

65 - 66

ISSN 0353-9172 UDC 622

RUDARSTVO

naučno-stručni časopis





NAUČNO ISTRAŽIVAČKI CENTRI INSTITUTA

- ❖ Rudarstvo i energetika
- ❖ Geologija, geotehnika i građevinarstvo
- ❖ Ekologija, zaštita, ventilacija i ispitivanje materijala i konstrukcija

OBLASTI DJELOVANJA

- ❖ površinska eksploatacija mineralnih sirovina (diskontinuirana i kontinuirana tehnologija),
- ❖ podzemna eksploatacija mineralnih sirovina,
- ❖ građevinarstvo, elektrotehnika, mašinstvo, arhitektura, priprema mineralnih sirovina, geodezija,
- ❖ geologija, hidrogeologija, inženjerska geologija i geotehnika,
- ❖ geomehanika,
- ❖ rudarstvo soli i skladištenje fluida,
- ❖ zaštita na radu, zavarivanje, defektoskopija i korozija,
- ❖ ispitivanje materijala i konstrukcija,
- ❖ ispitivanje građevinskih materijala i mehanika stijena,
- ❖ ekologija, zaštita, ventilacija i opasna ugljena prašina,

STUDIJE, PROJEKTI, ANALIZE, EKSPERTIZE, PROGRAMI, ELABORATI, KONSALTING I INŽENJERING USLUGE

- ❖ Stručne podloge za programe i planove razvoja, investicioni programi, tender dokumentacije, revizije projekata,
- ❖ Recenzije studija, elaborata, programa, ekspertiza, stručnih knjiga, časopisa i članaka,
- ❖ Nadzor nad izgradnjom objekata,
- ❖ Savremeno opremljene specijalizovane laboratorije,
- ❖ Afirmisani naučni i stručni radnici,
- ❖ U projekte se ugrađuju savremena proizvodna i ekonomska tehnička sredstva domaće i inozemne proizvodnje,

OSTALE DJELATNOSTI

- ❖ Poslovanje po sistemu kvaliteta EN ISO 9001:2015,
- ❖ Poslovi ugovorne kontrole kvaliteta roba u međunarodnom prometu,
- ❖ Uspostavljanje viših oblika saradnje sa inostranim partnerima, kao što su poslovno-tehnička saradnja, proizvodna kooperacija, zajednička ulaganja itd.,
- ❖ Široke mogućnosti: oprema, iskustvo i rezultati, kadrovi za uvođenje novih djelatnosti itd
- ❖ Izdavanje naučno-stručnog časopisa "Rudarstvo",
- ❖ Kopiranje, skeniranje, obrezivanje, formatiziranje, uvezivanje i korićenje,

KONTAKTI:

- ❖ Direktor: +387 35 281 232,
- ❖ Sekretarica: + 387 35 282 406,
- ❖ Fax: + 387 35 282 700,
- ❖ Predstavnik rukovodstva za kvalitet: + 387 35 321 825
- ❖ Direktor NIC-a 1: + 387 35 281 771,
- ❖ Direktor NIC-a 2: + 387 35 282 095,
- ❖ Direktor NIC-a 3: + 387 35 280 199,
- ❖ Centrala: + 387 35 321 800

Slika na naslovnoj strani:

Mehanizovana širokočelna samohodna hidraulična podgrada (BW 15/36 POZ) sa otkopnom mašinom - jama "Begići-Bištrani" RMU "Kakanj"

SCIENTIFIC RESEARCH CENTERS (SRC)

- ❖ Mining and energy sector
- ❖ Geology, geotechnics and civil engineering
- ❖ Occupational safety, ecology, materials and constructions

FIELD OF ACTIVITIES

- ❖ surface mining (discontinuous and continuous technology)
- ❖ underground mining,
- ❖ civil engineering, electrical engineering, mechanical engineering, architecture, processing of raw minerals, survey,
- ❖ geology, hidrogeology, engineering geology and geotechnics,
- ❖ geomechanics,
- ❖ salt mining and fluid storage,
- ❖ occupational safety, welding, defectoscopy and corrosion,
- ❖ testing of materials and constructions,
- ❖ testing of building materials and rock mechanics,
- ❖ ecology, protection, ventilation and hazardous mine dust,

STUDIES, PROJECTS, ANALYSIS, PROGRAMS, CONSULTING AND ENGINEERING SERVICES

- ❖ Professional inputs for development plans and programmes, investment programmes, tender documentation, revision of projects,
- ❖ Revision of studies, programmes, expertises, professional books, magazines and articles,
- ❖ Supervision over construction operations,
- ❖ Contemporary and well-equipped specialised laboratories,
- ❖ Skilled and experienced personnel,
- ❖ Project incorporate contemporary production and economical technical assets produced in country and abroad,

OTHER ACTIVITIES

- ❖ Activities performed by guidelines of quality system EN ISO 9001:2015,
- ❖ Quality control of export/import goods,
- ❖ Cooperation with foreign partners / business-technical cooperation, production cooperation, joint ventures, etc.,
- ❖ Broad possibilities - equipment, experience and results, skilled personnel for introduction of new technologies
- ❖ Scientific - professional magazine "Rudarstvo",
- ❖ Other services such as: copying, scanning, formatting, documentation and book tying.

CONTACTS:

- ❖ Managing Director: +387 35 281 232,
- ❖ Secretary: + 387 35 282 406,
- ❖ Fax: + 387 35 282 700,
- ❖ Managment representative for quality: + 387 35 321 825
- ❖ Manager of SRC 1: + 387 35 281 771,
- ❖ Manager of SRC 2: + 387 35 282 095,
- ❖ Manager of SRC 3: + 387 35 280 199,
- ❖ Switch board: + 387 35 321 800

OSNIVAČ I IZDAVAČ

RUDARSKI INSTITUT d.d. Tuzla

Direktor: dr. sc. Eldar Pirić, dipl.inž.maš.

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK

Mr. sc. Ervin Zolotić, dipl.inž.rud.

POMOĆNIK GLAVNOG I ODGOVORNOG UREDNIKA

Husein Bakalović, profesor

REDAKCIJSKI KOLEGIJprof. dr. sc. Zvezdan Karadžin, dipl.inž.rud.
(Rudarsko geološko građevinski fakultet Tuzla)Husein Bakalović, profesor
(Rudarski institut d.d. Tuzla)Dr. sc. Eldar Pirić, dipl.inž.maš.
(Rudarski institut d.d. Tuzla)Mr. sc. Hasan Okanović, dipl.inž.rud.
(Rudarski institut d.d. Tuzla)Dr. sc. Almir Šabović, dipl.inž.geol.
(Rudnik soli "Tuzla" d.d. Tuzla)Dr. sc. Azra Okić, dipl.inž.rud.
(Rudarski institut d.d. Tuzla)Mr. sc. Jasmina Isabegović, dipl.inž.rud.
(Rudarski institut d.d. Tuzla)Mr. sc. Ervin Zolotić, dipl.inž.rud.
(Rudarski institut d.d. Tuzla)Dr. sc. Munever Čerčić, dipl.inž.rud.
(RMU "Banovići" Banovići)Dr. sc. Fadil Nadarević, dipl.inž.el. teh.
(Termoelektrana "Tuzla" Tuzla)Bajazit Jašarević, dipl.inž.el.teh.
(JP Elektroprivreda d.d. Sarajevo)Dr. sc. Nevad Ikanović, dipl.inž.rud.
(JP Elektroprivreda d.d. Sarajevo)Dr. sc. Milenko Ljubojević, dipl.inž.rud.
(Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Srbija)Dr. sc. Aleksandar Kovačević,
(Samostalni ekspert za energetiku, Srbija)**ADRESA REDAKCIJE**

Rudarska 72, 75000 Tuzla

Telefon: + 387 35 321 825

Fax: + 387 35 282 700

e-mail: casopis.rudarstvo@rudarskiinstitutuzla.ba

http://www.rudarskiinstitutuzla.ba

PRETPLATA

- za pravna lica: 80,00 KM

- za fizička lica: 40,00 KM

- za inozemstvo: 100,00 €

- cijena pojedinačnog primjerka:
10,00 KM (5,00 €) + PTT

Časopis "Rudarstvo" je upisan u evidenciju javnih glasila u Federalnom ministarstvu obrazovanja, nauke, kulture i sporta pod rednim brojem 567, dana 1.4.1996. godine.

Izlazi jednom godišnje.

Tiraž: -

Preštampavanje u cjelini, ili u dijelovima, bez odobrenja redakcije, nije dozvoljeno.

Suosnivač časopisa su rudnici BiH, preduzeća-proizvođači repromaterijala i opreme za rudnike, visokoškolske i naučnoistraživačke institucije.

s a d r ž a j

Bahrudin Šarić, Eldar PirićPARETO PRINCIP U ANALIZI UZORKA OTKAZA MEHATRONIČKIH SISTEMA,
naučni rad.....

1

Bahrudin Šarić, Eldar PirićVJEŠTAČKA INTELIGENCIJA KAO ALAT U ODRŽAVANJU MEHATRONIČKIH
SISTEMA, naučni rad.....

8

Fehim Fejzić, Eldar Pirić, Jasmin FejzićPRISTUP IZBORA ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA U RUDNICIMA UGLJA U
FEDERACIJI BOSNE I HERCEGOVINE, stručni rad.....

18

Kasim Bajramović, Husref Bajramović, Sead HadžićIZVLAČENJE (RAUBANJE) SEKCIJA SHP „BW 15/36 POZ“ KOD OPREME ŠČ BW
17 U JAMI „BEGIĆI-BIŠTRANI“ ZDRMU „KAKANJ“ D.O.O. KAKANJ,
stručni rad.....

32

Kasim Bajramović, Mustafa Hadžalić, Ervin ZolotićTEHNOLOGIJA IZRADA JAMSKIH PROSTORIJA MAŠINOM ZA IZRADU
JAMSKIH PROSTORIJA AM-50 z-w, stručni rad.....

43

FOUNDER AND PUBLISHER

MINING INSTITUTE Tuzla
Director: Ph. D. Eldar Pirić, Mechanical Engineer

EDITOR IN CHIEF

M. Sc. Ervin Zolotić, Mining Engineer

ASSOCIATE EDITOR

Husein Bakalović, professor

EDITORIAL BOARD

Ph. D. Zvezdan Karadžin, Mining Engineer (Faculty of Mining, Geology and Civil Engineering, Tuzla)

Husein Bakalović, professor
(Mining Institute, Tuzla)

Ph. D. Eldar Pirić, Mechanical Engineer
(Mining Institute, Tuzla)

M. Sc. Hasan Okanović, Mining Engineer
(Mining Institute, Tuzla)

Ph. D. Almir Šabović, Engineer Geology
(Salt Mine "Tuzla", Tuzla)

Ph. D. Azra Okić, Mining Engineer
(Mining Institute, Tuzla)

M. Sc. Jasmina Isabegović, Mining Engineer
(Mining Institute, Tuzla)

M. Sc. Ervin Zolotić, Mining Engineer
(Mining Institute, Tuzla)

Ph. D. Munever Čeragić, Mining Engineer
(“Banovići” Coal Mines, Banovići)

Ph. D. Fadil Nadarević, dipl.inž.el. teh.
(“Tuzla” Power plant, Tuzla)

Bajazit Jašarević, dipl.inž.el.teh.
(JP Elektroprivreda d.d. Sarajevo)

Ph. D. Nevad Ikanović, Mining Engineer
(JP Elektroprivreda d.d. Sarajevo)

Ph. D. Milenko Ljubojev, Mining Engineer
(Institute of Mining and Metallurgy Bor, Serbia)

Ph. D. Aleksandar Kovačević,
(Independent Energy Expert, Serbia)

PUBLISHER'S ADDRESS

Rudarska 72, 75000 Tuzla
Phones: + 387 35 321 825
Fax: + 387 35 282 700
e-mail: casopis.rudarstvo@rudarskiinstitutuzla.ba
<http://www.rudarskiinstitutuzla.ba>

SUBSCRIPTION

- for legal entities: 80,00 KM
- for individuals: 40,00 KM
- for foreign countries: 100,00 €
- price for individual edition:
10,00 KM (5,00 €) + PTT

Journal “Mining” has been recorded into the Evidence of Public Newspapers at the Federal Ministry for Education, Science, Culture and Sport, ordinal number 567, on April 1st, 1996.

It is published once in three-month period.

Number of copies printed: -

Reprinting of the parts or entire journal, without special permission of the Editorial Board, is prohibited.

Co-founders of the Journal are, Bosnia and Herzegovina Mines, Mines Equipment and consumables manufacturers; schools and scientific-research institutions.

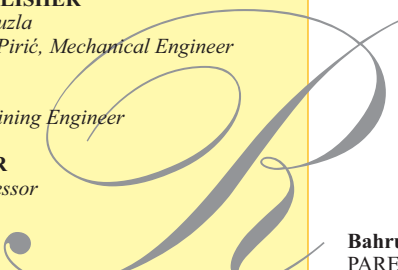


table of contents

Bahrudin Šarić, Eldar Pirić

PARETO PRINCIPLE IN THE FAILURE ANALYSIS CAUSE OF MECHATRONIC SYSTEMS, *Scientific paper*

1

Bahrudin Šarić, Eldar Pirić

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS A TOOL IN THE MAINTENANCE OF MECHANICAL SYSTEMS, *Scientific paper*

8

Fehim Fejzić, Eldar Pirić, Jasmin Fejzić

APPROACH TO THE SELECTION OF MAINTENANCE OF TECHNICAL SYSTEM IN THE COAL MINES IN THE FEDERATION OF BOSNIA AND HERZEGOVINA, Technical paper

18

Kasim Bajramović, Husref Bajramović, Sead Hadžić

EXTRACTION SECTION SHP „BW 15/36 POZ“ AT EQUIPMENT ŠČ BW 17 U JAMI „BEGIĆI-BIŠTRANI“ ZDRMU „KAKANJ“ D.O.O. KAKANJ, Technical paper

32

Kasim Bajramović, Mustafa Hadžalić, Ervin Zolotić

TECHNOLOGY OF MAKING PIT ROOMS WITH THE MACHINE CONSTRUCTED FOR MAKING PIT ROOMS AM-50 z-w, Technical paper

43

B. Šarić¹
E. Pirić²

PARETO PRINCIP U ANALIZI UZROKA OTKAZA MEHATRONIČKIH SISTEMA

PARETO PRINCIPLE IN THE FAILURE ANALYSIS CAUSE OF MECHATRONIC SYSTEMS

Naučni rad

Primljeno: maj 2019. godine

REZIME

Obrađena materija u radu je jedan dio primjene naučnih metoda i tehnika, koje omogućavaju naučni pristup u održavanju i analizi otkaza, općenito tehničkih sistema. Kroz istraživanja i analizu aktivnosti koje vode smanjenju broja otkaza transportnog sistema, pokazati će se kritični elementi sistema sa aspekta dužine trajanja otkaza, sve sa ciljem da se kroz istraživanja dođe do adekvatnog modela održavanja sistema odnosno pojedinih elemenata datog sistema. Posmatranje se sužava na uvođenje *održavanja po stanju*, na osnovu objektivno utvrđenog stanja sistema, odnosno primijeniti će se na elemente sistema sa najvećim brojem otkaza i najdužim vremenom trajanja otkaza. Određivanjem najuticajnijih uzročnika otkaza, primjenom sofisticirane tehničke dijagnostike na generatore otkaza koji kumulativno imaju veliki procenat u ukupnom otkazu sistema, značajno će se povećati pouzdanost sistema u cjelini.

Ključne riječi

Pareto princip, analiza otkaza, mehatronički-tehnički sistem, najuticajniji uzročnici otkaza, transportni sistem.

ABSTRACT

Processed thematic in the work is part of the scientific application of methods and techniques, which enable a scientific approach in the maintenance and analysis of failure in technical systems. Through research and analysis of activities have leading to a reduction in the number of failures of the transport system. Critical elements of the system from the aspect of the duration of the failures will be shown, with the aim to find an adequate model of maintenance of the system or certain elements of the given system through the research. Observation narrows to the introduction of Condition Based Maintenance, it will apply to the elements of the system with the highest number of failures and the longest duration of the cancellation. Determining the most influential causes of failure, using sophisticated technical diagnostics will generate cumulatively high percentage of total system failure, and due to that will significantly increase the reliability of the whole system.

¹ Prof.dr.sc. Bahrudin Šarić, dipl.inž.maš., Mašinski fakultet univerziteta u Tuzli

² Dr.sc. Eldar Pirić, dipl.inž.maš., Rudarski institut d.d. Tuzla

Keywords:

Pareto principle, failure analysis, mechatronic-technical system, transport systems.

1. UVOD

U oblikovanju materije ovog rada, korištena su sopstvena istraživanja u oblasti održavanja tehničkih sistema (Rudnik mrkog uglja «Banovići» - (RMU «Banovići»)), gdje se primjenjuju visokoproduktivne mašine u procesu eksploatacije uglja, kao što je kontinuirani transportni sistem «Grivice – Draganja».

