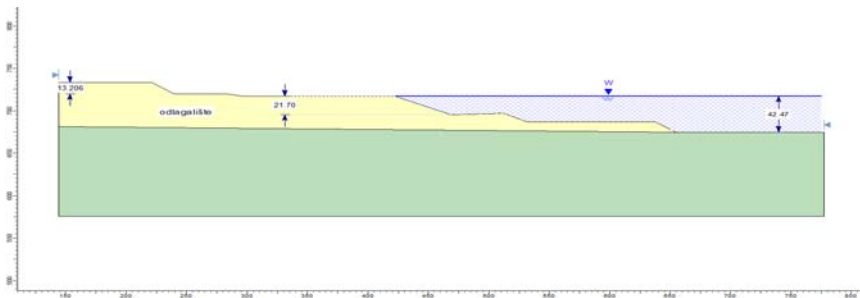
## Abstract

During the May disaster which occurred in Serbia, there was an entry of the Kolubara River with its tributaries into the mine Tamnava-West Field. It is estimated that about 180 million m<sup>3</sup> of water on this occasion entered the mine and for a longer period prevented its normal production. In order to continue smooth production, it is indisputable that the water with mud in it is to be pumped out. Although only the pumping is not very complicated process, the consequences that it may cause certainly require serious analysis. Accordingly, it is carried out the analysis of slope stability as a function of pumping water from the mine, primarily with an aim to indicate any adverse situations that may arise in the process. It should be emphasized that this analysis is a preliminary analysis, which, as such, forms the basis for more complex and comprehensive review, which will be exercised only after verification of soil - mechanical properties of the working environment that are due to the effects of water on them are changed in many ways.

**Keywords:** pumping, bench, bench height, slope inclination, the safety factor

## 1. UVOD

Analiza stabilnosti kosina odlagališta površinskog kopa Tamnava-Zapadno Polje urađena je za geološki profil PJ (Slika 1). Proračun faktora sigurnosti etaža (Fs) urađen je primenom softverskog paketa SLIDE 6.0, Rocscience Inc, uz Mohr-Coulomb kriterijum loma. Rezultati proračuna prikazani su grafički i tabelarno.



Slika 1. Profil PJ

## 2. PRORAČUN FAKTORA SIGURNOSTI (Fs) ETAŽA NA ODLAGALIŠTU

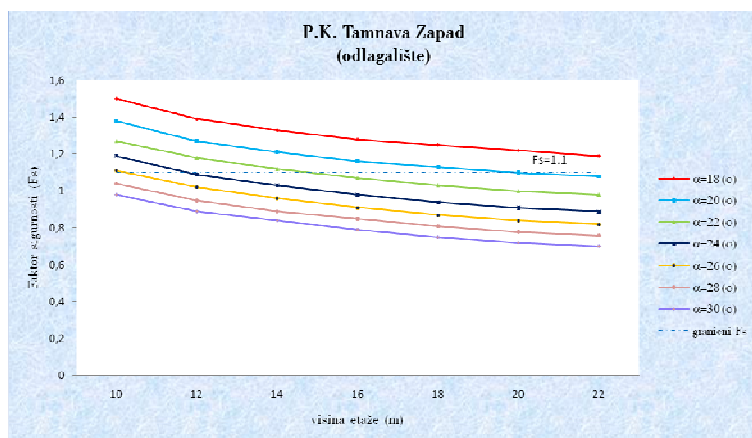
Podaci za fizičko-mehanička svojstva materijala odlagališta, koji su korišćeni u proračunu su:

- zapreminska masa:  $\gamma = 16,43 \text{ (KN/m}^3\text{)}$
- kohezija:  $C = 10,20 \text{ (KN/m}^2\text{)}$
- ugao unutrašnjeg trenja:  $\varphi = 28,58^\circ$
- koeficijent pornog pritiska:  $ru = 0,5$

Analizirajući različite visine etaža, kao i njihove nagibe, dobijeni su rezultati prikazani u (Tabeli 1) i na (Slici 2).

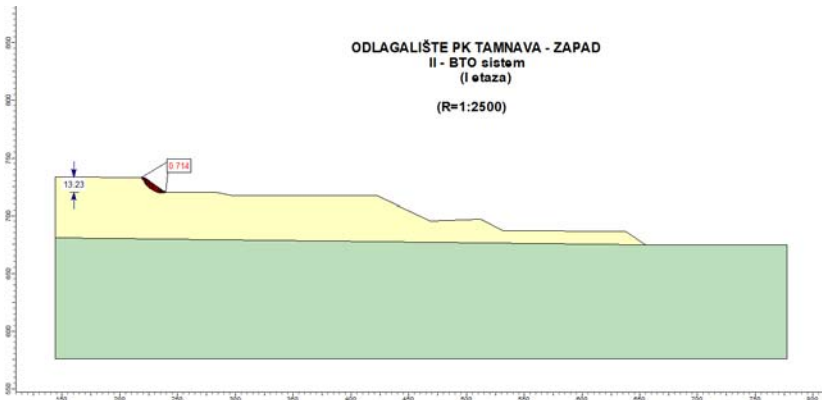
Tabela 1. Vrednosti faktora sigurnosti (Fs) za različite visine i uglove nagiba etaža na odlagalištu

$\alpha$ ( $^\circ$ )	H (m)						
	10	12	14	16	18	20	22
18	1,5	1,39	1,33	1,28	1,25	1,22	1,19
20	1,38	1,27	1,21	1,16	1,13	1,10	1,08
22	1,27	1,18	1,12	1,07	1,03	1,00	0,98
24	1,19	1,09	1,03	0,98	0,94	0,91	0,89
26	1,11	1,02	0,96	0,91	0,87	0,84	0,82
28	1,04	0,95	0,89	0,85	0,81	0,78	0,76
30	0,98	0,89	0,84	0,79	0,75	0,72	0,70



Slika 2. Vrednosti faktora sigurnosti etaža (Fs) iz Tabele 1

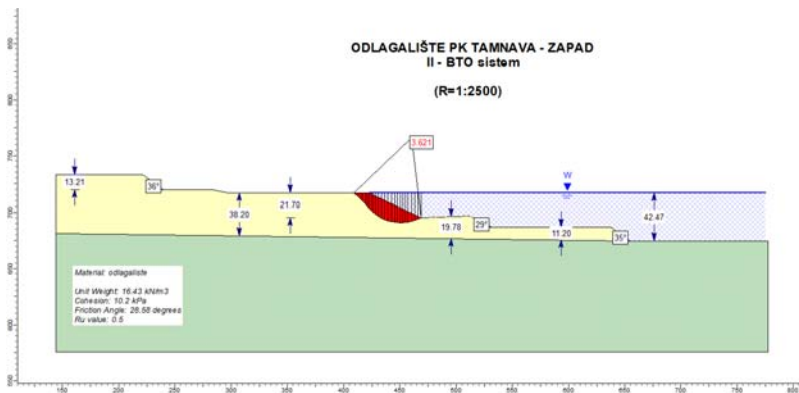
Faktor sigurnosti ( $F_s$ ) prve etaže (nije potopljena, zona odlagača O-1), iznosi  $F_s = 0,71$  (Slika 3).



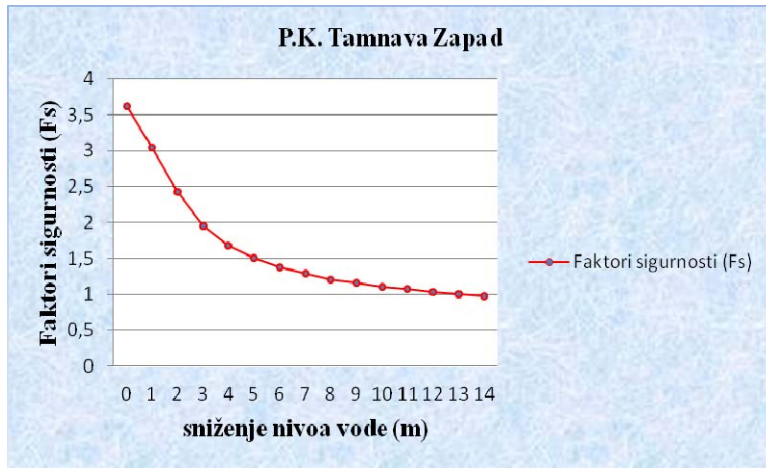
Slika 3. Faktor sigurnosti ( $F_s = 0,71$ ) visinske etaže II-BTO sistema

Za dubinsku etažu II-BTO sistema, faktor sigurnosti iznosi ( $F_s = 3,62$ ), uz napomenu da je proračun rađen za trenutni nivo vode u kopu (Slika 4).

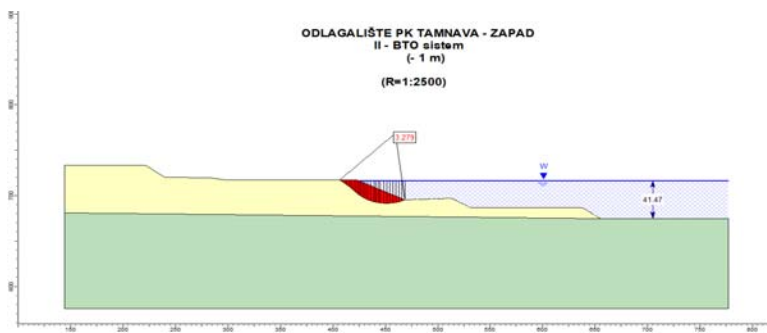
Ostali proračuni za dubinsku etažu rađeni su za situacije kada se nivo vode usled ispumpavanja snižava za po 1 m. Rezultati tih proračuna prikazani su na Slici 5.



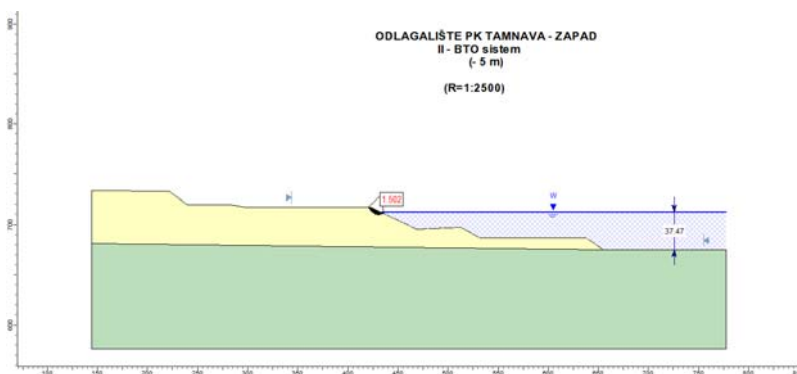
Slika 4. Faktor sigurnosti ( $F_s = 3,62$ ) dubinske etaže II-BTO sistema (trenutni nivo vode)



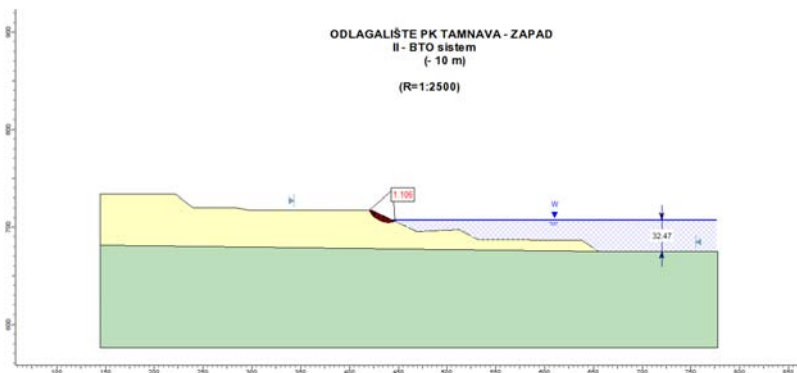
Slika 5. Vrednosti faktora sigurnosti etaže (Fs) u funkciji smanjenja nivoa vode u kopu



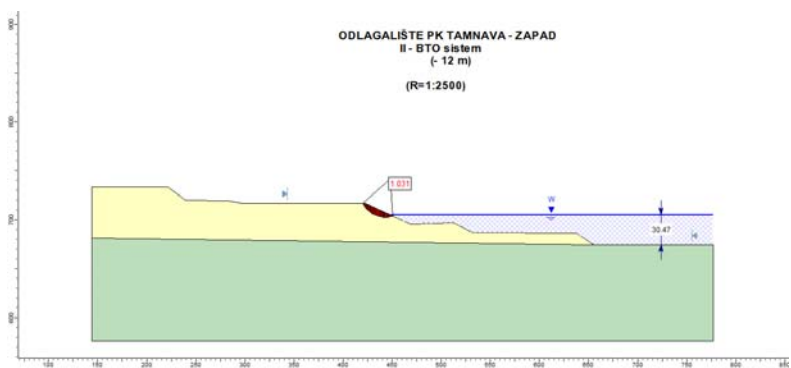
Slika 6. Faktor sigurnosti ( $F_s = 3,28$ ) pri smanjenju nivoa vode za 1 m



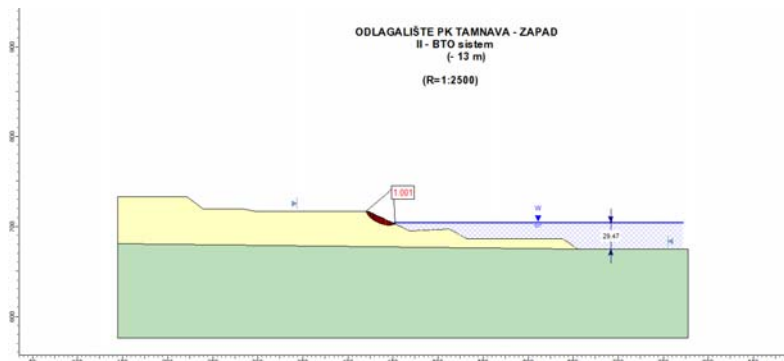
Slika 7. Faktor sigurnosti ( $F_s = 1,50$ ) pri smanjenju nivoa vode za 5 m



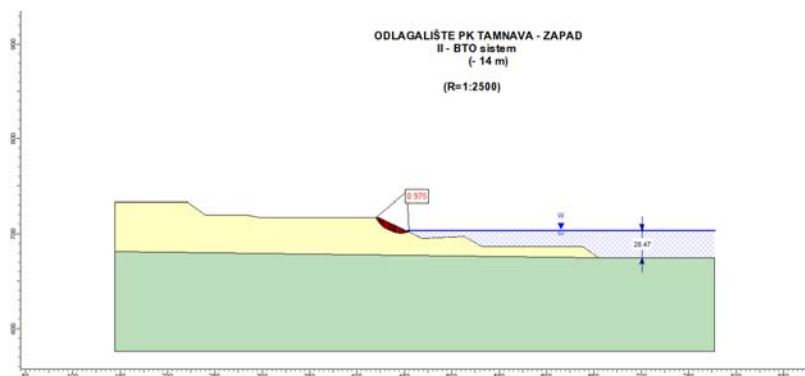
Slika 8. Faktor sigurnosti ( $F_s = 1,10$ ) pri smanjenju nivoa vode za 10 m



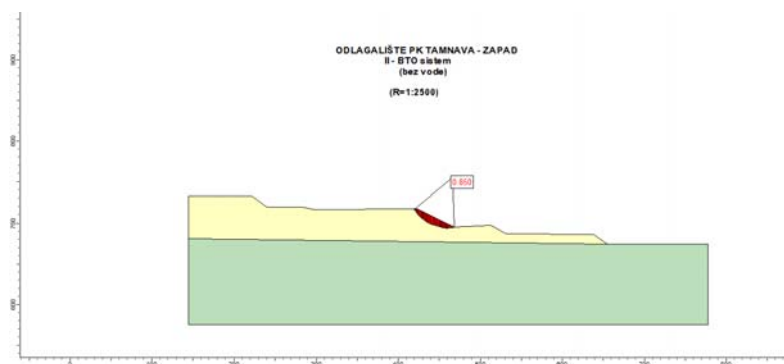
Slika 9. Faktor sigurnosti ( $F_s = 1,03$ ) pri smanjenju nivoa vode za 12 m



Slika 10. Faktor sigurnosti ( $F_s = 1,00$ ) pri smanjenju nivoa vode za 13 m



Slika 11. Faktor sigurnosti ( $F_s = 0,98$ ) pri smanjenju nivoa vode za 14 m

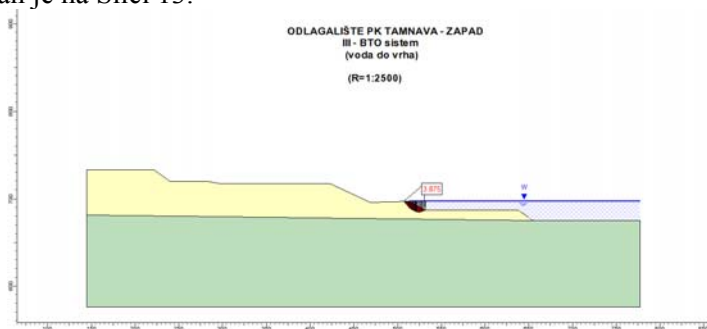


Slika 12. Faktor sigurnosti ( $F_s = 0,85$ ) kada dubinska etaža II-BTO sistema nije u vodi

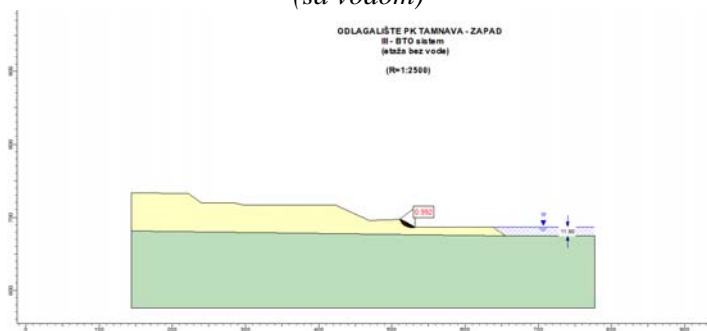


Iz prethodnih tabela i dijagrama može se zaključiti da voda u kopu trenutno ima pozitivan efekat na stabilnost kosina. Sa smanjenjem njenog nivoa i stabilnost kosina opada tako da pri smanjenju nivoa vode za (-14 m), dolazi do nestabilnosti kosine (Slika 11).

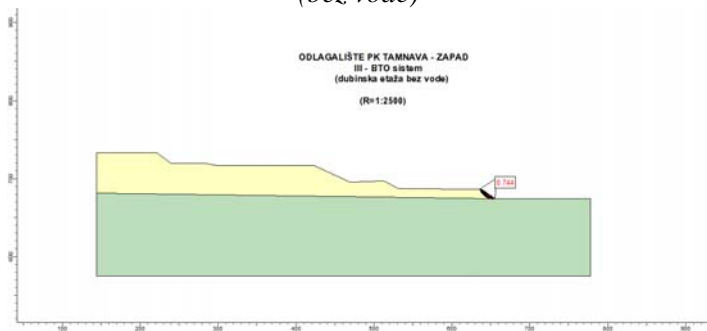
Dobijeni faktor sigurnosti ( $F_s$ ) za visinsku etažu III-BTO sistema prikazan je na Slici 13.



Slika 13. Faktor sigurnosti ( $F_s = 3,88$ ) za visinsku etažu III-BTO sistema (sa vodom)



Slika 14. Faktor sigurnosti ( $F_s = 0,99$ ) za visinsku etažu III-BTO sistema (bez vode)

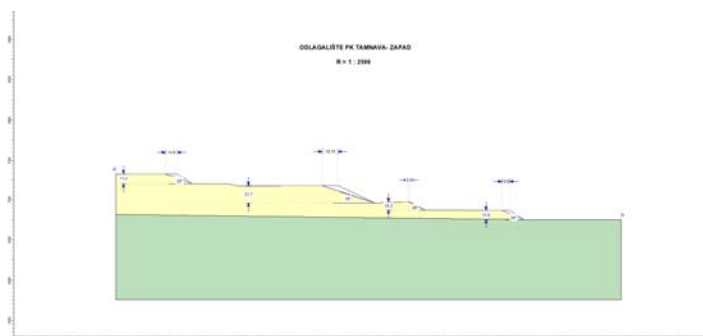


Slika 15. Faktor sigurnosti ( $F_s = 0,74$ ) za dubinsku etažu III-BTO sistema (bez vode)

### 3. ZAKLJUČAK

Kao zaključak se može izneti činjenica da će voda do nekog nivoa ispumpavanja (-14 m) imati pozitivan efekat na stabilnost kosina, nakon čega će se njen uticaj smanjiti a etaža postati nestabilna. Ova analiza je rađena za jedan profil (PJ), a za detaljnija razmatranja treba uzeti i druge profile površinskog kopa Tamnava-Zapadno Polje, kako bi se celokupna zona kopa definisala. Pre toga je neophodna verifikacija fizičko-mehaničkih svojstava odložene mase i određivanje nivoa podzemne vode što će se postići doistraživanjem, izradom istražnih i geomehaničkih bušotina. Uporedo sa tim, radi praćenja pomeranja etaža, potrebno je postaviti mrežu repera čije će se stanje pratiti svakodnevno, a postavljanjem inklinometara registrovati položaj kliznih ravni.

Na Slici 16 prikazani su korigovani uglovi nagiba parcijalnih kosina koji za date parametre odlagališta imaju zadovoljavajuće faktore sigurnosti ( $F_s$ ). Sa korekcijom nagiba kosina treba krenuti odmah kako bi se iskoristilo prisustvo vode koja u ovom stadijumu "drži" etaže.



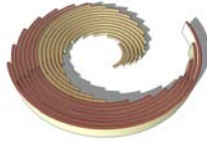
Slika 16. Korigovani uglovi nagiba parcijalnih kosina

Ova analiza ima za cilj da predoči očekivana pomeranja i zarušavanja etaža usled ispumpavanja vode iz kopa, kao i da potvrdi činjenicu da svaku improvizaciju tokom tih radova treba izbeći i isključivo raditi po načelima struke i nauke.

#### Literatura

1. Tehnička dokumentacija površinskog kopa Tamnava-Zapadno Polje





---

**PRIMENA PROGNOZNIH VARIJANTNIH HIDRODINAMIČKIH  
PRORAČUNA U KONCIPIRANJU SISTEMA ODBRANE  
KOPOVA OD PODZEMNIH VODA NA PRIMERU  
POVRŠINSKOG KOPA POLJE C**

**IMPLEMENTATION OF ALTERNATIVE FORECASTING  
HYDRODYNAMIC CALCULATIONS DURING DESIGNING OF  
MINES DEFENSE SYSTEM AGAINST GROUNDWATER ON  
OPENCAST MINE FIELD C EXAMPLE**

Polomčić D.<sup>1</sup>, Bajić D.<sup>2</sup>, Ilić Z.<sup>3</sup>

**Apstrakt**

Sprovedenim prognoznim varijantnim proračunima omogućeno je sagledavanje karakteristika drenažnog sistema na površinskom koku Polje C, odnosno određivanje međusobnog rasporeda, pojedinačnih kapaciteta i dinamika uključenja i isključenja drenažnih bunara koji kaptiraju međuslojnu jalovinu. Bunari su generalno postavljeni linijski upravno na smer napredovanja Kopa duž ukupno šest bunarskih linija (posmatrano do kraja eksploatacije uglja na koku), i dva bunara koja se već nalaze u radu. Bunari su locirani u lokalnim depresijama, duž ose sinkilinalne, kako bi u što dužem vremenskom periodu mogli da zahvataju podzemne vode. Međusobno rastojanje bunara je 100 - 200 m u okviru jedne linije bunara, a razmak između linija se kreće od 125-250 m.

---

<sup>1</sup> Prof. Dr Dušan Polomčić, dipl.ing., Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu

<sup>2</sup> Bajić Dragoljub, dipl.ing., Rudarsko-geološki fakulteti Univerziteta u Beogradu

<sup>3</sup> Zoran Ilić, dipl.ing., Elektroprivreda Srbije, PD RB Kolubara, Lazarevac

Drenažni sistem u okviru međuslojne izdani sastoji se od ukupno 23 savršena (potpuna) bunara, uključujući i bunare Bc-4/05 i Eb-1/07 koji su danas u funkciji. U sledećoj fazi neophodno je kroz proces tehnokonomске ocene odabrati optimalnu od četiri varijante zaštite kopa od podzemnih voda.

**Ključne reči:** odvodnjavanje, hidrodinamički proračun, drenažni bunari, drenažni sistem, površinski kop

## **Abstract**

By the implemented alternative forecasting calculations was provided review of the drainage system characteristics at the opencast mine Field C, i.e. by the determination of the mutual arrangement, individual capacities and dynamics of inclusion and exclusion of dewatering wells for interburden drainage. Wells are generally located in-line perpendicular to the direction of mine advancement along six wells in line (observed by the end of coal mining at the mine), and two wells that are already in operation. Wells are located in local depressions along the syncline axis, in order to catch groundwater in as much as longer periods of time. Distance between wells is 100-200 m within one line of wells, and distance between lines ranges from 125-250 m. Drainage system within the interburden aquifer consists of a total of 23 perfect (complete) wells, including wells Bc-4/05 and Eb-1/07 that are in use today. In the next phase it is necessary via the process of techno-economic evaluation to select the optimal between four variants for protection of mine against groundwater..

**Keywords:** dewatering, hydrodynamic analysis, dewatering wells, drainage system, opencast mine

## **1. UVOD**

Sprovedena kompleksna hidrodinamička analiza režima podzemnih voda u postojećim i prognoznim uslovima na površinskog kopa Polje C predstavljali su veoma bitnu podlogu za konačno koncipiranje rešenja u okviru Idejnog programa sa studijom opravdanosti otvaranja i izgradnje površinskog kopa Polje C (Kolubara-projekt, 2008.) i Glavnog rudarskog projekta proširenja površinskog kopa Polje C (Kolubara-projekt, 2009.).

Na osnovu analize uticaja prirodnih faktora u zoni površinskog

kopa Polje C, stečenih iskustava i proverenih tehničkih rešenja u zaštiti ostalih površinskih kopova u Kolubarskom ugljonosnom basenu od podzemnih voda, tehnologije otvaranja i eksploatacije i pravca i dinamike razvoja rudarskih radova, definisano je tehničko rešenje zaštite kopa Polje C od podzemnih voda koje se zasniva na primeni drenažnih bunara (Polomčić 2008., Polomčić, Bajić, Buhač 2011.). Prednosti primene bunara u sistemu zaštite površinskog kopa od podzemnih voda se ogledaju pre svega u: manjim investicionim ulaganjima, jednostavnoj i brznoj izradi, elastičnosti celog sistema i mogućnosti dogradnje i prilagođavanja novonastaloj situaciji. U cilju uspešne zaštite kopa od priliva podzemnih voda iz aluvijalnih naslaga reke Peštan izvešće se izmeštanje rečnog korita Peštana na novu trasu, južno od površinskog kopa. Novo korito reke Peštan biće vodonepropusno, čime će se sprečiti infiltracija rečnih voda u radnu sredinu kopa. Akumulirane vode u okviru aluvijalne izdani dreniraće se isticanjem na kosinama radnih etaža. U sklopu projektnih rešenja zaštite kopa Polje C od podzemnih voda analizirana je zaštita površinskog kopa od priliva podzemnih voda iz međuslojne izdani formirane u miocenskim vodonosnim peskovima. Uslov za nesmetani proces otkopavanja, transporta i odlaganja jalovinskih masa i postizanje projektovanih kapaciteta na otkopavanju jalovine i uglja, na koku Polje C je odvodnjena radna sredina. U slučaju postojanja viših nivoa podzemnih voda na radnim kosinama kopa doći će do isticanja podzemnih voda, sa svim pratećim manifestacijama kao što su odroni, sufozija i dr., i narušavanja stabilnosti i geometrije radnih etaža kopa. Kako bi se obezbedili adekvatni uslovi rada i sprečile pojave filtracione deformacije (mehanička sufozija, pojave tečenja i dr.) radnih i završnih kosina površinskog kopa, projektovani sistem odvodnjavanja mora biti pouzdan i efikasan, i njegovim radom visina isticanja podzemnih voda na kosinama radnih etaža ne sme biti veća od 1 m (Pavlović, Šubaranović, Polomčić 2012.).

## **2. IZRADA HIDRODINAMIČKOG MODELA KOPA POLJE C**

Hidrodinamički model površinskog kopa Polje C je koncipiran i izražen kao višeslojeviti model, sa ukupno šest slojeva, posmatrano u vertikalnom profilu. Svaki od ovih slojeva odgovara određenom realnom sloju, šematizovanom i izdvojenom na osnovu poznavanja terena i rezultata sprovedenih analiza terenskih istražnih radova. Posmatrano od površine terena, korespondentni slojevi modela i terena su:

1. *Prvi izolatorski sloj* - heterogeni materijali odlagališta u centralnom delu terena i glinoviti povlatni sedimenti na površini preostalog dela terena.
2. *Drugi izolatorski sloj* - kvartarni glinoviti sedimenti.
3. *Treći vodonosni sloj* - kvartarni peskovi i šljunkovi povlatne izdani koji na severu terena prelaze u peskovite sedimente međuslojne izdani.
4. *Četvrti kombinovani izolatorsko-vodonosni sloj* - gornji ugljeni sloj u središnjem delu terena koji na jugu i severu prelazi u međuslojne peskove.
5. *Peti vodonosni sloj* - miocenski međuslojni peskovi.
6. *Šesti izolatorski sloj* - donji ugljeni sloj.

Osnovne dimenzije matrice, kojom je obuhvaćen izučavani teren su 3300 m\*2800 m, odnosno 9.25 km<sup>2</sup>. Diskretizacija strujnog polja u planu je izvedena sa osnovnom veličinom ćelija 25 m\*25 m, homogeno za celo područje obuhvaćeno modelom.

Realna geometrija šematizovanih slojeva je na modelu predstavljena (simulirana) u skladu sa njihovim realnim rasprostranjenjem, kako u planu, tako i u profilu. *Geometrizacija* kontura slojeva, njihovo prenošenje u koordinatni sistem modela, izvršena je na osnovu podataka istražnih bušotina raspoređenih na širem području površinskog kopa Polje C, kako je prikazano u Tabeli 1.

Tabela 1. Prikaz broja bušotina kojima su određeni litološki članovi na Polju C

Podina Istočne kipe	35
Kvartarne gline	328
Peskovi i šljunkovi krovinske izdani	162
Gornji ugljeni sloj	101
Međuslojni peskovi	305
Donji (glavni) ugljeni sloj	320

Koeficijenti filtracije i specifična izdašnost izdani porozne sredine zadavani su kao reprezentativne vrednosti u svakoj ćeliji diskretizacije. Inicijalne vrednosti koeficijenata filtracije u okviru povlatne izdani usvojeni su na osnovu rezultata dobijenih izradom hidrodinamičkog modela Polja E (Kolubara-projekt, 2008. i 2009.) (Tabela 2).

U hidrodinamičkom modelu površinskog kopa Polja C, primenjeni su sledeći granični uslovi: granični uslov *reka*, granični uslov *zadatog proticaja*, efektivna infiltracija, i granica opšteg pijezometarskog nivoa.

Tabela 2. Inicijalne vrednosti filtracionih karakteristika

Kvartarne gline	$K = 4 \cdot 10^{-7}$ m/s, $\mu = 0.0003$
Kvartarni peskovi i šljunkovi	$K = 3 \cdot 10^{-5}$ m/s, $\mu = 0.001$
Gornji ugljeni sloj	$K_{x,y} = 1 \cdot 10^{-8}$ m/s, $K_z = 1 \cdot 10^{-7}$ m/s, $\mu = 0.01$
Miocenski peskovi međuslojne zdani	$K = 1 \cdot 10^{-5}$ m/s, $\mu = 0.003$
Glavni (donji) ugljeni sloj	$K_{x,y} = 1 \cdot 10^{-8}$ m/s, $K_z = 1 \cdot 10^{-7}$ m/s, $\mu = 0.01$ .

Granični uslov *reka* - U površinskim slojevima, u okviru Polja C, određenu ulogu u definisanju režima podzemnih voda imaju površinski tokovi, od kojih je jedini stalan tok reka Peštan. Hidraulička uloga reke Peštan na modelu je simulirana sa graničnim uslovom *reka* koji je zadat u prvom sloju modela.

Eksploatacioni bunari (čelije sa zadatim proticajem) - Na prostoru kopa Polje C radio je jedan bunar - Bc-4/05 (2007. i 2008. godine), sa kapacitetom od 10 l/s. Na modelu je kao ulazni podatak zadavana ova vrednost kapaciteta kao konstantna za ceo period kalibracije modela.

Efektivnu infiltraciju - čini suma infiltracije od padavina, isparavanja sa nivoa podzemnih voda i evapotranspiracija (Polomčić i dr. 2013.). U proračunima su inicijalno zadavane vrednosti efektivne infiltracije koja je procenjena na 10% srednjih mesečnih padavina koje su registrovane na kišomernoj stanici Stepojevac za period 1946.-2006. godina. U toku procesa etaloniranja ove vrednosti su menjane. Ovaj granični uslov na modelu je zadavan samo u prvom modelskom sloju.

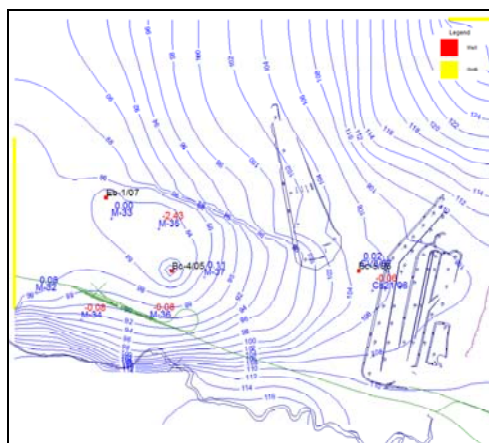
Granica opšteg pijezometarskog nivoa - Smer kretanja podzemnih voda u okviru međuslojne izdani je iz pravca istoka prema zapadu sa kote 125.4 m u severoistočnom delu na kotu 97.45 m u zapadnom delu (Kolubara-projekt, 2008.). Ovakav smer kretanja podzemnih voda sa navedenim vrednostima pijezometarskog nivoa simuliran je preko granice opšteg pijezometarskog. Ovaj tip graničnog uslova zadan je samo u petom modelskom sloju, na krajnjem severoistočnom i na zapadnom delu terena (Slika 1).

### 3. ETALONIRANJE I VERIFIKACIJA HIDRODINAMIČKOG MODELA POVRŠINSKOG KOPA POLJE C

Etaloniranje modela je sprovedeno u nestacionarnim uslovima strujanja, sa vremenskim korakom od jednog meseca za analizirani vremenski period (01.04.2007.- 01.06.2008.). Osnovni proračunski korak bio je mesec dana, koji je na višem nivou iteracija podeljen na 10 delova, nejednakog trajanja (faktor 1.2). Model je etaloniran na osnovu relativno malog broja osmatračkih objekata, raspoređenih samo u centralnom delu istražnog područja.



Proces verifikacije modela, koji se nastavlja posle završenog etaloniranja modela zahteva postojanje novih podataka osmatranja režima podzemnih voda, i treba da pokaže (dokaže) kvalitet izrade modela za neke nove vrednosti graničnih uslova i registrovanih nivoa podzemnih voda. Tokom, 2009. godine izvršena su određena osmatranja na novoizgrađenim pijeziometrima, koji se nalaze bliže Polju E (Slika 1), i na dva pijeziometra koja su osmatrana tokom 2007. i 2008. godine (Kolubara-projekt 2009.). Pored ovih objekata na istražnom području se nalazi nov bunar Eb-1/07 u radu sa kapacitetom od 10 l/s. Takođe, merenjima sprovedenim 2009. godine registrovani su kapaciteti preostalih bunara u funkciji: Bc-4/05 (13 l/s) i Bc-5/06 (0.8 l/s). Prikupljeni podaci, pre svega vezani za zapadno područje obuhvaćeno modelom, poslužili su za dodatno preciziranje hidrodinamičkih uslova na istražnom području, kroz proces verifikacije modela. Na Slici 1 dat je prikaz rasporeda pijeziometarskog nivoa u međuslojnoj izdani zajedno sa graničnim uslovim u petom modelskom sloju, na kraju perioda za koji je izvršena verifikacija modela.



*Slika 1. Karta hidroizohipsi u međuslojnoj izdani (17.06.2009.) sa položajem osmatračkih objekata, vrednostima reziduala i graničnim uslovima*

Sa prikazane karte hidroizohipsi u međuslojnoj izdani (Slika 1) uočava se generalno veoma dobro slaganje proračunatih vrednosti nivoa podzemnih voda i registrovanih na pijeziometrima. Razlike između ovih vrednosti (reziduali) se kreću od 0.00 - 0.11 m. Izuzetak je pijeziometar M-35 na kome je registrovana razlika od 2.43 m. Za ovu anomaliju nema racionalnog objašnjenja, obzirom da registrovani nivoi na pijeziometrima

blizu bunara Bc-4/05 i Eb-1/07 pokazuju veoma dobro slaganje sa proračunatima nivoima.

#### **4. PROGNOZNI VARIJANTNI PRORAČUNI ODVODNJAVANJA POVRŠINSKOG KOPA POLJE C**

Osnovna namena modela strujanja podzemnih voda je da se na njemu simuliraju pretpostavljena, željena stanja režima podzemnih voda. Prognoza režima podzemnih voda u novim, pretpostavljenim i planiranim uslovima je svrha modela (Polomčić, Pavlović, Šubaranović 2012., Šubaranović i dr. 2013.). Konceptija odvodnjavanja kopa Polje C zasniva se na radu drenažnih bunara, čiji su broj, raspored i pojedinačni kapaciteti bili predmet prognoznih proračuna.

U prognoznim proračunima proticaji bunara na kopu su zadavani, imajući u vidu nekoliko kriterijuma i ograničenja (Polomčić, Pavlović, Šubaranović 2012.):

- Na osnovu iskustva je poznato da vek trajanja bunara, koji se nalaze na pravcu fronta napredovanja Kopa, zavisi od dinamike napredovanja iskopavanja otkrivke. Tokom vremena, kako napreduju etaže otkrivki, bunar se postepeno skraćuje, a njegova izdašnost smanjuje, do konačnog isključenja, odnosno uništenja bunara;
- Početni kapaciteti bunara ne smeju da budu preveliki, jer se ne postiže željeni efekat odvodnjavanja i pored naglog sniženja nivoa u bunaru, u njegovoj okolini se ne formira odgovarajuća depresija, kao posledica filtracionih i karakteristika porozne sredine međuslojnih peskovitih sedimenata;
- Paralelno sa postepenim ocedivanjem i opadanjem nivoa podzemnih voda duž bunarskih linija, proticaji bunara se smanjuju na odgovarajući način, kako bi se ostvario balans između proticaja bunara i sniženja nivoa, kako u njemu i njegovoj neposrednoj okolini, tako i u široj zoni svake od bunarskih linija.

Lokacije drenažnih bunara određene su na osnovu:

- projektnog rešenja razvoja rudarskih radova i položaja frontova rudarskih radova po godinama razvoja (do 2018. godine),
- geometrije hidrogeoloških kolektora i hidrogeoloških izolatora, filtracionih i karakteristika vodonosnih slojeva, dubine do nivoa podzemnih voda, visine zavodnjenosti međuslojne izdani i dr.,
- zona prihranjivanja međuslojne izdani, i
- hidrodinamičke analize sa prognozom efekata sniženja nivoa podzemnih voda pod uticajem superpozicije strujanja novoprojektovanih baraža bunara.

Pri određivanju lokacija bunara vodilo se računa da su debljine izdanske zone u međuslojnim peskovima na izabranom mestu što je moguće veće. Takođe, vodilo se računa i da je po mogućstvu poznat litološki stub na mikrolokaciji drenažnog bunara, na osnovu podaci dobijenih ranijim istražnim geološkim bušenjem.

Hidrodinamički prognozni proračuni su realizovani u nestacionarnom režimu strujanja, uzimajući kao osnovni proračunski vremenski interval mesec dana koji je na nižem nivou iteracija podeljen da 10 delova, nejednakog trajanja (faktor 1,2). Tokom ovih proračuna zadati su svi dominantni parametri režima podzemnih voda na području kopa, dobijeni na osnovu verifikacije modela.

U prognoznim proračunima, unutrašnja kontura iskopa povlatnih jalovinskih naslaga kopa predstavljaće, s hidrodinamičkog gledišta, najznačajniju konturu površinskog kopa Polje C. Dugotrajnim višegodišnjim radom na eksploataciji uglja formiraće se regionalna depresija u nivoima podzemnih voda, čije najniže kote odgovaraju upravo najnižim kotama konture iskopa. Ove zone će imati ulogu erozionog bazisa, prema kome gravitiraju sve podzemne vode područja. Očeđivanje podzemnih voda se odvija kroz kosine iskopa, pri čemu se one prikupljaju drenažnim sistemom (preko sabirnika) i odvođe izvan Kopa. Na modelu je unutrašnja kontura iskopa zadata kao drenažna linija sa kotom od 1 m iznad povlate uglja. Doticaj u ovu konturu u zavisnosti je od filtracionih karakteristika same drenaže, njenih dimenzija, i razlike pijezometarskog nivoa izdani i zadatog nivoa u samoj drenaži. Prednost ovako zadatog graničnog uslova ogleda se u tome što se u slučaju realno nižeg nivoa podzemnih voda od zadatog uslova, ovaj granični uslov automatski isključuje.

U skladu sa usvojenom dinamikom razvoja površinskog kopa Polje C, definisane su konture fronta napredovanja rudarskih radova u celini, u karakterističnim vremenskim preseccima, na kraju kalendarskih godina 2008., 2009., 2010., 2011., 2012. i 2017. godine (Kolubara-projekt, 2008.).

### ***Varijante prognoznih proračuna zaštite kopa od podzemnih voda***

Ukupno je definisano četiri varijante proračuna koje se međusobno razlikuju po lokacijama drenažnih bunara i njihovom vremenu aktiviranja. Početni kapaciteti bunara su u svakoj varijanti identični. Svi proračuni po varijantama nadovezuju se na period za koji je osnovni hidrodinamički model kopa Polje C verifikovan, i nastavljaju se zaključno do 31.12.2018. godine. U tabeli 3 prikazano je vreme

uključenja drenažnih bunara po varijantama proračuna.

Tabela 3. Vreme uključenja bunara po varijantama odbrane kopa Polje C od podzemnih voda

Oznaka bunara	Drenažna linija	Početni kapacitet (l/s)	Vreme aktiviranja bunara			
			Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3	Varijanta 4
Bc-4/05		8	2008			
BPC-1	1	5	2009	2009	2009	2009
BPC-2		6				
BPC-3		6				
BPC-4		10				
BPC-5		8				
BPC-6	2	6	2010	2011	2010	2011
BPC-7		8				
BPC-8		10				
BPC-9	3	7	2012	2013	2012	2013
BPC-10		10				
BPC-11		8				
BPC-12	4	10	2015			
BPC-13		8	2016			
BPC-14		8				

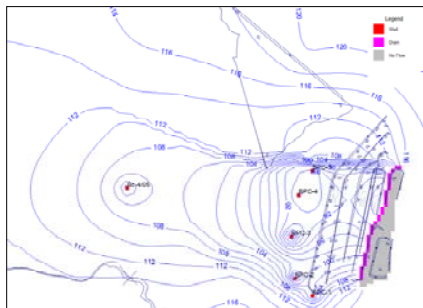
Obzirom da otkopavanje jalovine sa kopa započinje već u 2008. godini. Predodvodnjavanje kopa ne može adekvatno da prati dinamiku rudarskih radova u početnim godinama za koje je sprovedena prognoza. Ovo je uslovalo razmatranje varijanti odvodnjavanja u kojima se bunari nalaze prosečno na 200 metara od fronta radova početkom 2009. (Varijanta 1), odnosno prosečno 50 metara od fronta radova (Varijanta 2). Druga linija bunara (bunari BPC-6 do BPC-8) je za prosečno 125 metara bliža frontu napredovanja rudarskih radova po Varijantama 3 i 4 u odnosu na Varijante 1 i 2. Preostali drenažni bunari koji se uključuju od 2012., odnosno 2013. nalaze se na identičnim lokacijama u svim varijantama proračuna. U odnosu na Varijante 1 i 3, Varijante 2 i 4 razlikuju se po vremenu uključenja bunara. Za ove varijante razlike između početka uključenja u rad određenih bunara javljaju se u periodu 2010.-2013.

godina.

