

# SAVREMENA RUDARSKA PROIZVODNJA I NEOPHODNOST UVOĐENJA PROCENE RIZIKA

Dragoljub Jovanović<sup>1)</sup>, Željko Jovanović<sup>2)</sup>, Danijel Ilić<sup>3)</sup>

**Rezime:** Razvoj tehnologija u rudarstvu doveo je do nastanka kompleksnih tehnoloških sistema koji se ne mogu izučavati bez sistemskog pristupa u analitičkom i metodološkom smislu. Tehnološki sistemi u rudarstvu reprezentuju karakterističan iskaz specifičnih tehnologija u kontekstu delovanja, dekomponovanih od jednostavnih do najsloženijih radnih aktivnosti. Bazni procesi rudarstva tokom svog funkcionisanja, izloženi su delovanju različitih destruktivnih uticaja koji mogu bitno da umanje njihov kvalitet. Ovo ukazuje na verovatnoću smanjenja sveukupne pouzdanosti i sigurnosti tehničkih sistema s obzirom na realno veliki broj generisano kritičnih mesta sa potencijalima visokih rizika za stanja u otkazu kao i pojavama destrukcija, koje bitno utiču na kvalitet ukupnih performansi.

**Cljučne reči:** Analiza procesa, rizik, rudarstvo, kvalitet.

**Abstract:** Mining technology development leads to complex technical systems which can't be studied without system approach in analytical and methodical sense. Technological mining systems represent specific technology context of operation, decompose form simple to most complex work activity. Base mining process during their activity is exposed to activity from different destructive influence which can significantly reduce their quality. This points probability of reducing overall reliability and safety of technical system considering significant number of generic critic places with potential of high risk for states of failure as and destructive future that can have deep impact on overall performance quality.

**Key words:** Analysis proces, risk, mining, quality.

## 1. UVOD

Konstantna analiza i menadžment tehnološkim sistemima u rudarstvu predstavlja ključni faktor za kvalitet njihovog funkcionisanja. Upravljanje pouzdanošću, sigurnošću i održavanjem kao logističkom podrškom, ukoliko je zasnovano na riziku može izuzetno doprineti njihovoj sveukupnoj efektivnosti i efikasnosti. Poseban značaj za ostvarenje poslovne izvrsnosti i ciljeva kompanija pored tehnologije pripada i organizaciji, redizajnu i usavršavanju, harmonizaciji sistemskih veza među različitim strukturama, standardizaciji, analizi različitih varijanti i promenljivih nivoa kritičnosti kao i izbor i primena optimalnih rešenja.

Menadžment rizikom, realno novo ali odgovorno potrebno naučno određenje, treba da rizik i moguće destruktivne aplikacije sagleda, prognozira, predupredi, redukuje i minimizira. Neosporna činjenica je da se rizikom može i mora upravljati. Verovatnoća pojave rizičnog događanja se adekvatnim merama može smanjiti do prihvatljivog nivoa. Ovo upućuje na zaključak da je kvalitetno urađena analiza i procena

rizika preduslov za adekvatno planiranje prevencije destrukcija kritičnih potencijala, kao i pripreme strategije reagovanja na otkaz u kontekstu sanacije posledica. Nedostatak preciznog definisanja postupaka i procedura u praksi, kao i kriterijuma pokazatelja pri analizi i oceni rizika za rudarsku delatnost na prostorima Srbije, nameće potrebu za metodologijom koja bi sadržala savremene postupke i metode određivanja pokazatelja i kriterijuma za ocenu rizika. Bitni ciljevi istraživanja rudarstva Srbije su da se analizom u svetu priznatih i verifikovanih modela i metoda, jasno definišu strateški pravci u kontekstu moguće implementacije kao i sva pojmovna određenja u vezi analize i ocene rizika. Ovo može biti osnov uspešnog upravljanja tehnološkim sistemima kao i svim baznim procesima rudarstva. To bi realno omogućilo uvid u organizacioni nivo i stanje sistema kao i kvalitet u analizi dobijenih rezultata te samim tim i mogućnost nadzora u sprovođenju potrebnih i kvalitetno pozicioniranih mera redukcije rizika. Podrazumeva se konstrukcija i stvaranje platforme informacionog sistema za konformnu analizu i menadžment rizikom uz

- 
- 1) Dragoljub Jovanović, Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet Niš,
  - 2) Željko Jovanović, Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet Niš,
  - 3) Danijel Ilić, Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet Niš,

postepeno, delimično ili potpuno redizajniranje postojećih baznih tehnoloških procesa u rudarstvu.