Održavanje visokoproduktivne rudarske opreme imalo je dug razvojni put povezan s razvojem proizvodnih tehnologija i opreme odnosno s općim tehnološkim razvojem u svijetu. Da bi se postigli odgovarajući zadaci i ciljevi održavanja bilo kojeg tehničkog sistema neophodno je prethodno izvršiti izbor najuticajnijih elemenata (uzročnika) otkaza sistema, koji uslijed njegove opravke, prouzrokuju; najduže vrijeme otkaza, najveći broj otkaza i najveće troškove otkaza.

Posljednjih godina pristupilo se organizovanjem načinu održavanja tehničkih sistema, uz stalan nadzor i kontrolu, služeći se znanjem, iskustvom i svim raspoloživim sredstvima kako bi se osigurala maksimalna raspoloživost sistema. U ovom radu, za izbor najuticajnijih elemenata (uzročnika) otkaza sistema, elaboriran je Pareto princip (ABC metoda), koja je dijagramski predstavljena na slici 1 [2].

2. IZBOR NAJUTICAJNIJIH UZROČNIKA STANJA „U OTKAZU“

Dosadašnji način održavanja koji se svodio na korektivno održavanje, nije mogao

ispuniti postavljene ciljeve održavanja. Da bi se postigli odgovarajući zadaci i ciljevi održavanja potrebno je prethodno izvršiti izbor vrlo važnih (najuticajnijih) elemenata tehničkog sistema, koji svojim otkazom prouzrokuju i dugo vrijeme otkaza tehničkog sistema. Općenito, izborom vitalnih dijelova tehničkog sistema, moguće je adekvatne aktivnosti i metode održavanja koncentrisati i usmjeriti na vitalne elemente sistema koji svojim otkazom prouzrokuju najduže vrijeme zastoja kontinuiranog transportnog sistema.

2.1. Pareto princip (ABC metoda)

Da bi se pravilno izvršio izbor vrlo važnih (najuticajnijih) elemenata tehničkog sistema, kojima će se posvetiti posebna pažnja u održavanju, potrebno je detaljno analizirati vremena rasklapanja, opravke i sklapanja pojedinih sklopova i podsklopova datog sistema. Imajući u vidu da svi uzročnici nisu istog značaja u odnosu na efekte koji se žele postići, potrebno je djelovati na najznačajnije uzročnike koji imaju najduže vrijeme rasklapanja, opravke i sklapanja.

Kontinuirani transportni sistemi «Grivice-Draganja» koji se koristi u kontinuiranom transportu uglja, od površinskog kopa do pretovarnog čvora u Draganji, pripadaju visoko-produktivnim podsystemima, u procesu proizvodnje uglja. Zastoj transportnog sistema, direktno utiče na zastoj proizvodnje uglja na površinskim kopovima rudnika Banovići.

Primjenom Pareto optimuma, moguće je aktivnosti odgovarajuće metode održavanja usmjeriti na mali broj najuticajnijih uzročnika, koji kumulativno imaju dugo vrijeme opravke u ukupnom vremenu otkaza tehničkog sistema. Znači,

usmjeravanjem aktivnosti održavanja na vitalne elemente kontinuiranog transportnog sistema, smanjiće se vrijeme otkaza, a samim tim povećati će se vrijeme rada sistema. «*Pareto princip*», često se susreće i pod nazivom «ABC dijagram», koji predstavlja osnovu za klasifikaciju elemenata sistema, recimo u tri grupe, i vrlo je jednostavan uređaj za objašnjenje činjenice da je veliki udio vremena otkaza tehničkog sistema zbog opravke, gotovo uvijek pripisan malom broju uzročnika tog otkaza (Slika 1), kako slijedi;

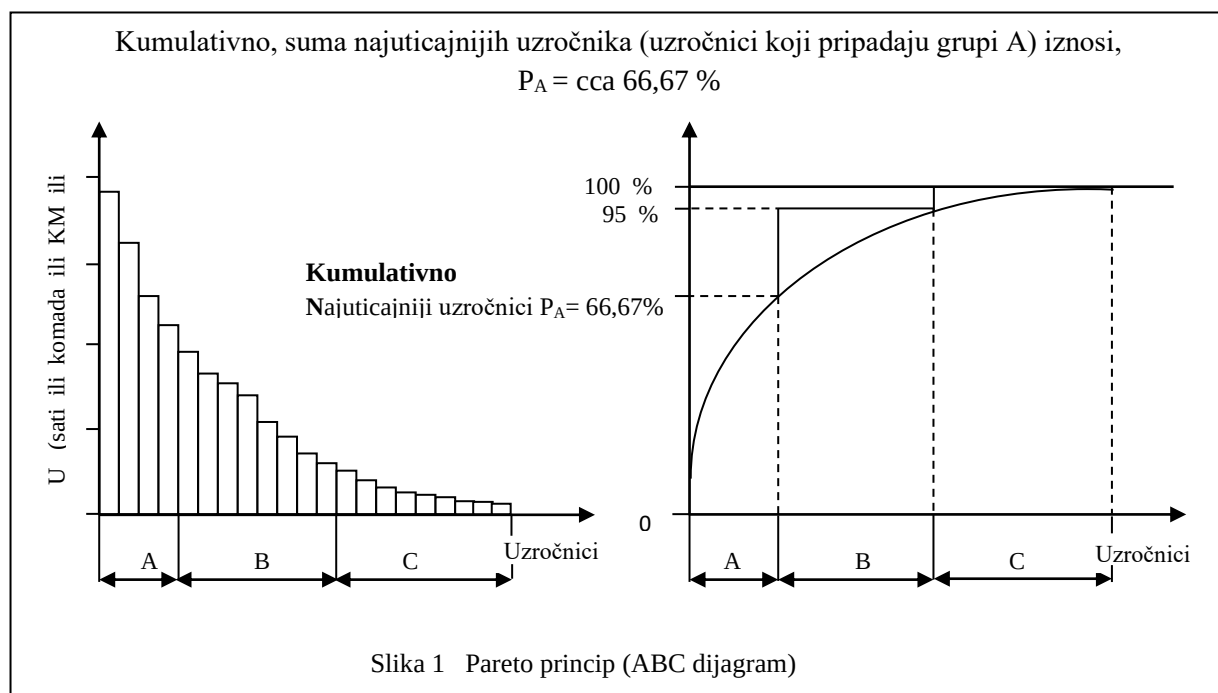
Prva grupa A, sastojala bi se od nekoliko vrlo važnih elemenata tehničkog sistema,

koji svojim otkazom, čine velik udio u ukupnom vremenu otkaza.

Druga grupa B, sadržavati će umjereno važne elemente tehničkog sistema, kako po njihovom broju tako i po njihovom učešću u ukupnom vremenu otkaza.

Treća grupa C, bio bi ostatak manje važnih elemenata tehničkog sistema, koji iako ih ima mnogo, čine vrlo malo učešće u ukupnom vremenu otkaza.

Treba imati na umu da nema čvrstog i brzog razgraničenja između grupa A, B, C, ali opšte uputstvo za razgraničenje najbolje postavlja sam istraživač u zavisnosti od njegove procjene važnosti tih granica.



Shodno navedenom, pri analiziranju uzroka otkaza sistema, težiti će se slijedećem:

U grupu A, svrstaju se vrlo važni (najuticajniji) elementi sistema, koji svojim otkazom čine cca 2/3 (cca 66,7 %) vremena u otkazu tehničkog sistema, iste je neophodno posebno tretirati, često

kontrolisati i analizirati uzroke njihovog otkaza,

U grupu B, svrstaju se umjereno važni elementi sistema, koji čine između 2/3 i 95% vremena u otkazu tehničkog sistema, prema istim se posvećuje rutinska kontrola, bez posebne analize uzroka njihovog otkaza,

U grupu C, ostao bi ostatak manje važnih elemenata sistema, koji čine preostalo 5%

PARETO PRINCIP U ANALIZI UZROKA OTKAZA MEHATRONIČKIH SISTEMA

vremena u otkazu tehničkog sistema, i oni bi mogli biti predmet slučajnih kontrola.

Pareto princip, u određivanju najznačajnijih uzročnika, primijenjen je na transportnom sistemu «Grivice-Draganja», koji se koristi za kontinuirani transport uglja sa površinskog kopa „Grivice“ rudnika Banovići, do utovarnog čvora u Draganji [1]. Zastoji transportnog sistema, prouzrokovani *otkazom* njegovih

podсистема ili elemenata uslijed pojave kvara za 2015 godinu dati su u tabeli 1.

Na osnovu podataka iz tabele 1., primjenom *Pareto principa*, mogu se odabrati vrlo važni (najuticajniji) elementi sistema koji pripadaju grupi A, koji svojim otkazom zbog kvara prouzrokuju vrlo visoko vrijeme zastoja, kako slijedi [3]:

$$P_A = (\sum_{i=1}^{n_A} t_i / \sum_{i=1}^{n_u} t_i) \times 100\% \quad (1)$$

Tabela 1. Zastoj kontinuiranog transportnog sistema zbog opravke

R.br.	Naziv podсистема ili elementa	Zastoj zbog opravke	Procentualno učešće u zastoju zbog opravke	Kumulativno procentualno učešće
1.	Pogoni transportera sa gum. trakom (P=220KW)	98,0 h	22,2 %	22,2 %
2.	Pogoni protočnih drobilica (P= 45 KW)	82,0 h	18,6 %	40,8 %
3.	Pogoni grabuljastih transportera (P= 75 KW)	70,0 h	15,9 %	56,7 %
4.	Pogoni transportera sa gum. trakom (P= 22 KW)	43,0 h	9,8 %	66,5 %
5.	Natezni doboši na transporte. sa GT (P=220KW)	170 h	3,8 %	71,4 %
6.	Povratni doboši na transpor. sa GT (P=220KW)	16,0 h	3,6 %	75,0 %
7.	Rotori protočnih drobilica	14,0 h	3,1 %	78,1 %
8.	Transportne gumene trake	14,0 h	3,1 %	81,2 %
9.	Lanci grabuljastih transportera	13,0 h	2,9 %	84,1 %
10.	Povratne zvijezde grabuljastih transportera	10,0 h	2,3 %	86,4 %
11.	Natezno povratni doboši na tr. sa GT (P=22KW)	8,0 h	1,8 %	88,2 %
12.	Noseći valjci na transporterima sa GT	7,5 h	1,7 %	89,9 %
13.	Povratni valjci na transporterima sa GT	7,0 h	1,7 %	91,6 %
14.	Amortizirajući valjci na presipima tran. sa GT	5,5 h	1,2 %	92,8 %
15.	Gravitacioni doboši na transporterima sa GT	5,0 h	1,1 %	93,9 %
16.	Stacionarna konstrukcija usipnih koševa na PK	4,5 h	1,0 %	94,9 %
17.	Stacionarna konstrukcija bunkera u Draganji	4,0 h	0,9 %	95,8 %
18.	Stacionarna konstrukcija transportera sa GT	4,0 h	0,9 %	96,6 %
19.	Stacionarna konstrukcija grabuljastih transpo.	3,5 h	0,8 %	97,4 %
20.	Signalizacija duž transportnog sistema	3,5 h	0,8 %	98,2 %
21.	Ostalo (skup svih ostalih uzročnika)	11,0 h	1,8 %	100,0 %
Ukupni zastoj zbog (rasklapanje+opravka+sklapanje)		440,5 h	100,0 %	100,0 %

pa je broj vrlo važnih elemenata (A) otkaza kontinuiranog transportnog sistema:

$$\sum_{i=1}^{n_A} t_i = (P_A / 100\%) \times \sum_{i=1}^{n_u} t_i \quad (2)$$

gdje je:

P_A -Kumulativno učešće najuticajnijih (vrlo važnih) elemenata otkaza kontinuiranog transportnog sistema (elementi sistema koji pripadaju grupi A),

$\sum_{i=1}^{n_n} t_i$ -suma otkaza sistema, izazvanih otkazima elemenata, koji pripadaju elementima grupe A,

$\sum_{i=1}^{n_u} t_i$ -suma svih otkaza elemenata u sistemu (A+B+C),

n_n -broj najuticajnijih elemenata tehničkog sistema (uzročnici grupe A),

n_u -ukupan broj elemenata tehničkog sistema koji se analizira ($n_u=21$),

t_i -vrijeme otkaza tehničkog sistema.

Ukoliko se usvoji da će se posmatrati i analizirati vrlo važni (najuticajniji) elementi tehničkog sistema koji po Pareto principu pripadaju grupi A, onda je broj vrlo važnih (najuticajniji) elemenata tehničkog sistema:

$$\sum_{i=1}^{n_n} t_i = (P_A / 100\%) \times \sum_{i=1}^{n_u} t_i$$

$$t_{(1)} + t_{(2)} + \dots + t_{(n_n)} = 0,666 \times (t_{(1)} + t_{(2)} + \dots + t_{(21)}),$$

$$t_{(1)} + t_{(2)} + \dots + t_{(n_n)} = 0,666 \times 440,5h$$

(aktivno vrijeme opravke)

$$t_{(1)} + t_{(2)} + \dots + t_{(n_n)} = 294 h$$

Iz tabele 1., najbliža vrijednost izračunatoj, je za $n_n = 4$, odnosno,

$$t_{(1)} + t_{(2)} + t_{(3)} + t_{(4)} = 293 h,$$

što znači, da četiri vrlo važna (najuticajnija) elementa tehničkog sistema, svojim otkazom učestvuju u ukupnom vremenu otkaza tehničkog sistema cca 66,5 %, ili tačnije, na osnovu određenog broja vrlo važnih (najuticajniji) elemenata tehničkog sistema ($n_n=4$), može se odrediti njihovo procentualno učešće u ukupnom

vremenu otkaza svih uzročnika, Pareto princip, kako slijedi:

$$P_A = (\sum_{i=1}^4 t_i / \sum_{i=1}^{21} t_i) \times 100\%$$

$$P_A = (t_{(1)} + t_{(2)} + t_{(3)} + t_{(4)}) / (t_{(1)} + t_{(2)} + \dots + t_{(21)}) \times 100 \%,$$

$$P_A = (98 h + 82 h + 70 h + 43 h / 440,5 h) \times 100 \%,$$

$$P_A = (293 h / 440,5 h) \times 100 \%,$$

$$P_A = 0,665 \times 100 \% = 66,5 \%,$$

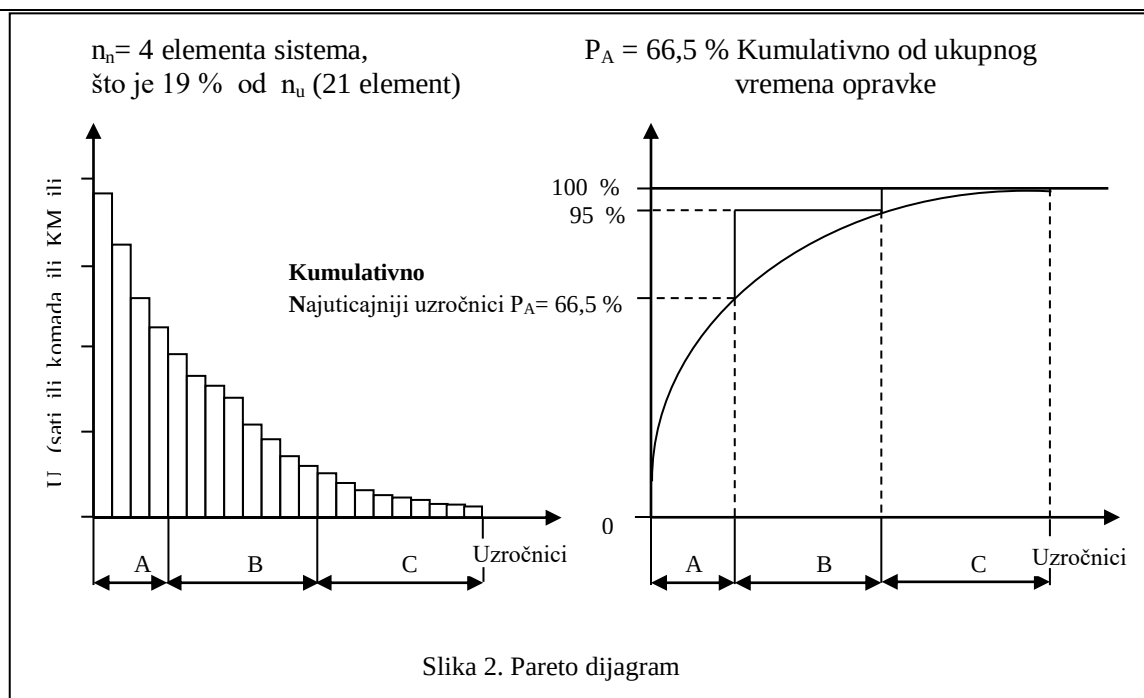
$$P_A = 66,5 \%$$

Znači, četiri vrlo važna (najuticajniji) elementa tehničkog sistema, učestvuju kumulativno 66,5 % u ukupnom vremenu otkaza tehničkog sistema, odnosno:

$$(n_n / n_u) \times 100 \% = (4 / 21) \times 100 \% = 19 \%,$$

učešće četiri vrlo važna elementa tehničkog sistema je 19 %, u odnosu na ukupan broj elemenata tehničkog sistema.