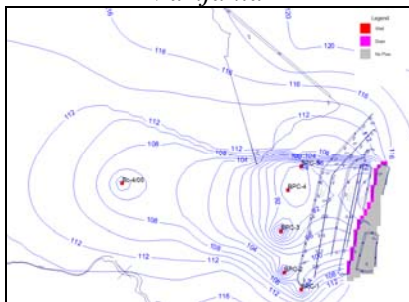
Osnovni kriterijum za dimenzionisanje potrebnog spuštavanja nivoa podzemnih voda u međuslojnoj izdani je radna kota etaže na kraju svake godine napredovanja kopa Polje C. Tokom proračuna išlo se na nešto veće obaranje nivoa podzemnih voda kako bi dobijeni rezultati imali veći stepen sigurnosti, obzirom na skroman fond podloga koje su poslužile izradi hidrodinamičkog modela i prognozi stanja graničnih uslova tokom izvođenja prognoznih proračuna.

## 5. PRIKAZ REZULTATA PROGNOZNIH VARIJANTNIH PRORAČUNA ZAŠTITE PKOPA POLJE C OD PODZEMNIH VODA

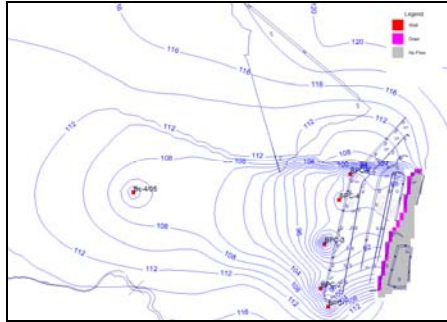
Rezultati proračuna prognoze odvodnjavanja PK Polje C interpretirani i prikazani za međuslojnu izdan preko karata hidroizohipsi za četiri karakteristična vremenska preseka, i to: kraj 2009. godine, kraj 2011. godine, kraj 2013. godine, i kraj 2018. godine (Slike 2-14).



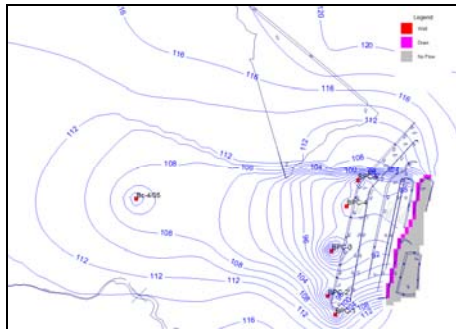
Slika 2. Prikaz hidroizohipsi u međuslojnoj izdani na kraju 2009. godine - Varijanta 1



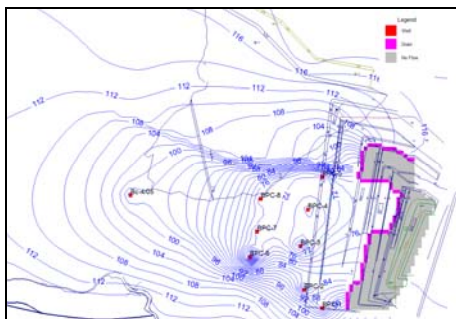
Slika 3. Prikaz hidroizohipsi u međuslojnoj izdani na kraju 2009. godine - Varijanta 2



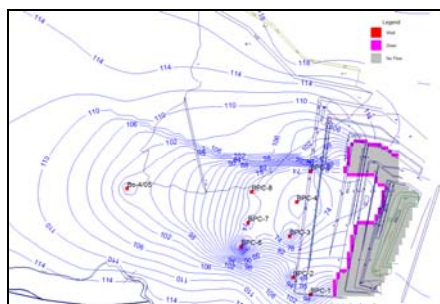
*Slika 4.: Prikaz hidroizohipsi u međuslojnoj izdani na kraju 2009. godine - Varijanta 3*



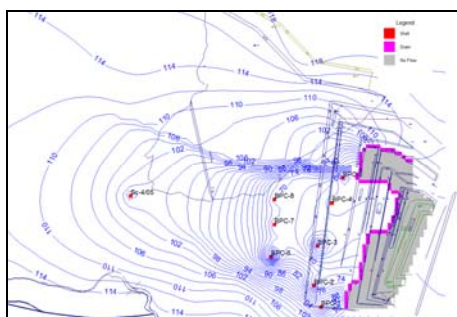
*Slika 5.: Prikaz hidroizohipsi u međuslojnoj izdani na kraju 2009. godine - Varijanta 4*



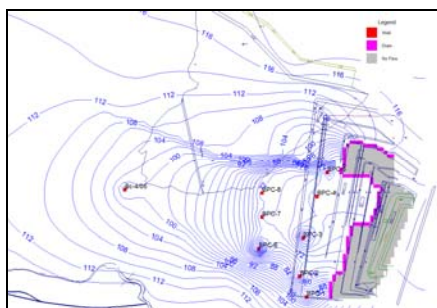
*Slika 6. Prikaz hidroizohipsi u međuslojnoj izdani na kraju 2011. godine - Varijanta 1*



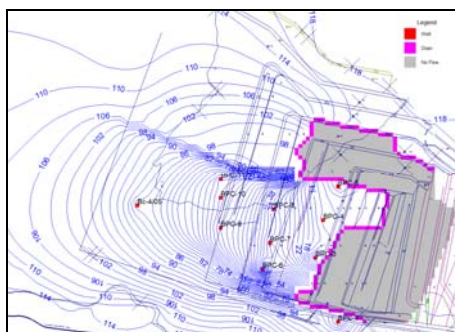
*Slika 7. Prikaz hidroizohipsi u međuslojnoj izdani na kraju 2011. godine - Varijanta 2*



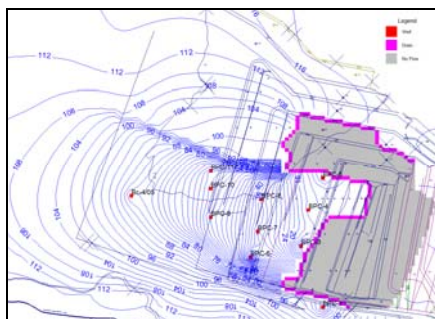
*Slika 8. Prikaz hidroizohipsi u međuslojnoj izdani na kraju 2011. godine - Varijanta 3*



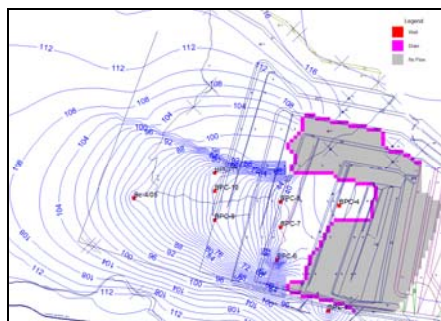
*Slika 9. Prikaz hidroizohipsi u međuslojnoj izdani na kraju 2011. godine - Varijanta 4*



*Slika 10. Prikaz hidroizohipsi u međuslojnoj izdani na kraju 2013. godine - Varijanta 1*

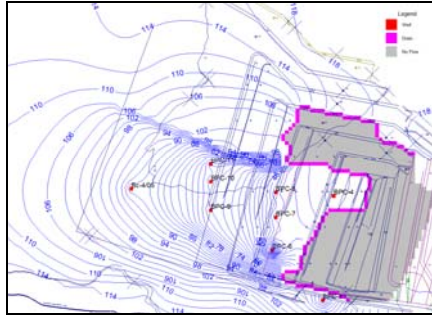


*Slika 11. Prikaz hidroizohipsi u međuslojnoj izdani na kraju 2013. godine - Varijanta 2*

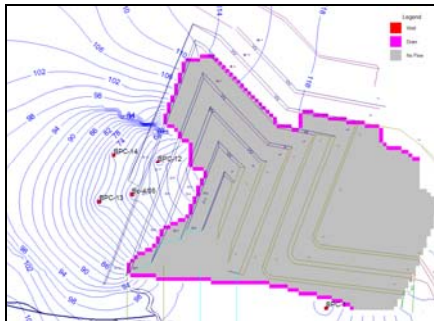


*Slika 12. Prikaz hidroizohipsi u međuslojnoj izdani na kraju 2013. godine - Varijanta 3*





*Slika 13. Prikaz hidroizohipsi u međuslojnoj izdani na kraju 2013. godine - Varijanta 4*



*Slika 14. Prikaz hidroizohipsi u međuslojnoj izdani na kraju 2018. godine - Varijante 1-4*

Na osnovu prikazanih rezultata varijantnih prognoznih hidrodinamičkih proračuna efekata rada sistema zaštite kopa od podzemnih voda (Slike 2 - 14) može se zaključiti sledeće:

- Kraj 2009. godine - u Varijantama 3 i 4 ostvarena su očekivano veća sniženja nivoa podzemnih voda ispred fronta napredovanja rudarskih radova u odnosu na varijante 1 i 2. Ova razlika generalno iznosi oko 2 - 3 m.
- Kraj 2010. godine - najintenzivnija obaranja nivoa su u Varijantama 1 i 3 u kojima se uključuje drenažna linija 2 sa bunarima BPC-6 do BPC-8, s tim što je u Varijanti 3 najveće obaranje nivoa podzemnih voda. U središnjem delu konture napredovanja rudarskih kopova, po ovoj varijanti obaranja nivoa podzemnih voda veća su za 4-6 m u odnosu na varijantu 1, za oko 12 m od Varijante 2, i za oko 8 m od Varijante 4.

- Kraj 2011. godine - u Varijantama 2 i 4 uključuju se u rad bunari drenažne linije 2 (bunari BPC-6 - BPC-8). U užoj zoni ispred fronta napredovanja kopa obaranje nivoa podzemnih voda je veće za oko 2 - 4 m u odnosu na varijante 1 i 3.
- Kraj 2012. godine - napredovanjem rudarskih radova došlo je do isključenja bunara BPC-5 iz rada u Varijantama 3 i 4. Ovo je rezultiralo nešto više nivoa podzemnih voda u odnosu na Varijante 1 i 2. Najniži nivoi podzemnih voda su ostvareni u Varijanti 1, i niži su za 10 - 12 m u odnosu na varijantu 2, 6 m od Varijante 3 i 10-12 m od ostvarenih efekata po Varijanti 4.
- Kraj 2013. godine - u Varijantama 3 i 4 usled blizine drenažnih linija frontu napredovanja rudarskih radova, dolazi do ispadanja iz rada bunara BPC-2 i BPC-3, dok je u Varijantama 1 i 2 van funkcije samo bunar BPC-2. Najveće obaranje nivoa podzemnih voda je ostvareno radom drenažnog sistema po Varijanti 1 i obaranja nivoa je veće za 2 m u odnosu na Varijantu 2, 10-16 m od Varijante 3 i 12-18 m u odnosu na Varijantu 4.
- Kraj 2018. godine - kompletne drenažne linije 1, 2 i 3 su van funkcije, tokom 2015. i 2016. godine puštaju se u rad bunari BPC-12, BPC-13 i BPC-14. Rezultati svih varijantnih rešenja za ovaj vremenski presek su gotovo identični (Slika 14), što se i moglo očekivati u odnosu na identično uključanje novih bunara u rad u svim varijantama i *nagli* skok napredovanja rudarskih radova (nova pozicija nakon 5 godina) koji je rezultirao znatno smanjenje strujnog polja i identičan broj bunara koji su ispali iz funkcije u istom vremenskom preseku.

Promena sumarnih kapaciteta drenažnih bunara u varijantama zaštite kopa od podzemnih voda je prikazana u Tabeli 3.

Tabela 3. Promena sumarnih kapaciteta bunara u varijantama zaštite kopa

	2009	2010	2011	2012	2013	2018
Var. 1	43.0	66.5	62.5	79.5	66.0	34.0
Var. 2	43.0	42.5	65.0	62.5	69.5	35.0
Var. 3	43.0	66.5	60.5	71.0	56.5	34.0
Var. 4	43.0	42.5	63.5	51.0	59.0	34.5

Iz prikazane tabele, uočljiva je relativno mala promena ukupnih količina vode koje se zahvataju drenažnim bunarima. Prvi veći skok javlja se u 2010. godini, kada po Varijantama 1 i 3 dolazi do uključanja nova tri bunara duž drenažne linije 2. Naredne godine je registrovano

povećanje kapaciteta u varijantama kada se uključuju bunari u drenažnoj liniji 2. Međutim, ovde se već registruje opadanje kapaciteta bunara prve drenažne linije, kao posledice blizine rudarskih radova i postojanja druge linije drenažnih bunara. Tokom 2013. godine registrovano je opadanje početnih kapaciteta bunara uz značajnije smanjenje broja bunara u Varijantama 2 i 4 koje su posledica trajnog ispadanja iz funkcije većeg broja bunara prve drenažne linije. Relativno veliki ukupni kapacitet drenažnih bunara po varijanti 4 posledica je uključenja u rad drenažne linije 3 na početku analizirane godine, dok je broj isključenih bunara identičan Varijanti 2. Na kraju 2018. godine, vlada relativno ujednačen režim podzemnih voda po svim varijantama odbrane kopa od podzemnih voda.

## 6. ZAKLJUČAK

Sprovedenom hidrodinamičkom analizom definisana je izgradnja i rad drenažnih bunara koji su u funkciji odbrane površinskog kopa Polje C od podzemnih voda iz međuslojne izdani. U hidrodinamičkim varijantnim proračunima za prognozni period od 01.2009. do 12.2018. godine na matematičkom modelu su analizirani broj drenažnih bunara, njihov međusobni raspored, vreme uključenja i pojedinačni kapaciteti bunara.

Analizirano je ukupno četiri varijante zaštite kopa od podzemnih voda u kojoj figurišu različite lokacije drenažnih bunara i različito vreme uključenja određenih grupa bunara raspoređenih u linijskom rasporedu upravnom na front napredovanja rudarskih radova. U izboru najbolje šeme odbrane kopa treba analizirati efekte odvodnjavanja - veličinu i brzinu sniženja nivoa, postojanost kapaciteta objekata i dužina rada bunara, kao i tehno-ekonomsku ocenu ponuđenih rešenja.

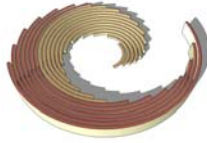
U narednom periodu, neophodno bi bilo projektovati detaljna hidrogeološka istraživanja i po završetku njih postojeći matematički model dopuniti i verifikovati, odnosno izvršiti kontrolu dobijenih rezultata prognoznih proračuna.

## Literatura

1. Kolubara-projekt: Idejni program sa studijom opravdanosti otvaranja i izgradnje površinskog kopa Polje C, Lazarevac, 2008
2. Kolubara-projekt: Glavni rudarski projekat proširenja površinskog kopa Polje C, Lazarevac, 2009
3. Pavlović V., Šubaranović T., Polomčić D.: Sistemi odvodnjavanja površinskih kopova, Univerzitet u Beogradu Rudarsko-geološki

- fakultet, str. 1-522, Recenzenti: R. Simić i B. Kolonja, ISBN: 978-86-7352-244-9, Beograd, 2012
4. Polomčić D.: Hydrodynamical model of the open pit Field C (Kolubara's coal basin, Serbia), IV International Conference Coal 2008 pp. 407-419, Belgrade, 2008
  5. Polomčić D., Bajić D., Buhač D.: 3D Hydodynamical model of open pit mine Field E (Kolubara's coal basin), Proceedings of the V International Conference COAL 2011, pp. 320-330, 2011
  6. Polomčić D., Pavlović V., Šubaranović T.: Dewatering system selection at the opencast Drmno using hydrodynamical forecasting calculations, X International Scientific Opencast Mining Conference OMC 2012, Zlatibor, 17-20.10.2012., pp. 275-290, ISBN: 978-86-83497-19-5, Yugoslav Opencast Mining Committee, Belgrade, 2012
  7. Polomčić D., Bajić D., Papić P., Stojković J.: Hydrodynamic model of the open-pit mine Buvač (Republic of Srpska), Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems (JSDEWES) Vol. 1, Issue 3, pp 260-271, 2013
  8. Šubaranović T., Pavlović V., Polomčić D., Malbašić V.: Influence on Environment of Sealing Screen at Lignite Opencast Mines, Metalurgia International Vol. XVIII (2013), No. 5, pp. 169-176, ISSN 1582-2214





**ACTION PLAN FOR MITIGATION AND MONITORING OF  
ENVIRONMENTAL IMPACT OF PROJECTS ATYPICAL  
MINING WITH RISK ANALYSIS**

Radosavljević S.<sup>1</sup>, Ille N.<sup>2</sup>

**Abstract**

Action plan to mitigate and monitor the environmental impact of the defined measures of monitoring and controlling the realization of eco-typical projects in the mining industry as Pumping water and sludge pit mine Tamnava West Field RB Kolubara, Lazarevac, is a unique experience activities and events in the mining industry, which is almost not observed in practice eco immediate and distant environment. The plan contains a set of measures to be taken and operationalize the location of the works of the Project. At the same time it is fully compliant with the legislation of the Republic of Serbia, the European Union Directives and procedures of the World Bank (WB). Events in the month of May 2014 when the colliery RB Kolubara was affected by a large flood wave, where there was no surface pits filling with water and sinking of the technical systems that have worked on the surface exploitation of coal with all the logistics infrastructure have caused the need for the creation thereof. The plan is a description of the conditions that must be met with an eco point of view, to present the project to be realized in the context of the relationship and mitigate negative impacts on the environment with defined oversight activities and responsibilities. The plan is fully binding

---

<sup>1</sup> Dr Radosavljević Slobodan, dipl. ing. rud., PD RB Kolubara, Lazarevac

<sup>2</sup> Mr. Nicholas Ille, senior professional associate and expert in environmental protection, World Bank, Washington DC, USA

on the implementation and conduct of all activities as well as all the operators who are engaged in the pumping of water and silted a lateral mass of the open pit. The paper gives an example of the configuration of the plan, which is the necessity of development and existence in the implementation of similar projects is indisputable, and some of the experiences in this context. Since it is generated by the production practices of mining as well as specific approaches can be used for the purposes of carrying out similar and other atypical projects in different areas and at any locations. The plan was further conducted and additional analysis of ecological risk even to the documents similar in content and purpose is not common, but in the opinion of the authors that may contribute only in the context of improving the overall controlling system for efficient implementation and realization of the defined measures.

**Keywords:** action plan, mitigation of impacts, flooding, environmental risks, mining

## 1. INTRODUCTION

During the realization of atypical project as pumping water and silted a lateral mass/ sludge RB Kolubara open pit Tamnava West Field the undisputed there is potential risk impact in the execution of activities on the environment. The scope and character of the negative destructive impact is really great and specific. It is important to emphasize the negative synergies that may arise in the context of both the joint influence of two or more destructive fashion, which can further complicate the situation in the realization of the project and above all taking into account the implementation of measures to mitigate the impact on the environment. EPS and RB Kolubara for the realization of the project of pumping applied for a line of credit from the World Bank (WB). Condition for approval of the credits line and configuration plan of action to mitigate and monitor the environmental impact of the defined measures of supervision, is a common practice in the requirements of the WB. This document defines the necessary measures to mitigate impacts on all environmental media at the site enforcement actions and necessary works. To keep this document was implemented in practice, there is a need to be on, or the contents fully comply with the current legislation of Republic of Serbia, EU directives and procedures of the World Bank which was done. Realising these same activities became mandatory for use on location projects execution pumping for all operators. Its

application and implementation of defined measures and a complete eco-controlling exercise controls are determined in accordance with the specifics of the impact on the environment and other outlook, considering that it is a realization quite complex and multidisciplinary design solution. It should be noted that this is really a very untypical specific project, which at this point does not exist in the production practice of mining enough experience, both in the Republic of Serbia and in the immediate and distant environment, given its multidisciplinary nature, potential risks, possible synergies and complicating potential risk in virtually all active sequences in the execution of works, [1] to [4].

## **2. CONCEPT PLAN OF ACTION FOR MITIGATION AND MONITORING THE ENVIRONMENTAL IMPACT WITH SURVEILLANCE MEASURES TO PUMP WATER FROM OPEN PIT**

The present concept of emergency environmental monitoring plan includes a complete environmental monitoring of all activities in the area of performance and complete logistics in time from the beginning to the end of the planned work, for the immediate and wider area of micro-location space RB Kolubara as living and working environment zone and close environment and the entire mining complex, macro zone-location environment. At the same time the plan defines guidelines for the treatment of a variety of situations with proposed actions and measures as well as the zone of explicit accountability of perpetrators of the project, professionals, individuals, and the entire team for supervision of works in the area of responsibility of the generated destructive impact on the environment. The plan is also eco-instruments of treatment on the parties in the implementation of the project pumping, while all the details and the details of precisely defined contract operationalization of business activities. The plan, inter alia, define the procedures, measures and concrete actions in different milestones that can be expected, especially with regard to the results of measurements of water quality and waste rock silted mass pumped and their overall impact on water quality in the river Kolubara, which occurs after mixing in the zone length of about 2.5 kilometers. The plan involves the detection and potential risk to ecological destruction for all environmental media that are possible and which are hidden and difficult to detect, predict, refine and process, the extent of treatment and especially their synergistic complicating in a negative connotation, which can cause subsequently new disturbances or fluctuations existing with partial or permanent impact and the harmful



effects on the environment in the area of macro-and micro-location of works pumping. Plan of measures to define the ecological monitoring by a professional team (one of the professional team who is an expert qualified to wash all activities with a particular perception of the area and the area to minimize the potential ecological risks that arise, or may arise, environmental incidents, waiting for accidents and possible ecological accidents and eco miraculous situations or other circumstances which in all can cause negative implications for micro-and macro-location environment. Plan provides for the definition of measures for different ecological situations in the form of an action plan, and act upon the occurrence of such circumstances and situations and preventive activities that do not get the same or minimize the risk to a level acceptable thresholds for all parties. Basic parameters that are addressed in the Plan impacts and measures for reduction of environmental impacts are:

- Place of performance of activities.
- Subject exercise activities.
- Action measures to mitigate the impact on the environment.
- Liability of a legal person or entity for the implementation of measures, [3] to [6].

### 3. A PRACTICAL EXAMPLE OF THE ACTION PLAN MITIGATION SURVEILLANCE AND MONITORING THE ENVIRONMENTAL IMPACT-ECO PRACTICUM

This paper presents a practical example of making a real action plan with measures to mitigate the impact on the environment as defined measures of monitoring eco-controlling, [3] to [5] and [7] to [12].

Item	Location where applied	Subject	Mitigation Action	Responsible Person
<b>Hazardous materials and spills</b>				
1	At the pumping stations and wherever diesel and other oil products are used	Protection of soils and water against contamination	Storage of fuel and oil/lubricants will be at the maximum distance from water as is feasible, and there will be an embankment or other barrier between any tank or storage container and the water so that any leaks cannot reach water. The Contractor must remove any tanks or other storage vessels as soon as they are no longer needed. Contractor's obligation is to replace all fuel generators with electrical generators within 3 weeks.	Contractor
2	At the pumping stations and wherever diesel and oil products are used, including storage areas and places where vehicles and equipment are operated, maintained, or stored	Cleanup of contaminated soil	In case of spills or other releases, all contaminated soil and other materials must be excavated as soon as possible. Contaminated material will be removed from the site by a qualified operator and disposed according to the Law on Waste Management of the Republic of Serbia.	MB Kolubara and Contractor

3	At the pumping stations and wherever diesel and oil products are used, including storage areas and places where vehicles and equipment are operated, maintained, or stored.	Spill prevention and reaction	Drivers of fuel trucks and other workers who handle fuel or other oil products will be trained to prevent and clean up spills. Locations where fuel and oil products are stored or used will be equipped with absorbents and other materials and equipment suitable for absorption and cleanup of spilled materials.	Contractor (vehicles/equipment and fuel storage)
<b>Water</b>				
4	At point of discharge into Kolubara River and Kladnica River	Protection of water quality	Compare effluent standards under Serbian law, European Union law and Directives, and World Bank Group EHS Guidelines for Mining and use the most stringent concentration as the applicable discharge standard. Collect and analyze samples of water at locations, at frequencies, and for parameters as required by the Program-Emergency Monitoring of Water Quality from Tamnava pit (Environmental Protection Agency, July, 2014), which is constituent part of this EMP. Undertake actions as required by the Ministry in case concentrations of any contaminant exceeds the applicable standard, as required by the Emergency Monitoring Program.	MB Kolubara
5	In pit and at point of discharge into Kolubara River and Kladnica River	Protection of water quality	On at least daily basis, analyze discharges into receiving waters for undissolved oxygen, total suspended solids, and temperature using instrument(s) calibrated according to manufacturer's instructions. (Emergency Monitoring of Water Quality from Tamnava pit Program, July 2014). (If possible, install instruments for continuous monitoring.) Based on the results, take action as follows: TSS: - If concentrations are higher than 50mg/L or above the applicable standard as prescribed for water quality in recipient water body, in line with the national water quality classification (2nd or 3rd class respectively), whichever is more stringent stop discharging until turbidity in pit lake decreases to a concentration below the level in the receiving water. - Temperature: If the temperature of water being discharged is more than 3°C higher or lower than the receiving water, stop discharge until temperature differential is less than 3°C. - Dissolved oxygen: If concentrations are less than the applicable standard, stop discharge until concentrations are equal or undertake measures (spraying or aeration) to increase the concentration of oxygen in the water up to the limit when the discharge into recipient is allowed.	MB Kolubara and Contractor (monitoring), MB Kolubara and Contractor (pumping)
6	In pit and at point of discharge into Kolubara River and Kladnica River	Protection of water quality	During and after precipitation that increases turbidity in the pit, as determined by visual observation, measure TSS in water in the pit and in receiving water. If TSS is higher in pit water than in the receiving water, stop pumping until TSS in the river is equal to or higher than TSS in the pit. Calibrate instrument according to manufacturer's instruction.	MB Kolubara (monitoring) Environmental Protection Agency
7	12 measuring points from the mine to Sava River, defined by the Emergency Monitoring Program	Protection of water quality	Sampling and measuring quality according to parameters defined by Emergency Monitoring Program. Measurement should be done on seven-day-level. In the event of exceeding MAQ, act in accordance with definitions from emergency Monitoring Plan.	Environmental Protection Agency (monitoring), MB Kolubara (implementation)
8	All pumping stations	Prevent contamination of river	Maintain dispersants, booms, and other containment and cleanup materials designed for controlling spills in water. Train pump-station workers and equipment operators in their use. If oil or fuel is spilled into water, stop all pumps that are taking water from within about 50 meters of the spill. Do not start pumping again until the oil has been removed.	MB Kolubara and/or Contractor
9	All locations where water is	Protection of river banks and bed	Design the points where pumped water will be discharged to the rivers so the discharge will not erode or otherwise	Contractor (selection of

	discharged into the Kolubara and Kladnica rivers		damage or erode the riverbanks or riverbeds. If modifications are needed to aerate water before or during discharge, these modifications must be designed so discharges do not cause damage or erosion to banks or riverbeds.	place and technical solution, and MB approval.
10	All disturbed areas where run-off flows away from the pit	Protection of water quality and land	Use good international practices (straw bales, settling basins flow retarding devices, etc.) to reduce sediment load in run-off that flows from disturbed areas to undisturbed areas or to the river areas.	MB Kolubara
11	Any location where there are trees or other vegetation	Protection of flora and fauna	Workers and equipment must stay within disturbed areas and not move into and disturb any areas with trees or other vegetation. Workers must not cut trees or other vegetation except as authorized by MB Kolubara, may not build fires at any time, and may not hunt wild animals.	Contractor MB Kolubara (control)
12	At any location where new ground is to be disturbed, for the needs of excavation	Topsoil and subsoil salvage and storage	If any new ground is to be disturbed, including the pipeline route from the second pumping station, topsoil (humus) and subsoil must be salvaged and stored separately. Storage piles should be protected against erosion until they are used for land rehabilitation.	Contractor
13	Pipeline corridors between the service road and the Kolubara River, and within 15 meters of the Kladnica River.	Restore land and protect water quality	During pumping operations, use good international practice (straw bales, settling basins flow retarding devices, etc.) to control run-off to the rivers from the cleared pipeline corridor and other project-disturbed areas. Upon completion of pumping, remove pipeline and other infrastructure and continue to control run-off to the rivers until self-sustaining vegetative cover of native grass and plant species is established and effectively prevents sediment-laden run-off from flowing into the river(s).	Contractor
14	All disturbed areas except as otherwise addressed	Restore land and protect water quality	Upon completion of pumping, remove pipelines, transmission lines, pump stations, and other temporary infrastructure. For areas where vegetation is disturbed, establish self-sustaining vegetative cover of native grass and other plant species.	Contractor MB Kolubara
<b>Noise and vibration</b>				
15	At the workers' camp/accommodation	Noise protection	Noise at work camp/accommodations must not exceed levels for residential areas under Serbian law, or 45dB during nighttime hours (2200-0700) and 55dB during the day. This can be accomplished by locating accommodations away from pumps and generators, or by insulating accommodations against noise.	Contractor (for its service providers) MB Kolubara (for its service providers)
<b>Air</b>				
16	At location of generators	Equipment emissions	Maintain generators so there are no visible emissions at any time except during cold startup, and if such emissions are observed, shut down generators and adjust the engines until there are no visible emissions. Take vehicles and equipment out of service for maintenance if they generate visible emissions at any time other than initial cold startup.	Contractor (generators and vehicles/equipment); MB Kolubara (vehicles/equipment)
17	Unpaved roads and other work locations	Dust control	Minimize dust generation during dry periods when dust can be generated due to usage of roads. Undertake measures by limiting the speed of vehicles and equipment and by spraying the roads with water.	Contractor MB Kolubara
<b>Riverbanks and riverbeds</b>				
18	Kolubara River at discharge locations	Protection of Kolubara river channel and embankments	Limit pumping to the Kolubara River so that total flow in the river, including both discharge and natural river flow, does not exceed the maximum amount recommended by Beograd vode (50 m <sup>3</sup> /s), as defined in accordance with letter number 3676 dated 23.07.2014, which is constituent part of this EMP. MB Kolubara will monitor upstream flow in the Kolubara River on at least daily basis and will take weather conditions (upstream and at the site) into account to ensure flow rates are maintained below the maximum rate at all times. This applies at the farthest downstream discharge location.	Contractor MB Kolubara

19	Kladnica River at discharge location	Protection of Kladnica River channel and embankments	Limit pumping to the Kladnica River so that total flow in the river, including both discharge and natural river flow, does not exceed the maximum amount of 3m <sup>3</sup> /s, as recommended by the Jaroslav Černi Institute, Belgrade ( Letter No. 2496 dated 29.08.2014, which is constituent part of this EMP.). MB Kolubara will monitor upstream flow in the Kladnica River on at least a daily basis and will take weather conditions (upstream and at the site) into account to ensure flow rates are maintained below the maximum rate at all times.	MB Kolubara
<b>Waste</b>				
20	All work areas and worker accommodations	Waste management	All wastes will be collected, separated by type (sanitary, household and kitchen, hazardous, paper, scrap metal, reusable/recyclable, etc.) and removed from the site by licensed or authorized haulers. EPS/MB Kolubara will control implementation of these activities as well as providing documents for them.	Contractor and MB Kolubara (control)
21	In the pit and at possible future disposal locations	Silt management	Silt material (as defined by the national Law on Water and related by-laws), pumped from the Tamnava West pit will be placed in a location of depleted mine Tamnava East and managed in accordance with Law on Waste Management of the Republic of Serbia. Detailed instructions shall be given by the Ministry of Agriculture and Environment and Environmental Protection Agency of the Republic of Serbia. First results of silt quality analysis – zero state were finalized on 24 – 25 August, 2014 by Environmental Protection Agency. Program of sampling and silt analysis is continued in accordance with defined dynamics and the law	Environmental Protection Agency (sampling and analysis) and MB Kolubara (implementation)
<b>Stakeholder engagement</b>				
22	In downstream villages	Open communications	A fact sheet will be prepared, advertised, and placed in the town halls of all villages along the Kladnica River between the discharge point and the Kolubara River, and along the Kolubara River between the mine and the Sava River. The fact sheet will describe the pumping program, including the length of time it will take, the impacts (if any) on the river(s), and risks (if any) to downstream villages and people. These are to be available from the time the Contractor first arrives on the site until all pumping is complete and all workers are gone from the site.	MB Kolubara
23	In downstream villages	Grievance mechanism	A telephone line will be maintained to receive comments and complaints from stakeholders, including potentially affected people. All complaints will be registered and dealt with in accordance with a defined procedure that requires quick resolution and communication back to the person as to how the complaint has been resolved. The telephone number is to be placed on the fact sheet of local communities.	MB Kolubara
24	In downstream villages and local residences	Drinking water quality	MB Kolubara will consult with the Ministry of Health to develop and implement a system to monitor water taken from the Kolubara River. The system must provide for sampling of water as soon as practicable (wherever possible within 24 hours, with laboratory analysis performed on an emergency basis if the problem cannot be resolved by sight, smell, or taste). If the monitoring identifies contamination due to water from the pit, pumping will be stopped until the problem can be overcome.	MB Kolubara
<b>Workers</b>				
25	At all work locations	Worker health and safety	MB Kolubara must ensure that an occupational health and safety plan is in place from the time Contractor workers come on the site until the pumping project is complete and all workers are gone. The plan and operational practices must ensure: <ul style="list-style-type: none"> <li>- A trained and qualified safety professional („responsible person“) is on site at all times, with authority to monitor and enforce safety rules.</li> <li>- A responsible person from MB Kolubara communicates with the Contractor’s safety professional on a daily basis.</li> <li>- All workers are trained on the hazards of their jobs,</li> </ul>	MB Kolubara, Contractor, Ministry of Interior of the Republic of Serbia, Army of the Republic of Serbia, Mining Inspection

			including measures to avoid or reduce risks. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Personal protective equipment is provided by workers' employer or MB Kolubara, and use of PPE is monitored and enforced by the responsible person(s).</li> <li>- Flotation devices and lifesaving equipment is available and accessible at all work locations near the pit lake and the riverbanks.</li> <li>- Equipment operators working near the pit lake have special training to respond to emergencies.</li> <li>- Equipment operation near the pit lake is under constant observation by a trained responsible person</li> <li>Responsible person visits every work location at least daily.</li> <li>- Proper records are kept (person-days, lost time incidents, lost time, serious injuries/fatalities, etc.).</li> <li>- Serious injuries or fatalities are reported to World Bank immediately.</li> <li>- Requirements of the Ministry of Health and Ministry of Labor are met (helicopter or other evacuation available, rescue/transport vehicle available, etc.)</li> </ul>	
26	Workers' camp	Worker health and safety	Design, construction, and operate worker accommodations so they meet the requirements of Serbian law and international good practice (such as the IFC/EBRD guidance note on worker accommodation).	Contractor For its workers MB Kolubara

#### **4. ANALYSIS OF POTENTIAL RISK FOR ACTION PLAN FOR MITIGATION AND MONITORING THE ENVIRONMENTAL IN REALIZATION PROJECT DRAINING**

Action plan for mitigating and monitoring the environment with measures of supervision is not usual to contain complete risk analysis. This is because when the project interested parties must be aware of it before signing the contract. If the present plan containing the details of the risk analysis interested parties for the realization of the work could cost significantly burden the project, requests for additional financial reconstruction. Under the rules/procedures of the WB plan and no details mentioned above but it is allowed in the same incorporation and risk analysis, with which should fully be aware of the financier of the project or the one who pays the execution of project activities and conducts eco supervision of the execution plan defined activities, [3] to [5] and [13] to [21].

Item	Location where applied	Subject	Mitigation Action	Responsible Person
<b>Hazardous materials and spills</b>				
1	At the pumping stations and wherever diesel and other oil products are used	Protection of soils and water against contamination	Storage of fuel and oil/lubricants will be at the maximum distance from water as is feasible, and there will be an embankment or other barrier between any tank or storage container and the water so that any leaks cannot reach water. The Contractor must remove any tanks or other storage vessels as soon as they are no longer needed. Contractor's obligation is to replace all fuel generators with electrical generators within 3 weeks.	Contractor
				Expected level of risk-needed risk threshold: High threshold to low threshold
2	At the pumping stations and wherever diesel and oil products are used, including storage areas and places where vehicles and equipment are operated, maintained, or stored	Cleanup of contaminated soil	In case of spills or other releases, all contaminated soil and other materials must be excavated as soon as possible. Contaminated material will be removed from the site by a qualified operator and disposed according to the Law on Waste Management of the Republic of Serbia.	MB Kolubara and Contractor
				Expected level of risk-needed risk threshold: Threshold of medium to low-threshold
3	At the pumping stations and wherever diesel and oil products are used, including storage areas and places where vehicles and equipment are operated, maintained, or stored.	Spill prevention and reaction	Drivers of fuel trucks and other workers who handle fuel or other oil products will be trained to prevent and clean up spills. Locations where fuel and oil products are stored or used will be equipped with absorbents and other materials and equipment suitable for absorption and cleanup of spilled materials.	Contractor (vehicles/equipment and fuel storage)
				Expected level of risk-needed risk threshold: Threshold of medium to low-threshold: Threshold of medium to low-threshold
<b>Water</b>				
4	At point of discharge into Kolubara River and Kladnica River	Protection of water quality	Compare effluent standards under Serbian law, European Union law and Directives, and World Bank Group EHS Guidelines for Mining and use the most stringent concentration as the applicable discharge standard. Collect and analyze samples of water at locations, at frequencies, and for parameters as required by the Program-Emergency Monitoring of Water Quality from Tamnava pit (Environmental Protection Agency, July, 2014), which is constituent part of this EMP. Undertake actions as required by the Ministry in case concentrations of any contaminant exceeds the applicable standard, as required by the Emergency Monitoring Program.	MB Kolubara
				Expected level of risk-needed risk threshold: Threshold of medium to low-threshold

5	In pit and at point of discharge into Kolubara River and Kladnica River	Protection of water quality	<p>On at least daily basis, analyze discharges into receiving waters for undissolved oxygen, total suspended solids, and temperature using instrument(s) calibrated according to manufacturer's instructions. (Emergency Monitoring of Water Quality from Tamnava pit Program, July 2014). (If possible, install instruments for continuous monitoring.)</p> <p>Based on the results, take action as follows:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- TSS: If concentrations are higher then 50mg/L or above the applicable standard as prescribed for water quality in recipient water body, in line with the national water quality classification (2nd or 3rd class respectively), whichever is more stringent stop discharging until turbidity in pit lake decreases to a concentration below the level in the receiving water.</li> <li>- Temperature: If the temperature of water being discharged is more than 3°C higher or lower than the receiving water, stop discharge until temperature differential is less than 3°C.</li> <li>- Dissolved oxygen: If concentrations are less than the applicable standard, stop discharge until concentrations are equal or undertake measures (spraying or aeration) to increase the concentration of oxygen in the water up to the limit when the discharge into recipient is allowed.</li> </ul>	<p>MB Kolubara and Contractor (monitoring),</p> <p>MB Kolubara and Contractor (pumping)</p>	<p>Expected level of risk-needed risk threshold: High threshold to low threshold</p>		
				<p>Expected level of risk-needed risk threshold</p>	<p>Threshold of medium to low-threshold</p>		
<p>Expected level of risk-needed risk threshold</p>			<p>High threshold to low threshold</p>				

*Figure 1 A partial view of the Plan of Action for the mitigation and monitoring of the environmental impact of the measures of supervision eco plan and analysis of ecological risks of implementing measures for the first five defined actions to pump water from a surface mine Tamnava West field, RB Kolubara, (September 2014), the Republic of Serbia, [3] to [6]*



*Figure 2 View of the flooded open pit mine Tamnava West field, RB Kolubara, (September 2014), The Republic of Serbia, [3]*

## 5. CONCLUSION

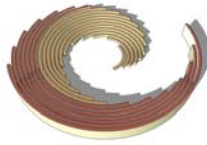
This paper presents a practical example of developing a plan of action to mitigate the impact on the environment at realization of non-typical project in mining. The plan provides for measures to be taken to the potential risks to minimize the expected destruction or prevention measures and procedures led to the threshold of risk that is acceptable. The fact is that the operationalization and the implementation of the plan should be to eliminate a number of uncertainties and minimizes most of the potential risks in the process of pumping water from a surface mine. At the same time the plan included measures for a gradual in all environmental media. A priori risk analysis was performed for the most part are predictive of potential and detected destructive tags, all environmental aspects. In the near and distant destinations, there is no similar experience and realization of the project is an example of mining production practices that will serve similar purposes in similar situations if anywhere in the world happens destruction of similar size and scope, not only in mining but also in other areas. From the standpoint of specificity and multidisciplinary approach presented plan is of great importance since it is the realization multidisciplinary project with eco specifics that require a special treatment. It also presents a practical example of mining the Republic of Serbia, which can serve as a positive experience anywhere and at any location in the world relations.

## Reference

1. Documentation Opinion Institute regarding initiation revitalization Tamnava West Field and PK Great Crljeni after the great flood of May 2014 (Institute for Water Jaroslav RBL, 2014)
2. Internal documentation, RB Kolubara doo, Lazarevac, 2014
3. Internal documentation, the Department for the protection and improvement of the environment, RB Kolubara doo, Lazarevac, 2014
4. Guide to the approximation of European Union environmental legislation, Brussels, European Commission, 2012
5. Risk Assessment Software, Ann Arbor, MI USA (Internet References), Design safety engineering, <http://www.designsafe.com>
6. ISO 31000:2009 Risk management - Principles and guidelines. Geneva, International Organization for Standardizations, (ISO), 2009
7. Karadžić, R., Vešović, V., Radosavljević, S. and Dermenez, I., Aircraft maintenance designing and operational availability, Metallurgy



- International, Vol. 18, No. 7, pp. 61-66. ISSN 1582-2214, 2013
8. Main, W. B., Cloutier, R. D., Manuele, A. F. and Bloswick, S. D., Risk assessment for maintenance work, Working Paper, Arbor (Michigan USA): Design Safety Engineering Inc., 2005
  9. National Strategy of Serbia for the approximation of the environment, Belgrade, Ministry of Environment, Mining and Spatial Planning, 2011
  10. Radosavljević, S., Dašić, P., Radosavljević, M., Appendix specifics of risk management in mining, Metallurgy International, Vol. 18, Special Issue No. 8, pp. 59-68, ISSN 1582-2214, 2013
  11. Radosavljević, S., Dašić, P., Radosavljević, M., Individual maintenance engineering in energy and mining-based of risk, Metallurgy International, Vol. 18, No. 6, pp. 79-86. ISSN 1582-2214, 2013
  12. Radosavljević, S., Lilić, N., Ćurčić, S., Radosavljević, M., Risk assessment and managing technical systems in case of mining industry, Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering, Vol. 55, No. 2, pp. 119-130, ISSN 0039-2480, 2009
  13. Radosavljević, S., Radosavljević, M., Ecological metrics eco risk, eco controlling in the mining, Tehnička dijagnostika, Vol. 10, No 2, pp. 55-61, ISSN 1451-1975, 2011
  14. Radosavljević, S., Radosavljević, M., FMECA method in mining and energy, process approach, Tehnička dijagnostika, Vol. 9, No 3 pp. 17-28, ISSN 1451-1975, 2010
  15. Radosavljević, S., Radosavljević, M., Coal quality work for green energy to energy efficiency, Tehnička dijagnostika, Vol. 10, br. 4 pp. 41-48, ISSN 1452-4864, 2011
  16. Radosavljević, S., Radosavljević, M., Risk assessment in mining industry - Apply management, Serbian Journal of Management, Vol. 4, No. 1, pp. 91-104, ISSN 1452-4864, 2009
  17. Radosavljević, S., Radosavljević, M., Modern models for risk analysis in Serbian mining industry, Tehnička dijagnostika, Vol. 8, No 1, str. 17-24. ISSN 1451-1975, 2009
  18. Radosavljević S., Radosavljević M., Contemporary models for risk analysis in the Serbian mining, Technical diagnostics, ISSN 1451-1975., No 1, Beograd, pp. 17-24., 2009
  19. Radosavljević S., Radosavljević M., Risk technical systems: model and software Designsafe 6.0., International Journal of Software Systems and Tools, (IJSST), Volume 1, Number 1, pp. 45-53 2011



## **EMERGENCY PLAN ENVIRONMENTAL MONITORING FOR SPECIFIC PROJECTS IN MINING WITH ECO RISK ANALYSIS**

Radosavljević S.<sup>1</sup>, Ille N.<sup>2</sup>

### **Abstract**

Implementation of specific projects in mining is a particular challenge, especially if they carry a number of uncertainties and potential risks of destruction in the process of their operationalization. In such circumstances, it is necessary among other things to create a dynamic eco plan implementation and monitoring plan associate environment taking into account all relevant and realistic circumstances in which the project is configured and implemented. It is the destructions that occurred in the surface mining of coal mines in Serbia, due to the great flood that occurred in the period 14-16 June 2014, whereby the extent of flooding and surface water in the inlet pits high performance, and also damage arising in this context, the real large. When considering all the technical parameters necessary to pay particular attention to the environment and in accordance with that prepare all the necessary documents and records in the function and purpose of quality controlling realization of atypical projects and it is the outpouring of water from flooded mines. In the near surrounding there are almost no similar experience and realization of the project is a real example of experiential productive mining practices that will certainly serve as an experience and good practice for similar purposes in similar jobs, if anywhere in the world happen to the

---

<sup>1</sup> Dr Radosavljević Slobodan, dipl. ing. rud., PD RB Kolubara, Lazarevac

<sup>2</sup> Mr. Nicholas Ille, senior professional associate and expert in environmental protection, World Bank, Washington DC, USA.

destruction of similar size and extent not only in mining but also in other production areas of various types and design feature. This is a multidisciplinary project with specification and which requires special treatment. The paper gives an example of the realization of the project as well as some of the experiences in the context of the production practices of mining as an example of good practice and approach to configuring emergency plan for environmental monitoring in terms of a multi-disciplinary approach and risk analysis.