## 2. ISKUSTVA BLIŽEG I DALJEG OKRUŽENJA U ANALIZI RIZIKA

Kod dosta istraživačkih projekata može se primetiti da su pojmovi: kvalitet, bezbednost i rizik sistema, tretirani kao kompatibilne varijable, kojima je svojstven samostalan uticaj ali čije se zajedničko dejstvo usložava i međusobno dopunjava u smislu sinergije.

Analitički pristupi prepoznaju rizik kao određeno svojstvo kvaliteta, te u tom smislu daju preporuke za posmatranje i definisanje u odnosu na kvalitet. Kako sva tri pojma generišu neraskidivo uticajne veze i relacije, posebno sinergiju usložavanja, to u analitičkim pristupima različitih aspekata analize za različite procese, analitičarima rizika se otvaraju nove percepcije i fokusi. U svetu se profilisu dva osnovna pravca sagledavanja ovog problema koja imaju svoja karakteristična i prepoznatljiva uporišta u teoretskim određenjima. Problem predstavljaju pragovi prihvatljivog ili tolerantnog rizika. Mnoge organizacije, grupe i pojedinci smatraju da je prihvatljiv samo nulti rizik. Sa tog stanovišta pouzdani ili sigurni su samo sistemi koji ne sadrže rizik. Postoje saglasnosti da se ovakva mišljenja kroz određenja mogu implementirati kada su u pitanju tehnološki sistemi u rudarstvu. Jasno je da nulti rizik nije moguće postići ni u određenjima teoretskih relacija s obzirom da se uvek javlja nenulti deo/ostatak rizika. Ne-nulti deo rizika se smatra zadovoljavajuće malim, te da je izuzetno blizu i dostiže vrednost nultog rizika. Na drugoj strani je mišljenje o realnom postojanju rizika, ali i mogućnostima njegovog redukovanja, smanjenja bez šansi za potpuno eliminisanje. Uslov za prihvatanje rizika kao realne kategorije je postojanje opšteg i individualnog interesa u makro i mikro okruženju lokaliteta procesa. Tačnije, ne postoje apsolutno pouzdani i bezbedni sistemi u široko aspektnom kontekstu. Jedini način da se po iscrpljenju svih metoda za redukovanje, potpuno eliminiše preostali deo rizika, je apsolutan prestanak svih aktivnosti u i oko sistema-tehnički i ljudski faktor. Za većinu učesnika u analizi i proceni rizika ovo je nerealna i neprihvatljiva opcija, s obzirom na profesionalno opredeljenje za funkcionisanje procesa u postojećim uslovima internog i eksternog okruženja kompanija po cenu postojanja i prihvatanja određenih nivoa: kritičnosti, rizika i destrukcija. Prethodna razmišljanja bez obzira što u prvom trenutku mogu biti pozicionirana kao ekstremna, imaju određene korelacije i veze. Primetno je da sigurnosna politika i ciljevi nekih kompanija nisu totalno odvojena i nespojiva sa teorijom o nultom riziku. Ključni cilj kompanija su aktivnosti i kvalitet u postupku redukovanja rizika na prihvatljiv nivo.

Teoretska pretpostavka da nulti rizik postoji je kritična za proces procene rizika u kontekstu određenja prihvatljivog rizika. Postavlja se pitanje načina formiranja konačne odluke o pragovima prihvatljivog rizika. U nekim situacijama ostatak rizika može biti realno visok bez obzira na činjenicu da je od strane analitičara ocenjen kao prihvatljiv. Ipak, ostatak rizika posle njegovog redukovanja, izbegavanja i minimiziranja kroz konstantan monitoring bi trebao biti prihvatljiv, saglasno odgovornosti ocene analitičara / donosioca odluke. Menadžment rizika je prepoznat kao sastavni deo dobre menadžment prakse. Da bi se postigla što veća poslovna efikasnost kompanija, upravljanje rizikom mora postati deo organizacione kulture sistema.

## 3. OPIS TEHNOLOŠKIH PROCESA I PROCENA RIZIKA

Kao primer uzeli smo proces proizvodnje Pb-Zn koncentrata u rudniku olova, cinka, srebra i zlata Lece. Celokupni proces proizvodnje u rudniku Lece može se uglavnom posmatrati kroz pet tehnoloških celina ili faza i to: otkopavanje jalovine ili rude, usitnjavanje jalovine ili rude, flotiranje rude, održavanje pogona i mehanizacije i razvoj, tehnička priprema, nadzor i rukovođenje.