U daljnjem istraživanju, tretirati će se elementi tehničkog sistema koji pripadaju po Pareto principu, grupi A, dok elemente grupe B i C ćemo tretirati kao cjelinu i to kao umjereno važne elemente tehničkog sistema. Na osnovu podataka predstavljenih u tabeli 1. može se uraditi Pareto dijagram, koji je predstavljen na slici 2.



3. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Na osnovu obrađenih podataka (Tabela 1) koji su predstavljeni na slici 1 i 2., izvršen je izbor vrlo važnih elemenata tehničkog sistema, koji svojim otkazom prouzrokuju vrlo visoko vrijeme otkaza tehničkog sistema.

Sa dijagrama (Slika 2.) se vidi da mali broj elemenata sistema od ukupnog broja, kumulativno ima dugo vrijeme opravke (rasklapanje, opravka i sklapanje). Na transportnom sistemu «Grivice-Draganja» najveće potrebno vrijeme za dovođenje sistema iz stanja «u otkazu» u stanje «u radu» (rasklapanje + opravka + sklapanje) je neophodno za sanaciju pogona na transporterima sa gumenom trakom, grabuljastim transporterima i protočnim drobilicama.

Pareto princip (ABC metoda) dala je precizan odgovor na uzroke nastanka stanja «u otkazu». Analiza otkaza po strukturi tehničkih sistema dokazuje, da su najčešća mjesta otkaza, elementi pogonskih jedinica na kontinuiranom transportnom sistemu,

odnosno, vrijeme otkaza elemenata pogonskih jedinica u ukupnom vremenu otkaza tehničkog sistema, kumulativno ima dugo vrijeme opravke (rasklapanje + opravka + sklapanje), što dokazuje da je najčešće mjesto otkaza „*elementi pogona (dinamički dijelovi) na kontinuiranom transportnom sistemu*“, jer su najviše izloženi dinamičkim opterećenjima koji se najviše i habaju.

Na kraju, može se konstatovati da je Pareto princip (ABC metoda) vrlo jednostavan alat za objašnjenje činjenice da veliki udio bilo kog predmeta istraživanja, gotovo uvijek ovisi od malog broja uzročnika.

Reference

- Projekat** »Održavanje po stanju sa kontrolom dijagnostičkih parametara«
 Uvođenje automatskog dijagnosticiranja stanja opreme u površinskoj eksploataciji RMU »Banovići« d.d. Banovići, Tuzla, 2016., str.74-81.

- 2. Juran, J.M., Gryna, F.M.:** „*Planiranje i analiza kvaliteta*“, MATE, Zagreb, 1999.

Autori u navedenoj knjizi su prezentirali primjenu Pareto analize, str. 42,43, 47-49, 248,249, 336-338, 521.

- 3. Johnson David:** „*Quantitative business analysis*“, Butterworth / Co Ltd, London, 1986.

Autor je za odabir najuticajnijih uzročnika predmetnih istraživanja, koristio Pareto princip (Pareto analysis) italijanskog ekonomiste Vilfredo Pareto, koji se pojavio krajem 19. stoljeća), str. 46-49.

Recenzent:

dr.sc. Almir Osmanović, vanr. prof

B. Šarić¹

E. Pirić²

VJEŠTAČKA INTELIGENCIJA KAO ALAT U ODRŽAVANJU MEHATRONIČKIH SISTEMA

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS A TOOL IN THE MAINTENANCE OF MECHANICAL SYSTEMS

Naučni rad

Primljeno: maj 2019. godine

REZIME

Vještačka inteligencija odnosno neuralne mreže kao alat u održavanju mehatroničkih sistema oslikava prednosti primjene neuralnih mreža u odnosu na sadašnje tehnike (statističke procjene) i modele u određivanju optimalnog intervala inspekcije mehatroničkih sistema po kriteriju minimalnih troškova održavanja sistema. Za određivanje optimalnog intervala inspekcije sistema primjenom neuralnih mreža, korišten je model višeslojne unaprijedne neuralne mreže (feedforward neural networks), čime je omogućeno značajno poboljšanje u ovoj oblasti, odnosno u oblasti održavanja mehatroničkih sistema.

Ključne riječi

Neuralne mreže, mehatronički sistem, optimalni interval inspekcije, minimiziranje troškova, održavanje.

ABSTRACT

Artificial intelligence or neural networks as a tool in maintaining mechatronic systems reflects the advantages of using neural networks in relation to current techniques (statistical estimates) and models in determining the optimal interval for inspection of mechatronic systems according to the criterion of minimum maintenance costs of the system. In order to determine the optimum interval of system inspections using neural networks, a model of multilayer advanced neural networks (feedforward neural networks) was used, which allowed significant improvement in the field of maintenance of mechatronic systems.

Keywords:

Neural networks, mechatronic system, optimal inspection interval, cost minimization, maintenance.

¹ Prof.dr.sc. Bahrudin Šarić, dipl.inž.maš., Mašinski fakultet univerziteta u Tuzli

² Dr.sc. Eldar Pirić, dipl.inž.maš., Rudarski institut d.d. Tuzla

1. UVOD

U procesu vršenja radova u površinskoj eksploataciji mineralnih sirovina, transport masa predstavlja veoma bitnu fazu kako sa stanovišta učešća u cijeni jedinice proizvoda tako i sa stanovišta mogućnosti izvršenja proizvodnih zadataka. Stalni zahtjevi za povećanjem obima proizvodnje na površinskim kopovima, uslovilo je primjenu visokoproduktivnih postrojenja, kao što su kontinuirani transportni sistemi. Usavršavanje kontinuiranih transportnih sistema, imalo je dug razvojni put povezan s razvojem proizvodnih tehnologija i opreme odnosno s općim tehnološkim razvojem u svijetu, što je uslovljavalo i usavršavanje sistema za upravljanje. Iskustva u eksploataciji su pokazala, da najveći dio radnih sredstava ne gubi svoje funkcionalne karakteristike odjednom, već da je to proces koji je kontinuiran. Oštećenja, kvarovi i havarije posljedice su laganog trošenja tokom eksploatacije. Nagovještaj oštećenja, kvara ili havarije pojavljuje se znatno ranije. Analogno tome neophodno je razviti odgovarajuće metode i postupke da se predvidi mogući uzrok kvara ili havarije, a da se pritom vodi računa o troškovima održavanja i pouzdanosti sistema.

U ovom radu, korištena su sopstvena istraživanja u oblasti rudarstva (Rudnik mrkog uglja «Banovići»), gdje se primjenjuju visokoproduktivne mašine u procesu eksploatacije uglja, kao što je kontinuirani transportni sistem “Grivice – Draganja” [1].

2. ANALIZA POSTOJEĆEG NAČINA ODRŽAVANJA

Dosadašnji način održavanja uglavnom se svodio na korektivno održavanje. Kod

metode korektivnog održavanja, sastavni dio sistema ostaje u sistemu do momenta otkaza. Poslije otkaza, otkazani sastavni dio se zamjenjuje novim ili se popravljiva. Ako se sastavni dio sistema koristi do konačnog oštećenja, često oštećenje nekog sastavnog dijela sistema ima za posljedicu oštećenje ostalih sastavnih dijelova sistema, pa se ukupna šteta znatno povećava. Korektivno održavanje kako na kontinuiranom transportnom sistemu tako i na drugim tehničkim sistemima treba što rjeđe primjenjivati i to uglavnom za slučajeve kada otkaz sastavnog dijela ili sistema ne može dovesti do; težih havarija i lomova, dugog vremena stanja «u otkazu», visokih troškova održavanja [2]. Kod kontinuiranog transportnog sistema, nastankom otkaza bilo kojeg elementa sistema, dolazi istovremeno do otkaza sistema sa rednom vezom.

Održavanje sistema treba biti tako organizovano da dostigne maksimalnu efikasnost. Jedan od načina održavanja sistema je taj, da on radi sve do otkaza, nakon čega slijedi opravka. Takav način tretiranja sistema može biti vrlo skup, naročito zbog gubitaka u proizvodnji izazvanih otkazima. Da bi se takav način izbjegao, naročito kod skupih i složenih sastavnih dijelova ili sistema, neophodan je izbor preventivnog održavanja, koji se sastoji od planiranih intervencija u određenim terminima vremena na bazi tehničkog stanja sastavnog dijela ili sistema.

2.1. Određivanje optimalnog intervala inspekcije mehatroničkih sistema

Preventivno održavanje u praksi se često sprovodi ne po klasičnom principu kao planska aktivnost, već po principu «održavanja prema stanju». To je takav

oblik održavanja kod koga se ono vrši kontinuirano u zavisnosti od stanja tehničkih sistema u datom trenutku i da li se određene veličine nalaze izvan željenih granica. Metod «održavanje prema stanju», kao oblik preventivnog održavanja, ima danas široku primjenu. U stvari, «održavanje prema stanju» je oblik preventivnog održavanja. Po suštini, to je preventivni način rada na održavanju. Radovi održavanja po metodi «održavanje prema stanju» izvode se prije pojave otkaza, ali ne planski, nego se periodično vrše pregledi i kontrole i utvrđuje pravo stanje tehničkih sistema. Korisno je naglasiti da održavanje po stanju ne znači izvoditi samo preglede na opremi bez intervencija održavanja, to znači imati na raspolaganju određene informacije o stanju sistema. Ako je taj sistem dovoljno pouzdan, poznavanje stanja isključuje česte intervencije održavanja. Valjanost sistema, bazirana je na valjanosti informacija i učestalosti pregleda. Znači na osnovu dobijenih parametara kroz preglede, dobija se adekvatna slika stanja datog sistema [1].

2.1.1. Određivanje optimalnog intervala inspekcije-model Baldinija i statistička procjena

Preventivno održavanje prema stanju sastoji se u određivanju tehničkog stanja sastavnih dijelova ili sistema. Problem koji bi se nametnuo, sastoji se u pravilno izboru optimalnog intervala inspekcije mehatroničkog sistema, jer u praksi, vrijeme rada jednog sistema, prije nego što je preventivna intervencija nužna, znatno varira u različitim situacijama zbog različitih uslova djelovanja i različitog ponašanja komponenti sistema. U realnim uslovima korištenja sistema, proces između dva granična stanja («u radu» i «u otkazu»)

prolazi kroz mnoga «međustanja». Zbog toga je neophodno dobiti uvid u stanje sistema, a prema tome i u nužnost sprovođenja postupka održavanja, na bazi povremenih dijagnostika stanja. Problem se svodi na proračun vjerovatnoće da će jedan sastavni element otkazati u intervalu između dvije uzastopne dijagnostike stanja, minimizirajući ukupne troškove održavanja. Strategija sprovođenja dijagnostike stanja je u određivanju optimalnog intervala inspekcije $t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_n$, za dijagnostičku kontrolu stanja sistema, tako da se postigne najmanja vrijednost troškova. U praksi se koristi određen broj modela za određivanje optimalnog intervala dijagnostičke kontrole stanja sistema, kao što su; model Barlov-Prochan-Hunter, model Baldina na osnovu «minimalnih troškova», model Baldina za «slučajne» otkaze, model Baldina za «pozne» otkaze, model Govoruščenka, model Harzova-Krivenka [2], itd.

Za određivanje optimalnog intervala dijagnostičke kontrole stanja navedenog sistema, korišten je model Baldinija za «slučajne» otkaze. Model se zasniva na pretpostavci da je vrijeme između dijagnostike stanja $t_{i,i+1} = \text{const}$.

Primjenom modela Baldinija za slučajne otkaze, odnosno minimiziranjem troškova održavanja (670.000,00 KM) kontinuiranog transportnog sistema «Grivice - Draganja», određen je optimalan interval inspekcije stanja sistema $t_1 \cong 20$ dana, što znači da će se prva inspekcija obaviti 20 dan nakon neke intervencije ili zamjene, a slijedeće inspekcije vršit će se u konstantnim intervalima svakog 20 dana do predviđanja kvara na sistemu [1].

Statističkom procjenom (Gausova raspodjela) raspodjele troškova održavanja i

intervala inspekcije navedenog kontinuiranog transportnog sistema (obrađeni pomoću softverskog alata «Data Analysis» za analizu podataka koji se nalazi u sklopu programa Microsoft Excel), određena je srednja vrijednost troškova održavanja ($541.512,00 \pm 51.629,27$ KM)

kontinuiranog transportnog sistema „Grivice - Draganja“, kao i interval inspekcije stanja sistema $t_I = 20,84 \pm 5,4$ dana, što znači da će se prva inspekcija obaviti $t_I \cong 21 \pm 6$ dana nakon neke intervencije ili zamjene. Dobiveni rezultati statističke procjene predloženi su u tabeli 1.

Tabela 1. Troškovi održavanja i interval inspekcije kontinuiranog transportnog sistema „Grivice – Draganja“

Naziv dobivenog podatka	Statistička procjena – Gausova raspodjela Kontinuirani transportni sistem „Grivice – Draganja“	
	Troškovi održavanja	Interval inspekcije
Srednja vrijednost	541.511,56 KM	20,84 dana $\cong$ 21 dan
Standardna devijacija	$\pm 51.629,27$ KM	$\pm 5,40$ dana $\cong$ ± 6 dana
Varijanca	6406151059,5	29,16

Ovdje je neophodno naglasiti, da se izračunavanjem optimalnog intervala inspekcije sistema primjenom; modela Baldinija za slučajne „otkaze“, i statističke procjene (Gausova raspodjela), dobija srednje vrijeme intervala inspekcije. Analogno tome, u ovom radu je predložena primjena neuralnih mreža, kao inteligentni alat u određivanju tačnijeg odnosno preciznijeg intervala inspekcije tehničkog sistema, što direktno utiče na smanjenje troškova održavanja sistema.

2.1.2. Određivanje optimalnog intervala inspekcije primjenom neuralnih mreža

Umjetne neuralne mreže imaju izuzetno široko područje primjene u procesima optimiranja, linearnog programiranja, robotici, identifikaciji složenih dinamičkih sustava, kontroli odnosno vođenju sustava, klasificiranja signala, komuniciranja, prevođenja sa jednog na druge jezike, itd. Ozbiljnija primjena umjetnih neuralnih mreža je u medicini za potrebe

dijagnosticiranja i u procesima vođenja robota. Osnovna karakteristika neuralne mreže je da mora imati sposobnost brzog učenja, ali pritom njena struktura mora biti što jednostavnija. Kad je riječ o implementaciji neuralnih mreža, onda se velike nade polažu u razvoj optičkih neuralnih mreža kod kojih se komunikacije odvijaju brzinom svjetlosti, sa automatskom izmjenom parametara mreže preko kompjutera i tekućih kristala [3].

Ovisno o postavljenom kriteriju mogu se dobiti različite kategorizacije umjetnih neuralnih mreža. Umjetne neuralne mreže mogu biti *jednoslojne i višeslojne*. Uobičajeno je da višeslojne mreže imaju *ulazni i izlazni sloj*, a između njih su tzv. *skriveni slojevi*. Ako se slojevi neuralne mreže povežu tako da signali putuju samo u jednom smjeru od ulaza ka izlazima mreže, onda govorimo o *unaprijednim* neuralnim mrežama (feedforward neural networks). Ukoliko postoji bar jedna povratna petlja (suprotni smjer signala) radi se o tzv.

povratnim neuralnim mrežama (feedback or recurrent neural networks) [3].

U principu se razlikuje *supervizorno* (uz nadzor) i *nesupervizorno* (bez nadzora) učenje neuralnih mreža. *Supervizorno učenje* zahtijeva vanjskog «učitelja» neuralne mreže, koji promatra ponašanje mreže korigirajući istu dok se ne dobije željeno ponašanje mreže. Kod *nesupervizornog učenja* neuralne mreže ne koristi se vanjski učitelj. Ovdje se neuralna mreža sama organizira, pa se mreže učene ovom metodom nazivaju samoorganizirajuće neuralne mreže. Na ulaz mreže dovodi se skup ulaznih varijabli, a mreža se samoorganizira podešavanjem svojih parametara (težina) po definiranom algoritmu.

Ovdje je neophodno naglasiti da primjena neuralne mreže u ovom radu (kroz učenje i testiranje) ima za cilj, tačnije odnosno preciznije određivanje optimalnog intervala inspekcije transportnog sistema “Grivice-Draganja”.

Analogno navedenom cilju, radi izbora adekvatnog modela neuralne mreže, neophodno je usvojiti i odrediti osnovne parametre koji čine strukturu mreže, a to su; ulazni sloj, broj neurona, (raspoređenih u tzv. skriveni sloj- između ulaznog i izlaznog sloja), izlazni sloj, početne vrijednosti težina mreže (neurona).