**Keywords:** mining, emergency plan environmental monitoring, non-typical project, flood, water, environmental risk

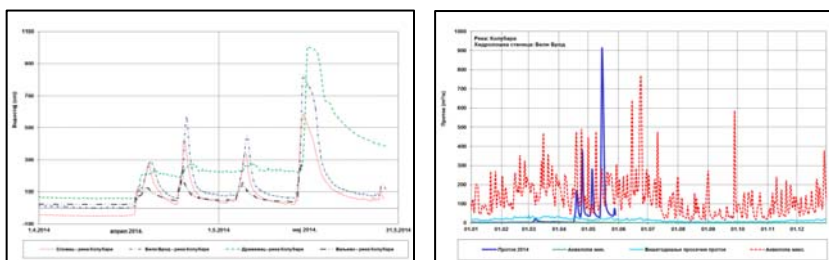
## 1. INTRODUCTION

Due to the penetration of the cold Atlantic air over the Alps to the Mediterranean area, there was a large cyclone formation, developed in all the high places, which is the period from the 14th to the 18th of May, 2014, had a dominant impact on weather over much of the Balkan Peninsula, and on this occasion the area of western and central Serbia dropped a record amount of rainfall in most places over 200 l/m<sup>2</sup>, and local and 300 l/m<sup>2</sup>. The event was preceded by heavy rainfall in the period from 14 April to 05 May, when the greater part of the Republic of Serbia fell between 120 and 170 l/m<sup>2</sup>, and in southwestern parts of over 250 l/m<sup>2</sup>, causing the soil is already substantially saturated with water. All this has caused catastrophic flooding, the emergence of a torrent, erosion and activate a large number of landslides. The highest daily amount of rainfall recorded on 15 May 2014 when the three major meteorological stations surpassed maxima daily rainfall at these stations since the beginning of their work (in Belgrade since 1888, and for other stations since 1925). The May 2014 rainfalls at three stations (Loznica, Valjevo and Belgrade) are from three to nearly four times greater than the average value for May from the previous year. Hydrological conditions in the basin Kolubara River in the month of May 2014 were extremely unfavorable. At the end of the second and third decades of the mid-April 2014, due to two storm event, recorded two waves with moderate to large increases in water levels. The first wave lasted from the 17th to the 20th of April, the amplitude of the increase ranged from DH = 105 cm at hydrological stations on the Kolubara Valjevo to DH = 378 cm at hydrological stations Bogovađa the Ljig wave peaks were observed on 19/20. April and all hydrological stations water levels were above the

limit of reporting (conditional water level). The second wave took place from 23 to 26 April, the amplitude of the increase ranged from  $\Delta N = 72$  cm in hs Draževac to  $DH = 393$  cm at hydrological stations white Brod at Kolubara wave peaks were observed on 25/26. April and H. S. Valjevo and H. S. Slovaks Kolubara water levels were above the limit of regular flood, and on the other stations beyond the bounds of incidence (conditional water level). In the period from 27 April to 2 May, water levels were declining, and then registered the third wave from the 3rd to the 7th of May. Amplitude increase ranged from  $\Delta N = 55$  cm in hs Draževac the Kolubara do, the tips of the waves were observed 05/06. May and hydrological stations on the Kolubara Valjevo and hydrological stations Čemanov Most of the Tamnava water levels were above the limit of regular flood, and on the other stations beyond the bounds of incidence (conditional water level), after passing the previous wave of the mid-first decade of May, a period of 10. until May 13 in the whole basin Kolubara water levels were stagnant. From the evening hours on May 13, on the upper course of the Kolubara were recorded moderate first and then higher rise of water level. In hydrological stations Valjevo maximum water level was recorded on May 15, when the value of  $H = 340$  cm (new historical maximum), and the amplitude increase was  $DH = 248$  cm. In hydrological stations of Slovaks maximum water level was recorded on May 15, when the value of  $H = 583$  cm (new historical maximum), and the amplitude increase was  $DH = 583$  cm. In H. S. White Brod maximum water level was recorded on May 15, the value of  $H = 827$  cm (new historical maximum), and the amplitude increase was  $\Delta N = 763$  cm. At the lowest downstream H. S. Draževac sharp increase registered on 14th/15th May, when the water level with  $N = 219$  cm for 24 hours increased to  $H = 1005$  cm, which is the last registered value, because after that the device stopped working because of flooding, and after this time has only observed flood water level at the water gauge rails. On the river at Tamnava H. S. Čemanov Most large increase in water level was registered 14th/15th May, and the maximum value was reached on May 15, when the value of  $H = 507$  cm (new historical maximum), and the amplitude increase was  $DH = 439$  cm. In Figure 1, data is a graphical presentation of recorded nivograma the period April-May 2014, the hydrological stations in the basin Kolubara for hs White Brod in 2014 along with the corresponding envelope maxima and minima and perennial average flow, Figure 1, 2, 3 and 4, [1] to [5].

In correspondence with the World Bank (WB) who are potentially interested economic operators for financing of the project, the question of creating Extraordinary plan for environmental monitoring in the water

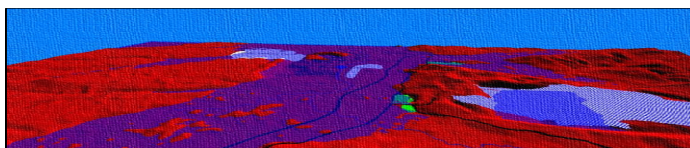
pumped from the open pit mine Tamnava West field, RB Kolubara Ltd., which is accepted as a constructive suggestion and immediately taken to the same extent as before conceived, collect certain compliance and operational at the disposal of the selected bidder for pumping water and smudged overburden mass to surface mine Tamnava west field as well as expert team of operatives to supervise and control the implementation of planned activities to the end of the whole business.



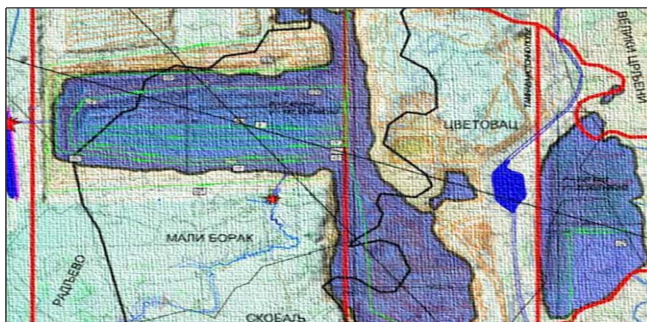
*Figure 1 Comparative nivograma - River Kolubara and hydrograph with envelope minimum, maximum and average flow rates for years of hs White ship on the river Kolubara, (RHMZ-R. Serbia), [5]*

Since this is a really very untypical specific project, which at this point does not exist in the production practice of mining enough experience, both in the Republic of Serbia and in the immediate and distant environment, given its multidisciplinary nature, potential risks, possible synergies and potential risks complication in all active sequences in the execution of works, it is accepted and opinions, recommendations and suggestions of the Institute of Water Resources Jaroslav Cherni regarding initiation of parallel processes:

- Activities to pump water from the surface Tamnava west field and its transfer to the surrounding recipient/waterways (river Kolubara River and Kladnica).
- Implementation of planned activities on reconstruction of water protection facilities of the Kolubara River, Pestan and Vranicina, as well as the reconstruction of the dam Kladnica.



*Figure 2 View all flooded Surface mines RB Kolubara, (May 2014), R. Serbia, [4]*

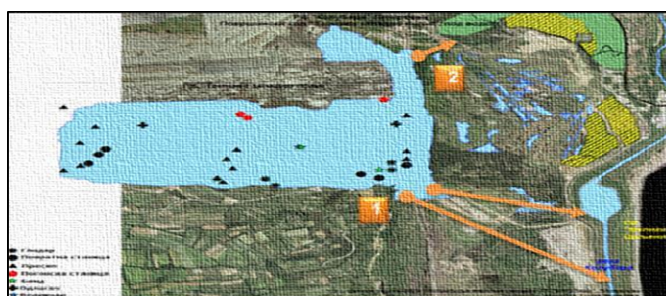


*Figure 2 View of the western part of the Kolubara basin after the flood, OP Tamnava West Field and MC Big Crljeni RB Kolubara, (May 2014), R. Serbia, [5]*

## **2. EXAMPLE OF THE CONCEPT OF EMERGENCY PLAN FOR ENVIRONMENTAL MONITORING TO PUMP WATER FROM OPEN PIT**

The present concept of emergency environmental monitoring plan includes a complete environmental monitoring of all activities in the area of performance and complete logistics in time from the beginning to the end of the planned work, the narrow micro-site location space RB Kolubara to life and work zone protection, and immediate and distant environment of complete mining complex, macro zone-location environment. At the same time the plan defines guidelines for the treatment of a variety of situations with proposed actions and measures as well as the zone of explicit accountability of perpetrators of the project, professionals, individuals, and the entire team for supervision of works in the area of responsibility of the generated destructive impact on the environment. Previous archaeological research carried out at the location Tamnava pits after thorough the analysis indicate that the realization of this project would not generate a potential risk for the destruction of the archaeological sites. The plan represents the instrumentation procedures for contracting parties in the implementation of the project pumping, while all the details and the details of precisely defined by the contract signed, notarized, and accepted by the parties. Before signing the contract the contractor is familiar with emergency plan environmental monitoring as well as measures to mitigate the impact on the environment. The plan defines the procedures, measures and concrete actions in different milestones that can be expected, especially with regard to the results of

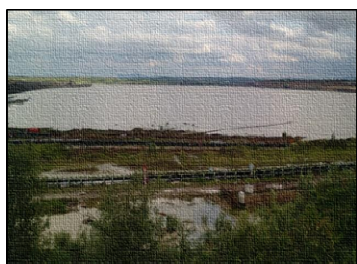
measurements of water quality and waste rock silted mass pumped and their overall impact on water quality in the river Kolubara, which occurs after mixing in the zone length of approximately 2.5 kilometers. The plan includes the potential risk to the ecological destruction that are possible and which are hidden and difficult to detect, predict, refine and process through measures of treatment as their synergistic complicating in a negative connotation, which may subsequently cause new disturbances or fluctuations existing with partial or permanent impact and the harmful effects on the environment in the area of macro-and micro-location of works pumping. The plan defines eco supervision by a professional team (one of the professional team who is an expert qualified to wash all activities with a particular perception of the area and the area to minimize the potential ecological risks that arise, or may arise, environmental incidents, waiting for accidents and possible ecological accidents and eco miraculous situations or other circumstances which in all can cause negative implications for micro-and macro-location environment. Plan provides for the definition of measures for different eco situation in the form of an action plan, and act upon the occurrence of such circumstances and situations and prevention activities you do not get the same or minimize the risk to a level acceptable threshold for all contractual power plants. The contractor works is required to be in the execution of works in full compliance with the definition of the previously mentioned plan and to abide by, comply with and implement all necessary solutions and proposals for actions and activities in the execution of the job on the recommendation of an expert in the professional team.



*Figure 3 Open Pit Tamnava West field, RB Kolubara positioned flooded with technical systems and mapped locations for pumping water, (September 2014), R. Serbia, [4]*

It is also necessary in the execution of project activities pumping incorporate fully valid and current legislation that is directly or indirectly related to the implementation of the project in the field of environmental protection of Republic of Serbia, the EU Directive, the definition of standards 14001, Procedure World Bank (WB), all technical standards as well as the Law on Safety and Health at Work. A more specific definition of the legislation of Republic of Serbia in the project water pumping silted and a lateral mass of the open pit mine "Tamnava West field", where the Extraordinary monitoring plan is based and which are directly or indirectly related and function the same as:

1. Ratified international treaties and agreements, which are related to the realization of the project.
2. Laws and bylaws:
  - General laws/regulations.
  - Protection of air.
  - Protection of water.
  - Protection of land.
  - Waste Management.
  - Management of hazardous substances.
  - Fire protection.
  - Biodiversity.
  - Protection against ionizing and non-ionizing radiation.
  - Noise and vibration.
  - Other laws, regulations, standards and laws.
3. The regulations in other areas that are related to the Law on Environmental Protection and applied environmental (All legal regulations in the field of mining, technical standards and other regulations).



*Figure 4 Open Pit Tamnava West field, RB Kolubara, before the beginning of the realization of the project water pumping, (September 2014), R. Serbia, [3]*



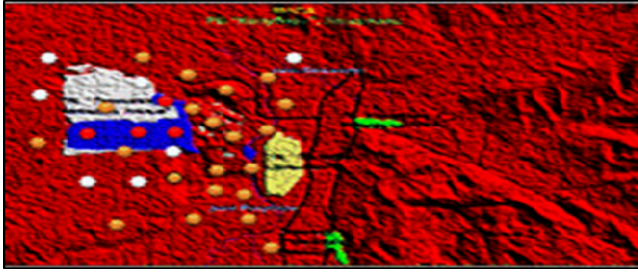


Figure 5 Potential multidisciplinary risk in pumped water from the open pit mine Tamnava west field RB Kolubara mine on the site, place pumping and morphology along the riverbed of the Kolubara River to flow into the river Sava, (potential risk surfaced in the software system DesignSafe 7:00), (white-threshold low risk, yellow-medium threshold level of risk, red-threshold high risk), R. Serbia, [4]

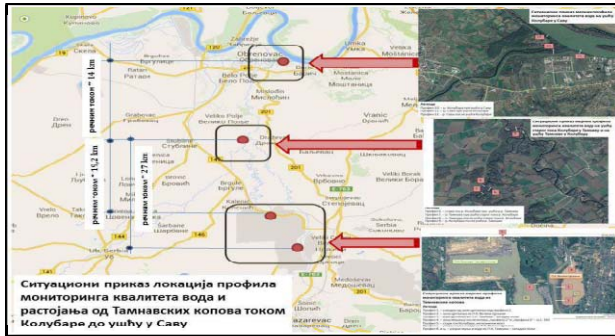


Figure 6 Layout view location profile monitoring water quality in pumped from the pit Tamnava West area to flow into the Danube River, R. Serbia

Figure 5 provides an overview of the potential of multidisciplinary risk in pumped water from the open pit mine Tamnava west field RB Kolubara the location of the mine, was pumping and morphology along the riverbed of the Kolubara River to flow into the river Sava, (potential risk surfaced in the software system DesignSafe 7:00), (white-threshold low risk, yellow-medium threshold level of risk, red-threshold high risk). Figure 6 gives a situational display location profile monitoring water quality in pumped from the pit Tamnava West area to flow into the Danube River.



*Figure 7 Prepare and begin pumping water from the pit Tamnava West field, RB Kolubara, (September 2014), R. Serbia, [4]*

In Figure 7 provides an overview of the preparation and the start of pumping water from the pit Tamnava West field, RB Kolubara. In an extraordinary level of environmental monitoring data is more detailed decomposition of the activities of the project in time for the planned implementation, in terms of the potential to generate destructive potential at all levels Multi-faceted context. At the same time precisely defined and obligations of all participants in the project with their specific position in the analytical and practical terms.

Implementation of the project water pumping and smudged a lateral mass from the surface Tamnava West field is planned to last for 90 working days operative, approximately 13 working weeks. The contractor of the project will work 8 hours per shift, 24 hours in a working day. Provided that all necessary permits and approvals and maximal pumped volume of water in the river Kolubara is 50 m<sup>3</sup>/sec. Ministry of Agriculture and Environment has approved the monitoring of water quality testing pumped, which was prepared by the "Agency for Environmental Protection." Plan monitoring micro-and macro-location environment incorporated in the environmental lab in addition to the quality of the basic elements of the environment and all other logistical procedures, actions and activities multidisciplinary professional team approach to teamwork, performs constant supervision and control the implementation of the project pumping from the beginning, the first day

pumping until the end, last ninetieth day pumping. Environmental protection plan as part of the monitoring of the execution of the project and its impact on the environment and incorporates Monitoring geodetic observations based on geodetic surveys and instructions for geodetic survey and geodetic survey of zero surface. Provided the monitoring of morphological changes in the dynamics of the recording of transverse changes in the bed of the river Kolubara before, during and after the pumping of water. Is defined labeling, monitoring the stability tailings floors, stability of the final slope stability and carbon floor as responsible entity for these jobs. In case of any disturbance or the beginning of the movement of strata tailings mass, responsible entities shall propose appropriate measures and actions for emergency treatment and stabilization of the newly created circumstances and situations. In the context of the present service will be carried out exploratory drilling landfill tailings floors to in case of need, quickly and effectively been taken the necessary precautions and procedures for remedying the destructive potential and the stabilization of the site. Provided the monitoring of groundwater and their levels. This is to monitor the level of growth or decline of groundwater through monitoring piezometers (there are 183 and are arranged on the near and far site surface mine Tamnava west field). In the case of rising the groundwater levels will act according to the schedule previously defined for such activities and situations. monitoring the quality of water that is pumped from the open pit mine Tamnava west field done "by the Agency for environmental Protection", the Ministry of Agriculture and Environment in all in accordance with the program of extraordinary water quality monitoring of tamnava pits, in which the given the necessary approval for the operationalization and execution. analysis of the quality of water discharged into receiving waters (river Kolubara and Kladnica) shall be performed by the laboratory of the Agency for environmental Protection and accredited laboratories Branch Processing, Vreoci, RB Kolubara Lazarevac. Pursuant to the program, water analysis as sludge and sediment sampling is performed on the seven-level, and if it turns out that the silent major changes and fluctuations quality parameters, the analysis is carried out fortnightly. Special activities are aimed at monitoring the quality of water intended for water supply, due to the potential impact on their quality when pumping water from tamnava mines. Shall be enhanced by an extraordinary inspection of the quality of water resources by the Department of Inspection, leather and supervision of water supply facilities in the locality of the coal mines RB Kolubara, (special supervision of waterworks RB Kolubara on location Kalenić and Vreoci,

water supply to the site of the Kolubara River basin to flow into the river Sava, the Sava River to flow into the Danube River and further on to the program. Additionally it is necessary to pay particular attention to the natural water sources, public fountains and wells in households, which gravitate to the location specified by facilities and downstream of the Kolubara River to flow into the river Sava), [3] to [6] and [7] to [12].

### **3. CONFIGURATION OF THE CONCEPT OF EMERGENCY PLAN MONITORING OF ENVIRONMENTAL PROTECTION IN WATER PUMPING**

A reliable system for emergency plan of environmental monitoring in the realization of the project water pumping pit mine Tamnava west field, as well as its environment, is as follows:

- Choice of environmental parameters for which measurements should be made (in space and time).
- Identification of the pollution parameters (type and size).
- Determination of critical areas.
- Data collection, analysis and evaluation.

The proposed monitoring systems is defined eco controlling emissions of pollutants in the area of the open pit Tamnava west field, and the Kolubara River basin downstream to where the river flows into the Sava river, and cover the following media entities and the environment:

- Air quality/emissions into the air.
- Quality of water/wastewater.
- The quality of the soil.
- The levels of noise and vibration.
- Municipal and industrial waste.

On the site there are no sources of ionizing radiation. The analysis of the position of the source of non-ionizing radiation, it is concluded that it is not necessary to determine the parameters for environmental monitoring, because the level of non-ionizing radiation is within acceptable limits. In exceptional environmental monitoring for the implementation of the project are specifically defined for the details:

- Monitoring of hazardous substances in the water pumped into the recipient.
- The monitoring of soil and groundwater at the pumped water.
- Monitoring of waste that may be generated in the pumped water.

- Monitoring of noise and vibration at the site of pumping.
- The prevention of potential accidents and response at the location of works.
- Reporting and communication.

#### 4. DYNAMIC ECO PLAN MONITORING WITH ANALYSIS OF POTENTIAL RISK OF ACTIVITIES IN TIME DRAINING

Environmental monitoring plan is defined and dynamic eco plan activities during the commission of pumping water from the open pit mine, Figure 8. Plan is designed so that it presents all the necessary actions in the context of ecological monitoring on a weekly basis. When devising a dynamic plan, conducted the Multi-faceted risk analysis and a final result thresholds are presented in the plan.

Site Day	Day of the week	Task	Place surveillance	Monitoring mode	Period of supervision and frequency	Subject	Eco actions to mitigate	Responsible person	Analysis of ecological risk
1		Pumping water surveillance and control of the works	Place Klobukova (Profile 1) and Profile 2 (Klobukova) as well as micro- and macro-biotope environment in collaboration with other surveillance SOT	Periodic visual inspection of works pumping, work test, work operators to aggregate, control of pipe lines, operational cooperation with other members of the Supervisory	For every two hours, four times per shift, twelve times per 24 hours, optimally 24-hour monitoring	Overall records of observations, providing information to the President of SOT, situation assessment, a proposal for a committee in accordance with the circumstances, executive control, sampling and analysis of water and mud at the points of the profile of the proposed measures and activities	Technical control task, eliminating all recorded conflicts, (leaking oil, for oil products, preparing preventive measures for dealing with them, infrastructure	Person supervisor of a professional team, a person in charge for environmental operator executor of the project, sampling laboratory/Agri. For BEE RB Kolubara	Minimum ecological risks to the threshold level risk - is acceptable both prior, the potential risk present in the area threshold, ecological risk, minimize to acceptable level. Total risk for medium to low, is not required reduction, immediate prevention measures.
2		Pumping water surveillance and control of the works	Place Klobukova (Profile 1) and Profile 2 (Klobukova) as well as micro- and macro-biotope environment in collaboration with other surveillance SOT	Periodic visual inspection of works pumping, work test, work operators to aggregate, control of pipe lines, inspection of generated waste disposal rooms, sampling records on water, water analysis, microbiotopes, operational cooperation with other members of the Supervisory	For every two hours, four times per shift, twelve times per 24 hours, optimally 24-hour monitoring	Overall records of observations, providing information to the President of SOT, situation assessment, a proposal for a committee in accordance with the circumstances if there is a change in the results of the water analysis, executive control, sampling and analysis of water and mud at the points of the profile of the proposed measures and activities, control of the sector pump/water control state of water pump, update all necessary records and submit to the head of SOT, as well as all supervisory notices	Technical control task, eliminating all recorded conflicts, (leaking oil, for oil products, preparing preventive measures for dealing with them, infrastructure	Person supervisor of a professional team, a person in charge for environmental operator executor of the project, sampling laboratory/Agri. For BEE RB Kolubara	At this stage there are high-potential risks, subject the critical, repeated analysis of the risk factors disclosed and minimize it. Total risk for medium to low, is not required reduction, immediate preventive measures.
3		Pumping water surveillance and control of the works	Place Klobukova (Profile 1) and Profile 2 (Klobukova) as well as micro- and macro-biotope environment in collaboration with other surveillance SOT	Periodic visual inspection of works pumping, work test, work operators to aggregate, control of pipe lines, inspection of generated waste disposal rooms, sampling records on water, water analysis, microbiotopes, operational cooperation with other members of the Supervisory	For every two hours, four times per shift, twelve times per 24 hours, optimally 24-hour monitoring	Overall records of observations, providing information to the President of SOT, situation assessment, a proposal for a committee in accordance with the circumstances if there is a change in the results of the water analysis, executive control, sampling and analysis of water and mud at the points of the profile of the proposed measures and activities, control of the sector pump/water control state of water pump, update all necessary records and submit to the head of SOT, as well as all supervisory notices	Technical control task, eliminating all recorded conflicts, (leaking oil, for oil products, preparing preventive measures for dealing with them, infrastructure	Person supervisor of a professional team, a person in charge for environmental operator executor of the project, sampling laboratory/Agri. For BEE RB Kolubara	At this stage there are high-potential risks, subject the critical, repeated analysis of the risk factors disclosed and minimize it. Total risk for medium to low, is not required reduction, immediate prevention measures.

Figure 8 A partial view of the dynamic eco-plan for the first three weeks of performing the activities of the water pumped from the open pit mine Tamnava West field, RB Kolubara, (September 2014), R. Serbia, [17] to [24]

At the same time considering the multidisciplinary project was perceived are aspects of the synergy of different risks to those who are unpredictable, difficult to detect, or for any reason at all not being

detected. Site risk is further complicated because the synergy of risk in this kind of perception multiplies a negative connotation in end outcomes of events. Then the critical modes risks are becoming so complex that their minimization is not possible even through more the interaction. In that sense necessary is based on positive eco-practices and expertise eco analysts define correctional coefficient of risk that ultimately stabilizes the final outcome of the events and it becomes considerably simplified to reduce the threshold level that is acceptable to the potential destruction. Figure 8 gives a partial view of the dynamic eco-plan for the first three weeks of performing the activities of the water pumped from the open pit mine Tamnava West field, RB Kolubara, [17] to [22] and [23] to [27].

## **5. CONCLUSION**

This paper presents a practical example of the realization of non-typical project in mining. It is an undeniable fact that its operationalization brings a number of uncertainties and potential risks in the process of pumping water from a surface mine. At the same time represents an extraordinary plan to protect the environment through monitoring of project implementation and analysis of all environmental aspects. Given all the technical parameters need to pay particular attention to the environment, and accordingly prepare all the necessary documents and records in the office and for the control of realization of such projects. In the near and distant surroundings and environment almost no similar experience and realization of the project is an example of the experience of mining production practices that will serve similar purposes in similar situations if anywhere in the world happens to like the destruction of the aspects of size and scale, not only in mining, but also in other areas. This is a multidisciplinary project with eco specifics and that requires special treatment. This project was created as a result of the circumstances that caused major destruction and the need to remove it before damage occurred. It is necessary to take all preventive and safety measures against flooding, to ensure that the destruction of this type and size do not happen in the near and distant future.

## **Reference**

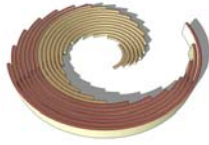
1. Documentation Opinion Institute regarding initiation revitalization Tamnava West Field and PK Great Crljeni after the great flood of May 2014 (Institute for Water Jarosav Černi IRBL, 2014)

2. Bruce W. Mein, Design Safe Engineering, Michigan, USA), [www.desingsafe.com](http://www.desingsafe.com)
3. Internal documentation, RB Kolubara doo, Lazarevac, 2014
4. Internal documentation, the Department for the protection and improvement of the environment, RB Kolubara doo, Lazarevac, 2014
5. [www.hidmet.gov.rs/](http://www.hidmet.gov.rs/), 2014
6. [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org), 2014
7. Guide to meteorological instruments and methods of observation, Technical Report WMO-No. 8. Geneva (Switzerland): World Meteorological Organization (WMO), 680 pp., ISBN 978-92-63-10008-5., 2008
8. Guide to the approximation of European Union environmental legislation, Brussels (Belgium): European Commission, 140 pp., 2012
9. Design safety engineering, inc. Risk Assessment Software, Ann Arbor, MI USA (Internet References), [www.desingsafe.com](http://www.desingsafe.com)
10. ISO 31000:2009 Risk management - Principles and guidelines, Geneva (Switzerland): International Organization for Standardizations (ISO), 24 pp., 2009
11. Karadžić, R.; Vešović, V.; Radosavljević, S.; Derdemez, I.: Aircraft maintenance designing and operational availability, Metalurgia International, Vol. 18, No. 7, pp. 61-66. ISSN 1582-2214., 2013
12. Liyanage, J. P.; Lee, J.; Emmanouilidis, C. and N, J.: Chapter 20: Integrated e-maintenance and intelligent maintenance systems, Handbook of maintenance management and engineering, Edited by Mohamed Ben-Daya, Salih O. Duffuaa, Abdul Raouf, Jezdimir Knežević and Daoud Ait-Kadi, London (United Kingdom): Springer-Verlag London Ltd., pp. 499-546, ISBN 978-1-84882-471-3., 2009
13. Main, W. B.; Cloutier, R. D.; Manuele, A. F. and Bloswick, S. D.: Risk assessment for maintenance work, Working Paper, Arbor (Michigan - USA): Design Safety Engineering Inc., 2005
14. National Strategy of Serbia for the approximation of the environment. Belgrade: Ministry of Environment, Mining and Spatial Planning, - 95 p., 2011
15. Radosavljević, S.; Dašić, P. and Radosavljević, M.: Appendix specifics of risk management in mining, Metalurgia International, Vol. 18, Special Issue No. 8, pp. 59-68, ISSN 1582-2214., 2013
16. Radosavljević, S.; Dašić, P. and Radosavljević, M.: Individual maintenance engineering in energy and mining-based of risk. Metalurgia International, Vol. 18, No. 6, pp. 79-86, ISSN 1582-2214., 2013

17. Radosavljević, S.; Lilić, N.; Ćurčić, S. and Radosavljević, M.: Risk assessment and managing technical systems in case of mining industry, *Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering*, Vol. 55, No. 2, pp. 119-130, ISSN 0039-2480., 2009
18. Radosavljević, S. & Radosavljević, M.: Ecological metrics eco risk, eco controlling in the mining, *Tehnička dijagnostika*, Vol. 10, br. 2, str. 55-61, ISSN 1451-1975., 2011
19. Radosavljević, S.; Radosavljević, M.: FMECA method in mining and energy, process approach, *Tehnička dijagnostika*, Vol. 9, br. 3 str. 17-28, ISSN 1451-1975., 2010
20. Radosavljević, S.; Radosavljević, M.: Coal quality work for green energy to energy efficiency, *Tehnička dijagnostika*, Vol. 10, br. 4 str. 41-48, ISSN 1452-4864., 2011
21. Radosavljević, S.; Radosavljević, M.: Risk assessment in mining industry - Apply management, *Serbian Journal of Management*, Vol. 4, No. 1, pp. 91-104, ISSN 1452-4864., 2009
22. Radosavljević, S.; Radosavljević, M.: Modern models for risk analysis in Serbian mining industry, *Tehnička dijagnostika*, Vol. 8, br. 1, str. 17-24, ISSN 1451-1975., 2009
23. Radosavljević S., Radosavljević M., Contemporary models for risk analysis in the Serbian mining, *Technical diagnostics*, ISSN 1451-1975., Broj 1., Beograd, pp. 17-24, 2009
24. Radosavljević S., Radosavljević M., Risk technical systems: model and software Designsafe 6.0., *International Journal of Software Systems and Tools*, (IJSST), Volume 1, Number 1, pp. 45-53, 2011
25. Todić, D.; Ignjatić, M.; Katić, M. Plavšić, P. (eds.): The competence and capacity of local governments and civil society organizations for the implementation of European standards in the field of environment, *Belgrade: European Movement in Serbia*, 575 p., ISBN 978-86-82391-86-9., 2012
26. Bernd Vels: *Envorinmental and Techno-economic Assesment of PEU Resavica*, 2008
27. Long-term development of Kolubara the 2020th year, *EPS*, 2000







**ANALIZA STABILNOSTI U FUNKCIJI PROMENE  
GEOMETRIJSKIH PARAMETARA KOSINE I POLOŽAJA  
DISKONTINUITETA NA RADNIM KOSINAMA PK GACKO**

**STABILITY ANALYSIS IN FUNCTION OF GEOMETRIC  
PARAMETERS SLOPES CHANGES AND DISCONTINUITIES  
POSITION OF WORKING SLOPES ON OPEN PIT GACKO**

Savić D.<sup>1</sup>, Majstorović J.<sup>2</sup>, Nikolić D.<sup>3</sup>

**Apstrakt**

Ispugalost stenske mase, kako ugljene serije tako i krovinskih sedimenata, vrlo je bitna za stabilnost radnih i završnih kosina površinskih kopova. Hidrodinamičko delovanje podzemnih i atmosferskih voda na stenske mase u vidu hidrostatičkog pritiska, anizotropija vodopropusnosti u vertikalnom pravcu, ne dozvoljava očeđivanje infiltriranih voda, snižavajući na taj način vrednost fizičko-mehaničkih parametara sredine.

Radne kosine su u procesu eksploatacije mineralne sirovine podložne promenama geometrijskih parametara (po visini i nagibu), pa je prilikom analize stabilnosti kosina potrebno uraditi geostatičke proračune u funkciji promene navedenih parametara, za različitu udaljenost

---

<sup>1</sup> Savić Dragana, dipl.ing.geol., Geoining Group, Beograd  
Republike Srbije

<sup>2</sup> Mr Majstorović Jelena, dipl.ing.geol., Univerzitet u Beogradu, Rudarsko geološki  
fakultet, Beograd

<sup>3</sup> Nikolić Dejan, dipl.ing.geol., Geoining Group, Beograd

diskontinuiteta od ivice etaže i promenljiv stepen ovodnjenosti diskontinuiteta. Definisane geometrijskih parametara radnih kosina sa prisutnim diskontinuitetima, značajno je sa aspekta sigurnosti jer obezbeđuju dovoljan faktor sigurnosti za bezbedan rad mehanizacije i ljudstva.

**Ključne reči:** diskontinuitet, geometrijski parametri kosina, analiza stabilnosti kosina

## **Abstract**

Cracking of the rock mass, as coal series and the overlying sediments, is very important for the stability of the working and the final slope surface open pit mines. Groundwater and storm water hydrodynamic action on the rock mass in the form of hydrostatic pressure, permeability anisotropy in the vertical direction, are not allowed drained infiltrating water, thus lowering the value of the physical and mechanical parameters of the environment.

Working slopes are in the process of exploitation of mineral raw materials are subject to geometric parameters changes (height and slope), and when analyzing the stability of slopes should be done geostatic calculations in the function change these parameters, for different distance from the edge discontinuities levels and varying degree watering. Definition of geometric parameters of the present work slope discontinuities, is significant in terms of security because they provide a sufficient safety factor for the safe operation of machanization and employers.

**Keywords:** discontinuity, the geometric parameters of the slope, stability analysis

## **1. DISKONTINUITETI RADNE SREDINE PK GACKO**

Sve neogene jedinice, zajedno sa slojevima uglja, na ležištu Gacko, u potpunosti su pokrivene kvartarnim, više metarski debelim pokrivačem. Svi podaci o ležištu, pa i u strukturno-tektonskom smislu, mogu se dobiti na osnovu istražnih bušotina i inženjerskogeološkim kartiranjem otvorenih etaža površinskog kopa. Na taj način su rekonstruisane osnovne sinklinalne forme. Ubiranje slojeva po osi sinklinalne (talasanje) objašnjava se kao rezultat manjeg ili većeg spuštanja pojedinih delova radi stabilizacije (sabijanja neogena na osnovno gorje). Drugo objašnjenje

se temelji na nejednako dizanje pojedinih blokova, u procesu dijageneze, usled čega se pojavljuju rasedanja i vertikalna pomeranja blokova po dužoj osi.

Na granici Centralnog i Zapadnog polja (prelazno područje) gde se završava PK Gračanica i počinje PK Gacko, prema jugoistoku, utvrđeno je više gravitacionih raseda. Azimuti padnih uglova jasno se koncentrišu u jugoistočnom (144/65) i severoistočnom kvadrantu (300/70). Uočena kretanja (stratigrafski skokovi) su reda veličina nekoliko metara, bez potpunog diskontinuiteta glavnog ugljenog sloja.

U razvoju neogena registrovani su brojni subvertikalni rasedi duž kojih je došlo do kretanja blokova od nekoliko centimetara do nekoliko metara. Duž rasednih površina su često izražene zdrobljene zone širine od nekoliko mm do nekoliko desetina centimetara. Obradom merenih elemenata raseda uočljivo je da su izražena dva sistema raseda, bliska sistemima pukotina.

Neke od pukotina u ugljenom sloju, su kroz geološko vreme, proširene hemijsko – mehaničkim dejstvom vode i pretvorene u kaverne. Razvoj pukotina i kaverni se teško može šematizovati jer je isključivo nepravilan u prostoru.

Primećeno je da u rasednim i pukotinskim zonama dolazi do ispiranja zdrobljene ugljene materije pa se, posebno u plićim delovima ležišta, obrazuju zjapeće pukotine koje predstavljaju provodne i akumulacione zone podzemnih voda. Mestimično propadanje bušačkog pribora pri istraživanjima pa čak i mehanizacije pri eksploataciji, posebno u glavnom ugljenom sloju, pripisuje se upravo fenomenu ispiranja i proširenja tektonski oštećenih zona cirkulacijom podzemnih voda. S obzirom na to, ovakve pojave, vezane za disjunktivne deformacije ograničenog i intenziteta i ekstenziteta, nisu u dosadašnjoj praksi u značajnijoj meri opterećivale sistem odvodnjavanja.

Ispicalost stenske mase, kako ugljene serije tako i krovinskih sedimenata, vrlo je bitna za stabilnost radnih i završnih kosina.

Uticaj oblika pukotine je izuzetno veliki na mogućnost nastanka odrona. Međusobni prostorni odnosi prisutnih pukotina presudno utiču na mogućnost pojave odrona, što se u više navrata i desilo na prostoru južne kosine polja B PK Gračanica. Subvertikalne pukotine (tektonske pukotine), koje u većini slučajeva čine površine odronjavanja, uglavnom pripadaju klasi ravnih ili zatalasanih, a podklasi glatkih do ravnih pukotina (prema kriteriju Komisije za standardizaciju opita ISRM).

Prilikom obrade podataka pukotinskih sistema neophodno je odrediti:

- Genezu pukotine;

- Pripadnost pukotina odgovarajućim familijama ili sistemima (broj familija pukotina);
- Prostorni položaj pukotina;
- Orijentaciju pukotina (pružanje i pad);
- Oblik pukotina;
- Dimenzije pukotina (dužina, širina, kontinuitet i pravilnost);
- Gustinu pukotina (stepen pukotinske izdeljenosti prostora);
- Međusobne prostorne odnose pukotina i njihov odnos prema padini (kosini);
- Postojanje odnosno, učešće otvorenih i stisnutih pukotina;
- Prisustvo pukotinske ispune.

Poznavanje dimenzija diskontinuiteta je takođe značajno, jer od toga u mnogome može da zavisi veličina odrona.

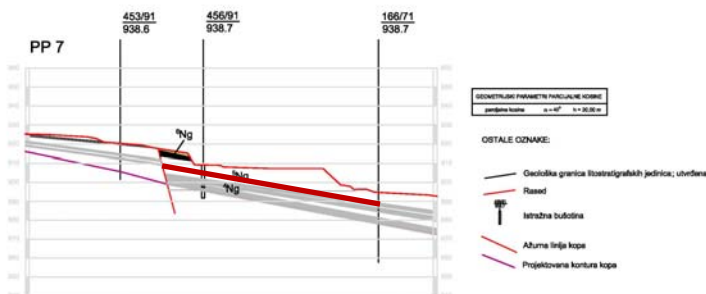
Prisutni rasedi formiraju relativno krupne strukturne blokove. Unutar njih, pukotinama smicanja, masa je dodatno izdeljena u blokove, uglavnom dm reda veličine.

## **2. ANALIZA STABILNOSTI RADNE KOSINE SA PRISUTNIM DISKONTINUITETOM**

Analiza stabilnosti kosina površinskog kopa urađena je za uslove koji će vladati u području eksploatacije, prema tehničko tehnološkim karakteristikama otkopne i transportne mehanizacije, a na osnovu fizičko-mehaničkih svojstava radne sredine. Urađena je na izabranim inženjerskogeološkim profilima, usvajanjem fizičko-mehaničkih parametara radne sredine

Stanje podzemnih voda je promenljivo u vremenu i prostoru i veoma značajno za nastanak i razvoj svih savremenih geodinamičkih procesa na kosinama tehnoloških profila. Hidrodinamičko delovanje podzemne, odnosno atmosfere vode na stenske mase, u vidu hidrostatičkog pritiska, anizotropija vodopropusnosti u vertikalnom pravcu, ne dozvoljava očeđivanje infiltriranih voda, snižavajući na taj način vrednost fizičko-mehaničkih parametara.

Prilikom analize stabilnosti za analiziran tehnološki profil PP-7, prikazan je prostorni položaj diskontinuiteta i dominantan uticaj izdvojenih slojeva lako gnječivih, visokoplastičnih zelenih i ugljevitih glina (Slika 1).



Slika 1. Inženjerskogeološki presek terena za tehnološki profil PP-7 sa diskontinuitetom

Za utvrđeno stanje ispucalosti i stabilnosti, izvršili smo analizu kinematske mogućnosti smicanja stenske mase duž jednog pukotinskog sistema za profil PP-7, primenom programskog paketa Roc Plane v.2.0., koji se zasniva na rešavanju problema granične ravnoteže izračunavanjem faktora sigurnosti za linearni kriterijum loma.

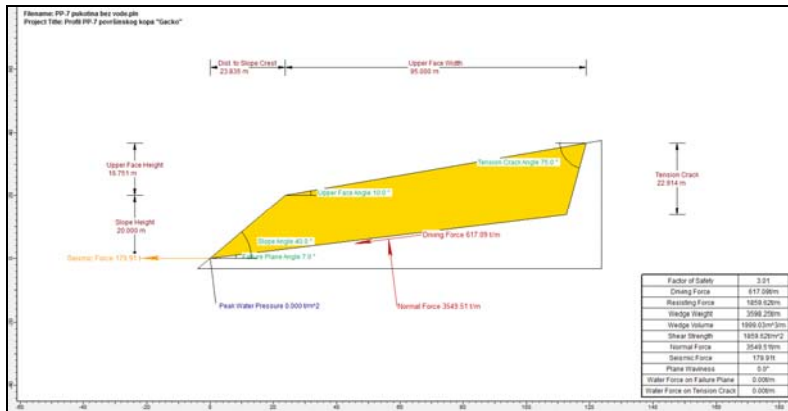
U analizi stabilnosti kosina uzeto je u obzir prostiranje talasa, izazvanih zemljotresom, u najnepovoljnijem pravcu, tj. upravno na čelo kosine, a usvojeni koeficijent seizmičnosti iznosio je  $K_s = 0.05$ .