Proces proizvodnje se odvija u tri smene tako da se isti ne prekida osim u vanrednim situacijama. U okviru otkopavanja mogu se izdvojiti sledeći tehnološki procesi: priprema terena, bušenje, oprobavanje, miniranje, utovar, transport, odlaganje jalovine, i rudarsko održavanje kopa sa odvođenjem.



U okviru usitnjavanja jalovine mogu se izdvojiti podprocesi drobljenja i mlevenja. U okviru flotiranja mogu se izdvojiti podprocesi flotiranja u užem smislu, magnetna separacija, vodosnabdevanje, odlaganje flotacijske jalovine, utovar i transport koncentrata i priprema za tržište.

Priprema terena: Prva operacija u tehnološkom procesu je priprema terena. Ona obuhvata izradu pristupnih puteva i pripremu terena za bušenje. Bušenje: Za primarno bušenje koriste se udarne bušilice koje koriste komprimovani vazduh.

Oprobavanje: Ova operacija predstavlja uzimanje reprezentativnog dela izbušenog materijala iz bušotine.

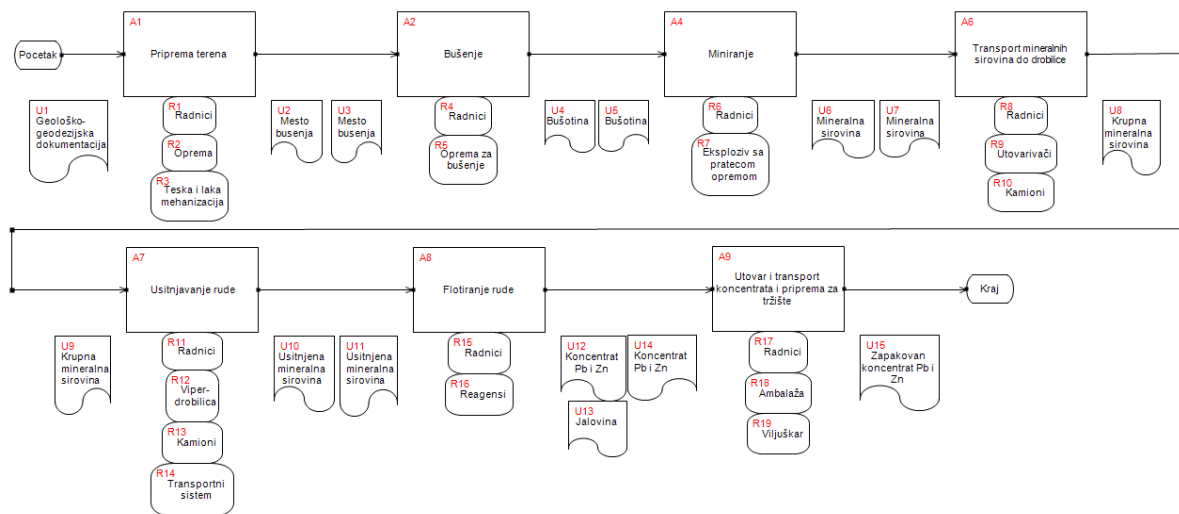
Materijal se obrađuje u laboratoriji. Dobijeni rezultati se evidentiraju a na osnovu njih se usmeravaju dalji radovi.  
 Miniranje: Miniranje izvodi posebna ekipa.  
 Utovar: Utovar se vrši bagerima kaškarima.



Transport jalovine se vrši na dva načina: kamionskim transportom ili kombinovano (kamion - transportna traka). Čisto kamionski način transporta se koristi pri transportu jalovine na jalovište. Kombinovani način transporta (kamion - transportna traka) se koristi pri transportovanju jalovine preko transportnog sistema. Jalovina se kamionima vozi od mesta utovara do drobilice gde se vrši njeno usitnjavanje a zatim se dalje trakama vozi do jalovišta.



Transport: Transport jalovine i rude na površinskim kopovima se vrši kamionski ili kombinovano kamion - transportna traka.



Slika 1. Karta procesa proizvodnje koncentrata Pb i Zn

Transport rude se takođe vrši čisto kamionski ili kombinovano (kamion - transportna traka). Čisto kamionski je kada se ruda od utovara vozi na primarno drobljenje. Kombinovani način transporta podrazumeva da se ruda od mesta utovara do drobilice vozi kamionima a odatle usitnjena trakama do primarnog drobljenja. Usitnjena ruda od drobljenja do flotacije se vozi transportnim trakama. Pošto je kamionski transport skup, teži se da se što je moguće veći deo iskopina preveze transportnim sistemima.