Kako smo ranije naveli, da bi izvršili izbor adekvatnog modela neuralne mreže, neophodno je prethodno usvojiti odnosno odrediti osnovne parametre koji čine strukturu mreže, a to su:

- za ulazni sloj mreže usvaja se interval inspekcije tehničkog sistema dat u danima (cijeli broj iz tabele 1),

- deset neurona raspoređenih između ulaznog i izlaznog sloja u tzv. dva skrivena sloja po pet neurona,
- za izlazni sloj mreže usvaja se trošak održavanja tehničkog sistema (iz tabele 1), koji odgovara ulaznom intervalu inspekcije tehničkog sistema,
- početne vrijednosti težina neuralne mreže prije podešavanja, koje se obično određuju generatorom slučajnih brojeva.

Za potrebe simulacije realnog procesa, izvršena je procjena raspodjele troška održavanja sistema od iniciranja otkaza do inspekcije, kao i simulacija realnog sistema za različita vremena inspekcije, od 21 dan $\pm$ 6 dana, da bi se odredili troškovi održavanja transportnog sistema “Grivice-Draganja”, što je potvrdilo mogućnost primjene dobivenih rezultata statističke procjene uzimajući u obzir i standardnu devijaciju (tabela 1). *Dakle, interval inspekcije (21 dan $\pm$ 6 dana, tabela 1) za jednu simulaciju će predstavljati ulaznu vrijednost, a trošak održavanja (541.512,00 KM $\pm$ 51.629,00 KM, Tabela 1) željeni izlaz neuralne mreže, koji se upoređuje sa izračunatom izlaznom vrijednosti neuralne mreže.*

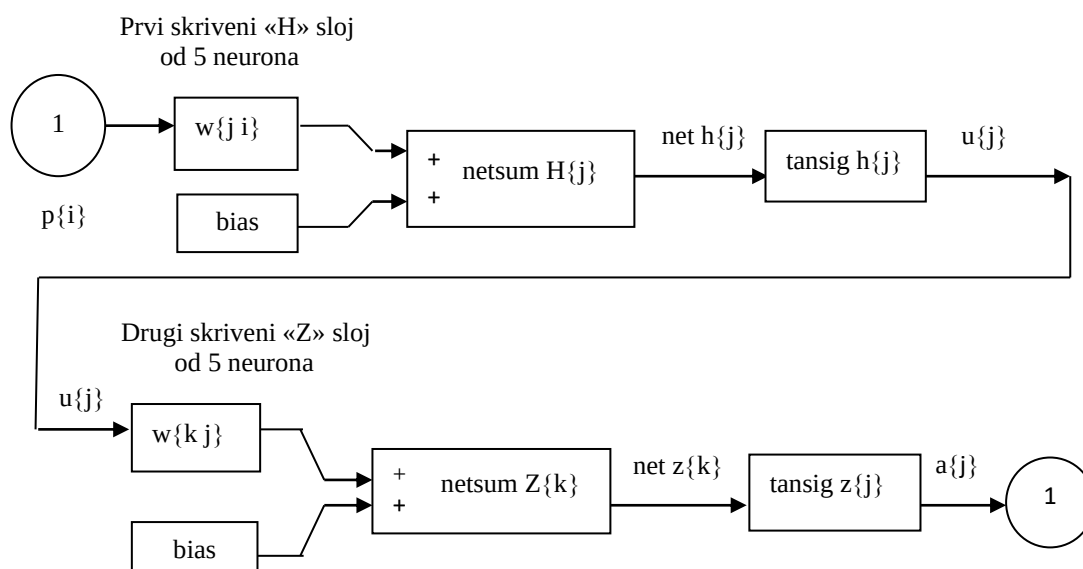
Na osnovu iznešenog, može se usvojiti model *unaprijedne neuralne mreže* (feedforward neural networks), kojim će se kroz učenje i testiranje tačnije i preciznije odrediti optimalni interval inspekcije, minimiziranjem troškova održavanja transportnog sistema “Grivice-Draganja”. Za prevođenje sumatora (sume umnožaka ulaza neurona i pripadajućih težinskih faktora) na izlaz neurona preko nelinearnog pojačanja za navedeni model neuralne mreže, najčešće se koristi *sigmoidalna nelinearna aktivacijska funkcija «tansig»* [4].

Na osnovu usvojenih i određenih parametara, proizilazi da neuralna mreža

treba da ima *ulazni i izlazni sloj*, a između njih tzv. *dva skrivena sloja*, što znači da se radi o *višeslojnoj unaprijednoj neuralnoj mreži*, čiji je opšti model dat na slici 1., prema kojoj je urađen matematički model, odnosno opis rada navedene neuralne mreže.

U prvoj unaprijednoj fazi učenja (iz trening podataka), na osnovu vrijednosti ulaza mreže izračunava se izlaz mreže. Da bi to bilo moguće učiniti, prethodno treba odrediti početne vrijednosti težinskih koeficijenata w_{ji} prvog skrivenog sloja, koje su identične težinama neurona w_{kj} drugog

skrivenog sloja, pošto imaju isti broj neurona izlaznog sloja. Uobičajeno je da se početne vrijednosti težina određuju generatorom slučajnih brojeva. Ako se ulazne i za njih željene izlazne vrijednosti rezultata (podataka) učenja normiraju u vrijednosti između -1 i $+1$, onda je uputno i početne vrijednosti težina odabrati generatorom slučajnih brojeva u intervalu između -1 i $+1$.



Slika 1. Opšti model višeslojne unaprijedne neuralne mreže

Objašnjenje

Pošto prvi skriveni sloj “H” i drugi skriveni sloj “Z” imaju isti broj neurona izlaznog sloja ($K=J$), slijedi da je neuron z_{kj} identičan neuronu z_{ji} , odnosno težine neurona w_{kj} su identične težinama neurona w_{ji} .

Matematički model višeslojne unaprijedne neuralne mreže, čiji je opšti model dat na slici 1., dat je u slijedećem obliku za određivanje vrijednosti izlaznog neurona mreže:

Funkcija sume *net* neurona prvog skrivenog sloja «H», dobiva prvi indeks

oznake sloja ($net\ h_{jj}$), te za svaki j - ti neuron dobiva drugi indeks ($net\ h_{jj} \rightarrow net\ h_{1j}, net\ h_{2j}, \dots, net\ h_{(J-1)j}$), i računa se na slijedeći način:

$$\text{netsum } H\{j\} = \text{net } h\{j\} = \sum_{i=1}^I w\{j\ i\} p\{i\}, \quad j = 1, 2, \dots, J-1, \quad i = 1, \dots, I,$$

gdje je:

H - prvi skriveni sloj od 5 neurona,
h - izlazni neuroni prvog skrivenog sloja,
p - ulazni neuron prvog skrivenog sloja,
w - početne težine neurona prvog skrivenog sloja ,
I - broj ulaznih neurona +1= 1ulazni neuron +1=2
i - index ulaznih neurona u prvi skriveni sloj, slijedi da je: i = 1,2,
J - broj neurona u prvom skrivenom sloju uvećan za jedan (bias),

j - index izlaznih neurona prvog skrivenog sloja, slijedi da je: j = 1,2,3,4,5,

Kako je ranije izneseno za prevođenje sumatora (sume umnožaka ulaza neurona i pripadajućih težinskih faktora) na izlaz neurona preko nelinearnog pojačanja za navedeni model neuronske mreže, najčešće se koristi sigmoidalna nelinearna aktivacijska funkcija «tansig», kako slijedi:

$$u\{j\} = f(h\{j\}) = \text{tansig } h\{j\} \begin{cases} + 1 \text{ ako je } h\{j\} > \text{prag osjetljivosti (zadana vrijednost)} \\ - 1 \text{ ako je } h\{j\} < \text{prag osjetljivosti (zadana vrijednost)} \end{cases}$$

gdje je:

u -izlazni neuron prvog skrivenog sloja, koji može poprimiti jednu od dvije vrijednosti +1 ili -1, i on je ujedno i ulazni neuron drugog skrivenog sloja.

Funkcija sume **net** neurona drugog skrivenog sloja «Z», dobiva prvi indeks oznake sloja (net z{k}), te za svaki k - ti neuron dobiva drugi indeks (net z{k} → net z{1}, net z{2},..., net z{K-1}), i računa se na slijedeći način:

$$\text{netsum } Z\{k\} = \text{net } z\{k\} = \sum_{j=1}^J w\{k\ j\} u\{j\}, \quad j = 1, 2, \dots, J-1, \quad k = 1, 2, \dots, K-1,$$

gdje je:

Z - drugi skriveni sloj od 5 neurona,
z - izlazni neuroni drugog skrivenog sloja,
u - ulazni neuron drugog skrivenog sloja,
w -početne težine neurona drugog skrivenog sloja ,
J -broj neurona u prvom skrivenom sloju uvećan za jedan (bias),
j - index ulaznih neurona drugog skrivenog sloja, slijedi da je: j = 1,2,3,4,5,

K - broj neurona u drugom skrivenom sloju uvećan za jedan (bias),

k - index izlaznih neurona prvog skrivenog sloja, slijedi da je: k = 1,2,3,4,5,

Pošto prvi skriveni sloj “H” i drugi skriveni sloj “Z” imaju isti broj neurona izlaznog sloja (K=J), slijedi da je neuron z{k} identičan neuronu z{j}, odnosno težine neurona w{k j} su identične težinama neurona w{j i}, pa je:

$$\text{net } z\{k\} = \text{net } z\{j\}$$

Za prevođenje sumatora (sume umnožaka ulaza neurona i pripadajućih težinskih faktora drugog sloja) na izlaz neurona preko

$$a\{j\} = f(z\{j\}) = \text{tansig } z\{j\} \begin{cases} +1 \text{ ako je } z\{j\} > \text{prag osjetljivosti (zadana vrijednost)} \\ -1 \text{ ako je } z\{j\} < \text{prag osjetljivosti (zadana vrijednost)} \end{cases}$$

gdje je:

a - izlazni neuron navedene mreže, koji može poprimiti jednu od dvije vrijednosti +1 ili -1, i on je ujedno i ulazni neuron a{i} navedene mreže (iteracija).

Funkcija praga osjetljivosti daje na izlazu mreže, neuron ± 1 , ako je izlaz sumatora veći od nekog zadanog broja osjetljivosti. Svaki pozitivni iznos izlaza sumatora (od praga osjetljivosti) će biti proveden na izlaz neurona kao +1, a za svaki negativni iznos izlaza sumatora (od praga osjetljivosti) će biti proveden na izlaz neurona kao -1.

Imajući u vidu da je «učenje» neuralne mreže zapravo podešavanje težina neurona $w\{j\ i\}$, da bi se postigla željena izlazna vrijednost. Podešavanje težina neurona $w\{j\ i\}$, koriguje se po izrazu:

$$w\{j\ i\} (n+1) = w\{j\ i\} (n) + \Delta\{j\ i\}$$

gdje je:

i - indeks neurona ulaznog sloja,

j - indeks neurona izlaznog sloja,

$w\{j\ i\} (n+1)$ - težina veze između neurona (i) ulaznog sloja i neurona (j) izlaznog sloja poslije podešavanja,

$w\{j\ i\} (n)$ - težina prije podešavanja, koja je određena generatorom slučajnih brojeva, n - broj simulacije (za prvu simulaciju $n=1$),

nelinearnog pojačanja za navedeni model neuronske mreže, koristiti će se ista sigmoidalna nelinearna aktivacijska funkcija „tansig”, kako slijedi:

$\Delta\{j\ i\}$ - faktor promjene težine, računa se po obrascu:

$$\Delta\{j\ i\} = \eta \times \delta \times a\{i\}$$

gdje je:

η - koeficijent brzine učenja, kojeg određuje učitelj, i njegova vrijednost se najčešće kreće od 10^{-3} do 10, a služi u svrhu postizanja bolje stabilnosti algoritma mreže,

a - ulazni neuron mreže,

δ - odstupanje izračunate izlazne vrijednosti izlaznog neurona od željene izlazne vrijednosti izlaznog neurona, računa se po obrascu:

$$\delta = T\{j\} - A\{j\}$$

gdje je:

T- željena izlazna vrijednost izlaznog neurona a{j},

A - izračunata izlazna vrijednost izlaznog neurona a{j}, koji se nakon podešavanja koristi kao ulazni neuron u mrežu a{i}.

Za učenje i testiranje navedene neuronske mreže korišteno je *supervizorno učenje*, koje zahtijeva vanjskog “učitelja” neuralne mreže, koji promatra ponašanje mreže korigirajući istu dok se ne dobije željeno ponašanje mreže.

Na početku učenja mreže, parametri (težine mreže) se postave kao mali slučajni brojevi, a onda se koristi supervizorno učenje, pri

čemu se na osnovu pogreške mreže nakon prvog prolaza signala s ulaza na izlaz (prva iteracija), prvo podeše parametri (težine) izlaznog sloja, a nakon toga podešavaju se skriveni slojevi mreže. Podatke koje neuralna mreža producira u odgovarajući skup izlaznih varijabli, uspoređuje se sa željenim skupom izlaznih varijabli, a razlika željenih i stvarnih izlaza mreže (pogreška mreže), koristi se za računanje novih težina mreže.

Proces “učenja”+ “testiranja” mreže, ponovljen je iteracijski 4.000 + 4.000 puta

za navedeni sistem, dok pogreška mreže nije minimizirana. Učenjem i testiranjem navedene unaprijedne neuralne mreže, dobiven je optimalni interval inspekcije kontinuiranog transportnog sistema “Grivice - Draganja”, i to 23 dan uz troškove održavanja od 478.000,00 KM.

Dobiveni rezultati optimalnog intervala inspekcije transportnog sistema „Grivice- Draganja“, minimiziranjem troškova održavanja sistema, predloženi su u tabeli 2 [1].

Tabela 2. Minimizirani troškovi održavanja transportnog sistema „Grivice-Draganja“, za optimalni interval inspekcije

Naziv	Minimizirani troškovi održavanja za optimalni interval inspekcije		
	Transporti sistem «Grivice-Draganja»		
	Model Baldinja (slučajni otkazi)	Statistička procjena (Gausova raspodjela)	Model «unaprijedne» neuronske mreže
Troškovi održavanja	670.000,00 KM	541.512,00 KM ± 51.629,00 KM	478.000,00 KM
Optimalni interval inspekcije	20 dan	21 ± 6 dan ≈ 27dan	23 dan
Ukupni troškovi održavanja	670.000,00 KM	max 593.141,00 KM min 489.883,00 KM	478.000,00 KM

3. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U godinama koje dolaze sve veći broj istraživačkih timova bavit će se problematikom umjetnih neuralnih mreža, odnosno umjetnom inteligencijom uopće. Interdisciplinarni pristup ovoj problematici postaje imperativom našeg vremena, a očekuje se da će stupanj interdisciplinarnosti još više porasti.

Današnji trend razvoja mehatroničkih sistema pomjera težište ka adaptivnom procesiranju informacija, kome prevashodno pripadaju vještačke neuralne mreže, koje imaju mogućnost da ugrađuju u sisteme izuzetnu sposobnost učenja. Znajući da troškovi održavanja sistema zavise i od

intervala inspekcija, odnosno povećanjem učestalosti inspekcija padaju troškovi zbog kvara jer se smanjuje i broj kvarova, dakle raste vjerovatnost mogućnosti predviđanja otkaza sistema, te je moguće planski intervenirati pa raste i ekonomska efikasnost, kao rezultat razlike između troškova jedne hitne intervencije nakon kvara i troškova planske intervencije. Nasuprot tome, učestalije inspekcije uzrokuju veće direktne troškove pregleda.

Analogno tome, određivanje optimalnog intervala inspekcije tehničkog sistema primjenom neuralnih mreža kao inteligentnog alata u održavanju mehatroničkih sistema, pokazuje mogućnost

i potpunu opravdanost primjene neuralnih mreža i u ovoj oblasti.

REFERENCE

1. **Projekat** „ *Održavanje po stanju sa kontrolom dijagnostičkih parametara*“
Uvođenje automatskog dijagnosticiranja stanja opreme u površinskoj eksploataciji RMU »Banovići« d.d. Banovići, Tuzla, 2016., str.74-81.
2. **Asturio, B., Luciano, F.:** „*Održavanje po stanju*“, Milano, (prevod) «OMO», Beograd,1988.
3. **Novaković, B., Majetić, D., Širok M.:** „*Umjetne neuronske mreže*“, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb,1998.
4. **Šarić, B., Trakić, E.:** „*Osnovi mehatronike sa riješenim zadacima*“, Tuzla, 2019.

Recenzija:

dr.sc. Elvedin Trakić, doc

F. Fejzić¹
E. Pirić²
J. Fejzić³

PRISTUP IZBORA ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA U RUDNICIMA UGLJA U FEDERACIJI BOSNE I HERCEGOVINE

APPROACH TO THE SELECTION OF MAINTENANCE OF TECHNICAL SYSTEM IN THE COAL MINES IN THE FEDERATION OF BOSNIA AND HERZEGOVINA

Stručni rad

Primljeno: januar 2020. godine

REZIME

Proces proizvodnje u rudnicima uglja se sve više modernizuje i automatizuje tako da ekonomičnost proizvodnje sve više zavisi od sistema održavanja. Međutim, još uvijek nije u dovoljnoj mjeri shvaćena važnost ovog sistema za uspješno funkcionisanje privrednog društva.