### 3. REZLTATI GEOSTATIČKIH PRORAČUNI DUŽ INŽENJERSKO-GEOLOŠKOG PRESEKA - PROFIL PP-7

Na osnovu inženjerskogeološkog *profila PP-7* urađen je geotehnički model (Slika 2. i 3) za analizu stabilnosti parcijalne kosine sa prisutnim rasedom na njoj (Slika 1).

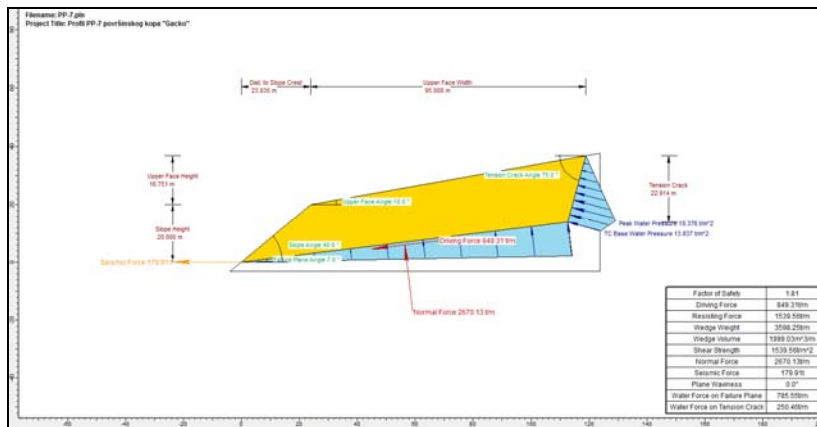
Analiza stabilnosti je urađena za dva slučaja. U prvom slučaju je analizirana kosina sa prisutnim subvertikalnim diskontinuitetom ( $75^\circ$ ), koji je 95 m udaljen od ivice etaže i bez uticaja pornog pritiska. Usvojen nagib slojevitosti u ovom delu profila je  $7^\circ$ .

Pri ovom proračunu dobijena je visoka vrednost faktora sigurnosti  $F_s = 3.013$  (Slika 2).



Slika 2. Tehnološki profil PP-7 sa diskontinuitetom bez vode

U drugom slučaju je analizirana kosina sa nagibom slojevitosti od 7°, prisutnim subvertikalnim diskontinuitetom (75°), koji je 95 m udaljen od ivice etaže i potpuno ispunjen vodom.



Slika 3. Tehnološki profil PP-7 sa diskontinuitetom ispunjenim vodom

Pri ovom proračunu dobijena je vrednost faktora sigurnosti  $F_s = 1.80$  (Slika 3). Na Slici 3, jasno se vidi veličina hidrostatičkog pritiska koji je posledica postojanja raseda, kao i anizotropije vodopropusnosti u vertikalnom pravcu.

Zbog prisutnog diskontinuiteta na kosini, pored trenutne geometrije kosine, analizirane su kosine različitih nagiba, visine i udaljenosti diskontinuiteta od ivice etaže, pri maksimalnoj zavodnjenosti. Rezultati proračuna prikazani su u Tabeli 1.

Tabela 1. Rezultati proračuna

Nagib kosine (°)	Visina kosine (m)	Udaljenost raseda od ivice etaže (m)	Faktor sigurnosti (Fs)
40	30	10	1.248
	30	20	1.378
	30	30	1.468
	25	10	1.372
	25	20	1.509
	25	30	1.589
	20	10	1.552
	20	20	1.694
	20	30	1.768
50	30	10	1.054
	30	20	1.244
	30	30	1.362
	25	10	1.172
	25	20	1.374
	25	30	1.491
	20	10	1.344
	20	20	1.555
	20	30	1.669
60	30	10	0.870
	30	20	1.125
	30	30	1.277
	25	10	0.991
	25	20	1.259
	25	30	1.409
	20	10	1.160
	20	20	1.444
	20	30	1.589

#### 4. ZAKLJUČNI KOMENTAR

Analizirana parcijalna kosina trenutne geometrije ( $\alpha_g = 40^\circ$  i  $h = 20$  m) zadovoljava bezbedan rad. Međutim, kako su radne kosine u procesu eksploatacije, podložne promenama i po visini, kao i nagibima, urađeni su i dodatni proračuni u funkciji promene navedenih parametara za različitu udaljenost diskontinuiteta od ivice etaže.

U Tabeli 1 su markirani nepovoljni geometrijski parametari radnih kosina koji ne obezbeđuju dovoljan faktor sigurnosti za bezbedan rad, o čemu treba voditi računa ako se u procesu proizvodnje izmene geometrijski parametari kosina u blizini utvrđenog raseda na ovom profilu.

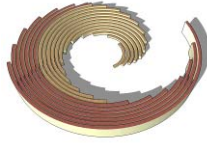


## Zahvalnica

Ovaj rad je rezultat projekata koje finasira Ministarstvo za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije: TR33039 „Unapređenje tehnologije površinske eksploatacije lignita u cilju povećanja energetske efikasnosti, sigurnosti i zaštite na radu“ i TR36014 Geotehnički aspekti istraživanja i razvoja savremenih tehnologija građenja i sanacija deponija komunalnog otpada.

## LITERATURA

1. Lapčević R., Pavlović N., Vujanić V., Istraživanje i sanacija padina i kosina u čvrstim masama, Istraživanje i sanacija klizišta, II simpozijum, Donji Milanovac, 1995
2. Lokin P., Ćorić S., Metodologija istraživanja klizišta, Istraživanje i sanacija klizišta, II simpozijum, Donji Milanovac, 1995
3. Savić D., Elaborat o rezultatima detaljnih geoloških i inženjerskogeoloških istraživanja područja izdanačke zone uglja severozapadnog dela polja B na površinskom kopu Gračanica – Gacko - knjiga II – Inženjersko-geološki deo, Geoin Group, Beograd, 2009
4. Savić D., Elaborat o rezultatima detaljnih geoloških, hidrogeoloških i inženjersko-geoloških istraživanja prelaznog područja između PK Gračanica i budućeg PK Gacko, knjiga IV - Inženjersko-geološki deo, 2006
5. Savić D., Završni izveštaj o inženjerskogeološkim i geomehaničkim istraživanjima i ispitivanjima centralnog polja na površinskom kopu, 2009
6. Sunarić D., Nastanak i razvoj klizišta, Istraživanje i sanacija klizišta, II simpozijum, Donji Milanovac, 1995
7. Vasiljević M., Hidrogeološki uslovi i veličina ovodnjenosti PK Gračanica za potrebe racionalne eksploatacije lignita, magistarska teza, 1988



**TEHNOLOGIJA OTKOPAVANJA I ODLAGANJA OTKRIVKE  
USLOVLJENA DINAMIKOM OTKOPAVANJA UGLJA NA  
POVRŠINSKOM KOPU RAŠKOVAC, STANARSKOG  
UGLJENOG BASENA**

**TECHNOLOGY OF REMOVAL AND DUMPING OF WASTE  
CAUSED BY DYNAMIC OF COAL MINING AT THE OPENCAST  
MINE RAŠKOVAC OF THE STANARI COAL BASIN**

Stojaković M.<sup>1</sup>, Jakovljević I.<sup>2</sup>

**Apstrakt**

Dinamika otkopavanje uglja i otkrivke na površinskom kopu Raškovac stoje u srazmeri 1:7. Posledica je otkrivanje velike količine uglja spremnog za eksploataciju. Međutim sa druge strane ne stvara se dovoljno prostora za smeštaj otkrivke u unutrašnje odlagalište. U ovom radu je prikazan način rešavanja ovog problema.

***Ključne reči:*** otkopavanje uglja, odlaganje otkrivke, unutrašnje odlagalište

**Abstract**

The dynamics of the coal mining at the Raškovac open pit stands at

---

<sup>1</sup> Stojaković Milan, dipl.inž.rud., EFT-Rudnik i termoelektrana Stanari, Republika Srpska

<sup>2</sup> Dr Jakovljević Ivica, dipl.inž.rud., EFT-Rudnik i termoelektrana Stanari, Republika Srpska

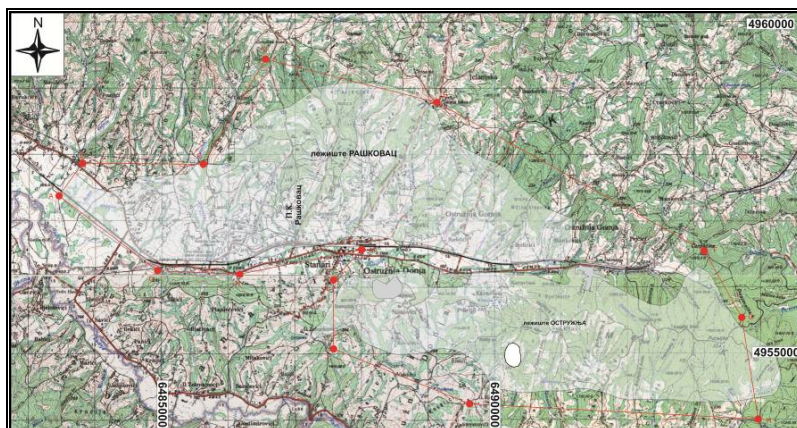
1 to 7. Consequently, large quantities of coal ready for exploitation have been discovered. On the other hand, the space made to accommodate the overburden inside dump is not sufficient. This paper presents a way of solving this problem.

**Keywords:** coal excavation, excavation of overburden, inside dump

## 1. GOGRAFSKO-EKONOMSKE KARAKTERISTIKE ISTRAŽNOG PROSTORA

Ugljonosni basen Stanari nalazi se na oko 27 km zapadno od Doboja, na području planine Krnjin između reke Ukrine, Usore i Bosne. Produktivni ugljonosni sedimenti prostiru se na površini oko 50 km<sup>2</sup> sa dužom osom u pravcu Z-I. Vezu sa ostalim većim mestima ostvaruje preko regionalnog puta Doboj-Prnjavor-Banja Luka. Železničkom prugom koja prolazi kroz središnji deo stanarskog ugljenog basena, rudnik je povezan sa Dobojem i okolnim mestima. Kroz ugljonosni basen Stanara protiče rečica Ostružnja koja deli ugljonosni basen Stanara na *Severni i Južni ugljonosni blok*. *Severni deo basena*, je ležište Raškovac, a *Južni ugljonosni blok* stanarskog basena je ležište Ostružnja.

Na Slici 1 prikazana je topografska karta šireg područja Stanara sa prikazanim konturama eksploatacionog polja Stanari i položajem ležišta Raškovac i Ostružnja.



*Slika 1. Pregledna topografska karta šireg područja Stanara sa prikazanim položajem eksploatacionog polja i ležišta Raškovac i Ostružnja*

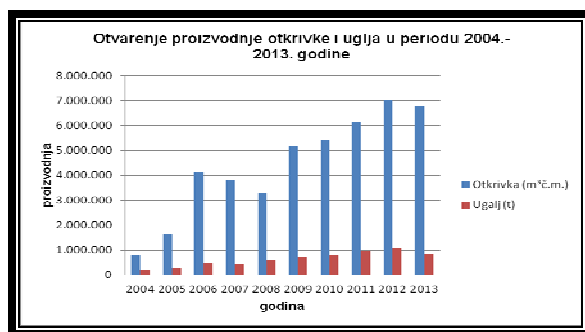
*(izvor: TK : Derventa 424-2-3, 424-2-4, 424-4-1 i 424-4-2.)*

Najraniji geološki podaci o pojavama uglja u stanarskom basenu potiču od *Katzera* početkom XX-og veka. Osnovna geološka istraživanja vršena su u više etapa i to u periodu 1950.-1957. godina i 1963.-1967. godina. Dalji istražni radovi nastavljani su u periodu 1971.-1977. i 1989.-1990. godina. Svim istražnim radovima, koji su uglavnom bili izvedeni u centralnom delu severnog dela basena i severnom delu južnog dela basena, dobijen je različit stepen istraženosti rezervi uglja u stanarskom basenu.

Otkopavanje uglja započeto je 1948. godine površinskim kopom u ležištu Raškovac. Na jamsku eksploataciju prešlo se 1955. godine, koja je trajala do 1975. godine u severnom delu basena (jame I, II, III i IV). Od 1974. godine proizvodnja uglja usmerena je na površinsku eksploataciju, kada je otvoren PK Raškovac koji radi i danas. U Tabeli 1 i grafiku na Slici 2 prikazana je proizvodnje otkrivke i uglja u periodu 2004.-2013. godina.

Tabela 1. Proizvodnje otkrivke i uglja u periodu 2004.-2013. godina

Godina	Ugalj	Jalovina
	(t)	(čm <sup>3</sup> )
2004.	198.220	778.359
2005.	268.575	1.618.397
2006.	512.115	4.130.856
2007.	429.684	3.802.565
2008.	600.803	3.279.775
2009.	713.951	5.149.962
2010.	794.365	5.423.056
2011.	927.755	6.157.775
2012.	1.087.928	7.036.559
2013.	852.930	6.778.523
<b>Ukupno</b>	<b>6.386.326</b>	<b>44.155.827</b>



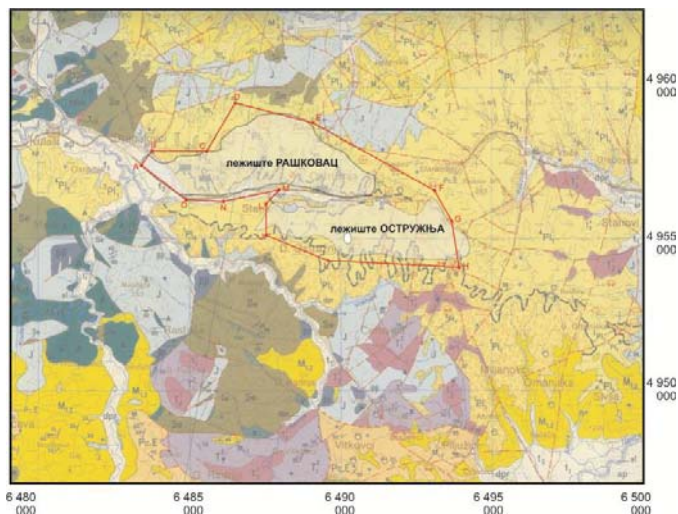
Slika 2. Grafik ostvarene proizvodnje po godinama

Današnja proizvodnja uglja se obavlja se diskontinualnim načinom (hidrauličnim bagerima). Transport uglja do separacije obavlja se kamionima Kamaz. Celokupna proizvodnja uglja plasira se drugim licima, ali je u fazi izgradnje nova TE Stanari snage 300 MW, koja će se ugljem snabdevati iz rudnika stanarskog basena. Pored PK Raškovac ugalj se otkopava i na lokaciji kopa Dragalovci koji je u sastavu ležišta Raškovac.

Otkopavanje otkrivke obavlja se BTO sistemom. BTO sistem čine rotorni bager C-700 i bager dreglajn EŠ 5/45, dva etažna transporter - jedan vezni, a drugi odlagališni transporter i odlagač. Odlaganje otkrivke se vrši u unutrašnje odlagalište.

## 2. GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA UGLJA

Ležište Raškovac kao i šira okolina, izgrađeno je od stena različitog litološkog sastava. Ugljonosna pontska serija leži transgresivno preko paleoreljefa. Na Slici 3 je prikazana pregledna geološka karta.



*Slika 3. Pregledna geološka karta  
(Izvor: OGK List Derventa, 1:100,000)*

Na osnovu rezultata geoloških istraživanja, utvrđeno je da ležište Raškovac grade sledeći litološki članovi, počev od površine terena:

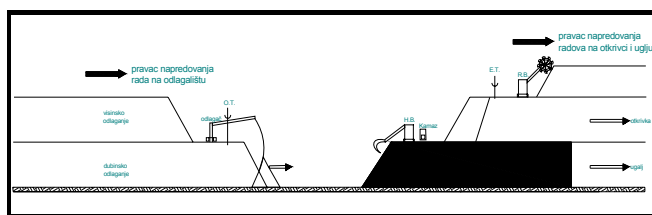
- Sedimenti kvartara,
- Povlata ugljenog sloja,
- Ugljeni sloj,



basen grade klastični i organogeni sedimenti u okviru pontskih tvorevina. Jalovinu u ležištu predstavljaju sedimenti povlate i međuslojne jalovine, neujednačene debljine.

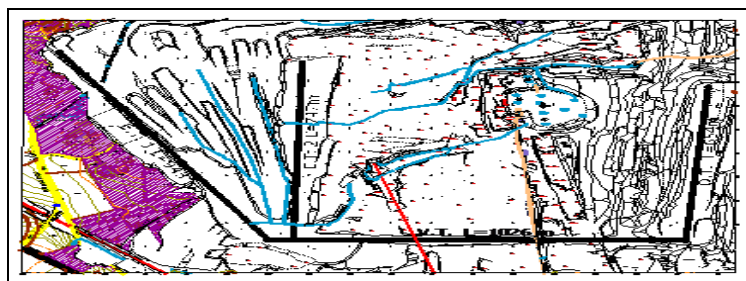
### 3. OTKOPAVANJE, TRANSPORT I ODLAGANJE OTKRIVKE

Do dolaska kompanije EFT-Rudnik i termoelektrana Stanari d.o.o., rudnik Stanari prošao je kroz mnogo faza rada. S obzirom na činjenicu da je prošao kroz ratne i posleratne uslove, proizvodnja uglja i otkrivke bila je simbolična. Velikim investicionim ulaganjima u revitalizaciju i kupovinu nove opreme posle samo par godina rudnik je započeo sa profitabilnim radom. Današnja tehnologija otkopavanja otkrivke je kombinacija kontinualnog i diskontinualnog načina rada. Na Slici 6 prikazano je postojeće stanje na otkopavanju, transportu i odlaganju otkrivke.



Slika 6. Konvencionalni uobičajeni način rada (tehnološka šema)

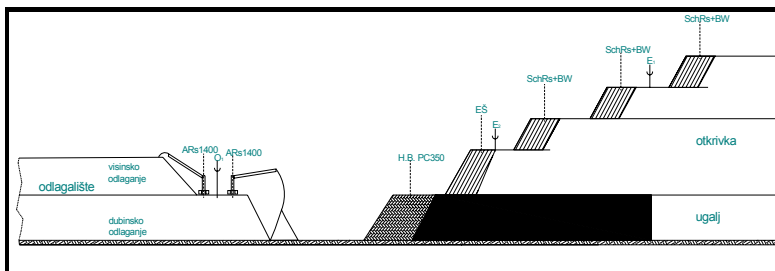
Otkrivka se otkopava BTO sistemom i dreglajnom EŠ 5/45. Jalovinska etaža podeljena je po visini na 4 glavne etažne ravni na kojima su locirana dva etažna transportera E-1 i E-2.



Slika 7. Deo situacione karte PK Raškovac sa položajem transportnog sistema

Oznake transportera sa trakom prikazanih na delu situacione karte PK Raškovac su sledeće:

T-1 - etažni transporter 1  
 ET-2 - etažni transporter 2  
 V.T. - vezni transporter  
 O.T. - odlagališni transporter



Slika 8. Tehnološka šema rada

Oprema:

Rotorni bager SchRs 700/1,4\*15

Odlagač ARs 1400/25+35\*14

Samohodni transporter BRs 1400/17.5+32.5\*15.

Bager dreglajn EŠ 5/45

Hidraulični bager PC 350 LC-8 (Komatsu)

Transporteri sa trakom širine B = 1400 (4\*315 KW)

Rotorni bager otkopava otkrivku na oba transportera naizmenično radeći pri tome u visinskim i dubinskim blokovima (Slika 8). Dubinske partije otkrivke neposredno iznad krovine uglja otkopava dreglajn EŠ 5/45 i utovara u koš (dodavač), koji materijal dalje utovara na etažni transporter E-2.

Otkopavanje dela otkrivke koji ostaje na perifernim delovima kopa, kao i međuslojnoj jalovini otkopava, transportuje diskontinualna mehanizacija. Ova se mehanizacija sastoji od dva hidraulična bagera tipa Komatsu 1250 i 12 kamiona tipa Belaz.

Otkopavanje uglja vrši se hidrauličnim bagerima Komatsu tipa PC 350 i PC 360. Transport uglja do drobilane vrši se kamionima Kamaz 6520.

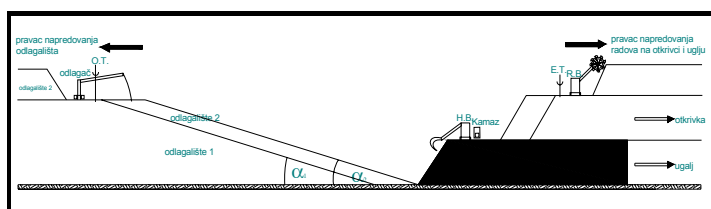
Kako se iz izveštaja o proizvodnji uglja i otkrivke vidi, proizvodnja uglja je reda veličine milion tona, dok se godišnje otkopa i odloži oko 7 miliona m<sup>3</sup> otkrivke i međuslojne jalovine. Obzirom da je koeficijent otkrivke 2,1 front napredovanja radova na otkrivci znatno brže napreduje nego front radova na uglju.

Posledica ovakve dinamike je da trenutno ima oko 7 miliona tona otkrivenog uglja, što je dovoljno za sedam godina rada pri ovoj dinamici proizvodnje uglja, ili oko 3,5 godina proizvodnje, kada se termoelektrana

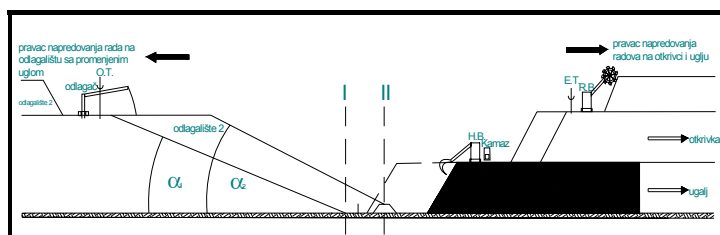


bude snabdevala ugljem. Ovaj trend će se nastaviti do kraja eksploatacije ležišta Raškovac. Međutim, pored dobre strane ovakvog rada postoji i problem odlaganja otkrivke zbog zaostajanja fronta radova na uglju u odnosu na napredovanje unutrašnjeg odlagališta. Zbog toga je tehnologija odlaganja otkrivke u unutrašnje odlagalište nešto promenjena u odnosu na klasična rešenja.

Problem je nastao onda kada su kapaciteti otkopne opreme na otkrivci i međuslojnoj jalovini značajno povećani. U isto vreme proizvodnja uglja je ostala na oko 1 milion tona godišnje. Zbog debalansa u napredovanju frontova radova na uglju i odlagalištu, način odlaganja je nešto drugačiji nego što je uobičajeno. Odlaganje otkrivke obavlja se u suprotnom pravcu od pravca napredovanja fronta na uglju, uz stalno izdizanje. Način odlaganja uglja je prikazan na Slikama 9 i 10.



Slika 9. Tehnološka šema odlaganja masa na PK Raškovac



Slika 10. Rekonstrukcija odlagališta sa promenom ugla kosine odlagališta

Na ovaj način postignuto je da front odlaganja ne napreduje ka nožici uglja što omogućava pouzdan rad na otkrivci kao i veća ukupna visina odlagališta uz povećanu stabilnost. Negativna strana je povećan obim radova zbog stalnog izdizanja odlagališta kao i uspon odlagališnog transportera sa trakom. Ovaj način odlaganja koristi se i onda kada nije moguće postići stabilnost unutrašnjeg odlagališta koji inače ugrožava nožicu ugljene etaže. Međutim ukoliko pak dođe do klizanja odlagališta posledice su znatno ozbiljnije upravo zbog znatno veće visine. Zbog toga

je ovaj način odlaganja iznuđeno rešenje. Pri tome treba oprezno izabrati maksimalnu visinu jer je klizanje ovakvog odlaganja vrlo opasno (klizanje unutrašnjeg odlagališta Polja B u Kolubari).

Proces odlaganja zahteva česte rekonstrukcije, što poskupljuje rad. Rekonstrukcije se obično izvode tokom godišnjeg remonta, tako da nema gubitka raspoloživog vremena rada. Međutim, nekih dobrih osobina ovakvog odlaganja postoje tehnička ograničenja, koja na kraju dovode do prestanka rada na odlaganju otkrivke ukoliko se ne uspostavi balans u napredovanju fronta radova na uglju i otkrivci. Dakle, ovaj način odlaganja je vremenski ograničen.

Krajem 2013. godine površinski kop Raškovac je završio ciklus odlaganja, posle čega je bilo potrebno izvršiti sledeću rekonstrukciju. Prostor između nožice uglja i odlagališta pomerio se manje od 50 m. To je značilo da će sledeća rekonstrukcija biti za godinu, ili manje ukoliko se nešto ne promeni. Generalni ugao odlagališta bio je od  $6^{\circ}$  -  $9^{\circ}$ . Međutim spoljna figura odlagališta pri maksimalnoj visini imala je uglove i do  $20^{\circ}$ , bez znakova klizanja. Pored toga otkrivka se sastoji uglavnom od peskova, čiji je ugao slobodno formirane kosine oko  $40^{\circ}$  (do  $43^{\circ}$ ). Zbog toga je izvršena naknadna analiza geomehaničkih parametara, a potom i novi proračun stabilnosti, koji je pokazao da se ugao kosine može povećati do  $14^{\circ}$ . To je omogućilo smeštaj dvostruko veće količine otkrivke. Ukoliko termoelektrana bude završena prema planu do kraja 2015. godine, neće biti potrebno redukovati otkopavanje otkrivke.

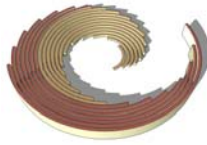
#### **4. ZAKLJUČAK**

Površinski kopovi uglja često menjaju načine rada zavisno od ležišnih uslova ali i uslova okruženja (poslovnog) u kojima rade. Tako je eksploatacija uglja u stanarskom basenu započeta površinskim načinom rada, zatim se prešlo na jamsku (podzemnu eksploataciju), pa opet na površinsku. Rudnik je, kao i cela država i okruženje, prošao kroz težak period rata, a zatim oporavka, odnosno privatizacije. Nivo proizvodnje uglja i otkrivke uvek je zavisio od spoljnih uslova. Na sreću danas imamo stabilnu situaciju sa neuobičajenim odnosom količine otkopane otkrivke i uglja. Otkrivenog uglja ima za oko sedam godina rada, a pri ovom nivou proizvodnje ima ga za oko 3,5 godina rada buduće termoelektrane. Ovakva situacija omogućena je izborom specifičnog načina odlaganja.

#### **Literatura**

1. Tehnička dokumentacija PK Raškovac





**METODE VREDNOVANJA I KRITERIJUMI KOD IZBORA  
MODELA ZA SELEKCIJU INVESTICIONIH PROJEKATA**

**METHODS OF MODEL CHOICE ASSESSMENT AND CRITERIA  
FOR INVESTMENT PROJECTS SELECTION**

Stojanović C.<sup>1</sup>

**Apstrakt**

Pravilan izbor investicionih projekata je jedna od najbitnijih stavki u dugogodišnjoj borbi svake organizacije za opstanak u turbulentnim uslovima okruženja. Proces selekcije ili izbora projekata koje organizacija treba da realizuje predstavlja kontinualno procjenjivanje projekata ili grupe projekata, i odabir onih projekata koji će biti u skladu sa strategijom preduzeća. Ovakav sistematičan proces može da bude primijenjen na bilo koju oblast poslovnog djelovanja organizacije kada se vrši odabir između više alternativa.

Osnovni cilj ovog rada je opšti prikaz nekih, najčešće korišćenih metoda vrednovanja i kriterijuma, kod izbora modela prilikom selekcije projekata kao i primjeri njihove upotrebe i animiranje šire stručne javnosti u cilju razvoja modela koji bi omogućio adekvatnu i stručnu selekciju projekata sa posebnim akcentom na površinsku eksploataciju ležišta mineralnih sirovina.

***Ključne reči:*** Projekat, model, kriterijumi, selekcija

---

<sup>1</sup> Mr Cvjetko Stojanović, dipl. ing. rud., ZP RiTE Ugljevik a.d., Ugljevik

## **Abstract**

Proper selection of investment projects is one of the most important items in a long struggle for the survival of any organization in a turbulent environment conditions. Selection process or the selection of projects that the organization is required to realize, means the continuous assessment of project or group of projects, and selection of those that will be in line with corporate strategy. Such a systematic process can be applied to any area of the organization business activity when is carried out selection among several alternatives.

The main objective of this paper is a general review of some, the most commonly used valuation methods and criteria in the selection of the model for the selection of projects and examples of its use and the broader professional community animation with the aim to develop a model that would provide adequate and professional selection of projects, with particular emphasis on the surface mining of raw mineral deposits.

**Keywords:** project, model, criteria, selection

## **1. UVOD**

U procesu upravljanja projektima koriste se razne metode vrednovanja i kriterijumi, odnosno alati i tehnike kojima se vrši selekcija projekata sa osnovnim ciljem da se izmjere razlike i koristi potencijalnih projekata kako bi organizacija odabrala najkorisnije alternative, odnosno odbacila one manje korisne. Sam izbor metode vrednovanja i kriterijuma za selekciju prvenstveno zavise od donosioca odluka, a to je najčešće od strane najviših rukovodioca. Savremene organizacije, obično, imaju sopstvene metode za selekciju i rangiranje projekta shodno svojim projektnim zahtjevima, odnosno organizacionoj strukturi.

Metode selekcije projekata odnose se na mjerenje prednosti i koristi nekog projekta za organizaciju koja ga sprovodi, odnosno mjere ukupnu vrijednost koju određeni proizvod, usluga ili drugi projektni rezultat može imati za organizaciju.

Najčešće veličine koje se mjere pri selekciji i rangiranju projekata predstavljaju faktore kao što su: Tržišno učešće, finansijska korist, povraćaj investicije, itd.

## **2. VRSTE METODA SELEKCIJE PROJEKATA**

Prema PMI (*Project management institute*) standardu postoje dve

vrste metoda selekcije: Metode mjerenja koristi i matematički modeli. Ove metode su poznatije kao modeli odlučivanja i metode računanja. Modeli odlučivanja ispituju različite kriterijume koji se koriste pri donošenju odluka, dok metode računanja omogućavaju izračunavanje vrijednosti projekta pri selekciji.

Kada se organizacija opredjeljuje za model na osnovu kojeg će vršiti selekciju projekata, najvažniji kriterijumi su:

- *Realnost* - Model mora da odražava situaciju u kojoj se nalazi menadžer kada donosi odluku, uključujući ciljeve organizacije kao i njenih menadžera.
- *Sposobnost* - Model mora da bude takav da može da se odnosi na viševremenske periode, da može da simulira razne situacije.
- *Fleksibilnost* - Model mora da sadrži pouzdane podatke i da ima mogućnost brzog prilagođavanja uslovima koji nastaju na terenu.
- *Jednostavnost za upotrebu* – Model mora da bude jednostavan za korišćenje i to takav da mu ne treba puno vremena da se pokrene i da prikaže podatke.
- *Trošak* - Prikupljanje podataka za analizu i njegovo modelovanje mora da bude nisko u odnosu na trošak projekta, a naravno manje od njegovih benefita.
- *Lako računarska interpretacija modela* - Model mora biti takav da može da se lako procesira na računaru i da njegovi podaci mogu lako da se čuvaju u memoriji računara.

Organizacije koje razmatraju mogućnosti realizacije velikih i kompleksnih projekata prvenstveno koriste tehniku matematičkog modeliranja. Matematički modeli imaju unaprijed definisane korake kod rješavanja određenih problema pri čemu koriste algoritme, linerano, dinamičko i višeciljno programiranje.

Za razumijevanje, izradu i korišćenje ovih modela potrebna su znanja iz raznih oblasti kao što su matematika, informatika, statistika, tehnika, i ekonomija itd.

Ponajviše iz navedenih razloga većina organizacija, u procesu selekcije, odlučivanja i odobravanja projekta koristi metode mjerenja koristi. Ove metode koriste razne analize i upoređenja kako bi se donijela prava odluka kada je u pitanje izbor i odobrenje projekata.

Mnoge organizacije koriste ove modele u situacijama kada postoji više alternativa ponajviše iz razloga jer koriste relativno jednostavnu tehniku. Rukovodioci najprije definišu kriterijume za selekciju kao što su: Očekivani profit, učešće na tržištu, uslovi proizvodnje proizvoda i davanja usluga, itd. Nakon toga se svakom od kriterijuma dodjeljuje ponder u zavisnosti od procene njegove važnosti, a zatim se svaki

projekat ocijeni po zadatim kriterijumima. Obično se koristi skala u rasponu od 1-10, u skladu sa očekivanim učinkom konkretnog kriterijuma, gdje najviša ocjena predstavlja najpovoljniju, a najmanja najnepovoljniju opciju. Sledeći korak je da se ocjene svakog kriterijuma pomnože sa vrijednošću pondera kako bi se dobio konačan rezultat. Na osnovu ovog rezultata vrši se konačno rangiranje projekata.

### **3. TIPOVI MODELA ZA SELEKCIJU PROJEKATA**

Postoje dva osnovna modela za selekciju projekata koji su našli najširu primenu, nenumerički i numerički. Veliki broj organizacija koriste oba tipa u isto vrijeme ili koriste modele koji su kombinacija ova dva tipa. Nenumerički modeli, kao što im ime govori ne koriste brojeve kao ulazne podatke. Numerički modeli koriste brojeve kao ulazne podatke, ali oblast mjerenja može biti objektivna ili subjektivna.

#### **3.1. Nenumerički modeli**

*Žrtveno jagnje.* Ovakvi projekti često nemaju nikakve veze sa analizom i više su proizvod želja najvišeg rukovodstva. Osnovna namjera kod ovakvih projekata je da se postigne konkurentna prednost ali bez detaljne analize specifičnosti njihove realizacije. Upravo iz navedenih razloga su i dobili ovakav naziv jer su često *žrtvovani* projekti i kao takvi održavaju se sve dok rukovodilac ne prepozna da je projekat neuspješan i ne riješi da ga ukine.

*Operativna potreba.* Ovakvi projekti se nameću kao potreba organizacije, njihova isplativost se mnogo ne analizira, već se pristupa njihovoj realizaciji jer će posledice, ako se projekat ne završi biti katastrofalne.

*Konkurentna potreba.* Ovakvi projekti se procesiraju kada je organizaciji neophodan projekat koji će joj vratiti ugled ili poziciju koju je organizacija imala na tržištu. Za ovakve proizvode nije uvijek potrebna neka posebna analiza profitabilnosti. Donosioci odluka mogu da se ponašaju u skladu sa njihovim ubjeđenjima kako će ovakvi projekti imati uticaj na sistem.

#### **3.2. Numerički modeli**

Kao što je ranije rečeno, veliki broj organizacija koristi modele za analizu projekata i njihovu selekciju bazirano na profitu i profitabilnosti. U tekstu koji slijedi dati je kratak opis najčešće korišćenih modela za

analizu projekta sa nekim primjerima.

### 3.2.1. Cost-Benefit analiza

Jedan od najčešće korišćenih metoda mjerenja koristi je upravo Cost –Benefit analiza. Kao što samo ime govori metoda je bazirana na upoređivanju troškova i koristi koji se očekuju od projekta, a samo projekti kod kojih ukupne koristi nadmašaju ukupne troškove uzimaju se u dalju analizu.

### 3.2.2. Period povratka uloženog novca (*Payback period*)

Period povratka uloženog novca je količnik početne investicije i pretpostavljenog priliva (dobiti) novca od samog projekta. On predstavlja vremenski period za koji će se investiciona ulaganja vratiti. Ovakav tip proračuna je veoma jednostavan i predstavlja proračun koji nije uzeo u obzir sve faktore okruženja, tako da mora da bude dopunjen nekom metodom, da bi bio validan.

### 3.2.3. Stopa povratka uloženog novca (*Rate of Return/ROI*)

Ovakav tip analize se često koristi u ekonomskoj nauci, ali je jako primjenljiv na projekte jer on treba da ukaže koliko je investicija zaradila ili koliko je na investiciji izgubljeno novca. Ovakvim pristupom se lako vidi koliko će projekat prihodoovati u odnosu na novac koji je na njega potrošen, odnosno predstavlja količnik neto priliva od projekta i vrijednosti investicije.

### 3.2.4. Neto sadašnja vrijednost (*Discounted Cash Flow*)

Neto sadašnja vrijednost pripada grupi kriterijuma koji se formiraju uz pomoć tehnike diskontovanja novca. Pod kriterijumom neto sadašnje vrijednosti podrazumijevamo sumu diskontovanih neto priliva koji se ostvare u periodu eksploatacije investicije (ukupan vijek trajanja investicije).

Ovaj kriterijum za ocjenu projekta se dobija prema formuli:

$$NPV(\text{project}) = A_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

NPV - Neto sadašnja vrijednost za projekat;

$F_t$  - Priliv novca u vremenskom periodu;



k - Potrebna stopa povratka novca, i  
A<sub>0</sub> - Početna suma investiranog novca (zato što je odliv novca, biće negativan broj).

### 3.2.5 Interna stopa povrata (IRR)

Interna stopa povrata (*Internal Rate of Return-IRR*) ili interna stopa prinosa po definiciji je stopa koja sadašnju vrijednost projekta svodi na nulu. To praktično znači da bi se izračunala IRR neophodno je naći diskontnu stopu koja će izjednačiti sadašnju vrijednost očekivanih troškova sa sadašnjom vrijednošću očekivanih koristi. Ukoliko je neto sadašnja vrijednost projekta pozitivna, jasno je da će ova stopa biti veća od diskontne stope.

Interna stopa povrata projekta izračunava se metodom pokušaja i greške. Pretpostavi se jedna diskontna stopa i na osnovu nje se izračuna neto sadašnja vrijednost projekta. Ako se dobije pozitivna vrijednost, postupak se nastavlja tako što se diskontna stopa povećava sve do momenta dok se ne dobija negativna neto sadašnja vrijednost projekta, zatim se interpolacijom u okviru ove dvije diskontne stope traži interna stopa povrata koja neto sadašnju vrijednost projekta svodi na nulu.

Formula za interpolaciju:

$$IRR = d_p + (d_n - d_p) \frac{NPV_p}{(NPV_p - NPV_n)}, \text{ gdje su:}$$

d<sub>p</sub> - diskontna stopa koja daje pozitivnu neto sadašnju vrijednost projekta

d<sub>n</sub> - diskontna stopa koja daje negativnu neto sadašnju vrijednost projekta

NPV<sub>p</sub> - Pozitivna neto sadašnja vrijednost projekta

NPV<sub>n</sub> - Negativna neto sadašnja vrijednost projekta

### 3.2.6. Ostali numerički modeli

Navedeni, i u kratkim crtama opisani modeli, samo su neki koji se koriste u numeričkoj analizi investicionih projekata. Ukupan broj numeričkih modela je znatno veći kao što su:

- Indeks profitabilnosti
- Pacifiko metod
- Dinov metod profitabilnosti
- Kriterijum anuiteta
- Kriterijum relativne stope rentabilnosti

Kada se sagledaju numerički modeli koji su bazirani na profitabilnosti, isplativosti i sl. ono što se može uočiti je da se ovakvi

modeli bave samo jednim kriterijumom. Ovakav pristup je dobar kada je jedan kriterijum dovoljan, ali kada to nije slučaj moraju se uzeti modeli vrednovanja koji uvažavaju mnogo veći broj oblasti za analizu.

#### 4. BESTEŽINSKI MODELI VREDNOVANJA

Ovakvi modeli koriste se kada organizacija ima potencijalni portfolio (portfelj) projekata i kada je dovoljno biti isključiv u ocjeni mogućnosti projekata. Ovi modeli nisu dovoljno pouzdani kada je potrebno detaljnije analizirati projekat i vidjeti do koje mjere je on po nekom kriterijumu isplativ. U Tabeli 1 dat je primjer jedne analize preko ovakvog modela.

Tabela 1. Primer Modela vrednovanja 0-1

Naziv projekta: Nabavka nove rudarske opreme		
Ocenjivač: M. M.		Datum: 10.09.2014.
	kvalifikuje	ne kvalifikuje
Potrošnja energenata	1	0
Smanjenje operativnih troškova	1	0
Pouzdanost u radu	1	0
Nema potrebe za izmenom postojeće tehnologije	0	1
Nema potrebe za dodatnom obukom zaposlenih	0	1
Nema umanjenja kvaliteta procesa	1	0
Moguće je voditi projekat sa postojećim zaposlenima	0	1
Nema potrebe za reorganizacijom preduzeća	1	0
Uticao na sigurnost u radu	1	0
Uticao na standarde zaštite okruženja	1	0
Profitabilnost projekta	1	0
Potreba za spoljnim konsultantima	0	1
Usklađenost sa trenutnom linijom poslovanja	0	1
Uticao na sliku organizacije	1	0
Vreme povraćaja investicije manje od 8 godina.	1	0
Total	10	5

##### 4.1. Bestežinski faktorski modeli vrednovanja

Prethodna analiza preko 0-1 modela vrednovanja ima svojih nedostataka, pa bi svako dalje nastojanje da se samo ona koristi kao model, bilo pogrešno. Kao nadogradnja ovakvog linearnog modela, predlaže se uvođenje faktora i to po sledećoj podjeli: 5 veoma dobro, 4 dobro, 3 zadovoljavajuće, 2 slabo, 1 veoma slabo, dok neki autori preporučuju i skale do 7 ili čak do 10.

Sljedeći primjeri pokazuju kako se može napraviti skala

najvažnijih kriterijuma, koji se mogu koristiti kod donošenja odluke, i koji će se na kraju prema nekom pravilu porediti.

Tabela 2. Model vrednovanja 0 - 5

Procenjeni godišnji profit	
Vrijednost	Opis nivoa
5	Iznad 1.100.000 €
4	Od 750.001 € do 1.100.000 €
3	Od 500.001 € do 750.000 €
2	Od 200.001 € do 500.000 €
1	Manje od 200.000 €

Tabela 3. Model vrednovanja kvaliteta izlaznog proizvoda

Kvalitet izlaznog proizvoda je:	
Vrijednost	Opis nivoa
5	Značajan i vizuelno unapređen
4	Značajan
3	Nije značajno promenjen
2	Značajno umanjen
1	Značajno i vidno lošiji

Kada se dobiju ovako podijeljeni kriterijumi, sledeći korak je ocena projekata, na osnovu poređenja na jedinstvenoj skali.

## 5. TEŽINSKI FAKTORSKI MODELI VREDNOVANJA

Ovakav pristup predstavlja kombinaciju oba faktorska modela vrednovanja i predstavlja nadogradnju u cilju dobijanja težinske skale i preciznijih podataka. Težinski numerički faktori predstavljaju bitnost faktora koji se analizira, a onda se za cijeli projekat dobija zbir svih faktora. Izračunavanje se vrši prema sledećoj formuli:

$$S_i = \sum_{j=1}^n S_{ij} W_j \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

$S_i$  - ukupan rezultat odnosnog projekta

$S_{ij}$  - koeficijent vrijednosti nivoa

$W_j$  - težinski faktor nivoa

U ovom pristupu može se reći da je najteži dio odrediti težinski faktor nivoa  $W_j$  jer to ne zavisi od neke tehnike, koju je moguće odraditi,

a onda dobiti vrlo lako težinski faktor. Svako pitanje, za koje se postavlja težinski faktor mora da prođe kontrolu vrhovnog menadžmenta i da bude u skladu sa politikom organizacije.

Postoji veliki broj načina na osnovu kojih bi se mogao odrediti težinski faktor za oblasti koje su dio analize, a jedan od njih je i Delfi metoda koja je vrlo popularna kada su u pitanju analize koje su bazirane na procjenama. U sledećoj tabeli dat je primjer modela analize mogućnosti jednog projekta preko težinskih faktora.