Odlaganje jalovine: Odlaganje jalovine se vrši tako što se materijal iz kamiona kipa blizu ivice, a zatim se buldožerima odlaže.

Rudarsko održavanje kopa: Rudarsko održavanje kopa obuhvata pripremu terena, izradu i održavanje puteva, rad na odvodnjavanju i ostale radove iz oblasti rudarskog održavanja kopa.

Odvodnjavanje: Odvodnjavanje se vrši na dva načina: gravitacijski do nivoa reke i ispumpavanjem ispod ovog nivoa. Za ispumpavanje vode koriste se potapajuće pumpe.

Usitnjavanje rude: Usitnjavanje rude na površinskim kopovima se vrši miniranjem. Najveći gabarit koji mogu da prime primarne drobilice je do 1 metra. Ruda usitnjena miniranjem se transportuje do drobilica na primarnom drobljenju ili do drobilica unutar kopa. U prvom stepenu (primarno drobljenje) ruda se usitjava do gabarita od 250 mm i kao takva ide trakama na sekundarno drobljenje.

Ruda sa drobilica iz kopa dolazi transportnim sistemima direktno na traku odakle ide na sekundarno drobljenje. Sa sekundarnog drobljenja izlazi usitnjena ruda do 75 mm i ide na prosejavanje i tercijalno drobljenje. Posle tercijalnog usitnjavanja do gabarita od 20 mm ruda ide trakama u flotaciju na mlevenje.



Mlevenje rude: Tehnološka operacija "mlevenje" se odvija u flotaciji. Ruda gabarita do 20 mm koja je došla u flotaciju usitjava se u mlinovima do mikronskih veličina. Tokom procesa mlevenja u mlinove se dozira voda i reagensi potrebni za flotiranje.

Flotiranje: Flotiranje se sastoji iz osnovnog flotiranja i tri prečišćavanja. U osnovnom flotiranju dobija se grubi koncentrat koji ide u dopunski mlin na domeljavanje i definitivnu jalovinu koja ide na magnetnu separaciju. U toku procesa flotiranja doziraju se odgovarajući reagensi. Trostepeno prečišćavanje daje definitivni koncentrat Pb i Zn.

Separacija: Jalovina sa flotiranja odlazi slobodnim padom na magnetnu separaciju. Separacija se sastoji iz osnovne pri čemu se dobija grubi koncentrat koji ide na domeljavanje i tri prečišćavanja. Definitivni koncentrat se sakuplja u rezervoar odakle se slobodnim padom cevima transportuje do filtriranja gde se odvodnjava na isti način kao i koncentrat Pb i Zn.

Flotacijsko jalovište: Jalovina magnetne separacije se pumpama transportuje do jalovišta.

| Ocena rizika | Posledica      | RPN                  | Prihvatljivost |
|--------------|----------------|----------------------|----------------|
| V            | katastrofalna  | $27 < RPN$           | neprihvatljiv  |
| IV           | kritična       | $8 < RPN \leq 27$    | nepoželjan     |
| III          | značajna       | $3.375 < RPN \leq 8$ | umeren         |
| II           | manje značajna | $1 < RPN \leq 3.375$ | prihvatljiv    |
| I            | beznačajna     | 1                    |                |

**Tabela 1 – Ocena rizika**

Dopunsko flotiranje: Jalovina iz magnetne separacije ide u postrojenje za dopunsko flotiranje gde se iz nje dobija koncentrat Pb i Zn i plemenitih metala.

Vodosnabdevanje: Za tehnološki proces mlevenja i flotiranja koristi se velika količina vode. Ova se voda najvećim delom obezbeđuje povratnim procesom.