U radu je opisan cilj i uloga održavanja tog životnog i radnog vijeka tehničkog sistema u rudnicima uglja.

Prikazan je pristup izboru koncepcije, planskih popravki (remonta) i organizacije sistema održavanja u cilju postizanja odgovarajuće pouzdanosti i sigurnosti tehničkih sistema u rudnicima uglja.

Ključne riječi: Tehnički sistem, održavanje, pouzdanost, organizacija održavanja.

SUMMARY

The production process in coal mines is increasingly being modernized and automated so that the cost-effectiveness of production depends increasingly on the maintenance system. However, the importance of this system for the successful functioning of a company is still not fully understood.

This paper describes the purpose and role of maintaining the life and working life of the technical system in coal mines.

The approach to the choice of conception, planned repairs (overhaul) and organization of maintenance systems is presented in order to achieve adequate reliability and safety of technical systems in coal mines.

Key words: Technical system, maintenance, reliability, maintenance organization.

¹ Dr.sc. Fehim Fejzić, dipl.inž.maš., Rudarski institut d.d. Tuzla

² Dr.sc. Eldar Pirić, dipl.inž.maš., Rudarski institut d.d. Tuzla

³ Mr.sc. Jasmin Fejzić, dipl.inž.maš., Termoelektrana d.d. Tuzla

1. UVOD

Polazeći od činjenice da termoelektrane u JP Elektroprivreda BiH proizvode oko 75% električne energije u odnosu na ukupnu proizvodnju, jasno je da će domaći ugalj predstavljati ključni resurs i za buduće snabdjevanje termoelektrana. Da bi se to ostvarilo neophodno je prestrukturiranje i modernizacija rudnika.

To je specifična i sveobuhvatna aktivnost koja zadire u sve elemente organizacione strukture i poslovanja svakog rudnika.

Modernizacijom rudnika uvoze se noviji tehnički sistemi koji su automatizovani i visokosofisticirani, sa izraženo povećanim kapacitetima. Takve skupe tehničke sisteme, odnosno proizvodnju, treba da prati kvalitetno i moderno orijentisano održavanje, koje po ovim pokazateljima dobija sve više na značaju.

Osnovni cilj kvalitetnog održavanja je da instalisani tehnički sistemi u rudnicima pružaju visoku pouzdanost i sigurnost, te da ostvaruju što veće vremensko i kapacitetno iskorištenje. Da bi se postigao ovaj cilj, potrebno je da sistem održavanja, odnosno održavaoci i kreatori održavanja dobro poznaju sisteme koje održavaju. To znači da imaju uvid u cjelokupni životni ciklus pojedinih sistema i kako se sa pojedinim sistemima u radnom vijeku postupa u rudnicima u svijetu.

Troškovi održavanja u rudarstvu se kreću od 20-50% od ukupnih troškova, što predstavlja najveći koeficijent od svih industrija.

Zbog svega nabrojanog sistem održavanja mora doprinositi unapređenju koncepcija i tehnike održavanja tehničkih sistema, odnosno stare koncepcije moraju ustupiti mjesto inženjerstvu i naučnom prilazu održavanja. Organizacija sistema održavanja i način djelovanja treba da se usklađuju i mijenjaju zavisno od kvalitativnih i

kvantitativnih promjena koje nastaju u mašinskom parku zavisnog društva odnosno pogona.

2. ZNAČAJ I POTREBA ODRŽAVANJA

2.1. Ciljevi održavanja

Da bi se u rudnicima uspješno postigla planirana proizvodnja, odnosno realizovala osnovna djelatnost rudnika, neophodno je da sistem održavanja odgovori svom zadatku. Na taj način sistem održavanja cjelokupne opreme rudnika predstavlja neodvojivi dio osnovnog procesa proizvodnje.

Prema Evropskoj federaciji nacionalnih udruženja održavalaca (EFNMS) održavanje je funkcija privrednog društva kojoj su povjerene stalna kontrola nad tehničkim sistemima i obavljanje određenih popravka i revizija, čime se omogućava stalna funkcionalna sposobnost i očuvanje tehničkih sistema.

Tehničko održavanje sistema obuhvata mjere koje zadiru u područje proizvođača i korisnika tehničkog sistema (mašine). Osnovni zadaci održavanja počinju sa projektovanjem, konstruisanjem i izradom tehničkog sistema koji treba da imaju povoljnu karakteristiku trošenja, sa usporenim procesom habanja i trošenja, da podižu nivo eksploatacione pouzdanosti (vjerovatnoća ispravnog rada) i produžavaju životni ciklus sistema.

Proces trošenja (habanja) tehničkih sistema u rudnicima je jedan od uzroka što održavanje mora postojati u životnom ciklusu (vijeku trajanja) sistema. Proizvođač sistema mora voditi računa da trošenje bude u granicama projektovanog, a korisnik da uslovi trošenja za vrijeme procesa eksploatacije što manje dođu do izražaja. Znači da funkcija održavanja mora efikasno da radi na sprečavanju i otklanjanju otkaza.

Otkazi se načelno sprečavaju preventivnim održavanjem, a otklanjaju se korektivnim održavanjem.

Tehnički sistemi za proizvodnju u rudnicima se sve više mehanizuju i automatizuju, što znači da moraju da rade pouzdanije. Zbog toga se naglo širi pojam održavanja, pri čemu se danas može reći da je sistem održavanja proces koji omogućava upravljanje tehničkim stanjem i pouzdanošću u toku čitavog životnog vijeka sistema. Nadalje, ciljevi održavanja, između ostalog, zalaze u sferu ekonomije poslovanja. Zbog toga savremena nauka, proces održavanja sve više izučava i podiže na viši nivo značajnosti u privredi.

Osnovni ciljevi koji treba da se postignu procesom održavanja su:

- Obezbeđuje (maksimiziranje) potrebnog nivoa pouzdanosti tehničkih sistema u procesu eksploatacije.
- Minimiziranje ukupnih troškova održavanja (direktnih i indirektnih), koji nastaju uslijed povećanih otkaza i zastoja u procesu rada.
- Sprečavanje, odnosno usporavanje zastarijevanja tehničkih sistema čija je posljedica smanjenje proizvodnog kapaciteta i kvaliteta proizvoda.
- Povećanje i usavršavanje sigurnosti tehničkih sistema prema izvršiocima i okolini.
- Povećanje produktivnosti rada u proizvodnji.
- Praćenje rada tehničkih sistema te predlagati i provoditi modernizaciju i modifikacije u cilju poboljšanja radnih karakteristika, produženja životnog vijeka opreme.
- Isporuka proizvoda kupcima na vrijeme i dr.

Aktivnosti koje održavanje mora obavljati, da bi se postigli naprijed pomenuti ciljevi su:

- izvoditi preventivne intervencije na tehničkim sistemima za otklanjanje otkaza, slabih mjesta, za izvođenje rekonstrukcije i za vraćanje sistema u prvobitno stanje,
- stalno se angažovati na tehničkim poboljšanjima sopstvenih tehničkih sistema,
- definisati adekvatne količine rezervnih dijelova (posebno uvoznih) i pratiti nivo zaliha u skladištima,
- voditi evidenciju otkaza tehničkih sistema i troškove intervencija,
- njegovati i unapređivati tehnički nivo vlastite radne snage,
- formirati optimalnu organizaciju sistema održavanja,
- ostvariti saradnju sa spoljnim privrednim društvima kojima se mogu povjeriti određeni radovi održavanja.

Kao savremeniji, skupni naziv za te aktivnosti danas se sve više upotrebljava termin Terotehnologija, što bi u slobodnom prevodu bila briga ili upravljanje nad tehničkim sistemima.

2.2. Uloga održavanja tokom životnog vijeka tehničkih sistema

Teoretski životni vijek tehničkog sistema obuhvata slijedećih pet faza:

- konceptijsko i idejno rješenje,
- razvoj i projektovanje,
- proizvodnja (montaža) i puštanje u rad,
- korištenje i održavanje i
- rashodovanje.

Pod radnim vijekom podrazumijeva se vrijeme od puštanja tehničkog sistema u rad do njegovog rashodovanja (otpisa).

Funkcija održavanja bi trebala sudjelovati u svim fazama životnog vijeka tehničkog sistema, ako se želi minimizirati trošak održavanja i povećati uticaj ove funkcije na iste.

Tako širok pristup korištenja tehničkih sistema i djelovanjem u svim fazama životnog vijeka naziva se terotehnološki pristup.

Zbog toga se pred osoblje sistema održavanja postavljaju određeni terotehnološki zadaci za vrijeme projektovanja ili nabavke tehničkih sistema a to su:

- saradnja na projektovanju ili izboru potrebnih tehničkih sistema,
- saradnja pri zaključivanju ugovora i kontrole ispunjavanja ugovorenih obaveza dobavljača ili proizvođača,
- saradnja u pripremama za uključivanje nabavljenog tehničkog sistema u tehnološki proces (priprema prostora i dovod potrebnih energenata),
- saradnja u transportu i montaži opreme,
- saradnja na praćenju radova i zahtjevanje ispunjavanja garancijskih obaveza od dobavljača.

Ove zadatke održavanje treba da rješava prvo u komisiji za provođenje tenderske procedure sa stručnjacima proizvodne funkcije, službe zaštite na radu, ekonomista i drugih struka prema potrebi.

Održavanje sa svojim osobljem treba učestvovati, tj. pomagati u montaži tehničkog sistema kako bi uz monter proizvodjača savladali zahvate sastavljanja sistema i snimili sistem u rastavljenom stanju.

Nakon toga slijedi priprema za eksploataciju u koju spada:

- izrada tehnološke i radne dokumentacije za rukovanje i održavanje na osnovu dobijene dokumentacije,
- izvršiti određene preglede i pribaviti određene ateste,
- organizovati i pratiti probnu proizvodnju, kako bi se odredio kapacitet, kvalitet i kritična mjesta na novoj opremi,
- tehnolog održavanja treba voditi računa o rezervnim dijelovima koje će za novi tehnički sistem planirati i obezbjediti, kao i potrebnom broju izvršilaca održavanja,
- na osnovu toga treba uskladiti planove održavanja u kojima će se naći i novi tehnički sistem,
- preuzimanje tehničkog sistema, gdje se ustvari vrši tehnički pregled pri probnoj proizvodnji dotičnog tehničkog sistema. Tu se tek može odrediti da li sistem odgovara postavljenim i željenim zahtjevima.

Za vrijeme probne proizvodnje pratiti određene početne parametre i iste upisati u dokumentaciju održavanja u cilju poređenja tih parametara u određenim vremenskim ciklusima.

Također sva oštećenja, otkaze i zastoje evidentirati u cilju otkrivanja eventualnih slabih mjesta i reklamacija proizvođaču tehničkog sistema.

2.3. Sistem održavanja

Sistem održavanja predstavlja skup elemenata koji obezbjeđuju da se potrebni postupci održavanja jednog tehničkog sistema sprovedu na zahtjevan ili propisan način, u datim uslovima i u datom intervalu vremena. Osnovni elementi sistema održavanja su koncepcija, tehnologija i organizacija održavanja. Ovako usvojen način održavanja sa ovim elementima, kao i

odnosom između pojedinih nivoa na kojim se vrši održavanje predstavlja strategiju održavanja.

2.3.1. Pristup izbora koncepcije održavanja

Na osnovu analize postojećeg stanja održavanja u rudnicima te poznatih pristupa koncepcijama održavanja, potrebno je prići oblikovanju sistema održavanja, koji će uz minimalno angažovanje svih resursa (kadrova, tehničkih sistema, organizacijskih sredstava, radioničkih prostora i finansijskih sredstava) ostvariti naprijed nabrojane ciljeve održavanja.

Pri tome je minimiziranje zastoja opreme (po mogućnosti zastoj jednak nuli) uzeto kao osnovni cilj sistema održavanja u rudniku. Poštujući taj cilj i imajući u vidu sva ograničenja, kao što su: uslovi instaliranih tehničkih sistema, kadrovi (rukovaoci i održavaoci), lokacije rudnika i pogona, broj smjena rada, sigurnosni zahtjevi tehnološkog procesa proizvodnje, plasman uglja, finansijske mogućnosti privrednog društva i dr. predlaže se koncepcija održavanja koja se sastoji od niza preventivnih aktivnosti obuhvaćenih poznatim pristupima i modelima održavanja.

Usavršavanjem tehničkih sistema, vremenski su se pojavljivali opšte poznati pristupi i slijedeće koncepcije održavanja:

- popravci otkaza (korektivno održavanje),
- terotehnoški pristup održavanju,
- logistički pristup održavanju,
- totalno produktivno održavanje (TPM),
- plansko održavanje,
- održavanje po stanju,
- ekspertni sistem održavanja i
- samoodržavanje (korištenjem robota).

Ovdje se neće posebno opisivati struktura svakog od navedenih pristupa (konceptija), jer su oni poznati većini održavalaca. Uvođenje bilo kojeg pristupa u funkciju održavanja konkretnog rudnika zahtjeva kvalitetan stručni kadar i njegovu obuku, opremu, instrumente, prostor, informacioni sistem i finansijska sredstva.

Najčešće i dobri projekti organizacije sistema održavanja usklađeni sa nekim od pristupa završavaju neuspješno, a često se i ne pokušaju sprovesti. Zbog toga se traže konsultanti kad privredno društvo stoji u teškom finansijskom stanju. Od njih se traži da na osnovu svog iskustva odmah ili u vrlo kratkom vremenu daju prijedlog organizacijske šeme, kako bi se u privrednom društvu mogli preduzimati što prije organizacijski zahtjevi.

Ovakvim pristupom rukovodstva, konsultanti su onemogućeni u sistematičnom sprovođenju bilo kakve transformacije u privrednom društvu, pa tako i organizacije održavanja.

Imajući u vidu sve navedeno, izboru adekvatnih strategija održavanja pristupit ćemo od ciljeva funkcije održavanja uzimajući u obzir sve realnosti rudnika i njegovog mjesta u okruženju i vremenu.

Tu se prije svega misli na preporuke dobavljača o održavanju tehničkih sistema, vrste otkaza, učestalost pojedinih otkaza, uticaj otkaza i zastoja na proizvodni proces, poštivanju zakonskih propisa, raspoloživom znanju postojećih kadrova, raspoloživim sredstvima za održavanje, nabavke rezervnih dijelova i materijala održavanja, mogućnosti korištenja vanjskih usluga, finansijskog stanja i dr.

Ukupna djelatnost održavanja koja se obavlja u privrednim društvima dijeli se po određenim kriterijumima i prikazana je u tabeli 1.

Tabela 1

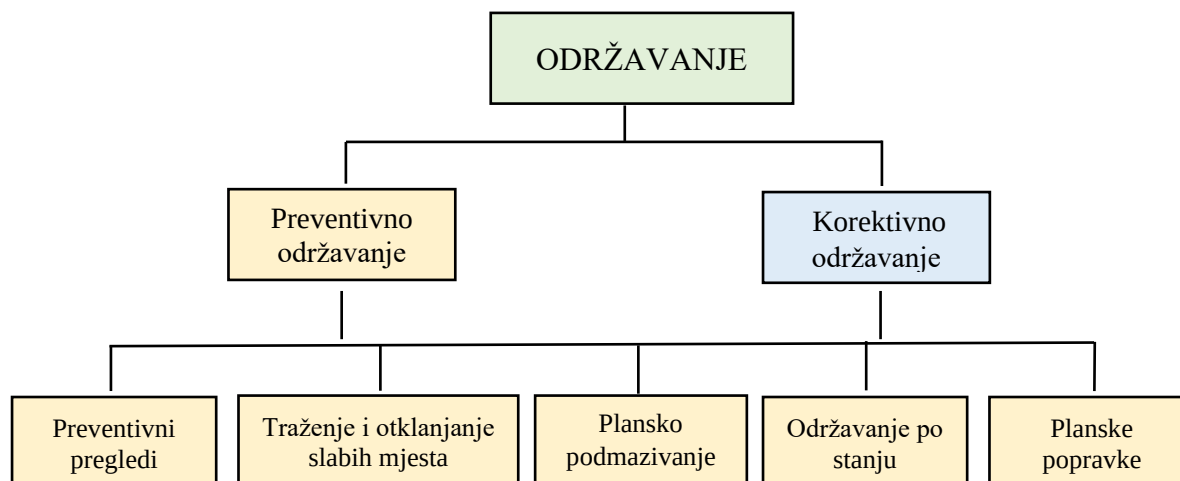
1. PREMA IZVORU FINANSIJSKIH SREDSTAVA	2. PREMA TENOLOŠKOM PRISTUPU	3. PREMA VREMENU U ODNOSU NA NASTANAK OTKAZA
Tekuće održavanje	Popravak otkaza	Korektivno održavanje
	Preventivni pregledi, čišćenja i podmazivanja Traženje i otklanjanje slabih mjesta Kontrolni pregledi	Preventivno održavanje
Investiciono održavanje	Planski popravci (remonti)	

Kao što vidimo po ekonomistima se kompletna djelatnost održavanja dijeli na tekuće i investiciono, tj. osnovni kriterij podjele je izvor sredstava po pojedinim zahvatima održavanja.