Tabela 4. Model analize mogućnosti jednog projekta preko težinskih faktora

Red.br.	Oblast mogućnosti	Težina	Vrijednost	Total
1.	Koliko projekat podržava strateške ciljeve organizacije?	5	3	15
a	Manje od 50%			
b	50-75%			
c	76-90%			
d	Više od 90%			
2.	Koja je procjena prihoda od ovog projekta?	4	2	8
a	500.000 ili manje			
b	Više od 500.000; manje od 2,5 miliona			
c	Najmanje 2,5 miliona; manje od 5 miliona			
d	3 miliona ili više			

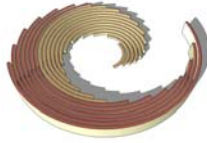
## 6. ZAKLJUČAK

Prilikom selekcije projekata moguće je primijeniti ili odabrati jednu ili više opisanih metoda, odnosno modela kako bi se došlo do što pouzdanije odluke. Pored navedenih, postoji veliki broj drugih modela vrednovanja, koji su bazirani na sličnim principima kako bi odgovorili specifičnim potrebama organizacija ili su primjereni kada se radi o projektima većeg obima, kao što su Ograničeni težinski faktorski modeli, Višeciljno programiranje itd., a u zavisnosti od specifičnosti projekata na organizaciji je da izabere odgovarajući model.

Prikazane metode, ma koliko bile sofisticirane, daju pojednostavljenu sliku stvarnosti, koja je u suštini mnogo složenija, tako da ni jedna od metoda ne može pružiti optimalan uvid u konkretan projekat ukoliko ne postoji adekvatan okvir za to. Zbog toga je za stvaranje i odabir metode neophodna hijerarhijski razvijena lista ciljeva organizacije.

## **Literatura**

1. Avlijaš R.: Metode vrednovanja i selekcije projekata, Inženjerski menadžment, 2009
2. Project Management Institute, A Guide to the Project Management Body of Knowledge, treće izdanje Upper Darby, 2003
3. Priručnik za upravljanje projektima, Centar za upravljanje projektima, Beograd, 2012



## **OPTIMIZACIJA PROCESA UPRAVLJANJA RIZIKOM**

### **OPTIMIZATION OF THE RISK MANAGEMENT PROCESS**

Stojanović C.<sup>1</sup>, Borović B.<sup>2</sup>

#### **Apstrakt**

Upravljanje rizicima čini integralni dio upravljanja kod većine investicionih projekata, a naročito kod kapitalnih rudarskih projekta koji uz to, najčešće, imaju i strateški karakter. Ovo tim prije jer se radi o veoma složenim projektima, a samim tim i veoma rizičnim, zbog uticaja niza internih i eksternih faktora i ograničenja koja proizilaze iz društveno - ekonomskog okruženja.

Gotovo u svim fazama realizacije investicionog projekta, otvorene su mogućnosti ostvarenja optimalnih ili ne optimalnih investicionih rješenja. Optimalna rješenja donose maksimalne koristi, dok ne optimalna prouzrokuju višestruke štete. Optimizacijom procesnih aktivnosti u svim projektnim fazama investitori nastoje da se zaštite od brojnih rizika i štetnih posledica.

U ovom radu dat je prikaz optimizacije procesa upravljanja rizikom na investicionim projektima koji, uz određene modifikacije, može naći primjenu u različitim oblastima pogotovo u rudarskom inženjerstvu.

***Ključne riječi:*** rizik, optimizacija, proces

---

<sup>1</sup> Mr Stojanović Cvjetko, dipl. ing. rud., ZP RiTE Ugljevik a.d., Ugljevik

<sup>2</sup> Borović Biljana, dipl. ing. rud., ZP RiTE Ugljevik a.d., Ugljevik

## **Abstract**

Risk management is an integral part of management in the most investment projects, especially in capital mining projects associated with it, that usually have a strategic character, too. Even more because in question are very complex projects, and therefore very risky due to the impact of a range of internal and external factors and constraints that arise from socio - economic environment.

Almost in all phases of the investment projects implementation, are open the possibilities for optimal or non-optimal investment decisions. Optimal solutions make maximum benefit, while non-optimal cause multiple damage. By the optimization of process activities in all project phases investors seek to protect themselves from the numerous risks and adverse consequences.

This paper presents the optimization of risk management process in the investment projects which, with certain modifications, may find application in various fields, especially in mining engineering.

**Keywords:** *risk, optimization, process*

## **1. UVOD**

Velike neizvjesnosti i rizici investiranja dolaze iz samog okruženja u kome se investicioni projekti realizuju kao što su; prirodni, tehnološki, tržišni, finansijski i dr. Iz ovog jasno proizilazi, da se u procesu priprema za investiranje posebna pažnja mora posvećivati predviđanju rizika investiranja i preduzimanju adekvatnih mjera na zaštiti od rizičnih događaja. Podcjenjivanje ili precjenjivanje, bilo koje vrste rizika investiranja, generiše brojne nepovoljne posledice i devalvira sami kvalitet investiranja.

Jedan od osnovnih zadataka preinvesticionih studija i ostale projektne dokumentacije je upravo nastojanje da se investicioni projekti što više zaštite od investicionih rizika. Zbog toga pribavljanje i sređivanje informacija o rizicima omogućuje identifikaciju vjerovatnoće nastajanja štetnih događaja, njihove pojavne oblike, uzroke i posledice te omogućuje pravovremeno preduzimanje mjera zaštite od rizika.

## **2. DEFINICIJA RIZIKA**

Kada se govori o budućim događajima, najčešće se pored neizvjesnosti pominje i rizik. Rizik podrazumijeva nešto neočekivano,

odnosno nepredviđeno događanje. Često se rizik definiše kao vjerovatnoća da će neki poduhvat ili projekat pretrpjeti neuspjeh i posledice koje proističu iz tog neuspjeha.

Sagledavajući dostupnu literaturu nailazimo na različite definicije pojma rizik koji se najčešće definiše u užem i u širem smislu [1]. U poslovnoj ekonomiji rizik u užem smislu, prema tradicionalnom shvatanju, je opasnost gubitka ili štete. U širem smislu rizik opisuje mogućnost drugačijeg ishoda od onog koji se očekivao, boljeg ili lošijeg. Prema većini autora, rizici na projektu se definišu sa tri ključna faktora:

- Rizični događaj;
- Vjerovatnoća rizika;
- Veličina uloga.

*Rizični događaj* predstavlja pojavu, aktivnost ili događaj koji mogu da donesu štetan uticaj na projekat i nepovoljne i neželjene posledice.

*Vjerovatnoća rizika* predstavlja vjerovatnoću pojavljivanja rizičnih događaja, dok *Veličina uloga* predstavlja veličinu gubitka koji može da nastane ako se ostvari događaj i on donese štetni uticaj na projekat.

Zakoni u Njemačkoj i Austriji rizik definišu kao opasnost da u okviru poslovne aktivnosti mogu nastati gubici. Norma ISO 31000:2009 definiše rizik kao uticaj na ciljeve poslovanja [2]. Iako postoji veliki broj različitih definicija, rizik se najčešće definiše kao mogućnost ne ostvarivanja definisanih ciljeva projekta [3].

## 2. STANDARDI RIZIKA

U cilju standardizacije pristupa u izgradnji sistema upravljanja rizicima i procesa upravljanja rizicima, pristupilo se izradi međunarodnih normi, čija je svrha standardizovati postupanje na globalnom nivou. Rezultat takvih nastojanja su brojne norme za upravljanje rizicima, od kojih su dvije koje treba istaći; AS/NZ 4360:2004 i norma ISO 31000:2009.

Norma AS/NZS 4360 spominje se prvenstveno zato što je prethodila normi ISO 31000 koja je od nje preuzela brojna rješenja iz metodologije i procesne orijentacije u sistemu upravljanja. AS/NZS 4360 norma usvojena je i primjenjena 1999. godine, u hiljadama organizacija u Australiji i Novom Zelandu, kao i širom svijeta. Uspostavljena je kako bi omogućila praktični pristup upravljanju rizicima i široku primjenu.

Međunarodna norma ISO 31000:2009, kao i sve druge ISO norme, je globalnog karaktera. Tokom 2010. godine doživjela je svoju primjenu kao prva međunarodna norma za upravljanje rizicima u svijetu.



### 3. METODE UPRAVLJANJA RIZICIMA

Metode koje se koriste za identifikaciju, procjenu i ocjenu pouzdanosti procesa upravljanja rizicima brojne su. Prema njihovim karakteristikama dijele se u sledeće grupe [4]:

- Metode kreativne tehnike (Brainstorming, Delphi-tehnika i Morfologija).
- Metode analize scenarija (Analiza gubitka, Stablo grešaka i analiza toka i Analiza scenarija).
- Metode analize pokazatelja (Izveštavanje o kritičnim događajima, Upravljanje rizicima na temelju promjena).
- Metode analize funkcije
- Statističke metode (Standardna devijacija, Interval pouzdanosti i Monte Carlo simulacija).

### 4. KONCEPT UPRAVLJANJA RIZIKOM

Uzroci i posledice pojedinih vrsta investicionih rizika su različiti, te stoga zahtijevaju različite metode ocjene vjerovatnoće njihovog nastajanja i različite mjere zaštite. Valjana zaštita od investicionih rizika, u prvom redu, zahtijeva da rizici budu identifikovani prije donošenja odluke o investiranju. Takođe, neophodno je pribaviti informacije o vjerovatnoći pojave štetnih događaja i izgraditi mjere zaštite od rizika koji se mogu očekivati. Pri tome vrlo je važno, da rizici budu realno shvaćeni kako od strane investitora, tako i od strane ostalih učesnika u investicionom procesu.

Treba napomenuti da nisu svi rizici negativni. Kao što može predstavljati pretnju, rizik, isto tako, može i značiti određenu šansu za projekat. Svaki rizik se vezuje za određeni uzrok, a ostvarenje tog rizičnog događaja nosi sa sobom određene posljedice koje predstavljaju rezultat ostvarenja tog rizičnog događaja. Posljedice mogu uticati na jedan ili više projektnih ciljeva, a projektni tim mora odrediti da li ove posljedice imaju pozitivan ili negativan uticaj. U svakom slučaju rizik u predstavlja neizvjesnost, a što se više zna o samom riziku i njegovom uticaju na projekat, postoji veća mogućnost da se sa njim uspješno upravlja.

Što se tiče samog procesa upravljanja projektima, razumijevanje rizika i znanje kako da se minimizuju njegovi negativni uticaji na projekat ili kako da se u potpunosti iskoriste šanse, predstavlja ključne aktivnosti za uspjeh projekta.

## 5. PROCESI UPRAVLJANJA RIZIKOM

Postoji ukupno šest ključnih procesa koji sačinjavaju funkcionalnu oblast upravljanja rizikom, od čega pet pripada grupi procesa planiranja. Procesi upravljanja rizikom na projektu, prema Project Management Institute, [5] su:

*Planiranje upravljanja rizikom* obuhvata određivanje pristupa koji će se koristiti u procesu upravljanja rizikom. Osnovni izlazni element ovog procesa je plan upravljanja rizikom na projektu.

*Identifikacija rizika* predstavlja određivanje rizičnih događaja koji mogu uticati na uspjeh projekta i dokumentovanje njihovih karakteristika. Ključni rezultat ovog procesa je registar rizika.

*Kvantitativna analiza rizika* obuhvata vrijednosnu procjenu uticaja koje identifikovani i rangirani rizici mogu imati na projektne ciljeve. Ključni izlaz ovog procesa je ažuriranje registra rizika.

*Kvalitativna analiza rizika* obuhvata određivanje prioriteta rizičnih događaja na osnovu vjerovatnoće njihovog dešavanja i mogućih posledica. Nakon identifikacije, projektni timovi mogu koristiti različite tehnike za rangiranje rizika i ažuriranje informacija u registru rizika.

*Planiranje odgovora na rizik* podrazumijeva preduzimanje različitih koraka kako bi se iskoristile šanse ili otklonile prijetnje po ostvarenje projektnih ciljeva. Koristeći rezultate prethodnih procesa upravljanja rizikom, projektni tim može da razvije strategije koje rezultiraju ažuriranjem registra rizika i plana upravljanja projektom.

*Praćenje i kontrola rizika* obuhvata praćenje identifikovanih i rezidualnih rizika, identifikovanje novih rizika, izvršavanje planova odgovora na rizik i procjenu uspješnosti strategija odgovora na rizik. Ključni rezultati procesa obuhvataju preporučene korektivne i preventivne mere, zahtjevane izmjene, ažuriranje registara rizika, plana upravljanja projektom i organizaciona sredstva.

### 5.1. Proces planiranja upravljanja rizikom

Osnovi cilj ovog procesa jeste definisanje plana za upravljanje rizikom, koji predstavlja osnovu za razumjevanje ostatka procesa upravljanja rizikom i ključni rezultat procesa planiranja rizika. Prilikom planiranja rizika neophodno je da se uzmu u obzir i drugi procesi upravljanje projektom, kako bi se obezbijedilo da plan upravljanja rizikom bude u skladu sa ostatkom projekta.

Ovaj plan treba da obezbijedi način definisanja, praćenja i kontrole rizičnih aktivnosti kroz cjelokupan projekat, tačnije precizira način na

koji će procesi upravljanja rizikom biti implementirani, praćeni i kontrolisani kroz životni ciklus projekta.

Kategorizacija rizika predstavlja sistematizovan način identifikovanja rizika koji treba da obezbijedi osnovu za njegovo razumijevanje. Upotreba kategorija pomaže unapređenju procesa identifikacije, tako što pruža standardizovanu osnovu za opisivanje rizika. Sledeća lista obuhvata neke od kategorija rizika koji se mogu identifikovati u ovom procesu [6]:

- *Tehnički, kvalitativni i rizici učinka* - rizici koji se dovode u vezu sa nepouzdanom i složenom tehnologijom, kao i promjenama u tehnologiji tokom realizacije projekta.
- *Rizici upravljanja projektom* - obuhvataju neadekvatno planiranje vremena i resursa, projekta u celini, kao i upotrebu metoda i tehnika upravljanja projektom.
- *Organizacioni rizici* - mogu se odnositi na konflikte između resursa zbog istovremene realizacije više projekata u organizaciji, nerealni obim, vrijeme i ciljeve projekta u odnosu na raspoložive resurse i organizacionu strukturu, nedostatak finansijskih izvora ili preusmjerenja sredstava na drugi projekat
- *Eksterni rizici* - su rizici van granica projekta

U procesu izrade plana upravljanja rizikom, neophodno je dokumentovati način određivanja vjerovatnoće dešavanja rizičnih događaja i njihov uticaj na ciljeve projekta. Vjerovatnoća predstavlja mogućnost, odnosno stepen odigravanja rizičnog događaja, a uticaj moguće posljedice po projekat u slučaju da se određeni rizični događaj ostvari [7].

Matrica vjerovatnoće i uticaja predstavlja kombinaciju vrijednosti vjerovatnoća i uticaja, koja ima svrhu da ukaže na one rizike za koje je potrebno razviti detaljan plan odgovora. U slučaju da matrica nije unaprijed definisana od strane organizacije, njena izrada je neophodna tokom planiranja i analize rizika. Ovako definisana matrica koristi se u procesu kvalitativne analize rizika.

Veoma je važno, još u fazi planiranja projekta, prepoznati i analizirati rizike, kako bi u realizaciji projekta bili što spremniji da se na njih odgovori. Zbog toga je neophodno:

- identifikovati potencijalne rizike,
- analizirati i ocijeniti rizike po značaju,
- predložiti mjere za otklanjanje ili smanjenje rizika.

## **5.2. Proces identifikacije potencijalnih rizika**

Proces identifikacije rizika obuhvata identifikovanje i dokumentovanje svih rizika koji mogu uticati na projekat. Pored dokumentovanja potrebno je dokumentovati i njegove karakteristike koje se smatraju značajnim za projekat. Identifikacija rizika predstavlja iterativni proces koji se konstantno nadgrađuje. Kako projekat napreduje kroz faze životnog ciklusa, tako se uočavaju novi rizici koji nisu identifikovani tokom planiranja. Nakon što se rizik identifikuje, sledi njegova analiza kako bi se u slučaju potrebe izgradio plan reagovanja.

Kvantitativni i kvalitativni uticaj rizika na sam projekat, generalno se može reći, je u najvećoj mjeri diktiran projektnim okruženjem, a potom i samim aktivnostima koje se na projektu moraju realizovati.

Kao prvi korak, potrebno je izvrši identifikacija potencijalnih rizika i oblasti na koje se odnose. Pojedini rizici mogu biti jasno kvalifikovani u određenu oblast mada je kod većine rizika pravilo da njihove pojave mogu imati implikacije na niz aktivnosti tako da je nemoguće napraviti jasnu kvalifikaciju. U svakom slučaju lista rizičnih događaja vremenom se može dopunjavati u zavisnosti od problema koji se ocijene kao mogući generatori potencijalnih rizika.

## **5.3. Proces kvantitativna analize rizika**

Kvantitativna analiza obuhvata četiri tehnike: analizu osjetljivosti, analizu očekivane monetarne vrednosti, analizu stabla odlučivanja i modeliranje i simulaciju.

Analiza osjetljivosti predstavlja kvantitativnu metodu kojim se analizira potencijalni uticaj rizičnih događaja na projekat. Najpre se ispituju svi elementi neizvesnosti događaja, a zatim određuju oni koji imaju najveći potencijalni uticaj na ciljeve projekta.

Analiza očekivane monetarne vrednosti (OMV) je statistička metoda kojim se izračunava prosječni, odnosno očekivani uticaj koji različiti ishodi rizičnog događaja mogu imati na projekat. Pozitivni ishodi rizičnih događaja u suštini predstavljaju potencijalne šanse za projekat, a negativne pretnje. OMV se računa tako što se vjerovatnoće dešavanja rizičnih događaja pomnože sa uticajem, a zatim saberu. Analiza OMV se koristi zajedno sa metodom stabla odlučivanja.

Stabla odlučivanja su dijagrami kojima se prikazuje povezanost međuzavisnosnih odluka i očekivani rezultat izbora jedne alternative u odnosu na drugu. Metoda se bazira na činjenici da obično postoji više od jedne opcije kada treba da se donese određena odluka, odnosno više od

jednog ishoda kad je u pitanju rizični događaj.

Modeliranje i simulacije se često koriste za analizu rizika koji se dovodi u vezu sa vremenom i troškovima. Modeliranje omogućava da se potencijalni rizici u određenim trenucima realizacije prevedu u uticaje i sagledaju posledice na ciljeve projekta. Simulacijama se vrše računanja na modelu projekta, koristeći različite ulaze kao što su troškovi, trajanje aktivnosti, u cilju određivanja raspodjele vjerovatnoće kojoj određeni ulaz pripada. Kao ulazna varijabla za troškove, obično se koristi WBS struktura (Work Breakdown Structure) ili struktura troškova, CBS - Cost Breakdown Structure, a za vrijeme prioriteta metoda mrežnog planiranja. Jedini izlaz procesa kvantitativne analize rizika je ažurirani registar rizika.

#### **5.4. Proces kvalitativne analiza rizika**

Procesom kvalitativne analize određuje se uticaj koji identifikovani rizici mogu imati na ciljeve projekta i vjerovatnoće da se rizični događaji ostvare. Takođe, kvalitativnom analizom rangiraju se rizici prema njihovom uticaju na projektne ciljeve. Rangiranje se vrši kako bi se utvrdilo da li je potrebno uraditi i kvantitativnu analizu rizika, odnosno da li je moguće preskočiti izradu planova odgovora na rizik. Ova analiza uzima u obzir nivoe tolerancije rizika u odnosu na ograničenja projekta (obim, vrijeme i kvalitet) i vremenski okvir potencijalnih rizičnih događaja. Proces kvalitativne analize rizika ima četiri ulazna elementa: organizaciona sredstva, izvještaj o obimu projekta, plan upravljanja rizikom i registar rizika. Kao i kod procesa identifikacije potencijalnih rizika, neophodno je proučiti istorijske informacije iz prethodnih sličnih projekata koje mogu poslužiti kao vodič pri rangiranju rizika i utvrđivanju prioriteta. Izvještaj o obimu projekta između ostalog opisuje projektne izlaze i može poslužiti kao pomoć pri utvrđivanju stepena neizvjesnosti i obima aktuelnog projekta u odnosu na ranije projekte. Metode i tehnike koje se koriste u procesu kvalitativne analize rizika su prvenstveno usmjerene na određivanje vjerovatnoće dešavanja rizičnih događaja i posledica koje oni mogu izazvati. Rezultat procesa predstavlja ažurirani registar rizika u koji se dokumentuju svi rizici čiji je prioritet određen metodama kvalitativne analize. Metode i tehnike koje se koriste u ovom procesu omogućavaju procenjivanje rizika, na osnovu čega će vjerovatnoće i uticaji biti kategorizovani.

Proces kvalitativne analize rizika najčešće podrazumijeva upotrebu sledećih metoda: procenjivanje vjerovatnoće i uticaja rizičnih događaja, matricu vjerovatnoće i uticaja procenjivanje kvaliteta podataka o riziku,

kategorizaciju rizika i procjenjivanje hitnosti rizika. Procjenjivanje vjerovatnoće i uticaja rizika je metod kojim se procjenjuje vjerovatnoća ostvarivanja identifikovanih rizičnih događaja i određuje posljedice koje oni mogu izazvati na projektne ciljeve (vrijeme, obim, kvalitet i troškove). Analiziranje rizika na ovaj način omogućava identifikaciju onih rizika koji zahtijevaju najviše pažnje pri upravljanju.

Vjerovatnoća označava neizvjesne događaje, u zavisnosti od konteksta može da predstavlja izgled, mogućnost ili šansu da se određeni događaj izvrši. Zbir vjerovatnoća da će se određeni događaj ostvariti i vjerovatnoća da se taj isti događaj neće ostvariti uvek iznosi 1. Vjerovatnoća se iskazuje na skali od 0 (koja znači da se određeni događaj sigurno neće ostvariti), do 1 (koja znači da će se određeni događaj sigurno ostvariti [8]. Utvrđivanje vjerovatnoće rizika može biti veoma teško, jer se za to uglavnom koristi procjena stručnjaka, koji svoju procjenu najčešće baziraju na iskustvima koje su stekli radeći na sličnih projektima. Ovo proučiće iz činjenice da je svaki projekat jedinstven na svoj način. Zbog toga treba razviti odgovarajuće kriterijume za utvrđivanje vjerovatnoća i uključivanje što više stručnjaka i različitih mišljenja.

Uticaj rizičnog događaja predstavlja količinu štete (ili koristi), koju ostvarenje tog događaja može naneti projektu. Skala uticaja rizika može biti relativna skala kojom se dodjeljuju vrijednosti kao što su; visok-srednji-nizak, ili numerička skala, poznatija kao kardinalna skala. Vrijednost kardinalne skale su numeričke vrijednosti koje se dodjeljuju rizičnim događajima i variraju od 0 do 1, a za prikazivanje skale mogu se koristiti linearni i nelinearni priraštaji. U Tabeli 1 prikazana je uobičajena skala uticaja u odnosu na vremenske, troškovne i kvalitativne ciljeve projekta. U primjeru je korišćena relativna skala, od vrijednosti visoko-visoko do vrijednosti nisko-nisko, ali je takođe svakoj vrijednosti relativne skale pridružena odgovarajuća kardinalna vrijednost.

Tabela 1. Skala uticaja rizika

Ciljevi	Nisko Nisko	Nisko	Srednje	Visoko	Visoko-Visoko
	0.05	0.20	0.40	0.40	0.80
Troškovi	Beznačajan uticaj	Povećanje manje od 6%	Povećanje 7-12%	Povećanje 13-18%	Povećanje više od 18%
Vreme	Beznačajan uticaj	Povećanje manje od 6%	Povećanje 7-12%	Povećanje 13-18%	Povećanje više od 18%
Kvalitet	Beznačajan uticaj	Uticaj na par komponenti	Značajan uticaj	Neprihvatljiv kvalitet	Beskorisan proizvod

Izvor: Heldman, K. Project Management Professional, Wiley Publishing, New Jersey, 2005.

U procesu kvalitativne analize rizika, određuju se vjerovatnoće i uticaj za svaki identifikovani rizik. Sljedeći korak u kvalitativnoj ocjeni rizika predstavlja izrada matrice rizika koja kombinuje vrijednosti vjerovatnoća i uticaja.

#### 5.4.1. Analiza i ocjena rizika

Rizici predstavljeni na ovakav način imaju kvantitativni karakter ali u cilju njihove valorizacije neophodno je uraditi njihovu kvalitativnu ocjenu, odnosno utvrditi stepen njihovog uticaja na projekat. U tom smislu potrebno je utvrditi dva faktora:

- Vjerovatnoća pojave rizičnog događaja, F1 i
- Uticaj rizičnog događaja na rezultate projekta, F2.

Ukupan faktor  $F$  predstavlja proizvod navedena dva faktora:

$$F = F1 * F2$$

Tabela 2. Vjerovatnoća pojave rizičnog događaja faktor F1

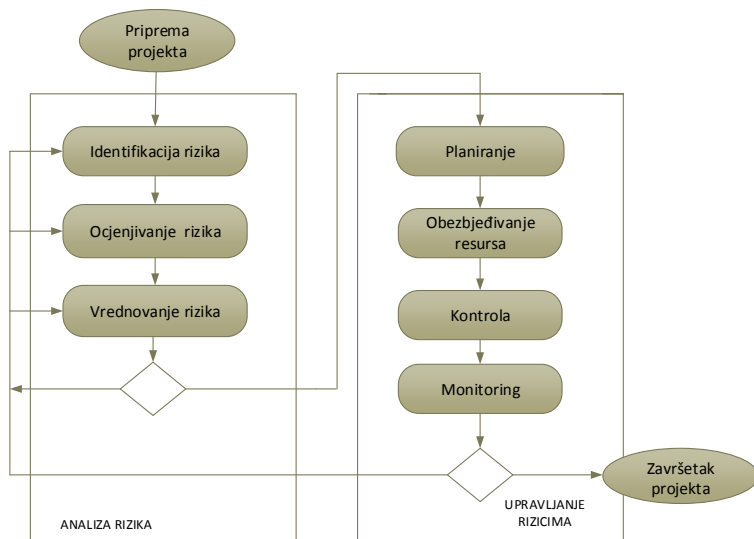
Verovatnoća pojave rizičnog događaja	Opis	Vrednost F1
Zanemarljiva	Ne očekuje se	1
Mala	Može se očekivati veoma retko	2
Srednja	Realnije očekivati pojavu	3
Velika	Realna je verovatnoća pojave	4
Kritična	Očekuje se skoro sigurno pojava, proces ili postupak je nepouzdan	5

Tabela 3 Uticaj rizičnog događaja na rezultate projekta faktor F2

Uticaj rizičnog događaja	Opis	Vrednost F2
Zanemarljiva	Ne utiče na realizaciju projekta	1
Mala	Ne utiče u velikoj meri na realizaciju projekta	2
Srednja	Utiče na naredne aktivnosti na projektu, može, ali ne mora da ugrozi realizaciju projekta	3
Velika	Uslovljava izmjenu projekta i ugrožava samu realizaciju	4
Kritična	Narušava bezbednost, dovodi do narušavanja pozitivnih propisa, grešaka, uzrokuje velike štete	5

Tabela 4. Klasifikacija rizika prema vrednosti konačnog faktora rizika

Vrednost konačnog faktora (F)	Klasa rizika
F = [1...5]	Minoran rizik
F = [6...10]	Značajan rizik
F = [11...25]	Kritičan rizik



Slika 1. Proces analize rizika u funkcionalnoj oblasti upravljanja rizikom

## 5.5. Planiranje odgovora na rizike

Planiranje odgovora na rizike je proces mjera koje treba preduzeti, kako bi se otklonile prijetnje i iskoristile šanse otkrivene u procesu analize rizika. Ovo podrazumijeva i dodjeljivanje odgovornosti za izvršavanje planova reagovanja, različitim zaposlenima i sektorima u organizaciji.

Ljudi koji će biti odgovorni za rizik nazivaju se nosiocima rizika. Planovi odgovora se izrađuju za one rizične događaje koji imaju veliku vjerovatnoću dešavanja i značajan uticaj na projekat.

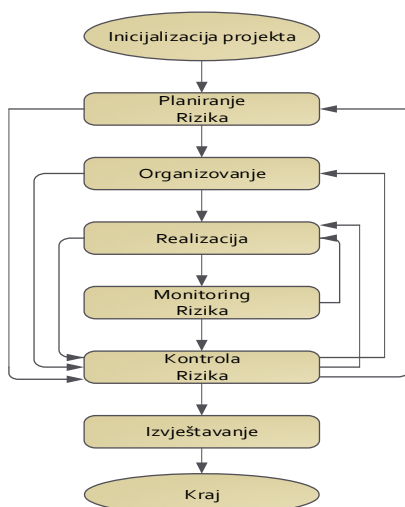
Planiranje reakcija na rizične događaje za koje ne postoji velika vjerovatnoća dešavanja i čije posledice nisu značajne, predstavljalo bi neefikasno trošenje vremena projektnog tima. Suština procesa planiranja odgovora je da se potroši manje sredstava (vremena, novca i energije), nego što bi se potrošilo ako bi se određeni rizični događaj ostvario, tačnije ako troškovi planiranja reakcije prevazilaze troškove negativnih posledica rizičnih događaja, nema svrhe planirati odgovor. Planiranje



reakcija predstavlja proces formulisanja strategija za upravljanje rizikom, odnosno pronalaženje i definisanje upravljačkih akcija u projektu kojima bi se mogući gubici od rizičnih događaja sveli na najmanju moguću mjeru. Kako bi se rizikom upravljalo na efikasan način, veoma je bitno da tim za upravljanje rizikom odabere odgovarajuću strategiju za svaki pojedinačni rizik [9]. Nakon što se izabere odgovarajuća strategija, prelazi se na izradu akcionog plana za sprovođenje strategije u slučaju da se rizični događaji ostvari. Takođe moguće je spremati rezervnu varijantu, odnosno drugi plan [10]. U praksi postoje četiri tehnike planiranja odgovora na rizike (pretnje), a svaka od njih podrazumeva određene strategije, to su: strategija za negativne rizike (pretnje), strategija za pozitivne rizike (šanse), strategija za pozitivne i negativne rizike i strategija kontigencije.

## 5.6 Proces praćenja i kontrole rizika

U cilju kontrole uticaja rizičnih događaja potrebno je predvidjeti čitav niz mjera kojima je moguće u određenoj mjeri kontrolisati uticaje pojedinih rizičnih događaja na sam projekat. Ovaj set mjera obično predstavlja kombinaciju više strategija koje imaju za cilj izbjegavanje ili smanjenja uticaja, a počivaju na sledećim principima: izbjegavanju rizika, prebacivanje rizika, suočavanju sa rizikom, smanjivanju pojave rizika, slabljenju posledica rizika i planiranju eventualnosti.



*Slika 2. Implementacija upravljanja rizikom u funkcionalnoj oblasti upravljanja projektom*

## 6. ZAKLJUČAK

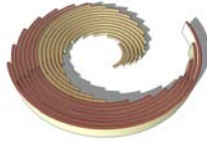
Usljed ne postojanja sistema upravljanja rizicima brojne organizacije u svijetu pretrpjele su značajne finansijske gubitke što navodi na logičan zaključak da je od izuzetne važnosti uspostaviti sistem upravljanja rizicima kao strukturnog elementa sistema upravljanja projektima u cjelini.

Uspostavljanjem efikasnog sistema planiranja, praćenja i kontrole rizičnih događaja, te izradom plana tretmana rizika moguće je umanjiti ili potpuno otkloniti negativne posledice rizičnog događaja u pojedinim fazama projekta, odnosno njihov uticaj na konačnu realizaciju projekta u odnosu na planirani obim, kvalitet, vrijeme i troškove.

### Literatura

1. Bernd Kromschröder und Wolfgang Lück: Grundsätze risikoorientierter Unternehmensüberwachung, Der Betrieb, Nr. 32/1998, p. 1573-1576, 1998
2. ISO 31000:2009 Risk management - Principles and guidelines
3. Kerzner H: Project Management: A System Approach to Planning, Scheduling and Controlling John Wiley&Sons, New York, 2003
4. Risikomanagement für Organisationen und Systeme, Global competence in standards, p.8., 2008
5. Project Management Institute: A Guide to the Project Management Body of Knowledge, Project Management Institute, 2004
6. Heldman K: Project management Professional, Wiley Publishing, New Jersey, 2005
7. Avlijaš R.: Upravljanje projektom: Upravljanje rizikom na projektu, Beograd, 2009
8. Mantel S.; Meredith J., Shafer S., Sutton, M.: Project Management in Practice, John Wiley&Sons, 2008
9. Jovanović P.: Upravljanje projektima, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2008
10. Mallak L. M, Kurstedt, H. A, Patzak, G. A.: Planning for Crises in Project Management, Project Management Journal, 1997





**DEFINISANJE ORGANIZACIONE STRUKTURE PREDUZEĆA  
KAO PREDUSLOV EFIKASNOSTI POSLOVANJA**

**DEFINING ORGANIZATIONAL STRUCTURE OF THE  
COMPANY AS A PREREQUISITE OF EFFICIENCY OF  
BUSINESS**

Tošović R.<sup>1</sup>

**Apstrakt**

Uspešnost poslovanja preduzeća u savremenim uslovima rada i funkcionisanja povezana je sa uspešnom primenom menadžment koncepta i uspostavljanjem pojedinačnih funkcija menadžmenta. Pored pojedinačnog značaja svake funkcije, na poseban način je značajna funkcija organizovanja. Prema menadžment sukcesiji ova funkcija je odmah iza funkcije planiranja, a sa njom je direktno povezana organizaciona struktura preduzeća. Nakon definisanja ciljeva, planova i programa preduzeća, menadžerska aktivnost zahteva stvaranje organizacionih pretpostavki za njihovo ostvarivanje. Bez organizovanja i planiranja, kao ključnih funkcija menadžmenta, preduzeće ili drugi poslovni sistem nije u stanju da uspešno deluje u poslovnom okruženju. Organizacija povezuje, usklađuje i usmerava ljudske i materijalne elemente proizvodnje, kako bi preduzeće, kao skladna celina, ostvarivalo postavljene poslovne ciljeve. Organizovanje treba shvatiti kao povezivanje organizacionih elemenata u skladnu celinu propisivanjem

---

<sup>1</sup> Prof. Dr Radule Tošović, dipl. inž. geol, dipl. ecc., Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Departman Ekonomske geologije, Beograd

načina funkcionisanja međuzavisnih delova, čime se stvara organizaciona struktura. Za menadžere preduzeća, uključujući i preduzeća mineralnog sektora, veoma je važno da definišu organizacionu strukturu, koja će omogućiti ostvarivanje organizacionih ciljeva i obezbediti preduslove za efikasnije poslovanje preduzeća.

**Ključne reči:** Preduzeće, Organizovanje, Organizaciona struktura, Efikasnost, Poslovanje.

## **Abstract**

The success of business enterprise in modern conditions of functioning associated with the successful implementation of management concepts and establishing a single management function. In addition to the individual importance of each function in a particular way is an important function of the organization. According to management succession, this function immediately after the planning function and with it is directly linked to organizational structures of companies. After defining the objectives, plans and programs of the company, managerial activity requires the creation of organizational prerequisites for their implementation. Without organization and planning, as well as key functions of management, company or other business system is not able to successfully operate in a business environment. The organization connects, coordinates and directs the human and material elements of production, so that the company as a coherent whole exercised set business goals. Organizing should be understood as linking organizational elements into a harmonious whole by prescribing ways of functioning of interdependent parts, creating an organizational structure. For managers of companies including companies mining sector, it is important to define the organizational structure that will enable the achievement of organizational goals and provide conditions for efficient business enterprise.

**Keywords:** Enterprise, Organization, Organizational Structure, Efficiency, Operations.

## **1. UVOD**

Aktivnosti usmerene na efikasno obezbeđivanje, raspoređivanje, organizovanje i korišćenje ljudskih i materijalnih resursa preduzeća radi postizanja definisanog cilja preduzeća, predstavlja osnovu menadžmenta i

sastavni deo aktivnosti menadžera kao njegovih nosilaca. Parcijalizovanje poslovanja preduzeća na specijalizovane nosioce aktivnosti, moglo bi dovesti do raspada organizacionog sistema, ukoliko se ne bi obezbedila priprema, kontrola, koordinacija i organizaciono povezivanje svih izvršilaca.

Utvrđivanje ciljeva poslovanja preduzeća kao organizacionog sistema, zahteva niz prethodnih aktivnosti, kojima se obezbeđuju neophodna saznanja o potrebama tržišta, konkurenciji, tehničko-tehnološkom razvoju, novim proizvodima i dr. [2]. U delu menadžment aktivnosti, koje se odnose na način ostvarivanja ciljeva, posebno je značajna aktivnost na transformaciji ciljeva u zadatke, kao i koordinaciji rada pojedinačnih izvršilaca parcijalnih zadataka u okviru odgovarajućeg organizacionog sistema preduzeća.

Organizovanje predstavlja menadžersku funkciju, koja je svodi na obezbeđivanje organizacionih pretpostavki za ostvarivanje ciljeva preduzeća i implementaciju njegovih planova, dobijenih kroz prethodnu funkciju planiranja. Na taj način ona uključuje definisanje poslova neophodnih za ostvarivanje ciljeva preduzeća, grupisanje ovih poslova u odgovarajuće radne zadatke, dodeljivanje tih zadataka pojedinačnim i grupnim izvršiocima, delegiranje ovlašćenja odnosnim izvršiocima, definisanje njihove odgovornosti u radu itd. [2].

Menadžeri u preduzeću, bez obzira na hijerarhijsku poziciju i stepen organizacione i menadžerske odgovornosti, moraju se baviti navedenim organizacionim aktivnostima. Pojedinačni menadžeri iste moraju obavljati za organizacione celine koje menadžerski vode, što se naročito odnosi na menadžere poslovnih jedinica kao što su divizion, departman, odeljenje i dr. Pri tome oni moraju utvrditi neophodne poslove svake od svojih jedinica, da iste poslove povežu i grupišu na optimalan način, zatim da tako grupisane poslove dodele pojedinačnim i grupnim izvršiocima u svojim jedinicama. Bez navedenih organizacionih aktivnosti menadžera nije moguće obezbediti efikasno, koordinirano, grupno delovanje zaposlenih lica u navedenim jedinicama, pa time i preduzeća u celini, a radi ostvarivanja postavljenih organizacionih i poslovnih ciljeva.

Deo preduzeća u Srbiji, uključujući i preduzeća mineralnog sektora, ozbiljno se suočava sa tržišnim uslovima rada, tržišnom konkurencijom, tržišnim ograničenjima i tržišnom valorizacijom rezultata, kao ekonomskog kriterijuma vrednosti ostvarene proizvodnje proizvoda i usluga [14]. Aktuelni privredni trenutak u Srbiji obeležavaju kako posledice ozbiljne ekonomske krize, tako i obeležja nezavršene tranzicije i posebnog uticaja procesa globalizacije, zbog čega preduzeća

moraju vršiti izmene i poboljšanja u vlastitom poslovanju. S obzirom na generalno ograničene sopstvene finansijske, materijalne i dr. resurse, ali i obim i uticaj inostrane konkurencije, domaća preduzeća moraju biti, u znatno većoj meri, organizovana i osposobljena da obavljaju svoju ekonomsku, tržišnu i društvenu ulogu [14]. Sastavni deo ovog unapređenja poslovanja odnosi se i na značajno unapređenje organizacije i definisanje organizacione strukture preduzeća u novim uslovima poslovanja i tržišnog privređivanja.

Problematika tretirana ovim radom jednim delom polazi od osnovnih postavki ekonomije, ekonomike preduzeća, ekonomike poslovanja i menadžmenta [1-13, 20]. Drugim delom predstavlja rezultat autorskih studioznih analitičko-sintetičkih, induktivno-deduktivnih i sistematičnih studijskih proučavanja u domenu menadžmenta, mineralne ekonomije i poslovnog odlučivanja [14-19]. Osnovni cilj ovog rada je da ukaže na ulogu i značaj definisanja organizacione strukture preduzeća, kao veoma značajnog preduslova efikasnosti poslovanja preduzeća u savremenim ekonomskim i tržišnim uslovima.

## **2. ORGANIZACIONA STRUKTURA PREDUZEĆA**

U savremenim uslovima razvoja menadžmenta preduzeća prisutan je različit stepen promena i unapređenja pojedinačnih funkcija menadžmenta. Među njima, tokom ovog razvoja najveće promene je pretrpelo organizovanje i organizaciona struktura [13]. Raniji konvencionalni uslovi poslovanja, koje je pratio tradicionalni pristup organizovanju poslovnih aktivnosti, sa novim tržišnim, privrednim i ekonomskim promenama nameću potrebu organizacionog ispitivanja i ponovnog organizacionog vrednovanja, kako bi se pronašao novi strukturalni dizajn preduzeća. U aktuelnom dinamičkom okruženju preduzeća organizacioni dizajn bi trebao da omogući fleksibilnost u prilagođavanju internim i eksternim promenama radi ostvarivanja uspešnog poslovanja, ali i da pruži najveću sigurnost zaposlenima i olakša obavljanje organizacionog rada u preduzeću. Stoga se organizovanje zapravo može definisati kao proces stvaranja organizacione strukture [13]. Ono predstavlja poseban izazov za menadžere da kreiraju strukturu organizacije koja će omogućiti zaposlenima da efektivno i efikasno obavljaju svoj posao u preduzeću.

Organizaciona struktura predstavlja formalnu podelu poslova unutar organizacije. Kada menadžeri razviju ili promene strukturu, oni prave organizacioni dizajn, koji podrazumeva odluke o šest ključnih organizacionih elemenata [13]: (a) specijalizaciji; (b) departmanizaciji;

(c) lancu komandovanja; (d) rasponu kontrole; (e) centralizaciji i decentralizaciji i (f) formalizaciji.

## 2.1. Specijalizacija rada

Termin specijalizacija rada se koristi u organizacionoj funkciji, kao delu menadžmenta, kojim se opisuje stepen podele proizvodnih i poslovnih aktivnosti u preduzeću na zasebne poslove. Suština specijalizacije rada je u tome da celokupan posao ne obavlja jedan izvršilac, nego se složen posao deli, a svaki specijalistički deo obavlja zaseban izvršilac. Zaposleni pojedinci se zato prema potrebama radnog procesa specijalizuju za obavljanje dela posla, a ne za celokupan posao.

U početnoj fazi razvoja menadžmenta, tokom prve polovine dvadesetog veka, menadžeri su specijalizaciju rada smatrali neograničenim izvorom povećane produktivnosti [13]. Sa njenom primenom došlo je do povećanja produktivnosti, ali je polovinom dvadesetog veka postalo jasno da prevelika specijalizacija može biti kontraproduktivna. Naime pokazalo se da usled velike specijalizacije rada u nekim poslovima ljudska neekonomičnost ispoljena kroz dosadu, umor, stres, loš kvalitet, odsustvovanje i veći promet imala mnogo negativnije efekte nego što je imala ekonomske prednosti.

Savremeni menadžment prepoznaje specijalizaciju rada kao važan mehanizam organizovanja, ali ne i kao izvor stalno rastuće produktivnosti. Savremeni menadžeri priznaju ekonomičnost koju ona ostvaruje u nekim vrstama poslova, ali takođe priznaju i probleme, koji nastaju ukoliko ona ode u krajnost. Pojedina preduzeća zavisno od vrste delatnosti i poslovnog procesa imaju veći ili manji stepen specijalizacije rada, u funkciji ostvarivanja rezultata proizvodnje i postizanja konkurentnosti na tržištu.