Održavanje pogona i mehanizacije: Održavanjem pogona i mehanizacije bave se posebne stručne službe i timovi u za to specijalizovanim pogonima ili na terenu. Održavanje teških vozila se vrši u za to specijalno izrađenom servisu (servisu teških vozila) ili pak u lakšim slučajevima ili kada je to izvodljivo ili neophodno na terenu. Služba održavanja bagera i bušilica je locirana u novom servisu koji se nalazi u sklopu servisa teških vozila. Podeljen je na mašinsko i elektro održavanje. Za opravku i servisiranje pomoćne mehanizacije postoji poseban servis. Rukovođenjem rudnika, razvojem, izradom dugoročnih i kratkoročnih planova i nadzorom bave se posebne stručne službe i timovi.



| Vrsta rizika             | Opis rizika                                     | Uzrok rizika  | S   | O   | D   | RPN  |
|--------------------------|---|---|-----|-----|-----|------|
| Padajući objekti         | Udarac od strane padajućih objekata             | Nesmotrenost i nepažnja radnika   | 3.3 | 4.6 | 3.3 | 50.1 |
| Upotreba opreme          | Nesreće prilikom korišćenja kompresora          | Neadekvatna obuka, neprimenjivanje bezbednosnih mera i slab kvalitet kompresora                 | 1.6 | 2.8 | 1.9 | 8.5  |
|                          | Povrede od radne opreme                         | Nepridržavanje bezbednosnih propisa   | 1.9 | 4.5 | 3.4 | 29.1 |
|                          | Nesreće prilikom korišćenja eksploziva          | Prevelika količina eksploziva, neopreznost radnika, neadekvatna obuka, slab kvalitet eksploziva | 0.8 | 3.9 | 1.1 | 3.4  |
| Povreda od radne okoline | Prašina, buka i vibracije                       | Nedostatak zaštitne opreme  | 4.5 | 0.4 | 4.4 | 7.9  |
|                          | Gušenje i trovanje od strane toksičnih materija | Nedostatak zaštitne opreme  | 2.5 | 0.6 | 3.8 | 5.7  |

**Tabela 2 Evidentirani i procenjeni rizici u rudarskoj proizvodnji**

#### 4. ZAKLJUČAK

| Vrsta rizika             | Opis rizika                                     | RPN  | Prihvatljivo st rizika | Mere za smanjenje rizika         |
|--------------------------|---|------|------------------------|----------------------------------|
| Padajući objekti         | Udarac od strane padajućih objekata             | 50.1 | Neprihvatljiv          | Obuka i nošenje šlema            |
| Upotreba opreme          | Nesreće prilikom korišćenja kompresora          | 8.5  | Nepoželjan             | Provera opreme                   |
|                          | Povrede od radne opreme                         | 29.1 | Neprihvatljiv          | Bezbedna obuka                   |
|                          | Nesreće prilikom korišćenja eksploziva          | 3.4  | Umeren                 | Obuka i provera eksploziva       |
| Povreda od radne okoline | Prašina, buka i vibracije                       | 7.9  | Umeren                 | Zaštitna oprema                  |
|                          | Gušenje i trovanje od strane toksičnih materija | 5.7  | Umeren                 | Postupak zaštite životne sredine |

**Tabela 3 - Prihvatljivost rizika i mere za smanjenje rizika**

Rezultat ovog istraživanja je iniciranje potrebe za promenama postojećeg stanja u rudarstvu sa implementacijom savremenih pristupa u analizi rizika kroz poboljšanje sveukupnih kvantitativnih i kvalitativnih karakteristika i performansi funkcija sistema. Rizik je povezan sa svim projektima, kao i sa svim procesima i odlukama kroz životni vek kako projekta tako i pojedinih proizvoda. Rizik zato treba da bude procenjivan u svim fazama projekta, a proces menadžmenta rizikom treba da bude integrisan i u procese menadžmenta projektom i u procese koji su vezani za proizvod. U ovom istraživanju su prikazane mogućnosti poboljšanja jedne od najčešće korišćenih klasičnih metoda analize rizika - FMEA metode. U praksi je potrebna primena novih znanja, iskustva, vremena i novca da sprovedemo FMEA analizu jednog kompleksnog rudarskog sistema, te se stoga ulažu veliki naponi u pronalaženje modifikovanih, ubrzanih načina za implementaciju ove metode, vodeći pri tome računa da ne izgubimo smisao i koncept analize.

#### LITERATURA

- [1] Stoilković V, Integrisani sistemi menadžmenta ISO 9001 2000, ISO 14001 2004 ISO 18001 1999 – Mašinski fakultet Niš
- [2] Stoilković V, Mlosavljević P, Randelović S, Industrijski menadžment Praktikum, Mašinski fakultet u Nišu, Niš 2010.
- [3] Sai X. Zeng, Chun M. Tam, Vivian W. Y. Tam, Integrating Safety, Environmental and Quality Risks for Project Management
- [4] Using a FMEA Method, ISSN 1392 – 2785 Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics 2010, 21(1), ECONOMICS OF ENGINEERING DECISIONS