Tehničari općenito djelatnost održavanja dijele na niz zahvata ili metoda. Uspoređujući prvu i drugu kolonu vidimo da u tekuće održavanje spadaju svi navedeni zahvati osim planskih popravaka (remonta) koji se obavljaju iz planiranih troškova investicionog održavanja.

Treća podjela (prikazana u trećoj koloni) dijeli cijelu djelatnost održavanja na korektivne i preventivne zahvate, tj. poslove radnika održavanja nakon pojave otkaza ili havarije i sve one zahvate koje obavljaju prije nego se na tehničkom sistemu pojavi otkaz. U tekuće održavanje spada korektivno i preventivno održavanje.

Na **slici 1** prikazana je šema ove podjele održavanja.



Slika 1 Osnovna podjela održavanja

Na slici se vidi osnovna podjela održavanja na preventivne i korektivne zahvate. Korektivni zahvati ne mogu se planirati po vrstama, ali na osnovu broja takvih otkaza na našim tehničkim sistemima u prošlom razdoblju može se planirati određeni fond

radnog vremena izvršilaca održavanja za te zahvate.

Ostali fond radnog vremena koristi se za obavljanje preventivnih zahvata koje ćemo izabrati na osnovu godina eksploatacije,

preporuka proizvođača, propisanih pregleda i iskustva održavaoca.

2.3.2. Korektivno održavanje

Korektivno održavanje zasniva se na otklanjanju oštećenja i otkaza nakon što se oni pojave. Pod otkazom se podrazumijeva promjena stanja radnog sistema ili njegovih komponenti, koja smeta ili onemogućava normalno funkcionisanje tog sistema.

Oštećenje je promjena stanja sistema ili njegovih komponenti koja još ne smeta funkcionisanju sistema, ali se može razviti u otkaz

Zastoj predstavlja prekid u normalnom funkcionisanju sistema.

Nastankom otkaza dolazi, po pravilu, do naglog ispadanja sistema iz rada. Poslije ispada, otkazani sastavni dio se zamjenjuje novim ili se popravlja na licu mjesta. Pri tome, stohastičko vrijeme korištenja sastavnih dijelova sistema izaziva i stohastičko trajanje vremena u otkazu.

Otkaze možemo podijeliti po više kriterijuma.

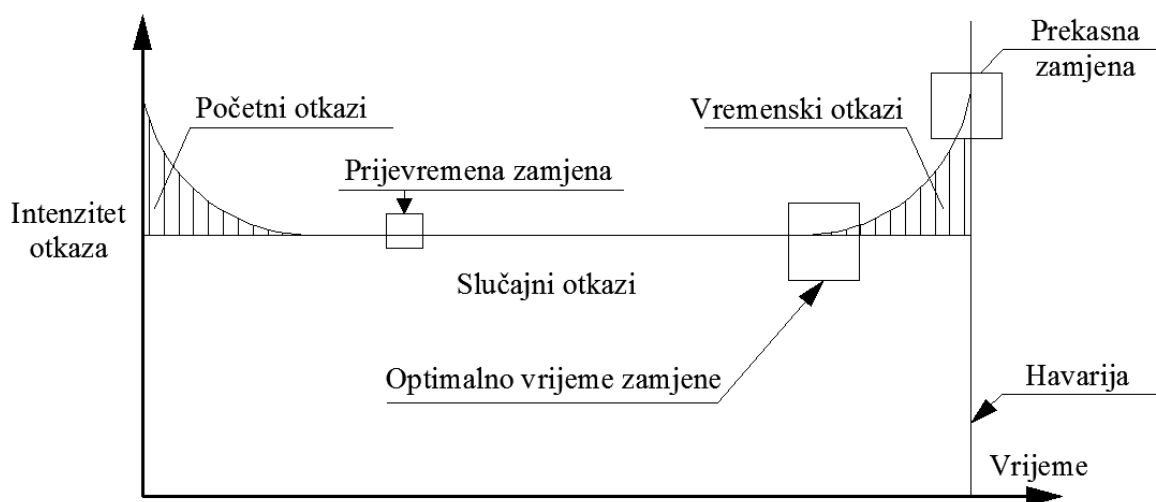
Početni otkazi su posljedice grešaka u konstrukciji, materijalu ili izradi i montaži. Javljaju se u periodu uhođavanja sistema.

Slučajni otkazi nastaju iz nepoznatih razloga, stohastičkog su karaktera, a uzrok su im skrivene mane, nepoznata preopterećenja i slično.

Prouzrokovani otkazi su otkazi prouzrokovani radom rukovaoca sistema i održavaoca bilo greškom u održavanju ili nepravovremenim obavljanjem aktivnosti preventivnog održavanja.

Vremenski otkazi nastaju zbog trošenja komponenti, starenja materijala, korozije i drugih oblika smanjenja ispravnosti.

Na **slici 2** data je kriva mortaliteta sa pripadajućim otkazima (Bathtubova kriva).



Slika 2 Kriva mortaliteta sa pripadajućim otkazima

Ipak korektivno održavanje ima određene prednosti kao što su: potpuno iskorištenje takozvane „rezerve upotrebljivosti“ (promatrajući krivu mortaliteta) odnosno dugotrajnijem korištenju dijelova i nije potrebno poznavati zakonitosti oštećenja sastavnih dijelova.

Nedostaci ovog sistema su: sastavni dijelovi sistema naglo ispadaju iz rada, termini otkaza se ne mogu unaprijed predvidjeti, otkazi se moraju operativno otkloniti uslijed čega zastoji duže traju, nemogućnost planiranja periodičnosti i cikličnosti aktivnosti održavanja, veći broj zaposlenika

na održavanju, i veći zahtjevi za količinama rezervnih dijelova na skladištu.

Može se reći da se ovo održavanje može primijeniti samo kod pomoćnih tehničkih sistema, manje važnih za radni proces proizvodnje. Međutim, na sistemima su uvijek mogući otkazi, a samim tim i udio korektivnog održavanja u ukupnom održavanju.

Vrsta oštećenja ili otkaza direktno određuju vrstu tehnologije koju treba primijeniti sa ciljem njihovih otklanjanja.

Otklanjanje stvarnih otkaza i njihovih uzroka predstavlja izuzetno značajan, složen i delikatan posao i predstavljaju jednu od najznačajnijih aktivnosti u domenu korektivnog održavanja.

Razvrstavanje postupaka otklanjanja neispravnosti sistema može se svrstati u slijedeće dvije grupe:

- zamjena novim ili opravljenim dijelom ili sklopom i

- opravka doradom, podešavanjem, čišćenjem, podmazivanjem, zaptivanjem i dolivanjem tehničkih tečnosti i drugi postupci popravljivanja i obnavljanja.

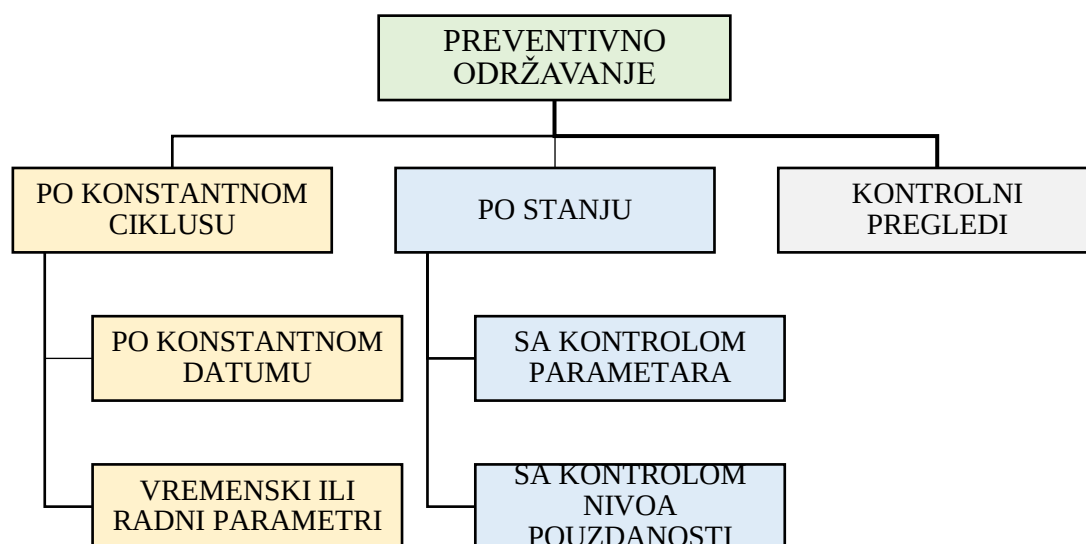
2.3.3. Preventivno održavanje

Preventivno održavanje zasniva se na obavljanju niza zahvata po zacrtanom planu prije nego što dođe do pojave oštećenja ili otkaza.

Preventivnim postupcima održavanja vrše se pregledi sastavnih dijelova sistema, podmazivanje dijelova, zamjena (obnavljanje) neispravnog dijela, rekonstrukcija dijela sistema radi boljeg održavanja i dr.

Preventivno održavanje, jednostavno rečeno, počiva na krilatici „bolje spriječiti nego liječiti“ i sadrži niz nabrojanih poslova u cilju stalnog nadzora nad tehničkim sistemom.

Na **slici 3** data je podjela ili modeli preventivnog održavanja.



Slika 3 Podjela preventivnog održavanja

2.3.3.1. Preventivno održavanje po konstantnom ciklusu

Ovaj način preventivnog održavanja naziva se još i plansko-preventivno održavanje. Sadrži određene aktivnosti održavanja (pregleda, čišćenja, podmazivanja i zamjene rezervnih dijelova) koje se obavljaju planski po nekom od navedenih kriterija po konstantnom datumu, vremenski, prijeđeni put, izrađeni proizvodi ili operacije, broj uključivanja itd.

Ciklusi ponavljanja preventivnih aktivnosti mogu biti određeni preporukama proizvođača, propisima ili na osnovu iskustva održavaoca.

Održavanje po konstantnom datumu izvodi se po unaprijed određenim vremenskim terminima (dnevno, sedmično i periodično) nezavisno od stanja dijelova ili nakon pojave otkaza.

Aktivnosti ovog načina održavanja su uglavnom prema preporuci proizvođača ili prema propisima za određene tehničke sisteme koji mogu za svaki konkretni slučaj odstupati od realnog stanja. Nedostaci ovog načina održavanja, posebno kad je u pitanju zamjena određenih dijelova, nedovoljno iskorištenje tih dijelova (*slika 2*) što dovodi do povećanja troškova održavanja.

Drugi način održavanja po konstantnom vremenu ili nekom radnom parametru vrši se nakon određenog broja radnih sati u radu ili prijeđenih kilometara i slično.

Znači i ovo održavanje temelji se na određenim preporukama i normativima. Povoljniji je način od prethodnog.

Ipak, održavanje po konstantnom ciklusu omogućava:

- smanjenje oštećenja, otkaza i havarija,
- usklađivanje održavanja s proizvodnim planovima i

- poslovi preventivnog održavanja se planiraju i pripremaju unaprijed.

Preventivni pregledi tehničkog stanja sastavnih dijelova sistema, tj. stanja fizičke istrošenosti, oštećenja i slično, vrše se vizuelno bez posebnih instrumenata. Pregledi se mogu vršiti kad je sistem u radu ili u neradnom stanju.

Pregled vrše rukovaoci sistema (osnovno održavanje), održavaoci sistema i nadzorno tehničko osoblje.

Postupke (opise) pregleda potrebno je dati pisano bilo uputstvom za održavanje ili odgovarajućim dokumentom.

Cjelokupna organizacija preventivnog održavanja ima slijedeće faze:

- tehnološka priprema uputstava za preventivno održavanje,
- terminiranje, lansiranje i praćenje poslova održavanja,
- izvođenje preventivnog održavanja uz evidentiranje uočenih oštećenja ili otkaza.

Zadatak tehnološke pripreme je izrada uputstava za preventivno održavanje na osnovu uputstva proizvođača i važećih propisa za date tehničke sistema.

Terminiranje, lansiranje i praćenje preventivnog održavanja ima zadatak pripremiti potrebnu dokumentaciju, te terminirati rokove obavljanja aktivnosti preventivnog održavanja. Na istim dokumentima obavlja se i praćenje preventivnog održavanja uz evidentiranje uočenih nedostataka u funkcionisanju sistema.

Operativno rukovodstvo treba da uskladi vremena i rokove preventivnog održavanja za različite vrste održavanja (bravari, električari, hidrauličari i dr.) na istim tehničkim sistemima, te sa potrebama i mogućnosti proizvodnje.

2.3.3.2. Održavanje po stanju

Ovo održavanje je „najstarija“ i najnovija metoda održavanja. Iskusni majstori su prije 100 godina dodirom, osluškivanjem, gledanjem ocjenjivali stanje tehničkih sistema tj. locirali oštećenja ili otkaze. Danas u održavanju po stanju radimo to isto koristeći instrumente i na osnovu praćenja očitanih veličina kroz određeni period vremena definišemo stanje sistema.

Ovo utvrđivanje stanja sistema u određenom trenutku vremena nazivamo tehnička dijagnostika. Obim i učestalost zahvata nije unaprijed definisana kao kod planskih popravaka, već to sad ovisi o definisanom stanju opreme.

Stanje opreme obično definiše više parametara, kao naprimjer: šum (kuglični ležaj), temperatura, vibracije itd.

Tehnička dijagnostika obuhvaća metode, postupke i sredstva za praćenje rada tehničkih sistema i njihovih komponenti, periodična ili kontinuirana mjerenja fizikalnih veličina od najvećeg značaja za rad i stanje sistema, te uspoređivanjem izmjerenih veličina s utvrđenim graničnim

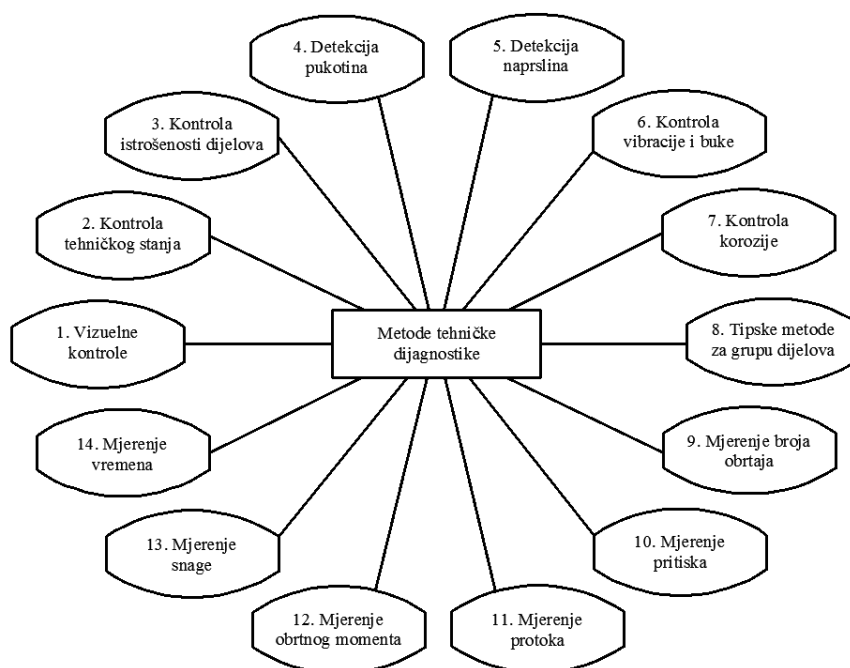
vrijednostima normalnog rada i donosi odluke o daljim aktivnostima na održavanju.

Na osnovu dijagnostičkih informacija i praćenja stanja sprečava se pojava oštećenja ili otkaza.

Održavanje po stanju je prema tome dijagnostički proces kojim određujemo stanje svakog dijela tehničkog sistema kojeg možemo mjeriti i čije ponašanje možemo kontrolisati određenim parametrima. Ovi parametri koji se uzimaju kao mjerilo u promjeni radnih karakteristika su fizikalne veličine koje se mjere i prenose najčešće analognim putem. Po pravilu bira se najuticajniji parametar u procesu eksploatacije.

U cilju analize izmjerenih rezultata veličina izabranog parametra ili parametara, potrebno je znati dopuštene granice vrijednosti parametara kao i kritične vrijednosti istrošenja ili odstupanja od normalnog rada koji sa velikom vjerovatnoćom dovode do oštećenja, otkaza ili havarije.

Oblici mjernih dijagnostičkih parametara dati su na **slici 4**.



Slika 4 Metode tehničke dijagnostike

Za primjenu mjera tehničke dijagnostike načelno se koriste dva oblika:

- stalna ili permanentna mjerenja i dijagnoza (monitoring sistemi) i
- periodična mjerenja i dijagnoza.