Specijalizacija rada je široko prisutna u preduzećima mineralnog sektora Srbije, posebno onih koji realizuju neposrednu materijalnu proizvodnju mineralnih sirovina. Shodno postojećim stručnim poslovima posebno se ističu specijalistički poslovi, koji se odnose na geološka istraživanja, na eksploataciju mineralnih sirovina, tehnološke procese pripreme i prerade, uz standardne prateće specijalnosti pomoćnih službi pravne, ekonomske, tehničkih i dr. struka. U slučajevima preduzeća koje karakteriše visok stepen prerade mineralnih sirovina raste značaj tehnološkog procesa i tehnološke struke, koja treba da omogući najbolje iskorišćenje raspoložive mineralne sirovine određenog kvaliteta, s obzirom na tehničke i proizvodne zahteve standarda kvaliteta konačnog mineralnog proizvoda.



## 2.2. Departmanizacija

Departmanizacija predstavlja osnovu po kojoj se vrši grupisanje poslova. Potreba za departmanizacijom proističe iz činjenice, da se nakon podele poslova prema specijalizaciji rada, isti moraju ponovo grupisati da bi se zajednički zadaci mogli koordinisati. Svaka organizacija ima sopstveni specifičan način klasifikovanja i grupisanja radnih aktivnosti, a pet uobičajenih formi departmanizacije obuhvataju [13]: (a) funkcionalnu; (b) proizvodnu; (c) geografsku; (d) procesnu departmanizaciju; i (e) departmanizaciju poslova sa klijentima.

Funkcionalna departmanizacija predstavlja grupisanje poslova po funkcijama. Ovakav pristup se može koristiti u svim vrstama organizacije, iako se funkcije menjaju, da bi odražavale ciljeve postojanja i poslovanje organizacije.

Proizvodna departmanizacija predstavlja grupisanje poslova po proizvodnoj liniji. U ovom tipu departmanizacije svaka glavna proizvodna oblast je pod nadležnošću odgovarajućeg menadžera, odgovornog za sve u vezi s tom proizvodnom linijom.

Geografska departmanizacija predstavlja grupisanje poslova na osnovu teritorije ili geografskog prostora, kao što su južne, severne, srednjeistočne, severozapadne ili druge slične oblasti ili u slučaju velikih globalnih kompanija evropski, azijski, latinoamerički ili drugi regioni.

Procesna departmanizacija predstavlja grupisanje poslova na osnovu ostvarivanja prometa proizvoda ili poslovnih klijenata. Po ovom organizacionom pristupu, radne aktivnosti prate prirodan promet proizvoda ili poslovnih klijenata.

Departmanizacija poslova s klijentima predstavlja grupisanje poslova po klijentima, koji imaju zajedničke potrebe ili probleme, koje najbolje mogu rešiti odgovarajući stručnjaci preduzeća.

Velika preduzeća prema sopstvenim potrebama i uslovima efikasnijeg poslovanja često kombinuju navedene forme departmanizacije. Na primer, glavna japanska elektronska firma organizuje svaku svoju službu po funkcionalnim linijama: proizvodnu jedinicu u okviru obrade, prodajne jedinice oko sedam geografskih regiona, a prodajne regione u četiri grupe klijenata [13].

U savremenim uslovima primene menadžmenta u oblasti departmanizacije u velikim kompanijama, naročito su popularne dve tendencije i to: (a) povećana primena departmanizacije poslova s klijentima i (b) primena međufunkcionalnih timova. Departmanizacija poslova s klijentima se primenjuje kako bi se pratile potrebe klijenata i blagovremeno reagovalo na promene njihovih potreba. Ova struktura

omogućava kompaniji da bolje razume svoje klijente i da brže odgovori na njihove nastale potrebe. Drugo, menadžeri koriste međufunkcionalne timove, grupe stručnjaka u raznim specijalnostima, koji zajedno rade na unapređenju poslovanja. To npr. mogu biti zaposleni iz oblasti finansija, kupovine, inženjeringa, kontrole kvaliteta i predstavnici spoljnih logističkih snabdevača kompanije.

U preduzećima mineralnog sektora Srbije postoji izražena departmanizacija u smislu menadžmenta, iako se, u domaćim uslovima, ređe definiše navedenim terminom. U većini slučajeva proizvodnih preduzeća karakteristična je naročito funkcionalna departmanizacija, kombinovana sa proizvodnom departmanizacijom. U ređim slučajevima većih preduzeća prisutna je geografska departmanizacija.

### **2.3. Lanac komandovanja**

Koncept lanca komandovanja bio je dugo vremena dominantna osnova organizacionog dizajna. U savremenim uslovima organizacioni dizajn ima relativno manji značaj, ali u menadžerskom odlučivanju se moraju uzeti u obzir njegove implikacije na odluke o najboljem načinu strukturiranja organizacije.

Lanac komandovanja predstavlja stalnu liniju menadžerskih autoriteta, koja polazi od gornjih organizacionih nivoa do najnižih nivoa i razjašnjava pitanje odgovornosti. On pomaže zaposlenima u dobijanju odgovora na važna pitanja, kao što su [13]: (a) Kome se treba obratiti u slučaju problema; (b) Kome je radnik odgovoran za realizaciju posla?

Razmatranje lanca komandovanja zahteva razmatranje preostala tri koncepta, i to: (a) autoriteta; (b) odgovornosti; i (c) jedinstva komande. Autoritet obuhvata menadžerska prava da kaže zaposlenima šta da rade i da očekuje od njih da to urade [8]. Radi lakšeg donošenja odluka i koordinacije, menadžeri organizacije su sastavni deo lanca komandovanja i dat im je određen stepen ovlašćenja kako bi imali svoje odgovornosti. S obzirom da menadžeri koordinišu i integrišu rad zaposlenih, zaposleni imaju obavezu da obave preuzete radne zadatke i obaveze. Obaveza ili očekivanje da se zadaci kvalitetno izvrše poznata je kao odgovornost. Na kraju, princip jedinstva komande, koji je poznat kao jedan od 14 Fayolovih principa menadžmenta, pomaže da se sačuva koncept kontinuirane linije autoriteta. Po ovom principu, zaposleno lice treba da bude odgovorno samo jednom menadžeru. Bez jedinstva komande, konflikti zahtevi i prioriteta, koji dolaze od različitih šefova mogu da stvore probleme u praktičnom radu.

Prvi teoretičari menadžmenta, u koje spadaju Fayol, Weber, Taylor

i drugi, bili su oduševljeni konceptima lanca komandovanja, autoritetom, odgovornošću i jedinstvom komande. Međutim, sa promenom vremena, uslova i načina poslovanja došlo je do promene osnovnih načela organizacionog dizajna. Jedan od razloga za manji značaj ovih koncepata je i široki razvoj i poslovna primena informacionih tehnologija. U savremenim uslovima poslovanja zaposleni u celoj organizaciji, mogu u veoma kratkom vremenu da dobiju pristup informacijama, koje su nekada bile na raspolaganju samo top menadžerima. S pojavom kompjutera, značajno je poboljšana i olakšana komunikacija zaposlenih u organizaciji, tako da ne moraju ići zvaničnim kanalima kroz lanac komandovanja. Primenom međufunkcionalnih timova i timova koji sami upravljaju, u sve većem broju organizacija i primenom novog organizacionog dizajna sa većim brojem šefova, tradicionalni koncepti autoriteta, odgovornosti i lanca komandovanja postaju manje važni.

Lanac komandovanja je prisutan u preduzećima mineralnog sektora Srbije. Njegova polazna tačka je direktor ili bord direktora, a prenosi se preko direktora sektora, na šefove nižih organizacionih jedinica (npr. šefa jame, šefa geološke službe i dr.) do najnižeg nivoa realizacije poslovnih i radnih zadataka i obaveza.

## **2.4. Raspon kontrole**

Raspon kontrole predstavlja broj zaposlenih, kojima menadžer može efikasno i efektivno da upravlja u ostvarivanju poslovnih zadataka. On je važan jer u velikoj meri određuje broj nivoa i menadžera potrebnih organizaciji. Sa istim brojem zaposlenih u preduzeću, ako je raspon širi, preduzeće ima manje organizacionih nivoa i njegova organizacija je time efikasnija. Efikasnost se odnosi i na manji broj menadžera, čime se postiže značajna ušteda u troškovima njihovog angažovanja. Pri tome treba imati u vidu da u nekom trenutku, širi rasponi smanjuju efektivnost. Kada raspon postane prevelik, produktivnost zaposlenih je ugrožena, zato što menadžeri nemaju dovoljno vremena za neophodnu podršku i vođenje.

Na definisanje raspona kontrole utiču mnogi faktori, koji između ostalog uključuju veštine i sposobnosti menadžera i zaposlenih i karakteristike obavljenog posla. Ukoliko zaposleni imaju više iskustva i ako su bolje obučeni, to će im manje biti potreban menadžerski nadzor. U takvom slučaju menadžeri sa dobro obučanim i iskusnim osobljem mogu sasvim dobro da funkcionišu u širem rasponu. Ostale promenljivosti, koje određuju odgovarajući raspon uključuju sličnost zadataka zaposlenih, kompleksnost tih zadataka, fizičku blizinu podređenih, stepen

standardizovanosti procedure, sofisticiranost informacionog sistema organizacije, snagu kulture organizacije i stil, koji preovlađuje kod menadžera [20].

U uslovima savremenog menadžmenta prisutan je trend povećanja raspona kontrole, što je u skladu sa nastojanjima menadžera da smanje troškove, ubrzaju donošenje odluka, povećaju fleksibilnost, približe se klijentima i daju ovlašćenja zaposlenima. Uspešna preduzeća dosta investiraju u obuku zaposlenih kako bi se obezbedilo sigurnije poslovanje, koje neće trpeti zbog šireg raspona kontrole. Savremeni menadžeri mogu da kontrolišu širi raspon ako zaposleni dobro znaju svoje poslove ili se mogu obratiti svojim kolegama po pitanjima realizacije zadataka.

Raspon kontrole u preduzećima mineralnog sektora Srbije se kreće u uobičajenom rasponu za proizvodna preduzeća, pri čemu se prosečno pojavljuje tri do četiri menadžerska nivoa, u zavisnosti od veličine preduzeća. U većini slučajeva u pitanju su poslovi koje pokrivaju iskusni proizvodni radnici, što obezbeđuje relativno lakše menadžersko upravljanje sa uspešnim ostvarivanjem poslovnih zadataka u istraživanju i eksploataciji mineralnih sirovina.

## **2.5. Centralizacija i decentralizacija**

U definisanju organizacione strukture poseban značaj ima stepen centralizacije odlučivanja u preduzeću, shodno čemu se mogu izdvojiti: centralizovane i decentralizovane organizacije. Centralizovane organizacije karakteriše odlučivanje top menadžera, koji donose sve odluke, dok menadžeri nižeg nivoa i zaposleni samo izvršavaju njihova naređenja. Decentralizovane organizacije, s druge strane, karakteriše odlučivanje, koje je prepušteno menadžerima bližim procesu izvršenja. Centralizacija zapravo opisuje stepen do kojeg je donošenje odluka koncentrisano u jednoj tački u organizaciji. Ukoliko top menadžeri donose ključne odluke u organizaciji sa neznatnim ili nikakvim inputom odluka sa nižih nivoa, organizacija je centralizovana. Suprotno tome, decentralizacija opisuje stepen donošenja odluka na nižim nivoima u više tačaka preduzeća. Praktično posmatrano ukoliko više zaposlenih na nižim nivoima obezbeđuju inputne odluke veći je i stepen decentralizacije.

Koncept podele centralizacija - decentralizacija je relativnog, a ne apsolutnog karaktera, što znači da u praksi organizacija nikada nije potpuno centralizovana niti decentralizovana. Mali broj organizacija može funkcionisati efektivno ukoliko sve odluke donosi odabrana grupa top menadžera centralistički, ali isto tako ne mogu ni funkcionisati

ukoliko se ceo proces donošenja odluka prenese na zaposlene na najnižim nivoima. Ukoliko organizacija postaje fleksibilnija i počinje da reaguje na dejstvo tržišnih faktora i eksternih uticaja, javlja se trend ka decentralizaciji u donošenju odluka.

U velikim kompanijama, menadžeri na nižim nivoima su za razliku od top menadžera bliži neposrednom izvršavanju poslovnih zadataka i obično su detaljnije upoznati sa problemima i načinom rešavanja. Iskustvo u ovim kompanijama pokazuje da je ovlašćenje odlučivanja preneto na niže pozicionirane menadžere rezultiralo povećanjem prihoda i mnogo boljim poznavanjem i poslovnim odnosima sa glavnim klijentima kompanije [12].

Za pojam povećane decentralizacije se vezuje i termin ovlašćenje zaposlenih, koje označava povećanje diskrecionog prava zaposlenih u odlučivanju, a na osnovu izvršenog prenosa ovlašćenja.

Stepen centralizacije ili decentralizacije se utvrđuje za konkretno preduzeće, u zavisnosti od karakteristika preduzeća, poslovnog procesa, internog i eksternog okruženja. Primena višeg stepena centralizacije se vezuje za sledeće situacione elemente [13]: (a) *Okruženje preduzeća je stabilno;* (b) *Menadžeri nižeg nivoa nisu tako sposobni ni iskusni u donošenju odluka, kao menadžeri višeg nivoa;* (c) *Menadžeri nižeg nivoa ne žele da imaju reč kad se donose odluke;* (d) *Odluke su značajne;* (e) *Organizacija se suočava s krizom ili rizikom propasti kompanije;* (f) *Kompanija je velika;* i (g) *Efektivna primena strategija kompanije zavisi od toga koliko menadžeri pričaju o poslovnim događajima.* Primena višeg stepena decentralizacije se vezuje za sledeće situacione elemente: (a) *Okruženje je kompleksno i neizvesno;* (b) *Menadžeri nižeg nivoa su sposobni i iskusni u donošenju odluka;* (c) *Menadžeri nižeg nivoa žele da imaju svoj glas pri odlučivanju,* (d) *Odluke su relativno minorne;* (e) *Korporativna kultura je otvorena i dopušta menadžerima da učestvuju u onome što se događa;* (f) *Kompanija je geografski rasprostranjena;* i (g) *Efektivna primena strategija kompanije zavisi od menadžera, koji su angažovani i fleksibilni u donošenju odluka.*

U preduzećima mineralnog sektora Srbije se dominantno pojavljuje centralizacija sa elementima decentralizacije. Centralizovano je odlučivanje o poslovnim planovima proizvodnje potrebnih mineralnih proizvoda na nivou preduzeća i organa upravljanja, odnosno poslovođenja. Deo decentralizacije sprovodi se na nižim nivoima, koji obuhvataju izradu operativnih planova eksploatacije i operativnih planova geoloških istraživanja, ali u definisanim centralističkim okvirima. Ovo se posebno odnosi na proces istraživanja i eksploatacije strategijskih

mineralnih sirovina, za koje je, u većoj meri, prisutan centralistički direktivni način planiranja i poslovanja.

## **2.6. Formalizacija**

Formalizacija obuhvata stepen do kojeg su poslovi u okviru organizacije standardizovani i stepen do kojeg je ponašanje zaposlenih u skladu s pravilima i procedurama. Kada je posao visokoformalizovan, zaposleni koji obavlja predmetni posao ima malo diskrecionog prava da odlučuje šta treba učiniti, kada to treba učiniti i kako to učiniti. Od zaposlenih se može očekivati da vrše isti input na potpuno isti način, što dovodi do konzistentnog i identičnog outputa. U organizacijama sa visokim stepenom formalizacije, postoje eksplicitni opisi poslova, brojna organizaciona pravila i jasno definisane procedure, koje se odnose na proces rada. Ukoliko je formalizacija slaba, ponašanje na poslu je relativno nestrukturirano i zaposleni imaju veliki stepen slobode u pogledu načina obavljanja posla. Stepen formalizacije u velikoj meri varira između različitih organizacija, čak i u okviru iste organizacije.

U preduzećima mineralnog sektora Srbije prisutna je formalizacija, naročito u neposrednom delu realizacije proizvodnog procesa dobijanja mineralnih sirovina ili koncentrata, kao konačnog tržišnog proizvoda. Poslovi koje karakteriše znatno niži nivo formalizacije obuhvataju stručne kreativne poslove iz oblasti geoloških istraživanja ili projektovanja eksploatacije ili tehnoloških rešenja. Ove poslove karakteriše unikatnost rešenja i inženjerska sloboda pripreme potrebnih projektnih rešenja, kako bi ležište bilo istraženo na odgovarajući način ili pripremljena šema eksploatacije primereno uslovima i karakteristikama ležišta.

## **3. ZAKLJUČAK**

Aktivnosti usmerene na efikasno obezbeđivanje, raspoređivanje, organizovanje i korišćenje ljudskih i materijalnih resursa preduzeća radi postizanja definisanog cilja preduzeća, predstavlja osnovu menadžmenta i sastavni deo aktivnosti menadžera kao njegovih nosilaca.

Organizovanje predstavlja menadžersku funkciju, koja je svodi na obezbeđivanje organizacionih pretpostavki za ostvarivanje ciljeva preduzeća i implementaciju njegovih planova, dobijenih kroz prethodnu funkciju planiranja.

Organizovanje se zapravo može definisati kao proces stvaranja organizacione strukture i predstavlja izazov za menadžere da kreiraju

strukturu organizacije, koja će omogućiti efektivno i efikasno poslovanje preduzeća.

Organizaciona struktura predstavlja formalnu podelu poslova unutar organizacije, koja prilikom pravljenja organizacionog dizajna, uključuje šest ključnih organizacionih elemenata: (i) specijalizaciju; (ii) departmanizaciju; (iii) lanac komandovanja; (iv) raspon kontrole; (v) centralizaciju i decentralizaciju i (vi) formalizaciju.

Deo preduzeća u Srbiji, uključujući i preduzeća mineralnog sektora, ozbiljno se suočava sa tržišnim uslovima rada, tržišnom konkurencijom, tržišnim ograničenjima i tržišnom valorizacijom rezultata, kao ekonomskog kriterijuma vrednosti ostvarene proizvodnje proizvoda i usluga. S obzirom na generalno ograničene sopstvene finansijske, materijalne i dr. resurse, ali i obim i uticaj inostrane konkurencije, domaća preduzeća moraju biti, u znatno većoj meri, organizovana i osposobljena da obavljaju svoju ekonomsku, tržišnu i društvenu ulogu. Sastavni deo ovog unapređenja poslovanja odnosi se i na značajno unapređenje organizacije i definisanje organizacione strukture preduzeća u novim uslovima poslovanja i tržišnog privređivanja.

Započeta obimna i kompleksna autorska aktivnost na proučavanju uloge i značaja organizacione strukture, kako u delu definisanja, tako i u delu organizacionog dizajna, naročito sa ekonomskog i menadžerskog aspekta, biće nastavljena u sklopu daljeg aktivnog naučno-istraživačkog i aplikativnog rada. Posebna pažnja će biti posvećena vrstama organizacionog dizajna, pitanjima organizacija koje uče, kao i ekonomskim i menadžerskim aspektima poboljšanja efikasnosti poslovanja, kako bi se obezbedili organizacioni preduslovi za uspešnost poslovanja preduzeća u mineralnom sektoru Srbije.

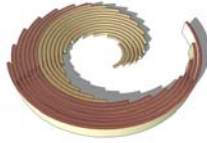
## **Literatura**

1. Adžes I., Životni ciklus preduzeća, NIP, Politika, Beograd, 1990
2. Babić M., Stavrić B., Menadžment - koncept i proces, Viša poslovna škola Beograd, 340 s., Beograd, 1999
3. Drucker P. F., Management Challenges For The 21st Century, The Central Management Issues of Tomorrow, 1999
4. Galbraith J. R., Designing Organizations: Strategy, Structure, and Process at the Business Unit and Enterprise Levels, Jossey-Bass, 3rd edition, 352 pp., 2014
5. Galbraith J. R., Designing Organizations: An Executive Guide to

- Strategy, Structure, and Process Revised, Pfeiffer, 2nd edition, 192 pp., 2001
6. Krugman P., Wells R., Economics, Worth Publishers; Second Edition edition, 1200 pp., 2009
  7. Kesler G., Kates A., Leading Organization Design: How to Make Organization Design Decisions to Drive the Results You Want, Jossey-Bass, 1st edition, 336 pp., 2010
  8. Tošović R., A Modern Approaches to Economic Evaluation of Mineral Resources in Conditions Mineral Market Economy, 6th International Conference COAL 2013, October 2-5, 2011, 371-381, Zlatibor, 2013
  9. Tošović R., Business Programs as Elements of Planning Decisions in the Company, 6th International Conference COAL 2013, October 2-5, 2011, 357-370, Zlatibor, 2013
  10. Tošović R., Elements of Efficiency and Effectiveness of Business Enterprises, Proceeding of 10th International Opencast Mining Conference OMC 2012, 353-365, Zlatibor, 2012
  11. Tošović R., Managerial Biases and Attitudes as Problems in Business Decision Making in the Company, Proceeding of 14th ICDQM-2012, 142-151, Belgrade, 2012
  12. Tošović R., Economic Aspects of the Effectiveness Geological Exploration of Mineral Resources in the Mineral Sector, Proceeding of 14th ICDQM-2012, 711-720, Belgrade, 2012
  13. Tošović R., Efficiency of Decision-making Companies as a Function of Economic and Ecological Basis of Development, International Scientific Conference on Innovative Strategies and Technologies in Environment Protection, 62-63, Belgrade, 2012
  14. Tošović R., Ekonomski parametri efikasnosti poslovnog odlučivanja u preduzeću, Naučno-istraživačka studija, 131 s., Beograd, 2010
  15. Van Fleet D., Span of Management Research and Issues, Academy of Management Journal, 546-562, 1983







## **KARAKTERISTIKE ODLUČIVANJA O INVESTIRANJU MINERALNIH PROJEKATA**

### **CHARACTERISTICS OF THE DECISION-MAKING ON INVESTMENT OF MINERAL PROJECTS**

Tošović R.<sup>1</sup>

#### **Apstrakt**

Procesu tržišnog plasmana privredno značajnih mineralnih sirovina prethodi priprema, izrada i realizacija odgovarajućih mineralnih projekata. Složenost opštih uslova privređivanja u mineralnoj ekonomiji, nepovoljni ekonomski uslovi i potreba obezbeđenja neophodnih investicija za mineralne projekte nalažu obavezu prethodne analize uslova i načina njihove realizacije. S obzirom na genetsku složenost različitih tipova ležišta metaličnih, nemetaličnih i energetske mineralnih sirovina, različit je i stepen stručne geološke, rudarske i tehnološke složenosti mineralnih projekata. S druge strane takođe je značajna kurentnost mineralne sirovine, stanje njene ponude i tražnje, kao i cena na domaćem i svetskom tržištu. U kompleksnom tržišnom okruženju lokalnog, regionalnog i globalnog karaktera donošenje odluka o investiranju mineralnih projekata je veoma osjetljiv, složen i odgovoran posao, koji mora uključiti geološku, rudarsku, tehnološku i ekonomsku komponentu odlučivanja.

---

<sup>1</sup> Prof. Dr Radule Tošović, dipl. inž. geol, dipl. ecc., Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

**Ključne reči:** odlučivanje, investiranje, projekat, mineralni sektor

## **Abstract**

Process of market investments economically significant mineral deposits precedes the preparation, development and implementation of appropriate mineral projects. The complexity of general economic conditions in the mineral economy, unfavorable economic conditions and the need to secure the necessary investment for mineral projects require commitment prior analysis of the conditions and methods of their implementation. Given the genetic complexity of the different types of deposits of metallic, non-metallic and energy minerals is different and the level of geological, mining and technological complexity of mineral projects. On the other hand it is also important competitiveness mineral resources, the state of its supply and demand and prices in the domestic and international markets. In a complex market environment, local, regional and global character of investment decision making mineral projects is very sensitive, complex and responsible job which must include geological, mining, technological and economic component of decision making.

**Keywords:** Decision making, Investing, Mineral Project, Mineral sector

## **1. UVOD**

Realizacija poslovanja preduzeća u mineralnom sektoru, prvenstveno zahteva obezbeđenje potrebnih finansijskih sredstava za odvijanje poslovnog procesa. Za ostvarivanje tekućih i razvojnih ciljeva preduzeća moraju se realizovati određeni investicioni poduhvati, koji se vezuju za određene mineralne projekte. Ovi investicioni poduhvati pripadaju grupi kapitalnih i zahtevaju ulaganje značajnih finansijskih sredstava, koje je neophodno prethodno utvrditi, a potom i obezbediti iz odgovarajućih investicionih izvora. Utvrđivanje strukture, veličine i dinamike potrebnih ulaganja i naročito usklađivanje sa raspoloživim sredstvima u slučaju mineralnih projekata je veoma složen problem. S obzirom da su mineralni projekti obično dugoročni višegodišnji projekti, posebno je važno da potrebna ulaganja budu potpuno pokrivena odgovarajućim finansijskim sredstvima, kako ne bi bilo prekida u njihovoj realizaciji.

Nedostatak potrebnih finansijskih sredstava za pravovremena ulaganja može izazvati velike teškoće u realizaciji investicija u mineralne

projekte. One se mogu ogledati u usporavanju realizacije mineralnog projekta, gubitku određenih efekata u odnosu na pravovremenu realizaciju, pa čak i nemogućnost realizacije, što može imati prateće posledice po celokupno poslovanje preduzeća, posebno u slučaju proširenja mineralnih rezervi i povećanja eksploatacionog kapaciteta.

Ukupna raspoloživa finansijska sredstva za ulaganje, u opštem slučaju obuhvataju [2]: (a) sopstvena finansijska sredstva, kojima preduzeće raspolaže; (b) finansijska sredstva, koja ulažu drugi subjekti i (c) sredstva koja se pod prihvatljivim uslovima mogu pozajmiti od banaka ili drugih subjekata ili pribaviti na drugi način (emitovanjem i prodajom hartija od vrednosti i dr.). U slučaju preduzeća mineralnog sektora, s obzirom da su u pitanju ulaganja u mineralne projekte uglavnom kapitalnog karaktera, zavisno od tipa projekta i obima projektnih poslova dominiraju sredstva iz drugo navedenih izvora. Jednim delom to su sredstva drugih subjekata, ali s obzirom na krizne ekonomske uslove i nepovoljnu finansijsku poziciju većine preduzeća mineralnog sektora Srbije, obično najmanje učešće imaju sopstvena finansijska sredstva.

S obzirom na ozbiljnost pitanja investiranja mineralnih projekata neophodno je sagledati sve karakteristične elemente potrebne za donošenje blagovremene, prave i pravilne odluke u vezi odnosne investicije. Stoga je neophodno obuhvatiti sve bitne geološke, rudarske, tehnološke i ekonomske aspekte predmetnog mineralnog projekta, koji bi omogućili kvalitetnu predkalkulaciju, odnosno izradu planske finansijske konstrukcije. Uobičajeno je da finansijska konstrukcija u opštem slučaju obuhvati: (a) utvrđivanje predračunske vrednosti potrebnih ulaganja prema nameni i vrstama, i to po obimu, strukturi i dinamici; i (b) utvrđivanje izvora iz kojih se obezbeđuju sredstva za finansiranje mineralnog projekta. Finansijska konstrukcija treba da bude tako zatvorena da pruža mogućnost efikasne realizacije investicije u mineralni projekat. Posebno treba obratiti pažnju na slučaj kada je pretežan deo sredstava iz kredita, uz nepovoljne kreditne uslove, kako finansiranje ne bi dovelo do neefikasnosti investicije. Na taj način se širi značaj finansijske konstrukcije i na ocenu opravdanosti investicije, odnosno mineralnog projekta, što ima direktnu vezu sa geološko-ekonomskom, tj. ekonomskom ocenom projekta, odnosno ekonomskom ocenom ležišta mineralnih sirovina.

U aktuelnom privrednom i ekonomskom trenutku deo preduzeća mineralnog sektora u Srbiji se suočava sa ozbiljnim nedostatkom potrebnih sredstava za finansiranje mineralnih projekata. Zbog toga je razmatranje predmetne materije veoma značajno, posebno u delu sa

sagledavanjem svih potrebnih karakteristika za donošenje potrebnih odluka o investiranju mineralnih projekata.

Problematika tretirana ovim radom jednim delom polazi od osnovnih postavki ekonomije, ekonomike preduzeća, ocene projekata i menadžmenta [1-9, 18]. Drugim delom predstavlja rezultat autorskih studioznih analitičko-sintetičkih, induktivno-deduktivnih i sistematičnih studijskih proučavanja u domenu menadžmenta, ekonomske ocene, mineralne ekonomije i poslovnog odlučivanja [10-17]. Osnovni cilj ovog rada je da ukaže na ulogu i značaj prikupljanja svih potrebnih elemenata za odgovaran proces odlučivanja o investiranju mineralnih projekata, kao veoma značajnog preduslova za dugoročno obezbeđenje uspešnog poslovanja preduzeća mineralnog sektora i podmirenja potreba različitih privrednih grana za određenim mineralnim sirovinama.

## **2. INVESTIRANJE MINERALNIH PROJEKATA**

Neposredno pre utvrđivanja tipova metoda ocene projekata i definisanja kriterijuma za odlučivanje o njihovom investiranju, neophodno je identifikovati i upoznati najvažnije karakteristike i specifičnosti ovog odlučivanja. Predmetne karakteristike, osim značaja za odlučivanje, dodatno su značajne utoliko što utiču na određivanje tehnika ocene, koje treba da budu primenjene. U praksi su mogući slučajevi primene neodgovarajuće/netačne tehnike ili kriterijuma odlučivanja i neočekivanog dobijanja odgovora, koji je matematički konzistentan i može izgledati potpuno opravdan, ali je ipak netačan [9]. U praksi je takođe moguće da se proračunski postupak u oceni tačno uradi, a onda napravi greška u finalnoj interpretaciji rezultata. Navedeni slučajevi se mogu direktno odraziti na donošenje pogrešne odluke, što je najgori mogući i krajnje neželjeni ishod ocene predmetnog mineralnog projekta.

Osnovna/bazna procedura ocene mineralnog projekta obuhvata upoređivanje krajnjih efekata ili relativnih vrednosti svake alternativne projektne aktivnosti, nakon čega se priprema ključna informacija bitna za odlučivanje, zasnovana na opserviranim rezultatima. U procesu pripreme za odlučivanje moraju se analizirati finansijska vrednost investicije i oportunitetni trošak kapitala. Određivanje finansijske vrednosti kapitalne investicije obuhvata upoređivanje očekivanih povraćaja od investicije sa svim alternativama korišćenja kapitala. Oportunitetni trošak kapitala predstavlja koristi, koje bi bile dobijene od najbolje sledeće alternative investiranja. Ukoliko je jedini izbor između čuvanja novca u banci sa određenim godišnjim interesom i investiranje u akcije ili mineralni projekat, investicija mora doneti najmanje godišnji interes štednje u banci

da bi oportunitetni trošak kapitala bio vredan pažnje. Oportunitetni trošak kapitala je na taj način veoma značajan koncept, koji je centralan za metode ocene mineralnih projekata [9].

Principi ocene projekata za mineralne i nemineralne investicije su delom su isti, a delom postoje određene specifičnosti, koje se odražavaju na ocenu. Mineralne investicije imaju niz karakteristika, koje ih čine specifičnim i donekle različitim od drugih tipova investicionih mogućnosti, što u najznačajnijem obuhvata sledeće: (a) neobnovljivost, iscrpljivost i često unikalnost prirode rudnih rezervi; (b) unikalnost/jedinstvenost lokacije i karakteristika ležišta; (c) postojanje geološke neizvesnosti, zavisno od stepena istraženosti; (d) relativno velika dužina vremena potrebnog da se mineralno dobro uvede u proizvodnju; (e) dugoročni karakter investicije u geološka istraživanja; (f) poznata ciklična priroda cena mineralnih komponenata na tržištu; (g) eksploatacija ležišta se može vršiti isključivo na mestu njihove prirodne lokacije, što nameće određena ograničenja u odnosu na druge tipove industrijskih objekata i povećava rizik rudarskih poduhvata u odnosu na druge tipove investicionih mogućnosti.

Svako pojedinačno mineralno ležište je unikalno u odnosu na lokaciju i geološko-ekonomske karakteristike, na prvom mestu kvantitet i kvalitet rude, zatim stepen koncentrisanosti rezervi, promenljivost distribucije korisne komponente, prostorni položaj ležišta i dr. Posebna specifičnost prati reprodukciju mineralnih rezervi, kao materijalni element proizvodnje, za koji se vezuju dva slučaja, i to: (a) pronalaženje novih rezervi na istoj lokaciji u prostornom kontinuitetu ili blizini postojećih rezervi, što povećava vek eksploatacije i produžuje proizvodni proces, a omogućuje korišćenje efekata postojeće investicije; i (b) pronalaženje novih rezervi ili ležišta na drugoj lokaciji, što zahteva novi investicioni proces. Navedeni aspekti značajno otežavaju postupak objektivnog upoređivanja ekonomske vrednosti jedne mineralne operacije sa nekom drugom. Pri tome se pojavljuje povećanje rizika, jer ne može unapred biti geoloških garancija da će geološka istraživanja rezultirati pronalaženjem novog mineralnog ležišta, koje će zameniti iscrpeno ležište.

### **3. VREMENSKI FAKTOR I MINERALNI PROJEKTI**

Vremenski faktor u velikoj meri utiče na vrednost mineralnog projekta, kao što utiče i na druge dugoročne investicije [9]. U domaćim uslovima u Srbiji, period od početka istraživanja do početka eksploatacije se meri periodom od pet i više godina kod manjih ležišta, do

decenije pa i dve, u slučaju velikih ležišta. Navedeni period je ujedno i period zamrznutosti investiranih sredstava, tokom koga nema povraćaja uloženog kapitala, zbog čega nakon početka eksploatacije povraćaj mora biti veći, kako bi pokrio i navedeni period. U trenutku izrade mineralnog projekta cene i troškovi se daju kao prognozne u predkalkulaciji, što uključuje elemente rizika zajedničkih za većinu drugih tipova investicionih mogućnosti. Međutim, mnoge cene naročito minerala, odnosno mineralnih komponenata su ciklične prirode, što se odražava na teškoće u prognoziranju cena i troškova, a time i nastanak posebnih problema u planiranju i oceni mineralnih projekata [9].

Faktor vremena utiče na mineralne projekte na više načina, što nije uvek prisutno u drugim investicionim mogućnostima, a kao najvažniji mogu se izdvojiti: (a) mineralne rezerve za dugoročne projekte; (b) uticaj početnih odluka na dugoročno poslovanje; i (c) poznavanje potpuno tačnih rezervi na kraju eksploatacije.

*Mineralne rezerve za dugoročne projekte.* Značajne mineralne rezerve su neophodne za realizaciju dugoročnih mineralnih projekata. S obzirom da su po definiciji rezerve u osnovi količine rude, koja će se otkopavati u budućnosti, sadašnja vrednost tone takvih rezervi je manja nego sadašnja vrednost tone rude koja može biti otkopana u trenutku ekonomske ocene. U slučaju drugih privrednih delatnosti investicione odluke obuhvataju odlučivanje da li proizvod prodati danas ili sačekati povoljniji tržišni trenutak. Usled navedenih specifičnosti pojavljuje se stav državnih službenika da treba oporezovati mineralne rezerve radi obezbeđenja fondova za javne projekte, često ne razumevajući činjenicu da sve mineralne rezerve u ležištu nemaju istu sadašnju vrednost [9].

*Uticaj početnih odluka na dugoročno poslovanje.* Proces ocene mineralnog projekta mora da uključi uticaj operativnih/poslovnih odluka donetih na početku eksploatacije mineralnog ležišta na dugoročnu vrednost poslovanja. Na primer, otkopavanje na početku bogatije rude, povećava profit u početnom periodu, ali snižava prosečan kvalitet preostalih rezervi i smanjuje vek rudnika, izazivajući ekonomsku osetljivost poslovnog procesa u preduzeću.

*Poznavanje potpuno tačnih rezervi na kraju eksploatacije.* Tačne količine i kvalitet mineralnih rezervi, koje će biti otkopavane ne mogu se znati sve dok ležište ne bude iscrpeno, i to iz razloga nedostatka: (a) geološke izvesnosti i (b) ekonomske izvesnosti. Geološka izvesnost se odnosi na geološko poznavanje količina i kvaliteta rezervi u ležištu, koje se određuju na osnovu geoloških istražnih radova i procesa oprobavanja, a koje po definiciji daje statističku ocenu, na osnovu dostupne populacije dobijenih podataka. Ekonomska izvesnost se odnosi na ekonomsku

činjenicu da će količina i kvalitet mineralnih rezervi, koje će biti otkopavane u dato vreme, direktno zavisiti od troškova eksploatacije i prerade, kao i cena proizvedenih mineralnih proizvoda. Kako buduće cene ne mogu biti predviđene potpuno tačno, u određenim slučajevima, teško je odrediti mineralne rezerve, čak i kada postoji visok stepen poverenja i ocene na osnovi geološkog stepena istraženosti.

#### **4. OCENA MINERALNIH PROJEKATA I ODLUKE O INVESTIRANJU**

Ocena mineralnog projekta i njegovo finansiranje se obično razmatraju u kontekstu otpočinjanja novog projekta, ali s obzirom na faznost istraživanja i eksploatacije, odnosno osvajanja ležišta, deo odluka se odnosi na modifikacije/izmene ili nastavak postojećih projektantskih aktivnosti. Svaki tip odluke zahteva prethodnu pripremu različitog seta informacija i možda različitu interpretaciju rezultata dobijenih ocenom mineralnog projekta. U opštem i najpotpunijem obliku neke tipične osnovne investicione odluke su sledeće [9]: (1) da li ništa ne raditi ili negde investirati; (2) da li otvoriti novi posao; (3) da li održavati, povećati ili smanjiti proizvodnju na postojećim poslovima; (4) da li privremeno ili za stalno prekinuti poslove; i (5) da li ponovo obnoviti poslove.

Navedeni tipovi osnovnih odluka su različiti u odnosu na utvrđivanje relevantnih troškova. Na primer, početni kapitalni troškovi su relevantni samo za odlučivanje u slučaju početka ili proširenja poslovanja. Troškovi održavanja, ponovnog počinjanja i operativni troškovi su vrlo značajni za odlučivanje o zatvaranju ili ponovnom otvaranju proizvodnog kapaciteta. Izlazni troškovi i očekivanja budućih troškova i cena u manjoj meri utiču na konačne odluke, bez obzira da li će postrojenje biti stalno ili privremeno zatvoreno.

Dinamički aspekti ocene mineralnih projekata uslovljavaju mnoge probleme ocenjivačima projekata, inženjerima i operativcima. Zbog date neizvesne prirode mnogih inputa, za planirane svrhe, ponekada se teško određuju osnovni poslovni parametri, kao što su: optimalna stopa ekstrakcije, prosečan kvalitet, granični i minimalni ekonomski sadržaj korisne komponente za planirano poslovanje.

Investicioni troškovi i naročito koristi za određene mineralne projekte su, u izvesnim slučajevima, teški za kvantifikaciju i ocenu. Na primer, u slučaju da je investicija neophodna da bi se sačuvalo učešće na tržištu ili pozicija preduzeća kao tehnološkog lidera, ovakva korist je neopipljiva i zato veoma teška za kvantifikovanje. Investicione odluke,



koje se odnose na sigurnost ljudi i kontrolu zagađenja su takođe teške za ekonomsku ocenu, dok ne ulaženje u to da se zadovolje zakonodavni standardi, znači potencijalno izlaganje određenim sankcijama, kao što je kazna ili zatvaranje fabrike. Često, ocene mineralnih projekata takvog tipa, identifikuju najmanje troškove opcije kao najbolje opcije [9].

Mnoge odluke o investiranju mineralnih projekata su uslovljene uticajem spoljnih događaja, kao što je neočekivano smanjivanje mineralnih rezervi, odnosno iscrpljivanje ležišta ili promene troškova energije, rada ili poreskih izdvajanja. Dalje investicione odluke u posebno složenim uslovima poslovanja, koje trpe nagle i brze promene, često moraju biti donete u kraćem vremenskom periodu od poželjnog, što bitno ograničava obim informacija, koje treba obezbediti i analizirati za potrebe donošenja kvalitetnih odluka.

## **5. IZVESNOST I NEIZVESNOST MINERALNIH PROJEKATA**

Mineralni projekat u kome su buduće cene i troškovi poznati sa značajnom izvesnošću, treba oceniti na drugačiji način od mineralnog projekta kod koga su isti neizvesni. Kao karakteristični primeri mogu se navesti primeri ležišta uglja, kod koga je prisutna izvesnost, i ležišta zlata, kod koga je prisutna neizvesnost.

Primer za izvesnost obuhvata projekat rudnika uglja, koji konačni proizvod prodaje na bazi dugoročnog ugovora, pri čemu su troškovi eksploatacije prilično predvidivi. Takav projekat može biti ocenjen utvrđivanjem vrednosti budućih novčanih tokova zasnovanih na diskontnoj stopi, koja predstavlja investitorove oportunitetne troškove kapitala bez povećanja diskontne stope usled uključivanja rizika [9].

Primer za neizvesnost obuhvata rudnik zlata sa graničnim troškovima od \$ 14,50/g (\$ 450/oz), koji može profitabilno da radi samo ukoliko cena zlata prelazi navedeni iznos troškova [9]. S obzirom da analitičar ne može tačno da predvidi cenu zlata, on ne može znati kada će rudnik raditi i koliki će tada biti profit. U tom slučaju, određivanje diskontovane vrednosti nepoznatih budućih novčanih tokova obezbeđuje samo ograničenu pomoć investitoru. Ipak, to ne znači da predmetno mineralno dobro nema vrednost, već ta vrednost mora biti određena na drugi način.

Kada su neizvesnost i rizik relativno malo prisutni, ocena mineralnog projekta je relativno jednostavniji zadatak. Međutim, mineralni projekti često obuhvataju proizvode za koje su cene ili proizvodne procedure teške za predviđanja i analitičar mora da donese odluke imajući u vidu kako na najbolji način da oceni takav mineralni

projekat. Uključivanje rizika uveliko komplikuje proces ocene, a ključ za uspešnu ocenu je odgovarajuće uključivanje i kvantifikacija rizika i potencijalnih posledica.

## **6. ISKLJUČIVI I NEZAVISNI MINERALNI PROJEKTI**

Postoje dva relativno zastupljena tipa investicionih odluka baziranih na broju i međusobnim vezama obuhvaćenih mineralnih projekata, koji mogu biti; (a) nezavisni ili (b) isključivi projekat. Top menadžer, kao donosilac odluke, često mora da izabere jedan od dva projekta, kao što je npr. odluka da li će se graditi termocentrala (za koju su značajne rezerve uglja) ili hidrocentrala (za koju su značajne dovoljne količine vode). Kada se samo jedan od projekata može prihvatiti, takvi projekti su definisani kao međusobno isključivi [9]. Sa druge strane, investicione mogućnosti, koje nemaju veze jedna sa drugom, kao npr. rudnik bakra i naftno polje, označavaju se kao međusobno nezavisni projekti. Investitor može preduzeti finansiranje jednog ili oba projekta, ako projekat obezbeđuje minimum zahtevanih dobiti/profita.

Rangiranje različitih projekata je takođe uslovljeno raspoloživim resursima ili kapitalom, kao uslovom da se prihvati investiranje svih projekata, čak i u slučaju nezavisnih projekata. Zbog ograničenih količina finansijskih sredstava uobičajeno je da nikada nema dovoljno resursa ili kapitala za sve projekte za investiranje, zbog čega je racionalizacija neophodna. U uslovima nedostatka kapitala, prednost u izboru imaju oni projekti koji daju najveće ukupne koristi u odnosu na raspoloživa finansijska sredstva.

## **7. MINERALNI PROJEKTI RAZLIČITOG TRAJANJA I DUŽINE KORIŠĆENJA**

U procesu odlučivanja, kao značajna karakteristika, mora se uzeti u obzir i dužina trajanja mineralnog projekta, odnosno dužina korišćenja pozitivnih ekonomskih efekata od projekta. Analitički posmatrano ovo znači potrebu upoređivanja koristi i troškova za dve ili više investicionih mogućnosti različitog veka trajanja. Kako postupiti sa nejednakim vekom pri oceni, zavisi da li je uključeno trajanje ili korišćenje efekata projekta. Investicije koje obuhvataju komparaciju alternativa, a identičnog su trajanja moraju da sadrže vek trajanja alternativne investicije. Na primer, ekonomski nije korektno da se direktno upoređuje vrednost investicije za mašinu, koja će trajati samo 4 godine, sa mašinom koja će koštati znatno više i trajaće 20 godina. U ovom slučaju se ekonomski komparira

kupovina 5 jeftinijih mašina u toku vremena sa investicijom u kupovinu jedne skuplje mašine. U praksi, neće uvek biti lako i jednostavno izvršiti proračun za različiti vek trajanja projekata za potrebe komparacije investicija u cilju konačnog odlučivanja, ali odgovarajućim postupcima to se ipak može učiniti.

Mineralni sektor i mineralna ekonomija Srbije prolaze tranzicioni proces kretanja ka uslovima tržišne mineralne ekonomije, što obuhvata i domen investicija u mineralne projekte. U ranijem periodu dominantni deo mineralnih projekata, naročito veoma krupnih, finansiran je od strane države i državnih fondova, ali sadašnja investiciona sposobnost države je značajno smanjena. Sadašnje stanje privrede Srbije karakteriše visok stepen javne zaduženosti, visoka javna potrošnja i problemi državnog budžeta, zatim visok spoljnotrgovinski deficit, nizak nivo proizvodnje i nedostatak investicionih sredstava za pokretanje materijalne proizvodnje. U takvim uslovima nema potrebnih sredstava iz budžetskih izvora za finansiranje mineralnih projekata, zbog čega je neophodno tražiti i obezbediti dodatna investiciona sredstva iz drugih izvora. Shodno tome top menadžment u svim preduzećima mineralnog sektora posebnu pažnju treba da posveti savremenom pristupu u oceni mineralnih projekata, kao osnovi za donošenje odluke o potrebi i tržišnoj opravdanosti investiranja istih. Neophodno je napomenuti da deo preduzeća mineralnog sektora, koji su predstavništva stranih kompanija, već funkcionišu po navedenim principima odlučivanja, što treba da je dodatan konkurentski stimulans za domaća preduzeća, kako bi unapredile ovaj domen sopstvenog poslovanja.

## **8. ZAKLJUČAK**

Savremeno poslovanje preduzeća u mineralnom sektoru, prvenstveno zahteva obezbeđenje potrebnih finansijskih sredstava za odvijanje poslovnog procesa. Za ostvarivanje dugoročnih razvojnih ciljeva preduzeća moraju se realizovati određeni kapitalni investicioni poduhvati, koji se vezuju za određene mineralne projekte.

Ozbiljnost pitanja investiranja mineralnih projekata zahteva sagledavanje svih karakterističnih elemenata potrebnih za donošenje blagovremenih, pravih i pravilnih odluka u vezi odgovarajuće investicije. U kompleksnom analitičkom pristupu neophodno je obuhvatiti sve bitne geološke, rudarske, tehnološke i ekonomske aspekte predmetnog mineralnog projekta, koji će omogućiti kvalitetnu predkalkulaciju, odnosno izradu planske finansijske konstrukcije.

Osnovna procedura ocene mineralnog projekta obuhvata upoređivanje krajnjih ekonomskih efekata ili relativnih vrednosti svake alternativne projektne aktivnosti, nakon čega se priprema ključna informacija bitna za odlučivanje. Pri tome u procesu pripreme za odlučivanje moraju se analizirati finansijska vrednost investicije i oportunitetni trošak kapitala.

Vremenski faktor u velikoj meri utiče na vrednost mineralnog projekta, a, s obzirom na posebne specifičnosti utiče i na proces odlučivanja o investiranju mineralnog projekta. Vremenski period od početka istraživanja do početka eksploatacije ujedno je i period zamrznutosti investiranih sredstava, tokom koga nema povraćaja uloženog kapitala, zbog čega nakon početka eksploatacije povraćaj mora biti veći, kako bi pokrio i navedeni period. Stoga svaki tip odluke o investicijama zahteva prethodnu pripremu različitog seta informacija, koje moraju uključiti i uticaj vremenskog faktora. Pri tome posebnu specifičnost može predstavljati izvesnost ili neizvesnost budućih cena i troškova, koji se odražavaju na ocenu mineralnih projekata.

U procesu odlučivanja, kao značajna karakteristika, mora se uzeti u obzir i dužina trajanja mineralnog projekta, odnosno dužina korišćenja pozitivnih ekonomskih efekata od projekta. Osim toga potrebno je analizirati nezavisnost ili isključivost pojedinačnih mineralnih projekata u kontekstu odlučivanja.

Mineralni sektor i mineralna ekonomija Srbije prolaze tranzicioni proces kretanja ka uslovima tržišne mineralne ekonomije, što obuhvata i domen investicija u mineralne projekte. Shodno novim tržišnim uslovima top menadžment u svim preduzećima mineralnog sektora posebnu pažnju treba da posveti savremenom pristupu u oceni mineralnih projekata, kao osnovi za donošenje odluke o potrebi i tržišnoj opravdanosti njihovog investiranja.

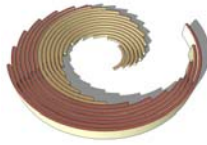
Započeta obimna i kompleksna autorska aktivnost na proučavanju karakteristika odlučivanja o investiranju mineralnih projekata, naročito sa ekonomskog i menadžerskog aspekta, biće nastavljena u sklopu daljeg aktivnog naučno-istraživačkog i aplikativnog rada. Posebna pažnja će biti posvećena pojedinačnim specifičnostima investicionog procesa u funkciji uspešnijeg menadžerskog odlučivanja, kako bi se obezbedila veća efikasnost i efektivnost investicija u mineralne projekte i potrebni preduslovi za uspešnost poslovanja preduzeća u mineralnom sektoru Srbije.

## Literatura

1. Jovanović P.: Upravljanje investicijama, 6. Izdanje, Fakultet organizacionih nauka, 317 pp., Beograd, 2006
2. Krugman P., Wells R.: Economics, Worth Publishers; Second edition, 1200 pp., 2009
3. Kahn W. A., Kram K. E.: Authority at Work: Internal Models and Their Organizational Consequences, Academy of Management Review, 17-50, 1994
4. Mankiw N. G.: Principles of Microeconomics, South-Western College Pub; 6th edition, 528 pp., 2011
5. Rudenno V.: The Mining Valuation Handbook: Mining and Energy Valuation for Investors and Management, Wrightbooks; 4 edition, 624 pp., 2012
6. Rundge I.: Mining Economics and Strategy, Society for Mining Metallurgy & Exploration, 1 edition, 316 pp., Littleton, Colorado, 1998
7. Stephen R., Coutler M.: Menadžment, Data status, 606 p., Beograd, 2005
8. Torries F. T.: Evaluating Mineral Projects: Applications and Misconceptions, Society for Mining Metallurgy & Exploration, 1 edition, 172 pp., Littleton, Colorado, 1998
9. Tošović R.: The Role of Cost Management in Overcoming the Problems of Business Enterprises in the Mineral Sector, Proceeding of ICDQM-2017, 520-529, Belgrade, 2014
10. Tošović R.: Practical Aspects of Economic Evaluation of Mineral Projects in Investment Decision Making, Proceeding of 17th ICDQM-2014, 497-504, Belgrade, 2014
11. Tošović R.: A Modern Approaches to Economic Evaluation of Mineral Resources in Conditions Mineral Market Economy, 6th International Conference COAL 2013, Zlatibor, October 2-5, 2011, 371-381, Zlatibor, 2013
12. Tošović R.: Economic Evaluation of Mineral Deposits in the Function of Geoeological Decision-Making, Book of abstracts, International scientific conference 10th Conference chemists, technologists and environmentalists of Republic of Srpska, November 15-16, 145 pp., Banja Luka, 2013
13. Tošović R.: Managerial Biases and Attitudes as Problems in Business Decision Making in the Company, Proceeding of 14th ICDQM-2012, 142-151, Belgrade, 2012
14. Tošović R.: Economic Aspects of the Effectiveness Geological Exploration of Mineral Resources in the Mineral Sector, Proceeding

- of 14th ICDQM-2012, 711-720, Belgrade, 2012.\
15. Tošović R.: Efficiency of Decision-making Companies as a Function of Economic and Ecological Basis of Development, International Scientific Conference on Innovative Strategies and Technologies in Environment Protection, 62-63, Belgrade, 2012
  16. Tošović R.: Ekonomski parametri efikasnosti poslovnog odlučivanja u preduzeću, Naučno-istraživačka studija, 131 s., Beograd, 2010
  17. Wellmer F. W.: Dalheimer M., Wagner M., Economic Evaluations in Exploration, Springer; 2nd edition, 264 pp., 2010





## **FAKTORI I PROCENA RIZIKA**

### **FACTORS AND RISK ASSESSMENT**

Vukojičić P.<sup>1</sup>

#### **Apstrakt**

Upravljanje rizicima je neodvojivi deo našeg svakodnevnog života. Savremene strukture korporativnog upravljanja stavljaju značajan akcent na upravljanje rizicima, a delimični rezultat toga su nove metodologije. U ovom radu se naglašavaju faktori rizika u funkciji procene samog rizika a koja predstavlja neodvojivu fazu u težnji za njihovim upravljanjem.

***Ključne reči:*** faktori, procena rizika, verovatnoća, uticaj

#### **Abstract**

Risk management is an integral part of our daily lives. Modern corporate governance structures placed significant emphasis on risk management, a partial result of the new methodology. In this paper, we highlight the risk factors in evaluating the risks which are now an integral phase in the pursuit of their management.

***Keywords:*** factors, risk assessment, probability, impact

---

<sup>1</sup> Predrag Vukojičić, dipl.ing.rud., JP Elektroprivreda Srbije, Beograd



## 1. UVOD

Svi smo svakodnevno izloženi riziku, na poslu i privatno, i često podsvesno upravljamo rizicima. Kao što je poznato u svetu postoje razne metode procene rizika, ali za svaku je zajedničko to da je najbitnije otkriti i vrednovati očekivane gubitke i verovanih i malo verovatnih, ali mogućih događaja.

Jedna od definicija pojma *rizik* je da je isti mogućnost pojave čina ili događaja koji mogu stvoriti negativne posledice po kompaniju i njenom poslovanju. Rizik je jednostavno mogućnost da se pojave tri faktora:

*Pretnje* - događaji ili aktivnosti, spoljne prirode u odnosu na sistem, koje u određenom trenutku utiču na slabe tačke sistema, i kao takve stvaraju učinak,

*Ranjivosti* (slabosti) - misli se na slabosti unutar određenog sistema koje u određenom trenutku mogu biti napadnute od pretnji, i

*Uticaji* (učinci) - kratkoročne i dugoročne organizacione posledice, ako pretnje napadnu slabosti sistema.

## 2. VRSTE RIZIKA

Kada govorimo o vrstama rizika u smislu vrste posledica koje imaju na kompaniju, u načelu prepoznajemo:

- Finansijski rizik tj. događaji koji imaju direktan finansijski uticaj i mogu voditi povećanju troškova ili gubitku prihoda,
- Operativni rizik, koji predstavlja događaje ili radnje koje bi mogle prekinuti pružanje usluga ili rezultirati u odstupanju od ciljeva, i
- Rizik po reputaciju, a koji predstavlja događaje ili radnje koje mogu ugroziti ugled kompanije.

Ovi rizici mogu nastati kao rezultat sledećih uzroka, kao što su eksterna pitanja (van kontrole kompanije, npr. promene zakona), operativna pitanja (npr. kvar pogona ili mašina koje utiču na pružanje usluga), i promena (npr. kompanija se povremeno menja zbog toga da bi ispunila zakonske obaveze ili to može biti deo reorganizacije).

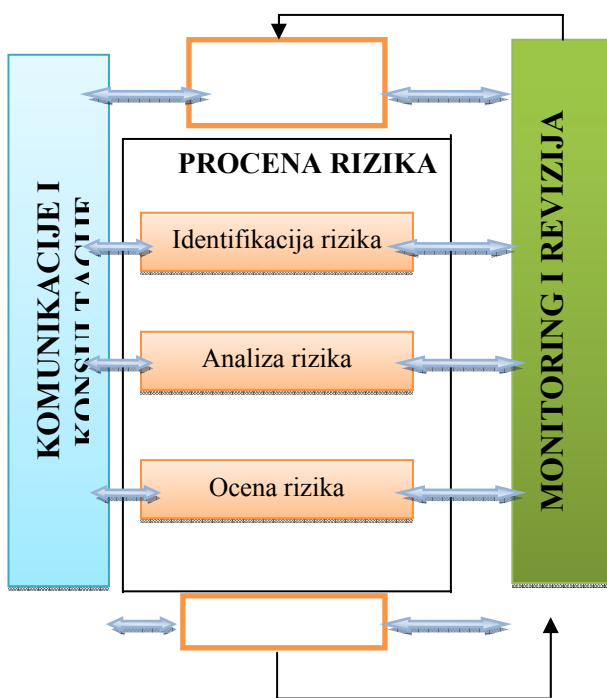
## 3. MOGUĆI FAKTORI RIZIKA U FUNKCIJI IT

U poslovnoj funkciji IT-a mogući faktori rizika svojstveni istim su

na primer:

- rizik od neovlašćenog pristupa (učinak od neovlašćenog pristupa IT imovini kompanije, uključujući lozinke, računarski hardver i softver i dr.),
- rizik za celovitost podataka (učinak korišćenja netačnih informacija),
- rizik od prevare (učinak unutrašnjih i spoljnih rizika od prevare),
- rizik od računarskih virusa, hakera (spoljne pretnje),
- rizik od fizičke štete (učinak otuđenja ili oštećenja IT imovine kompanije)
- rizik od hardverske infrastrukturne greške (mreža), i greške centralnog sistema,
- rizik od softverske greške.

Na osnovu procene verovatnoće i izloženosti riziku, procenjuje se ukupan nivo rizika u određenoj poslovnoj funkciji.



Slika 1. Blok šema upravljanja procesima prema ISO 31000

Osnovna svrha procene rizika je utvrđivanje sopstvenih rizika u delatnostima različitih poslovnih funkcija. U obzir pri oceni rizika

svojtvenih poslovnoj funkciji moraju se uzeti dva glavna pitanja:

- Koja je verovatnoća da nešto krene po lošem?  
(ovde se misli na verovatnoću pojave određene pojave – pretnje),
- Koliki su troškovi kada nešto zaista krene loše?  
(izloženost ili uticaj rizika od određenog događaja tj. pretnje).

Rizik se procenjuje na osnovu odgovora na navedena pitanja u vezi pojave različitih faktora rizika (pretnji) i procene verovatnoće negativnog događaja i uticaja izloženosti riziku za svaki faktor.

Jedinstvena formula za numeričko prikazivanje i vrednovanje rizika je:

RIZIK = vrednost VEROVATNOĆE (X) vrednost UTICAJ rizika

#### 4. POSLEDICE I KATEGORIZACIJA RIZIKA (POMOĆ PRI PROCENI)

Posledice rizika se obično posmatraju u smislu verovatnoće da će se rizik pojaviti i uticaja koji će on tada imati. Oba pojma se odnose na moguće buduće događaje, tako da su uključeni procena i prosuđivanje. Ovo ih čini više veštinom nego naukom i veliki stepen sigurnosti u proračunu ovih rizika mogu obmanuti čitaoca.

Opšte smernice za verovatnoću i uticaj, datim u Tabelama 1 i 2, date su u ilustrativne svrhe. U svojim ocenama rizika kompanije obično tri do pet kategorija za uticaj i verovatnoću. Najčešći slučaj je da se koriste tri (nizak, srednji, visok) kategorije. Ove kategorije moraju da budu podržane opisima koji dočaravaju prirodu i nivoe kompanijskih aktivnosti što im omogućava da budu korišćene praktično i dosledno od strane izvršilaca.

##### *Smernica za uticaj*

*Tabela 1. Smernice za uticaj*

Primeri	- organizacija je uspešno utužena za nezakonito otpuštanje, - radnik je doživeo povredu na radu, npr. okliznuo se
Moguće Posledice	- Manje od 0.5% finansijskog uticaja na ukupni obrt - Nema regulatornih posledica - Manji negativan publicitet - Manja povratna povreda
Kategorija	<b>Nizak (vrlo nizak)</b> Negativan ishod zbog rizika ili izgubljenih prilika koji verovatno neće imati trajni ili značajni uticaj na ugled ili uspešnost kompanije

Primeri	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Veliki IT projekti kasne ili se na njega potrošilo previše sredstava,</li> <li>- Angažovano osoblje je pretrpelo povrede zbog nemara kompanije</li> <li>- Gubitak značajne javne imovine</li> </ul>
Moguće Posledice	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Finansijski gubitak do 2% od ukupnog obrta u svakoj godini,</li> <li>- Ograničeni regulatorni problemi,</li> <li>- Negativni publicitet u lokalnoj oblasti</li> <li>- Veća povratna povreda</li> </ul>
<b>Kategorija</b>	<b>Srednji</b> Negativan ishod zbog rizika ili izgubljenih prilika koji će imati značajan uticaj na organizaciju, ali se njime može upravljati bez većih posledica u srednjoročnom periodu

Primeri	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Istraživački tim je falsifikovao rezultate što ima velike posledice,</li> <li>- Informacioni sistem kompanije je u potpunosti „pao“ i ne može se oporaviti</li> <li>- Ozbiljan incident zbog nemara kompanije</li> <li>- Veliki požar onemogućava značajnom delu kompanije da pruža svoje usluge</li> <li>- Kontinuirani neuspeh u angažovanju kadrova</li> </ul>
Moguće Posledice	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Finansijski gubitak preko 2% od ukupnog obrta u jednoj ili više godina zaredom</li> <li>- Značajni regulatorni problemi i posledice,</li> <li>- Negativni (stalni) naslovi u lokalnoj štampi</li> <li>- Trajna (višestruka) povreda ili smrt</li> </ul>
<b>Kategorija</b>	<b>Visok (vrlo visok)</b> Negativan ishod zbog rizika ili izgubljenih prilika koji ukoliko se ne reši u srednjoročnom periodu prethodi opstanku kompanije

### *Smernice za verovatnoću*

*Tabela 2. Smernice za verovatnoću*

<b>Kategorija</b>	Verovatnoća
<b>Niska (vrlo niska)</b>	2-5% verovatnoće da će se nešto dogoditi
<b>Srednja</b>	10% verovatnoće da će se nešto dogoditi
<b>Visoka (vrlo visoka)</b>	20-30% verovatnoće da će se nešto dogoditi

Pojedine kompanije vole da koriste jednu kategoriju rizika, naročito za više nivoe rizika koji se razmatraju na rukovodećem nivou. Ovde se najčešće koristi sistem svetla na semaforu, gde se stavke visokog rizika obeležavaju crvenom bojom i slično.

Prilikom određivanja ovih pojedinačnih kategorija potrebna je slobodna procena kako bi se obezbedilo da adekvatan akcenat bude stavljen na uticaj i verovatnoću, obzirom da jednostavni matematički proizvod može dovesti do pogrešnih zaključaka. Ukoliko je visok nivo

rizika obeležen sa tri a nizak nivo sa jedan, tada je rizik koji ima visok uticaj ali nisku verovatnoću, jednak riziku koji ima nizak uticaj ali visoku verovatnoću. Ovo dovodi do pogrešnih zaključaka jer bi se u praksi ova dva rizika tretirala na različite načine. Prvopomenuti bi se najčešće rešio osiguranjem, dok bi drugi bio oblast za unapređivanje upravljačkih kontrola.

Najčešći način za predstavljanje izloženosti riziku jeste matrica u boji koja povezuje uticaj i verovatnoću. Najčešće se koristi matrica (3\*3), a koja je prikazana u nastavku (Slika 2)

UTICAJ	Velik			
	Srednji			
	Nizak			
		Niska	Srednja	Visoka
		VEROVATNOĆA		

Slika 2. Matrica rizika

Procena rizika prepoznaje sledeće slučajeve evidencije, analize i ocene rizika kada je:

*Uticaj rizika je veliki, a verovatnoća mala.* Rizike sa velikim uticajem treba pratiti, evidentirati i po potrebi poduzimati odgovarajuće mere. Rizici s manjom verovatnoćom mogu se povećati i biti svrstani u rizičnu grupu. Rukovodstvo treba da prati kretanje ovih rizika i preduzima mere.

*Uticaj i verovatnoća nastanka rizika je mala.* Rukovodstvo mora pokloniti odgovarajuću pažnju praćenju ovih rizika. Kao i kod drugih rizika, gde je uticaj i verovatnoća mala, neophodno je njihovo praćenje.

*Uticaj i verovatnoća za nastajanje ovih rizika je visok.* Budući da se radi o velikoj verovatnoći i uticaju za nastajanje rizika, rukovodstvo mora pratiti, planirati i preduzimati određene aktivnosti kako bi rizici bili pod kontrolom, a u tome mu mora pomoći Interna revizija.

*Uticaj rizika je mali, a verovatnoća je velika. Menadžment mora pokloniti odgovarajuću pažnju kontroli ovih rizika. Budući da je verovatnoća za njihov nastanak velika potrebno ih je pratiti i preduzimati odgovarajuće mere.*

### ***Registri rizika***

Registri rizika postoje na različitim nivoima u okviru kompanije. Može postojati registar rizika na nivou organizacije koja uključuje sve najznačajnije rizike koje pogađaju kompaniju. Takođe mogu da postoje registri rizika na nivou odeljenja i koji se bave rizicima kojima treba da se upravlja, ali na nižem nivou organizacije.

Svrha postojanja registra rizika jeste da u jednom dokumentu, idealno bi bilo na jednoj stranici, pruže ključne informacije o grupama rizika u kompaniji.

## **5. PRIMER MOGUĆIH RIZIKA U ENERGETSKOJ KOMPANIJU U REGIONU**

Kao ilustrativan primer prikazani su neki od mogućih rizika u IT sektoru koji mogu imati negativne posledice po uspešan rad energetske kompanije iz regiona a prepoznati su od strane zaposlenih, mogu biti:

- vlasništvo i politike u kompaniji,
- organizacija IT (funkcionalno i organizacijski),
- IT planiranje i ostvarenje plana,
- Nepostojanje važećih standarda i normi u području IT,
- Primena jedinstvene poslovne prakse osnovnih delatnosti,
- IT podrška osnovne delatnosti,
- Komunikacija učesnika i unutar IT-a,
- Obučenosť osoblja IT-a i korisnika usluga IT-a,
- Upravljanje ljudskim resursima u oblasti IT-a,
- Nepostojanje politike o zaštiti IS u pisanom obliku,
- Pojava konkurencije u obliku outsorsinga,
- Politika nagrađivanja zaposlenih u IT sektoru,
- Neadekvatna sistematizacija,
- Segregacija dužnosti,
- Nepostojanje strategije IT-a,
- Zaštita IS-a kompanije.

Idealan je slučaj da kompanije u jednom dokumentu pružaju ključne informacije o grupama rizika u kompaniji. Za tu svrhu postoje gorepomenuti registri rizika. Jednom kada se rizici unesu u registar rizika

ili u obrazac za upravljanje rizikom odatle se može njime upravljati.

Prvo treba odrediti oblasti rizika, pa ih potom kategorizovati prema verovatnoći pojave (verovatnoća pojave određenog događaja-pretnje) - mala, srednja, velika. U nastavku ih treba kategorizovati prema izloženosti pojave (koliki materijalni uticaj ima pojava nekog događaj-pretnje) kao mali, srednji, i veliki.

Posle identifikacije i analize rizika iste treba oceniti, a posle toga preći na sledeći nivo u procesu upravljanja rizicima a to je tzv. tretiranje rizika.

Krajnja svrha upravljanja rizicima nije da se eliminišu svi rizici već da se rizici svedu na prihvatljiv nivo. Taj nivo varira od kompanije do kompanije od zavisnosti od *apetita* kompanije za rizicima. Ovo opet zavisi od sposobnosti kompanije da upravlja različitim situacijama kada se one pojave i rešava njihove posledice. Rizici se tako preuzimaju, ali na kontrolisan način.

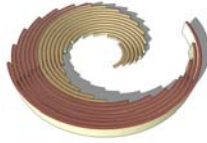
## 6. ZAKLJUČAK

Nakon što se identifikuju rizici, neophodno je da se ocene u pogledu uticaja koji mogu imati na kompaniju i verovatnoće njihovog materijalizovanja. Ključna stvar je da se pripreme specifične smernice za potrebe organizacije, a odmah zatim rizike uneti u registar rizika odakle se njime može dalje upravljati.

Iako ne postoji jedinstven koncept za efikasno upravljanje rizikom, od specijalizovanih funkcija u okviru kompanije bliskih poslovdstvima (npr. interne revizije i kontrole) se zahteva poznavanje faza procesa upravljanja rizikom, metoda i tehnika upravljanja rizikom, veština u komunikaciji, intervjuisanju i objektivnim analizama. Na taj način se doprinosi smanjenju rizika na prihvatljiv nivo za kompaniju, kroz adekvatno postavljen proces upravljanja rizikom.

### Literatura

1. Begović S. V., Pupovac M. I.: Uloga interne revizije u upravljanju rizicima preduzeća, Škola biznisa br. 2/2012 VPS, Novi Sad
2. MFIN RS, Finansijsko upravljanje i kontrole-II modul, Priručnik, Beograd, 2011
3. TEB, HEP, Metodologija rada interne revizije, Priručnik, Zagreb, 2003
4. Vukojičić P., Milošević S.: Revizija informacionih sistema zasnovana na proceni rizika u kompanijama, YU-INFO, Kopaonik, 2013



**OSNOVNI KONCEPT MODELA UTICAJA VREMENSKIH  
PRILIKA NA POUZDANOST SISTEMA POVRŠINSKE  
EKSPLOATACIJE**

**BASIC CONCEPT OF WEATHER CONDITIONS MODEL  
IMPACT ON THE SURFACE MINING SYSTEM RELIABILITY**

Vuković B.<sup>1</sup>

**Apstrakt**

Vremenske prilike značajno utiču na funkcionisanje sistema površinske eksploatacije (SPE), tako što mijenjaju okruženje kao i ponašanje komponenti sistema. Da bi se objasnio uticaj vremenskih prilika na pouzdanost SPE uveden je pristup evaluacije po modelu Markova. Procene pouzdanosti bez razmatranja vremenskih uslova mogu biti veoma optimistične i pogrešne, zbog čega ovaj rad opisuje i ilustruje osnovni koncept modela sa uticajem vremenskih prilika.

***Ključne reči:*** vreme, pouzdanost, okruženje, model, intenzitet

**Abstract**

Weather conditions significantly affect the functioning of the surface extraction (SPE), by changing the environment and the behavior of system components. To explain the impact of weather conditions on the reliability of SPE it was introduced evaluation approach by Markov

---

<sup>1</sup> Mr Vuković Bojo, RiTE Gacko, Gacko



model. Estimates of reliability without considering the weather conditions can be very optimistic and wrong, due to which this paper describes and illustrates the basic model concept with the influence of weather conditions.

**Keywords:** time, reliability, environment, model, intensity

## 1. UVOD

Sistem površinske eksploatacije (SPE) radi u širokom spektru vremenskih prilika i zbog njihove stalne promjene podvrgnut je različitom stepenu fizičkog uticaja. Vremenske prilike značajno utiču na funkcionisanje SPE, tako što mijenjaju okruženje kao i ponašanje komponenti sistema. Varijacije uticaja vremenskih prilika manifestuju se u pogledu visoke promjenjivosti intenziteta otkaza SPE, a time i njegovih proizvodnih parametara, naročito kapaciteta. Uticaj na funkcionisanje SPE stvoren lošim vremenskim prilikama je mnogo veći nego u normalnim vremenskim prilikama i povećava se sa nivoom intenziteta lošeg vremena. Stoga, u ovom radu će biti analizirana pouzdanosti SPE u cilju boljeg shvatanja uticaja vremenskih prilika na njegove proizvodne parametre.

Povećanje pouzdanosti, a samim tim i povećanje kapaciteta SPE, može se ostvariti povećanjem pouzdanosti njegovih elemenata, bilo podizanjem kvaliteta izrade ili održavanja opreme, bilo vremenskim rezerviranjem, prije svega izraženim kroz efikasno obnavljanje. Ovo u svakom slučaju zahtijeva dopunska ulaganja čija optimizacija predstavlja jedan od osnovnih uslova za efikasan rad SPE [3]. Stoga, procene pouzdanosti bez razmatranja vremenskih uslova mogu biti veoma optimistične i pogrešne, zbog čega ovaj rad opisuje i ilustruje osnovni koncept modela pouzdanosti SPE sa uticajem vremenskih prilika.

## 2. MODELIRANJE UTICAJA VREMENSKIH PRILIKA NA SPE

Intenzitet otkaza SPE je neprekidna funkcija vremenskih prilika i nije realno modelirati i prikupljati podatke za sve moguće njihove nivoe intenziteta. Preporuke internacionalnih standarda, kao npr. za električna postrojenja prenosne i distributivne mreže *IEEE Standard 346*, dijele vremenske prilike u tri osnovne klase označene kao: normalne, loše i katastrofalne (velike oluje).

**Normalne vremenske prilike:** uključuju sve vremenske prilike, koje nisu označene kao suprotne ili značajno loše vremenske prilike (u

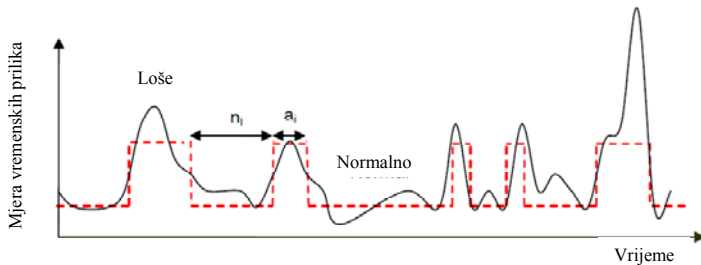
ovom slučaju na rad i zastoje SPE vremenske prilike nemaju uticaja).

**Loše vremenske prilike:** uključuju sve vremenske prilike koje prouzrokuju nenormalno visok stepen prinudnih otkaza za izložene komponente, ali nisu kvalifikovane kao katastrofalne. Loši vremenski uslovi, za određeni SPE, mogu biti definisani izborom odgovarajuće vrijednosti i kombinacijom uslova prijavljenih od strane odgovarajuće službe za meteorologiju: grmljavine, velike brzine vjetra, padavine, visoke i niske temperature itd. (u ovom slučaju na rad i zastoje SPE loše vremenske prilike imaju uticaja na umanj enje parametara proizvodnje).

**Katastrofalne (velike oluje) vremenske prilike:** Označavaju loše vremenske prilike koje prevazilaze projektovane granice za objekte i opremu, a koje zadovoljavaju sledeće posledice njihovog uticaja:

- Obimna mehanička oštećenja objekata i opreme;
- Više od specificiranog procenta opreme i objekata je van rada;
- Vrijeme servisa ili remonta je duže od određenog vremena (u ovom slučaju na rad i zastoje SPE katastrofalne vremenske prilike imaju uticaj na potpuni zastoj u proizvodnji).

Korišćenje modela, sa dva stanja uticaja vremenskih prilika [7], je veliki korak u sagledavanju pouzdanosti sistema. Sledeći dio teksta opisuje uticaj na pouzdanost SPE dva stanja vremenskih uslova, označenih kao normalne i loše vremenske prilike, čiji je hronološki prikaz dat na Slici 1.



*Slika 1. Hronološki prikaz vremenskih prilika*

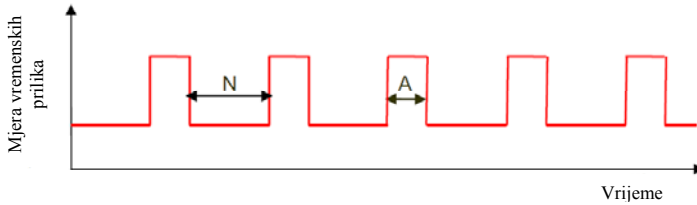
Na Slici 1 je:

$n_i$  → trajanje  $i$ -tog perioda normalnih vremenskih prilika,

$a_i$  → trajanje  $i$ -tog perioda loših vremenskih prilika.

Funkcionisanje SPE je definisano kao slučajni proces sa eksponencijalnom raspodjelom vremena realizacija stanja sistema [5]. Takođe, pretpostavlja se da periodi loših vremenskih prilika slučajno se dešavaju, kao da je i njihova vjerovatnoća distribucije eksponencijalna. Pojavljivanje perioda normalnih i loših vremenskih prilika može da se

modelira po prikazu sa Slike 2.



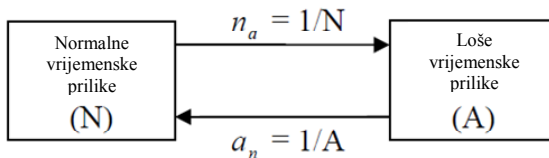
Slika 2. Karakteristike trajanja prosječnih vrijednosti vremenskih prilika

Na Slici 2 je:

$N \rightarrow$  prosječno trajanje normalnih vremenskih prilika,

$A \rightarrow$  prosječno trajanje loših vremenskih prilika.

Pod uslovom da su prethodno rečene pretpostavke ispunjene, uticaj vremenskih prilika na pouzdanost SPE može biti predstavljen modelom Markova sa dva stanja, prikazanim na Slici 3. Osnovni pristupa modelu Markova u ovom radu se neće obrazlagati i dostupan je u literaturi [2, 3, 4]. Statistika za ovaj model, zahtijeva određivanje prosječnog trajanja normalnih i loših vremenske prilike.



Slika 3. Model sa dva stanja vremenskih prilika

### 3. INTENZITETI OTKAZA

Intenzitet otkaza za normalne i loše vremenske prilike se izražavaju vremenom otkaza u godini za odgovarajuće stanje vremenskih prilika, a ne u broju otkaza godišnje. Prosječni i specifični intenziteti otkaza vremenskih prilika su povezani, kao što je prikazano u jednačini (1).

$$\lambda_{pros} = P_n \lambda + P_a \lambda' \quad (1)$$

gdje je:

$\lambda_{pros}$  - prosječni intenzitet otkaza izražen u otkazima na godinu,

$P_n = N / (N + A)$  - vjerovatnoća stacionarnog stanja za

normalne vremenske uslove,  
 $P_a = A / (N + A)$  - vjerovatnoća stacionarnog stanja za loše  
vremenske uslove,

$\lambda$  - intenzitet otkaza izražena u otkazima na godinu za normalne  
vremenske uslove,

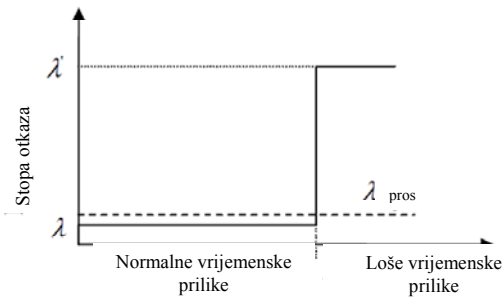
$\lambda'$  - intenzitet otkaza izražena u otkazima na godinu za loše  
vremenske uslove.

Iz raspoloživih podataka rada SPE je izuzetno teško da se utvrde intenziteti otkaza u vezi sa određenim vremenskim prilikama. Međutim, one mogu biti procijenjene jednačinama (2) i (3) koristeći udio ukupnog broja otkaza koji se mogu pripisati lošim ( $F$ ) i normalnim vremenskim prilikama ( $I-F$ ).

$$\lambda = \lambda_{pros} (1 - F) / P_n \quad (2)$$

$$\lambda' = \lambda_{pros} F / P_a \quad (3)$$

Na Slici 4 prikazano je učešće intenziteta otkaza sistema.



Slika 4. Učešće intenziteta otkaza u modelu

#### 4. TEHNIKA EVALUACIJE

Pouzdanost rada SPE u realnom vremenu predstavlja osnovu za definisanje njegovih efekata. Za proračun pouzdanosti SPE neophodno je definisati ulazne parametre. Iz njih se dobijaju parametri pouzdanosti, na osnovu analize mogućih stanja sistema, vezani ne samo za vrijeme rada i otkaza opreme već i uslovljenih drugih planiranih i neplaniranih zastoja. Postoje različite tehnike koje se mogu koristiti da inkorporiraju efekat otkaza uzrokovanog vremenskim prilikama. Da bi se objasnio uticaj vremenskih prilika na pouzdanost SPE uveden je pristup evaluacije po modelu Markova. Ovo je vjerovatno najpopularniji metod u praktičnoj

primeni. Jedan od razloga njegove popularnosti je u tome, što se ovaj model analize pouzdanosti sa dva stanja uticaja vremenskih prilika lako reprezentuje i uključuje u postojeće softverske aplikacije.

Markov pristup analizi pouzdanosti odražava stohastičko ponašanje sistema sa relativno malo pretpostavki. Najrelevantnije pretpostavke su da je vrijeme funkcionisanja svakog stanja sistema eksponencijalne distribucije, a stope prelaska stanja su konstantne. Nedostatak ovog pristupa je da se broj stanja sistema značajno povećava, kako se povećavaju režimi otkaza i broja komponenti sistema. Zbog ilustracije, u ovom radu se razmatra sistem sa dvije komponente, koje su predstavljene sa dva stanja označena kao RADI (funkcionalno stanje) i NE RADI (stanje u otkazu). U slučaju kada model sistema sadrži veći broj komponenti i stanja problem se može rešiti korišćenjem relativno jednostavnih kompjuterskih program.

Već više godina se model sa dva stanja vremenskih prilika koristi u raznim granama tehnike. Međutim, ovaj model u potpunosti ne odražava stvarnu ozbiljnost uticaja vremenskih prilika na funkcionisanje sistema. Iz tog razloga je došlo do razvoja modela sa tri i više stanja uticaja vremenskih prilika. Model sa tri stanja vremenskih prilika ilustrovan je u literaturi u referencama [1, 7].

## 5. ANALIZA SISTEMA OD DVIJE KOMPONENTE METODOM MARKOVA

Na Slici 5 je prikazan dijagram prostora stanja sistema od dvije komponente sa četiri stanja uticaj modela vremenskih prilika (normalnih i loših) na pouzdanost. Oznake na slici unutar pravougaonika ( $R$  i  $NR$ ) označavaju komponente koje se nalaze u stanju RADI (funkcionalno) i stanju NE RADI (u otkazu). Parametri  $n_a$  i  $a_n$  su stope prelaz između normalnih i loših vremenskih prilika. Intenziteti otkaza u normalnim i lošim vremenskim prilikama su  $\lambda$  i  $\lambda'$  i dati su jednačinama (2) i (3), a  $\mu$  je intenzitet obnavljanja u normalnim vremenskim prilikama, koji je recipročan vremenu obnavljanja. Aktivnosti obnavljanja se vrše samo u normalnim vremenskim prilikama, tako da je intenzitet obnavljanja u lošim vremenskim prilikama jednak nuli.

Stacionarne vjerovatnoće stanja sistema mogu da se odredi korišćenjem pristupa uravnoteženja učestanosti. Postupak je detaljno opisano u [2, 3].

$$(\lambda_1 + \lambda_2 + n_a)P_1 - \mu_1 P_2 - \mu_2 P_3 - a_n P_5 = 0 \quad (4a)$$

$$-\lambda_1 P_1 + (\mu_1 + \lambda_2 + n_a)P_2 - \mu_2 P_4 - a_n P_6 = 0 \quad (4b)$$

$$-\lambda_2 P_1 - \mu_1 P_4 + (\lambda_1 + \mu_2 + n_a) P_3 - a_n P_7 = 0 \quad (4c)$$

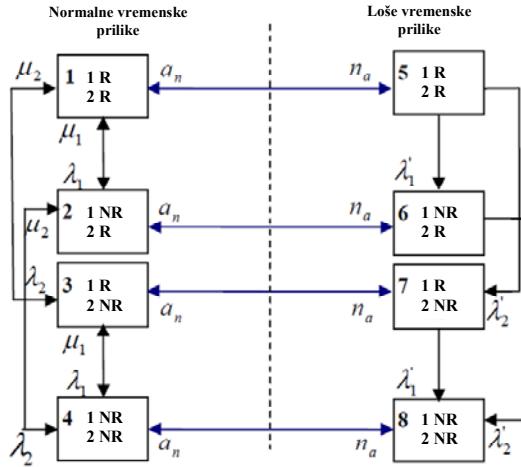
$$-\lambda_2 P_2 - \lambda_1 P_3 + (\mu_1 + \mu_2 + n_a) P_4 - a_n P_8 = 0 \quad (4d)$$

$$-n_a P_1 + (a_n + \lambda_2' + \lambda_1') P_5 = 0 \quad (4e)$$

$$-n_a P_2 - \lambda_1' P_5 + (a_n + \lambda_2') P_6 = 0 \quad (4f)$$

$$-n_a P_3 - \lambda_2' P_5 + (a_n + \lambda_1') P_7 = 0 \quad (4g)$$

$$-n_a P_4 - \lambda_2' P_6 - \lambda_1' P_7 + a_n P_8 = 0 \quad (4h)$$



Slika 5. Dijagram prostora stanja modela vremenskih prilika

Za rješavanje osam varijabli prethodnog sistema jednačina (4) potrebna je dodatna nezavisna jednačina. Ovaj dodatni jednačina je:

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 = 1 \quad (5)$$

Navedene linearne jednačine se mogu izraziti u obliku matrice:

$$[X][Pb] = [0] \quad (6)$$

gdje je:

$$[Pb] = \text{Transponovano } [P_1 P_2 P_3 P_4 P_5 P_6 P_7 P_8]$$

$$[X] =$$

$$\begin{bmatrix} \lambda_1 + \lambda_2 + n_a & -\mu_1 & -\mu_2 & 0 & -a_n & 0 & 0 & 0 \\ -\lambda_1 & \mu_1 + \lambda_2 + n_a & 0 & -\mu_2 & 0 & -a_n & 0 & 0 \\ -\lambda_2 & 0 & \lambda_1 + \mu_2 + n_a & -\mu_2 & 0 & 0 & -a_n & 0 \\ 0 & -\lambda_2 & -\lambda_1 & \mu_1 + \mu_2 + n_a & 0 & 0 & 0 & -a_n \\ -n_a & 0 & 0 & 0 & \lambda_1' + \lambda_2' + a_n & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -n_a & 0 & 0 & -\lambda_2' & \lambda_2' + a_n & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -n_a & 0 & -\lambda_1' & 0 & \lambda_1' + a_n & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -n_a & 0 & -\lambda_2' & -\lambda_1' & a_n \end{bmatrix}$$

Jednačina (5) može zamijeniti bilo koju jednačinu od (4a) do (4h). Ako se jednačina (4h) zamijeni jednačinom (5), svaki element u posljednjem redu u matricu  $[X]$  postaje 1 i sistem jednačina predstavljen je jednačinom (7).

$$[X][Pb] = [Y] \quad (7)$$

gdje je:

$$[Y] = \text{Transponovano } [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1]$$

tako da je sada:

$$[Pb] = [X]^{-1}[Y] \quad (8)$$

Stohastički matrica vjerovatnoće prelaza  $[P]$  posjeduje karakteristike koje se mogu koristiti kako bi se dobila matrica  $[X]$ . Stohastički matrica vjerovatnoće prelaza se dobija korišćenjem dijagrama prostora stanja prikazan na Slici 5, i to na sledeći način.