Sve promjene mjernih veličina koje dovode do pojave upozorenja u vidu poruka i grafičkih simbola, koji se prosljeđuju osoblju na pojedinim novijim rudarskim mašinama, istovremeno se šalju u dijagnostički kontrolni centar gdje se snimaju i ažuriraju.

Kad ove mjerne veličine dostignu granične vrijednosti, odgovarajući pogon se isključuje i generiše za alarm.

Na osnovu dosadašnjih iskustava i primjene održavanja po stanju u rudnicima, okruženju i literaturnih pokazatelja potrebno je ovoj metodi u narednom periodu posvetiti veću pažnju.

U industrijskim privrednim društvima koja su uvela održavanje po stanju došlo je do povećanja produktivnosti za 2÷10 %, smanjeni su troškovi rezervnih dijelova, kao i havarijski otkazi čime se unapređuje i zaštita na radu.

2.3.4. Kontrolni pregledi

Kontrolni pregledi imaju zadatak zadržati sigurnost u radu tehničkih sistema u dopuštenim ekološkim granicama ili sigurnost od povreda na radu koje bi mogle nastati otkazom ili oštećenjem opreme. Ovi pregledi se izvode najčešće prema zakonskim propisima u određenim vremenskim ili radnim intervalima. Ovi pregledi su zastupljeni kod samohodne hidraulične podgrade, izvoznih postrojenja, dizalica, bagera, transportnih sistema, posuda pod pritiskom i dr. sistema.

2.3.5. Planske popravke (remonti)

Kao što je naprijed navedeno ovaj vid održavanja prema izvoru sredstava spada u investiciono održavanje.

Na slici 2 prikazan je radni vijek tehničkog sistema. Evidentno je da vremenom dolazi do opadanja radne sposobnosti. Ciljevi svih strategija održavanja su zadržati radnu sposobnost, ali se ipak nakon određenog radnog vijeka javlja potreba za većom popravkom u kojoj se obavlja zamjena istrošenih sklopova, detaljan pregled stanja svih sklopova te obnavljanje oštećenih dijelova i sklopova. Ove poslove nazivamo remontima ili generalnim popravkama.

Po Europskim normama WI 319-003 od 1997. godine remont se definiše kao „sveobuhvatni niz pregleda i zamjene sklopova i dijelova u nastojanju da se zadrži nivo raspoloživosti i sigurnosti sistema“.

Remont se najčešće definiše intervalom vremena ili brojem operacija. Remont podrazumijeva kompletno ili parcijalno rastavljanje opreme.

Vrijeme između dva remonta naziva se remontni ciklus, koji zavisi od složenosti opreme, planiranih aktivnosti na remontu te dužini trajanja remonta.

U zavisnosti od obima poslova remont se dijele na male ili tekuće (M), srednje (S) i velike (G).

Mala popravka (remont) obuhvata zamjenu određenog broja istrošenih dijelova i podešavanje funkcionisanja nekih elemenata u cilju osiguranja normalne radne sposobnosti. Ove radove preko radnog naloga obavljaju radnici službe održavanja. Radovi se obavljaju u sklopu preventivnog održavanja, prema godišnjem planu održavanja, a za obavljene poslove prave se izvještaji o radu sa evidentiranjem utroška radnog vremena, materijala i rezervnih

dijelova. Na osnovu toga prave se troškovi remonta i sve se to evidentira u karton datog tehničkog sistema.

Srednja popravka sadrži djelimičnu demontažu tehničkog sistema sa zamjenom nekih elemenata koji imaju duži radni vijek. Također i ovi poslovi se godišnje planiraju i evidentiraju kao i prethodni.

Velika popravka naziva se još i generalna popravka ili remont. Nakon velike popravke tehnički sistem se može smatrati kao nov, a često i bolji od novog tehničkog sistema. Velika popravka uključuje: rastavljanje tehničkog sistema na sastavne dijelove, čišćenje i pranje svih dijelova, utvrđivanje stepena oštećenja pojedinih dijelova, popravka dijelova, zamjena dotrajalih dijelova, sastavljanje i ispitivanje sklopova, sastavljanje i ispitivanje tehničkog sistema i predaja sistema proizvodnji.

Ove popravke se također izvode prema godišnjem planu kojeg radi priprema održavanja. Izvode ga najčešće specijalizovane firme sa strane uz pomoć službe održavanja datog proizvodnog pogona.

Za ovu popravku se također vodi potrebna dokumentacija održavanja za pripremu, praćenje i evidentiranje podataka o izvršenom remontu. Na kraju remonta pravi se zapisnik i analiza remonta čiji nam podaci služe za naredni remont.

3. ORGANIZACIJA ODRŽAVANJA

Da bi tehnički sistemi u rudnicima mogli da funkcionišu na zadovoljavajućem nivou i ispunjavaju postavljene zadatke u pogledu proizvodnje i drugih zahtjeva, neophodno je dobro organizovano i kvalitetno djelotvorno održavanje svih sistema.

Upravljanje održavanjem smatra se jednom od najsloženijih oblasti upravljanja u industriji.

Broj radnika na održavanju u rudnicima rastao je sa povećanjem stepena mehanizovanosti. Prema njemačkim podacima, broj radnika održavanja u odnosu na ukupan broj radnika bio je sredinom prošlog vijeka od 18-22% i krajem prošlog vijeka 25-40%.

Veliki površinski kopovi sa kontinualnom mehanizacijom u Njemačkoj imaju još veći broj radnika u održavanju i to 42-50% u odnosu na ukupan broj radnika.

U našim rudnicima sa jamskom eksploatacijom broj radnika u održavanju kreće se 20-25%, a na površinskim kopovima je 30-35%, što zavisi od organizacije održavanja i angažovanja izvršilaca i usluga van rudnika.

Proračun potrebne radne snage kao i opreme za održavanje te radioničkih površina je zahtjevan posao. Ne postoji egzaktna naučna metodologija za ovaj proračun.

Postoje određene metode koje su do sada korištene za proračun parametara sistema održavanja kao što su:

- proračun na osnovu obima opreme,
- proračun na osnovu efektivnog kapaciteta rudnika i proizvodnje i
- proračun po metodologiji „korak po korak“.

Prve dvije metodologije potiču iz sedamdesetih godina prošlog vijeka, zasnovane na empiriji istočnih zemalja, što ipak danas u tržišnoj privredi nije prihvatljivo.

Treća metodologija sukcesivno definiše radna mjesta u sistemu održavanja i shodno njihovim potrebama, na bazi ekspertske procjene definiše broj radnika, njihovu strukturu, broj mašina i druge parametre održavanja. Ova metodologija je pogodna prilikom restrukturiranja održavanja u rudnicima.

Poseban problem, u ovo vrijeme, koji treba riješiti poslije proračuna na osnovu navedenih metoda je pitanje u kojoj mjeri će biti na održavanju angažovani izvršioci van rudnika, tj. firme sa strane. Ova problematika je posebno izražena kod površinskih kopova. Treba dobro sagledati stvarne potrebe za radnom snagom, postojeće stanje i na osnovu toga vidjeti potrebe za izvršiocima van rudnika. Također, treba sagledati mogućnosti kompetentnih firmi iz bližeg okruženja koje mogu vršiti određene usluge i na vrijeme planirati koje usluge ponuditi tim firmama.

Poštujući zakon o rudarstvu i važeće pravilnike na osnovu kojih se izvršavaju dnevni, sedmični te drugi periodični i kontrolni pregled kao i nadzor nad tehničkim sistemima neophodno je da svaki pogon ima vlastito tekuće održavanje.

Zajedničke radioničke usluge glavne radionice, kod većih zavisnih društava, može koristiti više pogona. Glavna radionica treba da ima centralno mjesto u ostvarenju plana proizvodnje jer podmiruje većinu potreba rudnika vitalnim rezervnim dijelovima.

Organizaciona struktura sistema održavanja zavisi od usvojenih koncepcija održavanja, lokacije pogona i veličine zavisnog društva.

Da bi održavanje bilo efikasno mora upravljanje sprovoditi kroz pojedine segmente kojima se:

- upravlja dokumentacijom i njenim tokovima,
- upravlja obimom, dinamikom i vremenom realizacije,
- upravlja obezbjeđenjem rezervnih dijelova, repromaterijalima i uslugama,
- upravlja izvršenjem radova,
- upravlja kvalitetom i
- upravlja troškovima održavanja.

Za sve ove aktivnosti potreban je informacioni sistem održavanja sa temeljnom bazom podataka zasnovanoj na iskustvima, standardima i propisima kojima je oblast rudarstva regulisana.

Organizacija sistema održavanja treba da bude fleksibilna i podložna čestim promjenama.

4. ZAKLJUČAK

U radu je obrađena uloga održavanja u životnom i radnom vijeku tehničkog sistema. Posebna važnost data je preventivnom održavanju u cilju povećanja pouzdanosti i sigurnosti sistema u eksploataciji. Naglašena je važnost uvođenja održavanja po stanju. Obrađene su planske popravke koje se sve više koriste u cilju produženja radnog vijeka tehničkih sistema.

Na osnovu ciljeva i koncepcija održavanja pristupa se izradi organizacije sistema održavanja. Posebno je naglašen proračun parametra sistema održavanja u cilju optimalne organizacije održavanja.

Za efikasno upravljanje održavanja neophodan je informacioni sistem održavanja.

Da bi se ostvarilo efikasno održavanje moraju se unaprijediti koncepcije, tehnike i organizacije održavanja, odnosno stare metode moraju ustupiti mjesto inženjerstvu, naučnom prilazu i edukaciji kadrova u sistemu održavanja.

LITERATURA

- (1) S. Ivković, D. Ignatović, P. Jovančić, M. Tanasijević (2008): Projektovanje održavanja opreme površinskih kopova uglja, Univerzitet u Beogradu
- (2) P. Jovančić (2014): Održavanje rudarskih mašina, Univerzitet u Beogradu
- (3) N. Majdančić (1999): Strategija održavanja i informacijski sustavi

održavanja, Strojarski fakultet u
Slavonskom Brodu

Recenzent:
mr. sc. Sead Zećo

K. Bajramović¹
H. Bajramović²
S. Hadžić³

IZVLAČENJE (RAUBANJE) SEKCIJA SHP „BW 15/36 POZ“ KOD OPREME ŠČ BW 17 U JAMI „BEGIĆI-BIŠTRANI“ ZD RMU „KAKANJ“ D.O.O. KAKANJ

EXTRACTION SECTION SHP "BW 15/36 POZ" AT EQUIPMENT ŠČ 17
IN PIT "BEGIĆI-BIŠTRANI "ZD RMU" KAKANJ" D.O.O. KAKANJ

Stručni rad

Primljeno: maj 2020. godine

REZIME

U radu će se prikazati postupak izvlačenja (raubanja) sekcija samohodne hidraulične podgrade nakon otkopavanja u (OP) otkopnom polju jame "Begići-Bištrani". Kada ŠČ (široko čelo) dođe na liniju likvidacije, odnosno izvrši potpuno otkopavanje OP, i kada se izvrše sve pripremne radnje, pristupa se poslovima izvlačenja i transporta sekcija SHP (samohodna hidraulična podgrada) i ostale prateće opreme. Utovar opreme na plato dizel lokomotive vrši se pomoću lančanih dizalica, hidrauličnih lančana izvlačilica tip PLH-50/100-A i hidrauličnih cilindara.

Transport opreme se vrši pomoću sistema transporta donjom šinom-dizel lokomotivom.

Radovi na pripremi za likvidaciju započinju još u fazi eksploatacije (posljednjih 10 m) na način da se pri napredovanju širokog čela isto dovodi u optimalnu poziciju koja

omogućava kvalitetno izvođenje radova likvidacije u LU (likvidacionom uskopu).

Nakon što se izradi zadnji ciklus sa spojenim čelnim grabuljarom vrši se odpajanje sekcija od čelnog grabuljara a grabuljar je potrebno gurati sa dodatnim (mehaničkim) guračima do linije likvidacije (posljednja dva ciklusa). Da bi se pristupilo poslovima na raubanju, utovaru i transport sekcija i ostale prateće opreme sa mjesta na liniji likvidacije vrši se ugradnja segmenata donje šine.

Ključne riječi: raubanje (izvlačenje), hidraulična podgrada, sekcija.

SUMMARY

The paper will outline the procedure of extracting (splitting) sections of self-propelled hydraulic support after

¹ doc.dr.sc. Kasim Bajramović, dipl.ing.rud., ZD Rudnik mrkog uglja „Kakanj“ d.o.o Kakanj / docent Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet u Zenici,

² Husref Bajramović, dipl.ing.maš., INDUSTRIJA 4B d.o.o. Kakanj / Rudarski institut d.d. Tuzla

³ mr.sc. Sead Hadžić, dipl. ing. rud., Rudarski institut d.d. Tuzla

excavation in the (OP) excavation field of the pit "Begici-Bistrani". When the SH (broad forehead) arrives at the liquidation line, ie it performs complete excavation of the OP, and when all preparatory work is performed, the activities of extraction and transport of SHP sections (self-propelled hydraulic support) and other supporting equipment are started. The loading of the equipment on the plateau of the diesel locomotive is performed by means of chain cranes, hydraulic chain pullers type PLH-50/100-A and hydraulic cylinders. The equipment is transported by means of a transport system with a lower rail-diesel locomotive.

The preparation work for the liquidation begins at the stage of exploitation (last 10 m) in such a way that when advancing the wide forehead it is also brought to the optimal position which enables the quality execution of the liquidation work in the LU (liquidation ditch). After the last cycle with the coupled front rake is made, sections are removed from the front rake and the rake must be pushed with additional (mechanical) pushers to the liquidation line (last two cycles). In order to gain access to the operations of sectioning, loading and transportation of sections and other supporting equipment from the place on the liquidation line, the lower rail segments are installed.

Keywords: ripping, hydraulic support, section.

1. UVOD

Štitna samohodna hidraulična podgrada BW 15/36 POZ namijenjena je za

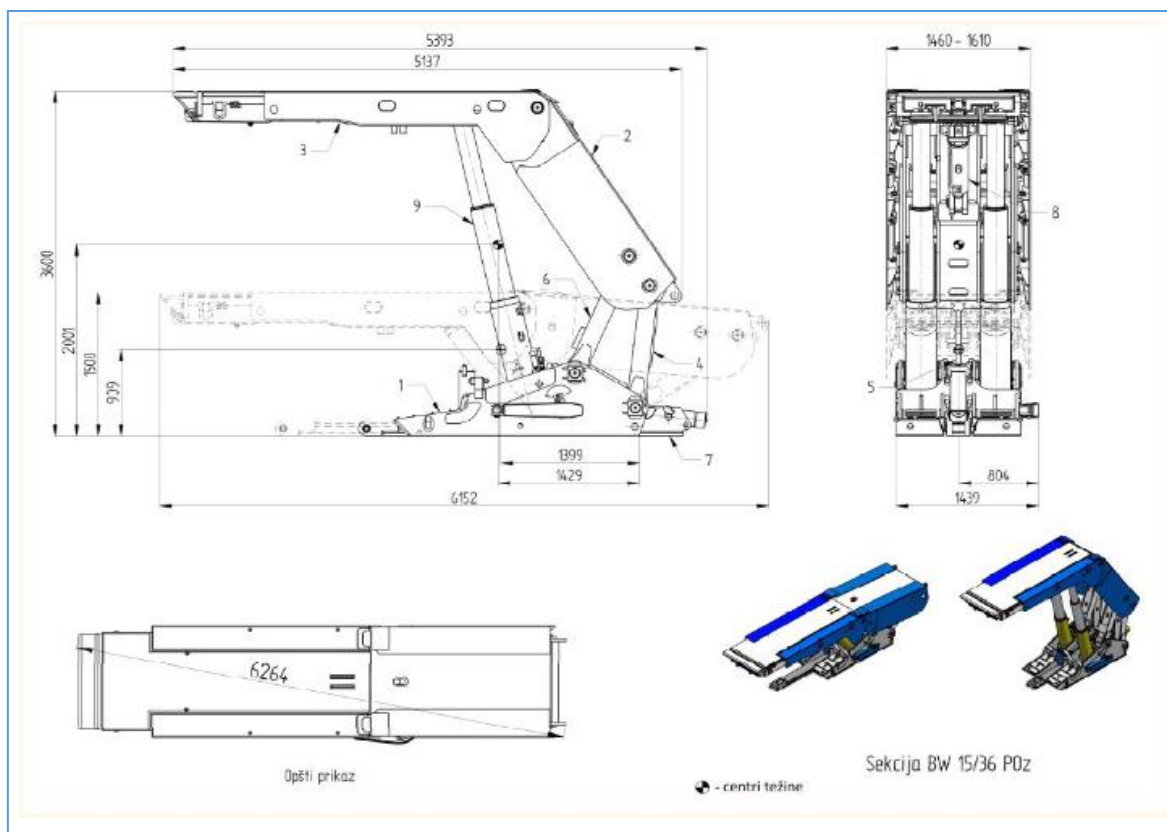
upravljanje i podupiranje krovine u horizontalnim i kosim radilištima – širokim čelima u rudnicima uglja, sa čvrstom, srednje čvrstom ili krhkom krovinom. U širokom čelu podgrada BW 15/36 POZ je kompatibilna sa otkopnom mašinom – kombajnom, čelnim i odvoznim grabuljastim transporterom. Podgrada je namijenjena sa „korakom nazad“, što znači rad neposredno iza otkopne mašine i pomjeranje sekcije odmah prema prednjem dijelu čela da bi se spriječilo obrušavanje novootkrivene krovine. Široko čelo dužine 120 m sastoji se od 80 sekcije SHP i ostale opreme.