$[P]=$

$$\begin{bmatrix} 1-\lambda_1-\lambda_2-n_a & \lambda_1 & \lambda_2 & 0 & n_a & 0 & 0 & 0 \\ \mu_1 & 1-\mu_1-\lambda_2-n_a & 0 & \lambda_2 & 0 & n_a & 0 & 0 \\ \mu_2 & 0 & 1-\lambda_1-\mu_2-n_a & \lambda_1 & 0 & 0 & n_a & 0 \\ 0 & \mu_2 & \mu_1 & 1-\mu_1-\mu_2-n_a & 0 & 0 & 0 & n_a \\ a_n & 0 & 0 & 0 & 1-\lambda_1-\lambda_2-a_n & \lambda_1 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & a_n & 0 & 0 & 0 & 1-\lambda_2-a_n & 0 & \lambda_2 \\ 0 & 0 & a_n & 0 & 0 & 0 & 1-\lambda_1-a_n & \lambda_1 \\ 0 & 0 & 0 & a_n & 0 & 0 & 0 & 1-a_n \end{bmatrix}$$

Matrica  $[X]$  se dobija oduzimanjem transponovane matrice  $[P]$  od jedinične matrice  $[I]$ , odnosno:

$$[X] = [I] - \text{Transponovano } [P] \quad (9)$$

Takođe, vjerovatnoće vezane za svako stanje se mogu odrediti korišćenjem analize vjerovatnoće graničnih stanja.

Intenziteti otkaza sistema se mogu dobiti korišćenjem stohastičke matrice vjerovatnoće prelaza  $[2]$ . Za paralelni redundantni sistem od dvije komponente stanja sistem 4 i 8 predstavljaju stanja NE RADI (u otkazu). Ako se uklone redovi i kolone koji odgovaraju stanjima NE RADI sistema, dobija se matrica  $[Q]$  kao što je dato u nastavku teksta.

$$[Q] = \begin{bmatrix} 1-\lambda_1-\lambda_2-n_0 & \lambda_1 & \lambda_2 & n_0 & 0 & 0 \\ \mu_1 & 1-\mu_1-\lambda_2-n_0 & 0 & 0 & n_0 & 0 \\ \mu_2 & 0 & 1-\lambda_1-\mu_2-n_0 & 0 & 0 & n_0 \\ a_n & 0 & 0 & 1-\lambda_1-\lambda_2-a_n & \lambda_1 & \lambda_2 \\ 0 & a_n & 0 & 0 & 1-\lambda_2-a_n & 0 \\ 0 & 0 & a_n & 0 & 0 & 1-\lambda_1-a_n \end{bmatrix}$$

Skraćena matrica  $[Q]$  se oduzima od jedinične matrice  $(I)$  i stavlja u nazivnik, tako da jednačina (10) daje kao rezultat matricu  $[N]$ .

$$[N] = [I - Q]^{-1} \quad (10)$$

Stanje 1 se smatra početnim stanjem. Srednje vrijeme do otkaza ( $MTTF$ ) se dobija sumiranjem prvog reda matrice  $[N]$ .

$$MTTF = \sum_{i=1}^6 N_{1,i} \quad (11)$$

Prosječni intenzitet otkaza sistema, označena kao  $\lambda_w$ , je recipročna vrijednost od  $MTTF$ , kao što je prikazano u jednačini (12).

$$\lambda_w = 1 / MTTF \quad (12)$$

Prosječno vreme provedeno u stanju otkaza, označeno kao  $(r_w)$ , dobija se dijeljenjem kumulativne vjerovatnoće stanja otkaza sa učestanosti nailazaka stanja otkaza. To je pokazano u jednačini (13).

$$r_w = \frac{P_4 + P_8}{P_4(\mu_1 + \mu_2)} \quad (13)$$

Prosječna neraspoloživost sistema, označeno kao  $(U_w)$ , je vjerovatnoća da sistema bude u stanju otkaza. Jednačina (14) daje neraspoloživost za paralelni redundantni sistem od dvije komponente.

$$U_w = P_4 + P_8 \quad (14)$$

Prosječna neraspoloživost sistema se dobija množenjem  $U_w$  sa 8760 sati godišnje i obično se izražava u satima godišnje.

## 6. KORIŠTENJE MODELA

### Primjer:

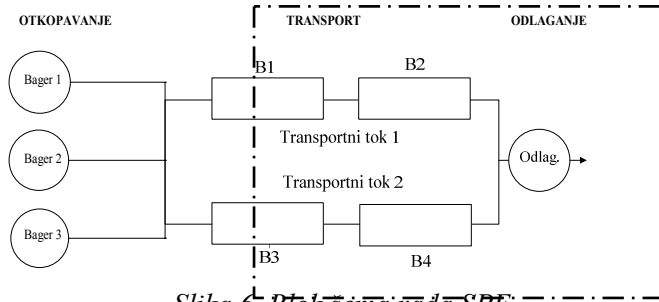
Da bi ilustrovali neke od koraka u prethodno opisanom modelu, razmatra se podsistem transporta SPE, koji se sastoji od dva paralelno vezana nezavisna transportna toka, kao što je prikazano na Slici 6.

### Opis i blok šema rada sistema:



Zadatak je da se dobiju vjerovatnoće proizvodnje SPE za transport otkrivke u normalnim i lošim vremenskim prilikama funkcionisanja.

Blok šema rada ukupnog sistema otkopavanja, transporta i odlaganja je prikazana na Slici 6.



Slika 6. Blok šema rada SPE

Karakteristike podsistema transporta:

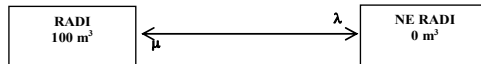
- Sistem se sastoji od dvije paralelno vezane komponente (dva transportna toka 1 i 2);
- Pretpostavlja se kompletan transport ili djelimičan transport sa privremenim deponijama (svaki transportni tok po jednu privremenu deponiju);
- Intenzitet otkaza svake komponente (transportnog toka) je:

- tokom normalnih vremenskih prilika: 10 otkaza/godinu i
- tokom loših vremenskih prilika: 100 otkaza/godinu;
- Vjerovatnoća rada sa privremenim deponijama 0,1;
- Srednje vrijeme otkaza je 8 sati;
- Kapacitet transportnih tokova je po 100 m<sup>3</sup>/h;
- Srednje trajanja vremenskih prilika:
  - stanja normalnih vremenskih prilika je 200 sati i
  - stanje loših vremenskih prilika je 6 sati.

Dakle, potrebno je izračunati vjerovatnoće gubitaka kapaciteta podsistema transporta SPE sa uticajem i bez uticaja vremenskih prilika.

### Rješenje:

Dijagram prostora stanja pojedinačno svake od komponenti podsistem transporta je prikazan na Slici 7.



Slika 7. Dijagram prostora stanja pojedinačno svake transportne linije  
Stopa otkaza tokom normalnih vremenskih prilika

$$\lambda = \frac{0.0273973}{\text{dan}} = 10 / \text{godinu}$$

Stopa otkaza tokom loših vremenskih prilika:

$$\lambda' = \frac{0.2739726}{\text{dan}} = 100 / \text{godinu}$$

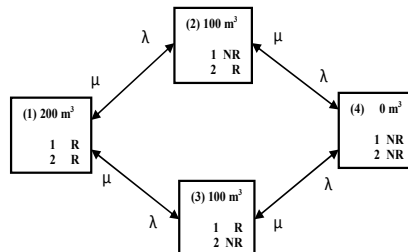
Stopa obnavljanja transportnog sistema

$$\mu = \frac{1}{\frac{8}{8760}} = \frac{3}{\text{dan}} = 1095 / \text{godinu}$$

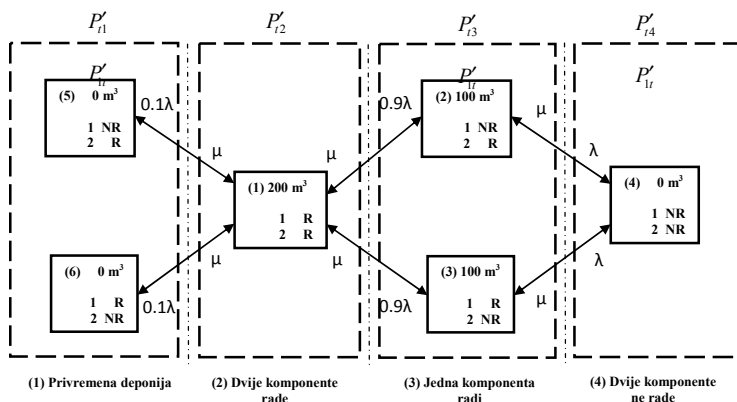
Ako uslovi rada na podsistemu transporta ne zahtijevaju korišćenje privremenih deponija, dijagram prostora stanja (4 stanja) je prikazan na Slici 8.

Ako uslovi rada na podsistemu transporta zahtijevaju korišćenje privremenih deponija za svaki od transportnih tokova, dijagram prostora stanja (6 stanja) je prikazan na Slici 9.

Pretpostavlja se da su sve komponente sistema obnovljive i njihove stope prelaza su prikazane na istim Slikama 8 i 9.



Slika 8. Dijagram prostora stanja podsistema transporta bez korišćenja  
privremene deponije



Slika

9. Dijagram prostora stanja podsistema transporta sa korištenjem privremene deponije

U sledećem dijelu teksta obrađuje se primjer podsistema transporta sa korištenjem privremene deponije.

**Određivanje vjerovatnoća stanja sistema bez uticaja vremenskih prilika**

Stohastički matrica vjerovatnoće prelaza  $P_i$  za podsistem transporta sa šest stanja (korištenje privremene deponije) prikazana je u sledećoj jednačini:

$$P_i = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 - (2 \cdot 0.9\lambda + 2 \cdot 0.1\lambda) & 0.9\lambda & 0.9\lambda & 0 & 0.1\lambda & 0.1\lambda \\ \mu & 1 - (\lambda + \mu) & 0 & \lambda & 0 & 0 \\ \mu & 0 & 1 - (\lambda + \mu) & \lambda & 0 & 0 \\ 0 & \mu & \mu & 1 - 2\mu & 0 & 0 \\ \mu & 0 & 0 & 0 & 1 - \mu & 0 \\ \mu & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 - \mu \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Kada je definisan vektor granične vjerovatnoće stanja sa

$$[P_{i1} \ P_{i2} \ P_{i3} \ P_{i4} \ P_{i5} \ P_{i6}] = 1,$$

rješava se jednačina  $\alpha P_i = \alpha$  i dobijaju se sledeće vrijednosti pojedinačnih vjerovatnoća stanja:

$$P_{i1} = 0.9820; \ P_{i2} = 0.0081; \ P_{i3} = 0.0081; \ P_{i4} = 0.0001; \ P_{i5} = 0.0009; \ P_{i6} = 0.0009$$

Iz pojedinačnih vjerovatnoća stanja slijedi da su grupne vjerovatnoće stanja sistema:

$$P'_{i1} = P_{i5} + P_{i6} = 0.0009 + 0.0009 = 0.0018$$

$$P'_{i2} = P_{i1} = 0.9820$$

$$P'_{i3} = P_{i2} + P_{i3} = 0.0081 + 0.0081 = 0.0162$$

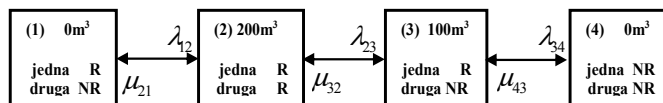
$$P'_{i4} = P_{i4} = 0.0001$$

Sistem prikazan na Slici 9 može da bude operativan kada su operativne oboje komponente ili sa operativnom komponentom 1 ili 2, odnosno ovaj podsistem transporta:

- je funkcionalan (RADI) sa stanjima  $P'_{i2}$  i  $P'_{i3}$
- je u otkazu (NE RADI) sa stanjima  $P'_{i1}$  i  $P'_{i4}$

### Određivanje vjerovatnoća redukovanjem stanja sistema

Isti podsistem transporta iz prethodnog slučaj se može prikazati sa redukovanjem stanja, odnosno sa umanjnjem stanja sa osam na četiri, čiji je dijagram prostora stanja sa njihovim ekvivalentnim stopama prelaza prikazan na Slici 10.



Slika 10. Dijagram prostora redukovanih stanja sa ekvivalentnim prelazima podsistema transporta

Stohastička matrica prelaza za obračun ekvivalentnih stopa prelaza za podsistem sa Slike 10 je:

$$P'_i = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 - \lambda_{12} & \lambda_{12} & 0 & 0 \\ \mu_{21} & 1 - (\mu_{21} + \lambda_{23}) & \lambda_{23} & 0 \\ 0 & \mu_{32} & 1 - (\mu_{32} + \lambda_{34}) & \lambda_{34} \\ 0 & 0 & \mu_{43} & 1 - \mu_{43} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Ekvivalentne stope prelaza su:

$$\lambda_{12} = \frac{P_5 \mu + P_6 \mu}{P_5 + P_6} = \mu$$

$$\mu_{21} = \frac{P_1 (0.1\lambda + 0.1\lambda)}{P_1} = 0.2\lambda$$

$$\lambda_{23} = \frac{P_1 (0.9\lambda + 0.9\lambda)}{P_1} = 1.8\lambda$$

$$\mu_{32} = \frac{P_2 \mu + P_3 \mu}{P_2 + P_3} = \mu$$

$$\lambda_{34} = \frac{P_2\lambda + P_3\lambda}{P_2 + P_3} = \lambda$$

$$\mu_{43} = \frac{P_4(\mu + \mu)}{P_4} = 2\mu$$

Zamjenom dobijenih ekvivalentnih stopa prelaza, u prethodnoj stohastičkoj matrici, dobija se nova stohastička matrica sa poznatim vrijednostima stopa prelaza:

$$P'_{it} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 1-\mu & \mu & 0 & 0 \\ 2 & 0.2\lambda & 1-(0.2\lambda+1.8\lambda) & 1.8\lambda & 0 \\ 3 & 0 & \mu & 1-(\mu+\lambda) & \lambda \\ 4 & 0 & 0 & 2\mu & 1-2\mu \end{bmatrix}$$

Izračunavanjem gornje matrice dobijaju se redukovane vjerovatnoće stanja sistema transporta bez uticaja vremenskih prilika:

$$P'_{1t} = 0.0018; P'_{2t} = 0.9820; P'_{3t} = 0.0161; P'_{4t} = 0.0001$$

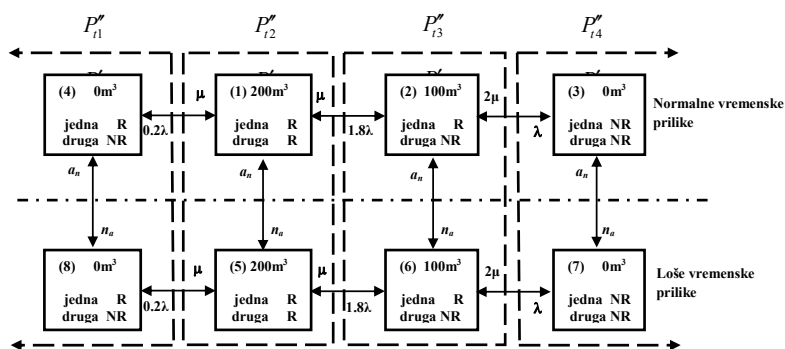
### **Određivanje vjerovatnoća stanja sistema sa uticajem vremenskih prilika**

Stopa prelaza sa normalnih na loše vremenske prilike je:

$$n_a = \frac{1}{\frac{200}{8760}} = \frac{0.12}{dan} = 43.8 / gdinu$$

Stopa prelaza sa loših na normalne vremenske prilike je:

$$a_n = \frac{1}{\frac{6}{8760}} = \frac{4}{dan} = 1460 / godinu$$



Sli

ka 11. Dijagram prostora stanja podsistema transporta za normalne i loše vremenske prilike

Dijagram prostora stanja podsistema transporta sa uticajem vremenskih prilika je prikazan na slici br. 11.

Stohastička matrica prelaza na osnovu dijagrama sa slike br. 11

je:

$$P_n = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ 1 & 1-(2\lambda+n_a) & 1.8\lambda & 0 & 0.2\lambda & n_a & 0 & 0 & 0 \\ 2 & \mu & 1-(\mu+\lambda+n_a) & \lambda & 0 & 0 & n_a & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 2\mu & 1-(2\mu+n_a) & 0 & 0 & 0 & n_a & 0 \\ 4 & \mu & 0 & 0 & 1-(\mu+n_a) & 0 & 0 & 0 & n_a \\ 5 & a_n & 0 & 0 & 0 & 1-(2\lambda'+a_n) & 1.8\lambda' & 0 & 0.2\lambda' \\ 6 & 0 & a_n & 0 & 0 & \mu & 1-(\mu+\lambda'+a_n) & \lambda' & 0 \\ 7 & 0 & 0 & a_n & 0 & 0 & 2\mu & 1-(2\mu+a_n) & 0 \\ 8 & 0 & 0 & 0 & a_n & \mu & 0 & 0 & 1-(\mu+a_n) \end{bmatrix}$$

Unosom u prethodnu matricu vrijednosti za stope prelaza dobija se sledeća matrica:

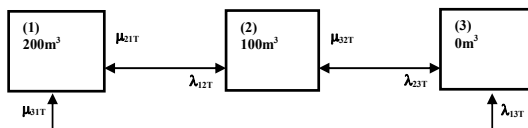
$$P_{iv} = \begin{bmatrix} -62.8 & 1095 & 0 & 1095 & 1460 & 0 & 0 & 0 \\ 18 & -1147.8 & 2190 & 0 & 0 & 1460 & 0 & 0 \\ 0 & 10 & -2232.8 & 0 & 0 & 0 & 1460 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & -1137.8 & 0 & 0 & 0 & 1460 \\ 43.8 & 0 & 0 & 0 & -1659 & 1095 & 0 & 1095 \\ 0 & 43.8 & 0 & 0 & 180 & -2654 & 2190 & 0 \\ 0 & 0 & 43.8 & 0 & 0 & 100 & -3649 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 43.8 & 20 & 0 & 0 & -2554 \end{bmatrix}$$

Rešavanjem prethodne matrice dobijaju se stacionarne vjerovatnoće pojedinačnih stanja podsistema transporta sa uticajem vremenskih prilika:

$$P_{iv1} = 0.95091022; P_{iv2} = 0.01786289; P_{iv3} = 0.00011945; P_{iv4} = 0.00198122;$$

$$P_{iv5} = 0.02667039; P_{iv6} = 0.00215268; P_{iv7} = 0.00006041; P_{iv8} = 0.00024273;$$

Takođe se dijagram prostora sa osam stanja koji je dat na slici br. 11 može u pogledu kapaciteta redukovati do dijagrama sa tri stanja kako je prikazano na Slici 12.



Slika 12. Ekvivalentni dijagram prelaza stanja

Za redukovani model, dobijamo sledeće rezultate vjerovatnoća kapaciteta:

$$P_{1T} = P_{iv1} + P_{iv5} = 0.95091022 + 0.02667039 = 0.97758061 \text{ (za } 200 \text{ m}^3/\text{h)}$$

$$P_{2T} = P_{iv2} + P_{iv6} = 0.01786289 + 0.00215268 = 0.02001557 \text{ (za } 100 \text{ m}^3/\text{h)}$$

$$P_{3T} = P_{iv3} + P_{iv4} + P_{iv7} + P_{iv8} = 0.00011945 + 0.00198122 + 0.00006041 + 0.00024273 = 0.00240381 \text{ (za } 0 \text{ m}^3/\text{h)}$$

Na osnovu ovih vjerovatnoća kapaciteta, mogu se izračunati i ekvivalentni intenziteti prelaza za različita stanja kapaciteta sistema koji uzimaju u obzir vremenske prilike rada sistema. Ti intenziteti su:

$$\lambda_{12T} = \frac{P_{nv1} \cdot 1.8\lambda + P_{nv5} \cdot 1.8\lambda'}{P_{nv1} + P_{nv5}} = 20.7979831$$

$$\mu_{21T} = \frac{P_{nv2}\mu + P_{nv6}\mu}{P_{nv2} + P_{nv6}} = \mu = 1095$$

$$\lambda_{23T} = \frac{P_{nv2}\lambda + P_{nv6}\lambda'}{P_{nv2} + P_{nv6}} = 19.6795212$$

$$\mu_{32T} = \frac{P_{nv3} \cdot 2\mu + P_{nv7} \cdot 2\mu}{P_{nv3} + P_{nv7} + P_{nv4} + P_{nv8}} = 1095$$

$$\lambda_{13T} = \frac{P_{nv1} \cdot 0.2\lambda + P_{nv5} \cdot 0.2\lambda'}{P_{nv1} + P_{nv5}}$$

$$= \frac{0.9507726 \cdot 2 + 0.02678843 \cdot 20}{0.97756103} = 2.493259$$

$$\mu_{31T} = \frac{P_{nv4}\mu + P_{nv8}\mu}{P_{nv3} + P_{nv7} + P_{nv4} + P_{nv8}} = 2090$$

Ovi parametri, dalje, služe za izračunavanje prosječnog trajanje svakog od stanja kapaciteta sistema, kao i učestanosti njihovog pojavljivanja.

## 7. ZAKLJUČAK

Veliki je broj različitih faktora koji utiču na pouzdanost SPE. U okviru ovih faktora, okruženje sa vremenskim prilikama, na različite načine utiču na pouzdanost, a time i na osnovne proizvodne parametre, naročito kapacitet. U ovom radu je analizirano u kojoj meri vremenske prilike (broj i trajanje) utiču na vjerovatnoće otkaza, pouzdanost i kapacitet SPE. Značaj sprovođenja analize uticaja vremenskih prilika, ogleda se, u stvaranju mogućnosti za planiranje mjera za unapređenje rada SPE.

Dakle, u ovom radu je predstavljen osnovni koncept koji se koristi da se inkorporiraju vremenske prilike u analizi pouzdanosti SPE. Za kreiranje jednostavnog modela analize vremenske promjene su podijeljene u dvije kategorije i to normalne i loše. Ovdje je razvijen model pouzdanosti, koristeći pristup Markova, za SPE koji sadrži dvije paralelno vezane transportne linije (komponente) za dvije grupe vremenskih uslova.

Primjena modela je ilustrovana na primjeru SPE sa paralelno

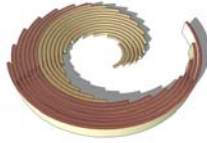
vezanim komponentama koji se sastoji od dva transportna toka. Pokazatelj pouzdanosti su ocenjeni sa inkorporiranjem loših vremenskih prilika. Ovdje je jasno pokazan značaj uključivanja loših vremenskih prilika u proceni pouzdanost podsistema SPE, koji su naročito izloženi promenljivim vremenskim prilikama.

### **Literatura:**

1. R. Billinton, C. Wu, and G. Singh: Extreme Adverse Weather Modeling in Transmission and Distribution System Reliability Evaluation, Proceedings of Power Systems Computation Conference, Spain, June, 2002
2. R. Billinton and R. N. Allan: Reliability Evaluation of Engineering Systems: Concepts and Techniques, Second Edition, Plenum Press, 1992
3. V. Pavlović: Pouzdanost diskontinualnih sistema u površinskoj eksploataciji, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 1989
4. V. Pavlović: Pouzdanost kontinualnih sistema u površinskoj eksploataciji, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 1986
5. V. Pavlović, D. Ignjatović: Selektivna površinska eksploatacija uglja kontinualnim sistemima, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 2012
6. V. Pavlović, T. Šubaranović: Pouzdanost, optimizacija i upravljanje sistemima odvodnjavanja površinskih kopova, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 2012
7. G. D. Singh: Extreme Weather Modeling in Transmission and Distribution System Reliability Modeling Incorporating Extreme Adverse Weather Considerations, M. Sc. Thesis, University of Saskatchewan, 2003







**UPOREDNA ANALIZA EFEKTIVNOSTI RADA BAGERA SRs  
2000 NA KOPOVIMA RUDARSKIH BASENA EPS-a I MIBRAG-a**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS WORK  
OF THE BUCKET WHEEL EXCAVATOR SRs 2000 IN  
OPENCAST MINES EPS AND MIBRAG**

Živković L.<sup>1</sup>, Lazić M.<sup>2</sup>, Polovina D.<sup>3</sup>

**Apstrakt**

U radu je prikazana uporedna analiza efektivnosti rada rotornog bagera SRs2000 (teoretskog kapaciteta 6600 m<sup>3</sup>/h) u periodu od 10 godina koji radi na otkopavanju jalovine na površinskim kopovima EPS-a i MIBRAG-a. Analizirani bageri rade na ukupno četiri površinska kopa, dva u EPS-u i dva u MIBRAG-u. Na površinskom kopu Tamnava Zapadno Polje (EPS) radi jedan rotorni bager SRs2000, a na površinskom kopu Drmno (EPS) tri rotorna bagera SRs2000. Na površinskim kopovima Schleenhain i Profen (MIBRAG) rade po dva rotorna bagera SRs2000.

***Ključne reči:*** Rotorni bager, površinski kop, efektivnost rada

**Abstract**

This paper presents a comparative analysis of the effectiveness

---

<sup>1</sup> Lazar Živković, dipl. inž. rud., Elektroprivreda Srbije, Beograd

<sup>2</sup> Milan Lazić, inž.maš.

<sup>3</sup> Dr. Dragan Polovina, dipl. inž. rud., Elektroprivreda Srbije, Beograd

work of the bucket wheel excavator SRs 2000 (theoretical capacity of 6600 m<sup>3</sup>Rm / h) during a period of 10 years working on the excavation of overburden in opencast mines EPS and MIBRAG. Analyzed excavators has worked on four open pits, two EPS and two in MIBRAG. On the open pit Tamnava West Field (EPS) work one bucket wheel excavator SRs 2000, and on the open pit Drmno (EPS) work three bucket wheel excavators SRs 2000. On the open pits Schleenhain and Profen (MIBRAG) work two rotary excavator SRs 2000 on each one.

**Keywords:** Bucket wheel excavators, open pit, effectiveness work

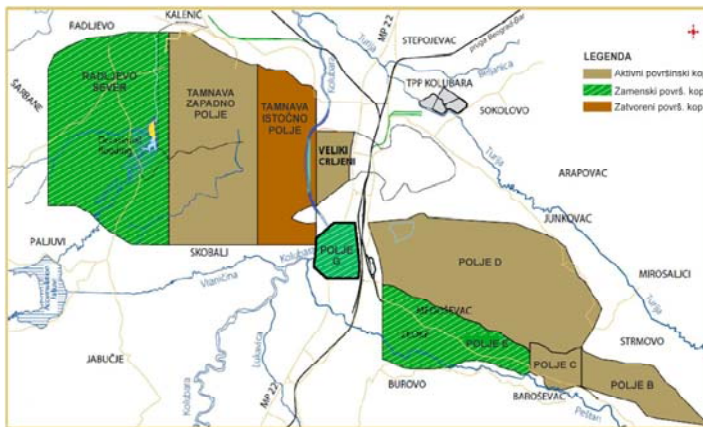
## 1. UVOD

Bager SRs 2000 (Slika 1) predstvalja jedan od najprodavanijih modela bagera nemačke firme TAKRAFF. Do sada je prodato 56 bagera ovog tipa, i oni trenutno rade u Nemačkoj (5), Bugarskoj (11), Kazakstanu (14), Poljskoj (5), Mađarskoj (2), Rumuniji (4), Makedoniji (2), Grčkoj (7), Češkoj (1) i Srbiji (4). Izrađeno je više modela ovog bagera sa raznim konstruktivnim varijacijama (sa i bez pretovarnog uređaja, sa različitim visinama i dubinama kovanja, dužinom strele, zapreminom verdice, instalisanom snagom i dr).



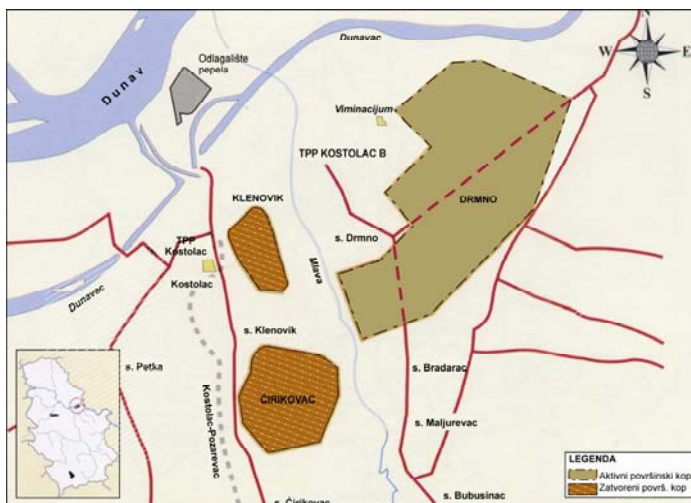
*Slika 1. Rotorni bager SRs2000*

Površinski kop Tamnava Zapadno polje nalazi se u sklopu RB Kolubara (Slika 2). Eksploataca uglja počinje 1995. godine, da bi se u 2013. godini dostigao kapacitet od oko 14,6 miliona tona uglja i oko 33,1 miliona m<sup>3</sup> jalovine. Na ovom površinskom kopu na jednom od dva sistema na kojima se vrši otkopavanje jalovine radi rotorni bager SRs2000.



Slika 2. RB Kolubara

Ostala tri rotorna bagera SRs2000 koja su uzeta za analizu rade na otkopavanju otkrivke na površinskom kopu Drmno koji se nalazi u sastavu TE-KO Kostolac (slika 3.). Površinski kop Drmno počinje sa eksploatacijom uglja 1987. godine i dostiže 2013. proizvodnju od oko 8,8 miliona tona uglja i oko 41,1 milion m<sup>3</sup> jalovine.

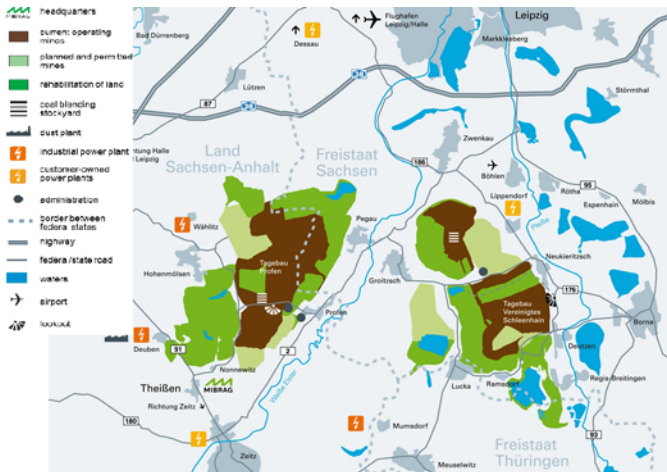


Slika 3. TE-KO Kostolac

Površinski kop Profen (Slika 4) nalazi se u Saxony-Anhalt i u vlasništvu je kompanije MIBRAG. Eksploatacija uglja počinje 1941. godine, da bi se u 2013. godini dostigao kapacitet od oko 10 miliona tona uglja i oko 34 miliona m<sup>3</sup> jalovine. Na ovom površinskom kopu na

otkopavanju jalovine rade dva rotorna bagera SRS2000.

Takođe, dva rotorna bagera SRS2000 rade na otkopavanju jalovine na površinskom kopu Schleenhain (Slika 4) koji se nalazi u Saxony, koji je počeo sa radom 1949, a koji je takođe u vlasništvu kompanije MIBRAG. U 2013. godini je dostignut kapacitet oko 11 miliona tona uglja i 33 miliona m<sup>3</sup> jalovine.



Slika 4. MIBRAG-ovi površinski kopovi Profen i Schleenhain

## 2. IDENTIFIKACIJA I ANALIZA OSNOVNIH POKAZATELJA RADA ROTORNIH BAGERA

Osnovni pokazatelji efektivnosti rada rotornih bagera su:

- prosečna godišnja proizvodnja bagera  $Q$ ,
  - efektivno vreme rada bagera  $T = T_{kal.vreme} - T_{vreme\ zastoja}$ ,
  - koeficijent vremenskog iskorišćenja bagera  $\eta_T = \frac{T_{efektivno\ vreme}}{T_{kalendarsko\ vreme}}$ ,
  - koeficijent kapacitivnog iskorišćenja bagera
- $$\eta_Q = \frac{Q_{ost\ var.\ kap.}}{Q_{teor.\ kap.} \cdot T_{efekt.vreme}},$$
- ostvareni kapacitet bagera  $Q_{ost\ var.\ kap.} = \frac{Q}{T_{efekt.vreme}}$ . (Tabela 1.)

Analiza navedenih pokazatelja je izvršena za period od 2004 do 2013 godine. Analizirani su glavni efekti rada koji su i prikazani su u Tabeli 1.

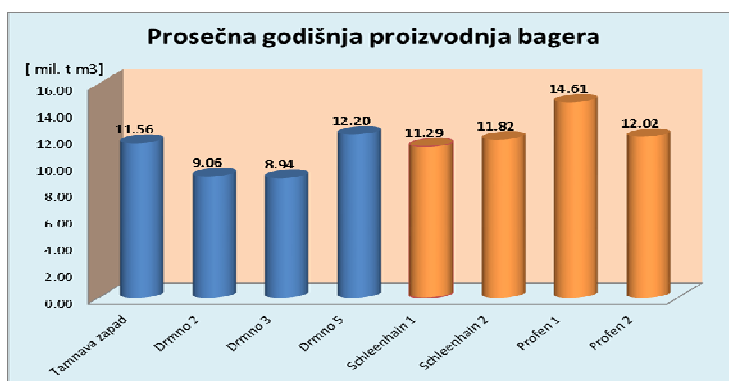
Tabela 1. Glavni pokazatelji efektivnosti rada rotornog bagera

Naziv P.Kopa	Prosečna god. Proizvodnja (m <sup>3</sup> )	Efektivno vreme rada (h)	Kapacitet (m <sup>3</sup> m/h)
Tamnava zapad	11,563,799	4,632	3,245
Drmno 2	9,058,080	3,847	3,061
Drmno 3	8,944,315	3,774	3,081
Drmno 5	12,202,474	3,877	4,092
Schleenhain 1	11,292,250	3,502	4,192
Schleenhain 2	11,816,000	3,728	4,120
Profen 1	14,608,000	4,093	4,640
Profen 2	12,018,000	4,045	3,862

Naziv P.Kopa	Koef. Vremenskog Iskorišćenja (%)	Koef. Kapacitivnog Iskorišćenja (%)	Koeficijent Iskorišćenja
Tamnava zapad	53%	49%	0.26
Drmno 2	44%	46%	0.20
Drmno 3	43%	47%	0.20
Drmno 5	44%	62%	0.27
Schleenhain 1	40%	64%	0.25
Schleenhain 2	43%	62%	0.27
Profen 1	47%	70%	0.33
Profen 2	46%	59%	0.27

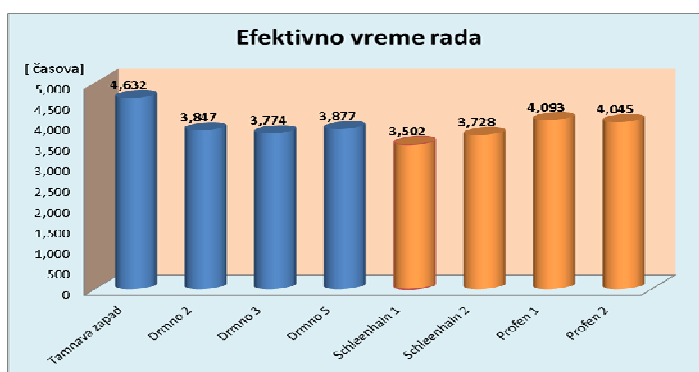
Na Grafiku 1 prikazano je da rotorni bageri na površinskim kopovima u MIBRAG-u imaju ujednačenu proizvodnju za proteklih deset godina oko 12 mil. m<sup>3</sup>, osim Profen 1 bagera koji je počeo sa radom 2006 godine i ima veću proizvodnju od ostalih.

Bager koji radi na površinskom kopu Tamnava - Zapadno Polje i bager koji radi od 2009 na Drmnu (Drmno 5) imaju približnu proizvodnju kao i bageri na MIBRAG-ovim kopovima. Ostala dva bagera na PK Drmno imaju znatno lošiju proizvodnju u odnosu na ostale.



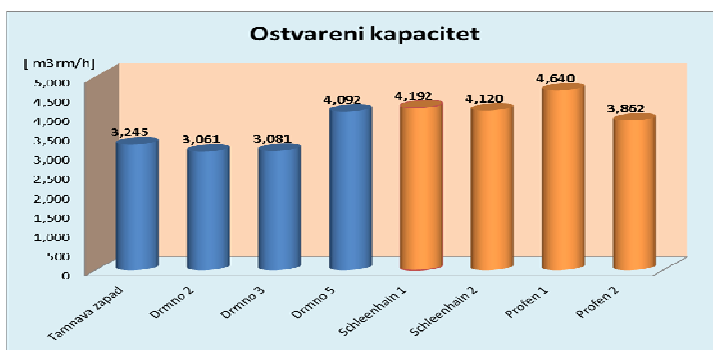
Grafik 1. Prosečna godišnja proizvodnja bagera

Sa Grafika 2 vidi se da bageri na svim površinskim kopovima imaju približan broj efektivnih radnih sati (oko 3900 časova), osim bagera na Tamnavi - Zapadno Polje koji ima veći broj efektivnih radnih sati, oko 4600 časova.



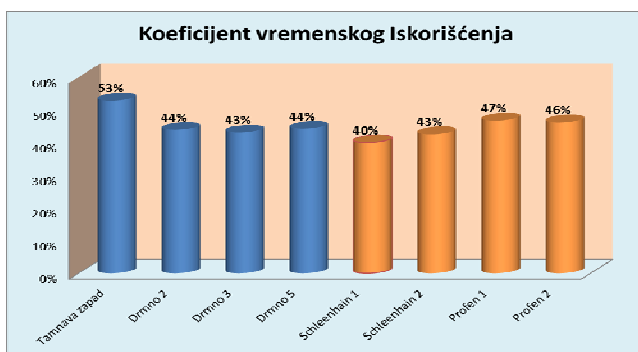
Grafik 2. Efektivno vreme rada bagera

Sa Grafika 3 vidi se da bageri na MIBRAG-ovim površinskim kopovima imaju znatno veći ostvareni kapacitet u odnosu na bagere na EPS-ovim površinskim kopovima izuzev bagera Drmno 5.

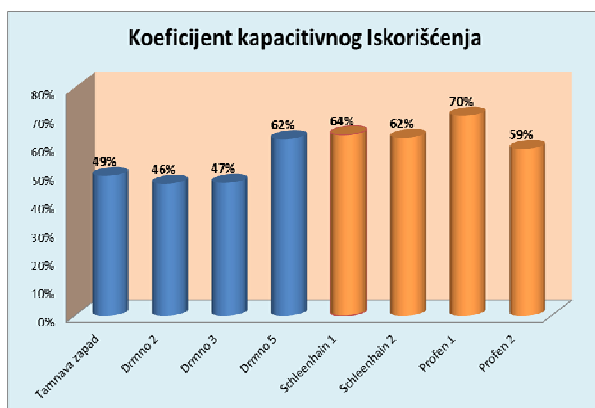


Grafik 3. Ostvareni kapacitet bagera

Na Graficima 4, 5 i 6 prikazani su koeficijenti iskorišćenja rotornih bagera na površinskim kopovima EPS-a i MIBRAG-a.

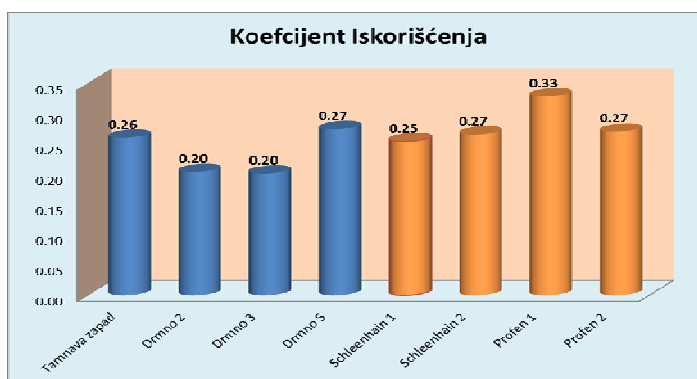


Grafik 4. Koeficijent vremenskog iskorišćenja bagera



Grafik 5. Koeficijent kapacitivnog iskorišćenja bagera

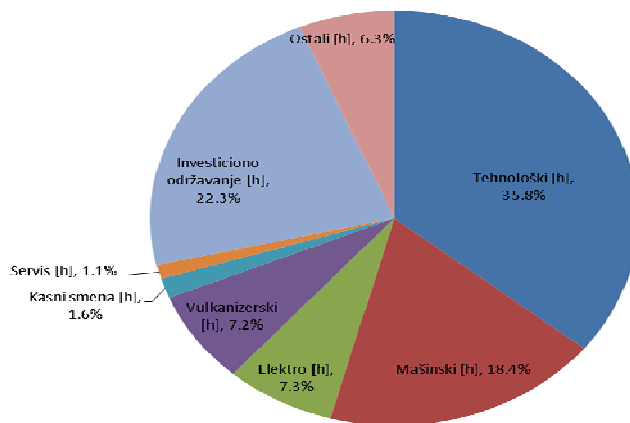




Grafik 6. Koeficijent iskorišćenja bagera

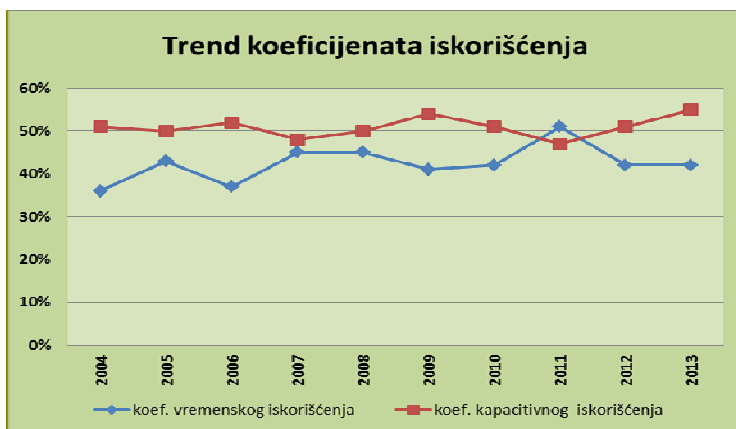
Na Grafiku 7 prikazani su procentualni udeli zastoja na bageru Drmno 3 koji ima najveći broj zastoja od svih posmatranih bagera.

Zbog lošeg održavanja procenat elektro, mašinskih i vulkanizerskih radova-zastoja je veći od 30%. Tehnološki zastoji su više od 35% ukupnih zastoja, dok su investiciona održavanja oko 22%.



Grafik 7. Ukupni zastoji bagera Drmno 3

Na Grafiku 8 prikazan je trend koeficijenta vremenskog i kapacitivnog iskorišćenja rotornog bagera SRs 2000 koji radi na površinskom kopu Drmno (Drmno 3). Na grafiku se vidi trend rasta koeficijenta kapacitivnog iskorišćenja u poslednje tri godine, ali takodje se vidi i trend pada koeficijenta vremenskog iskorišćenja u poslednje dve godine. Što ukazuje na povećanje zastoja u poslednje dve godine.



*Grafik 8. Trend koeficijenta iskorišćenja bagera Drmno 3*

### 3. ZAKLJUČAK

Analizom rada rotornih bagera SRs 2000 na površinskim kopovima EPS-a i MIBRAG-a za period od 2004 do 2013 dolazi se do zaključka da rotorni bageri na površinskim kopovima MIBRAGA imaju bolje efektivne pokazatelje rada, odnosno imaju veći ostvareni kapacitet, dok je efektivno vreme rada približno isto. Kako bi se na površinskim kopovima EPS-a povećao ostvareni kapacitet u narednom periodu potrebno je povećati pouzdanost mašine tokom rada i samim tim povećati i njen ostavreni kapacitet. Poboljšanje pouzdanosti bagera se može povećati boljim i redovnijim održavanjem bagera, tehničkim inovacijama, poboljšanjem planiranja proizvodnje, boljim odvodnjavanjem kopova.

#### Literatura

1. Lazić M., Internship report MIBRAG, MIBRAG Consulting International, Germany, 2014
2. Fondovska dokumentacija Elektroprivrede Srbije