2. ŠTITNA SAMOHODNA HIDRAULIČNA PODGRADA SEKCIJE TIPa BW 15/36 POZ

Podgrada je opremljena glavnim nosnim stupcima-cilindrima Ø 260, čija radna potpornost iznosi 2.123 kN za svaki stupac. Radni pritisak, na koji su podešeni blokovi ventila stupaca u podgradi BW 15/36 POZ iznosi 40 MPa. Podgrada je opremljena sistemom elektrohidrauličnog upravljanja. Sekcije SHP su opremljene hidrauličnim sistemom za podizanje postolja-stope. Ovaj sistem omogućava izvlačenje stope iz meke i nabujale podine.

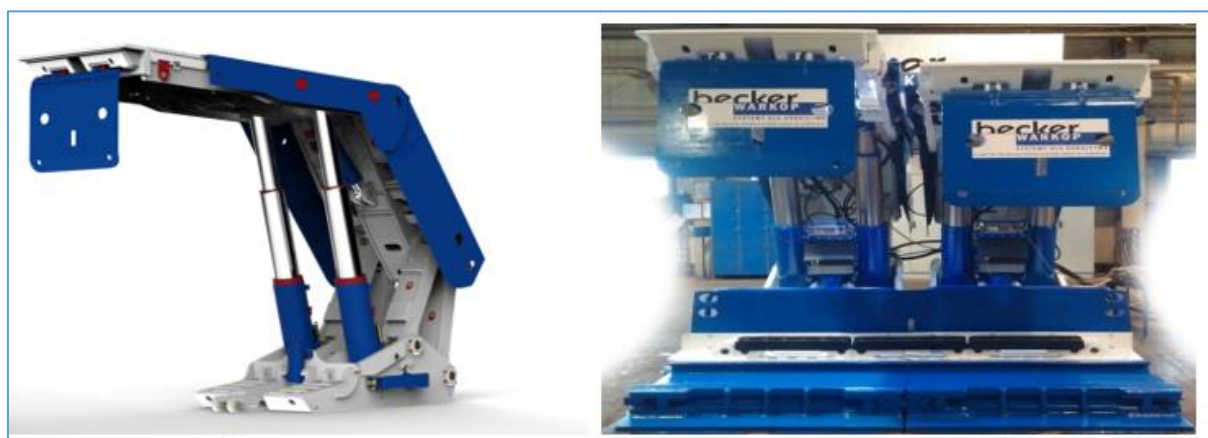
Konstrukcija podgrade obezbjeđuje slijedeće funkcije:

- upinjanje sekcije od podine do krovine sa početnim pritiskom,
- pridržavanje krovine sa konstantnim radnim pritiskom,
- zaštita novootkrivene krovine izvlačivom kapom,
- spuštanje sekcije podgrade,
- pomjeranje sekcija u smjeru napredovanja čela,
- pomjeranje čeonog transportera.



Slika 1. Seksija BW 15/36 PO_Z

1. Kompletno postolje – stopa, 2. Zaštitna ploča, 3. Krovna greda (kapa), 4. Zadnja spojnica (lijeva), 5. Zadnja spojnica (desna), 6. Prednja spojnica, 7. Kompletan sistem pomjeranja, 8. Hidraulični cilindar krovne grede, 9. Glavni hidraulični cilindar



Slika 2. Štitna samohodna hidraulična podgrada BW 15/36 PO_Z sa ugrađenim koritima
čelnog grabuljastog transportera

3. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE SEKCIJA SHP

Tabela 1: Tehničke karakteristike sekcije SHP

TEHNIČKE KARAKTERISTIKE SEKCIJE SHP	
Minimalna visina	1,5 m
Maksimalna visina	3,6 m
Opseg rada:	
u ležištima bez opasnosti od gorskog udara	1,7 ÷ 3,5 m
u ležištima sa opasnošću od gorskog udara	1,8 ÷ 3,5 m
Uzdužni nagib čela	± 14°
Poprečni nagib čela	± 14°
Širina sloga sekcija	1,5 m
Broj stupca u sekciji	2
Početni pritisak/potpornost stupca za 27 (35) MPa	1433 kN, (1858 kN)
Radni pritisak/potpornost stupca za 40 MPa	2123 kN
Radni pritisak sekcije podgrade	0,61 ÷ 0,693 MPa
Pomjeranje podgrade:	0,8 m
Snaga pomjeranja sekcije za 27 (35) MPa	386 (501) kN
Snaga pomjeranja transportera	174 (226) kN
Srednji jedinični pritisak	
na podinu	1,16 ÷ 1,4 MPa
na krovinu	0,69 ÷ 0,8 MPa
Pritisak napajanja	27 ÷ 35 MPa
Radni medij	Emulzija ulje-voda
Radni pritisak stubaca	40 MPa
Temperatura radne sredine	0 ÷ 60°C
Masa sekcije	15500 kg

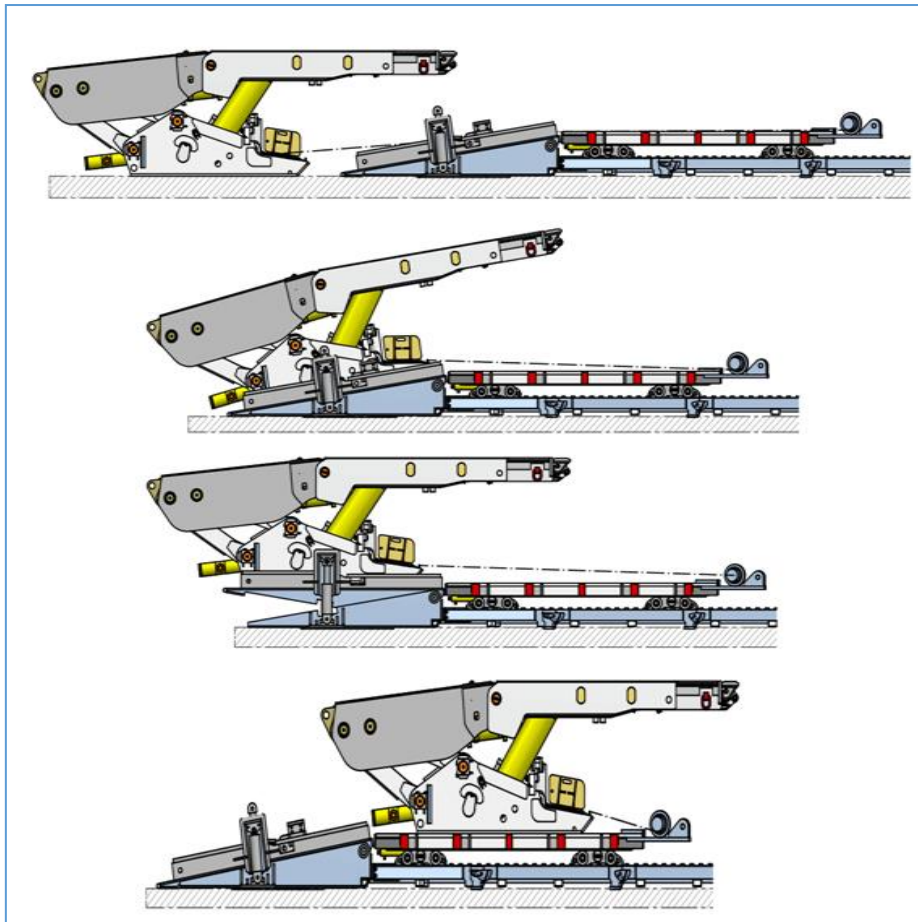
4. IZVLAČENJE (RAUBANJE) SEKCIJA SHP „BW 15/36 POZ“ KOD OPREME ŠČ BW 17

Proces izvlačenja opreme iz OP u jami
“Begići – Bištrani” idu sljedećim
redoslijedom:

- posljednji rezovi u širokom čelu BW 17 i priprema za likvidaciju,
- postavljanje polutica i mreže iznad sekcija,
- odpajanje čelnog grabuljara,

- dodatno osiguranje boka u širokom čelu,
- demontaža i izvlačenje čelnog grabuljara,
- demontaža i izvlačenje dvobubnjastog kombajna,
- izvlačenje sekcija (pomjeranje prateće sekcije, slaganje kula i sl),
- otklanjanje uočenih kvarova koji se zbog raznih okolnosti nisu mogli otkloniti u toku redovnog rada,
- zatvaranje otkopnog polja (izrada baražnog zida u TH i izolacionog zida u VH.

Način privlačenja i utovara sekcije na transportnu platformu dizel lokomotive prikazan je na slici 3.



Slika 3. Privlačenje i utovar sekcije na plato dizel lokomotive

Kada se izvrše sve potrebne predradnje za izvlačenje sekcija, iznad sekcije broj 80 ispod drvenih polutki i "I" profila, postavljaju se podvlake a pod njih klasični stupci. Poslije toga popušta se pažljivo sekcija broj 80 i izvlači do boka čela i vrši osiguranje međuprostora. Postavlja se dijagonalno "I" profil sa sekcije broj 80 preko sekcije broj 79 do polovine sekcije broj 78.

Poslije toga vrši se popuštanje i izvlačenje 79-e sekcije u međuprostor i vrši postepeno zakretanje sekcije broj 79 i dovodi se u položaj da se nesmetano može povlačiti niz čelo pomoću hidraulične izvlačilice. Nakon

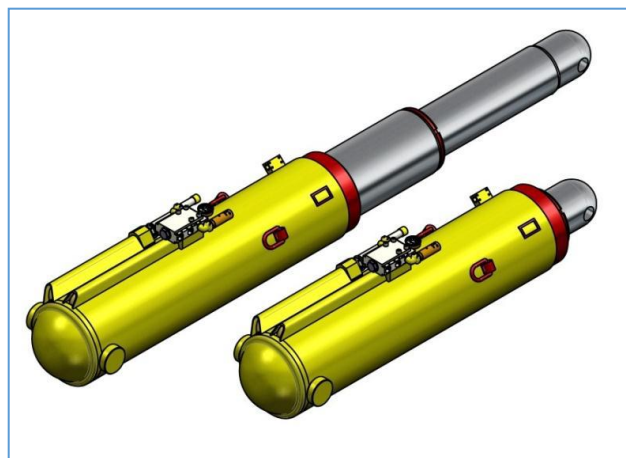
toga vrši se povlačenje sekcije broj 80 do sekcije broj 78 na udaljenost od 20 cm da bi se moglo sigurno izvršiti izvlačenje sekcije broj 78. Da bi se izvršilo vađenje sekcije broj 78 treba istu prethodno osigurati "I" profilom sa sekcije broj 80, preko sekcije broj 78 do polovine sekcije broj 77.

Na mjesto izvađenih sekcija ugrađuju se drvene kule koje štite otvoreni međuprostor od starog rada a iste se sa izvlačenjem narednih sekcija pomjeraju dok se do boka ugrađuje kula od šljevera koja će služiti za održavanje ventilacione veze. Ovaj način vođenja i praćenja starog rada se radi dok se ne izvuče sekcija broj 1.

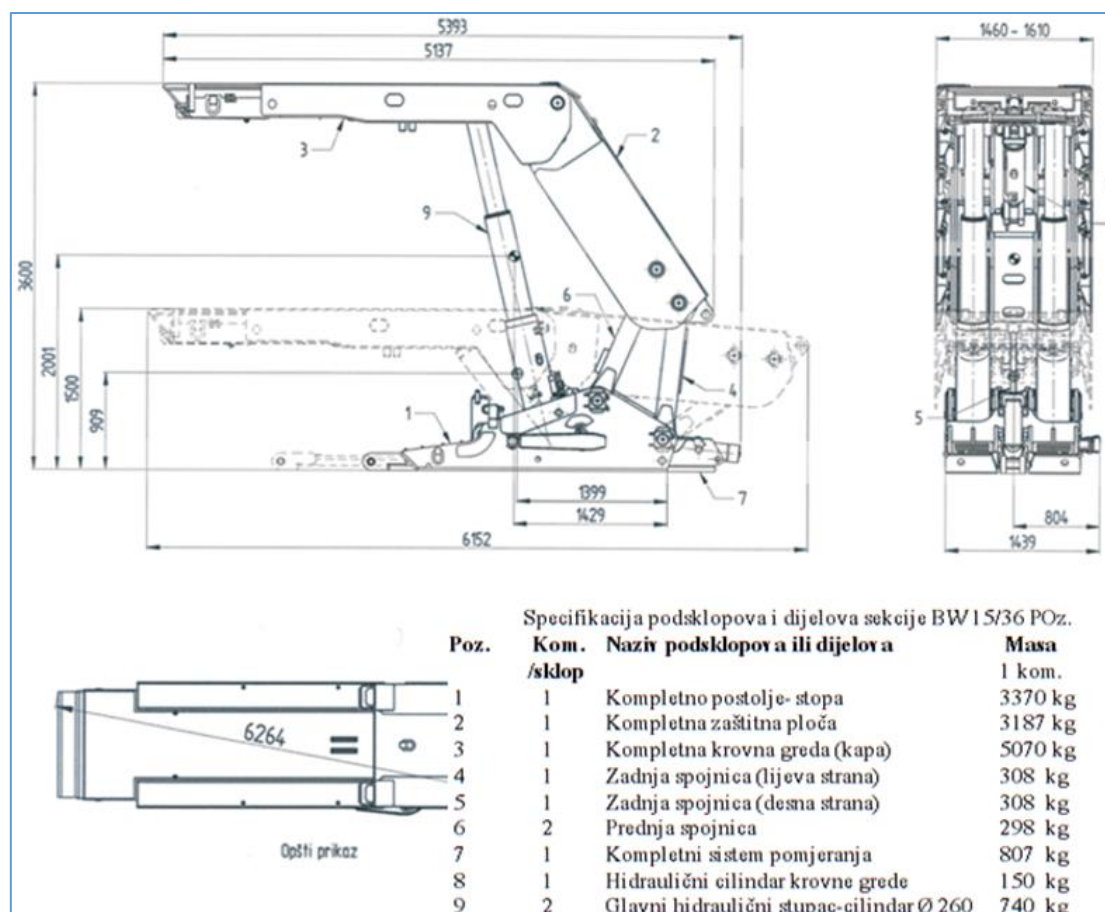
Nakon ovoga sekcije se transportuju ili do PU (početnog uskopa) otkopnog polja koje će se sljedeće otkopavati ili na određeni plato gdje će biti odložene do ugradnje u sljedeće otkopno polje.

Kod poslova na demontaži sekcija moraju se sprovesti sve potrebne mjere sigurnosti uz obezbjeđenje svih potrebnih pomagala i alata. Zakretanje i izvlačenje sekcija se vrši uz pomoć klasičnih stupaca, hidrauličnih

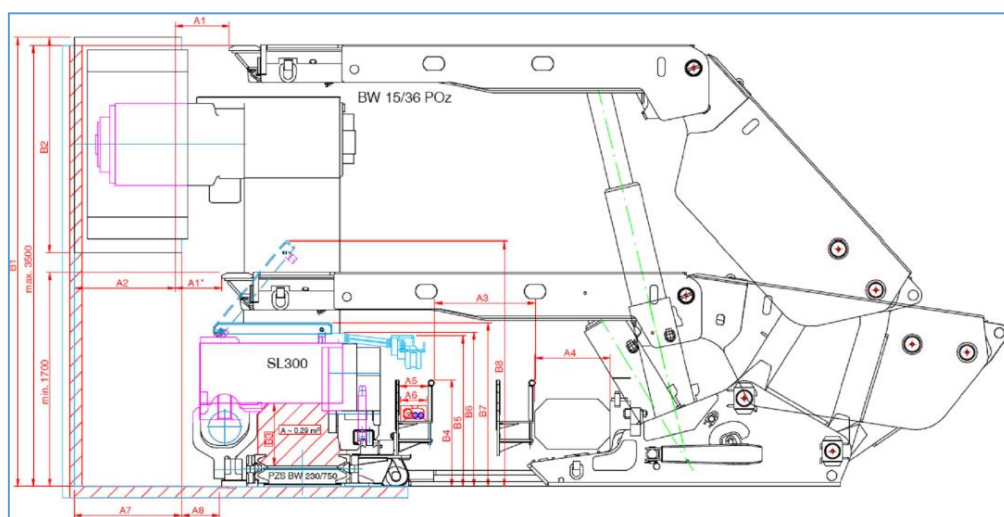
cilindara, hidrauličnih izvlačilica i drugog pomoćnog materijala a utovar sekcija na plato dizel lokomotive vrši se pomoću hidraulične rampe za utovar sekcija tip HZR-2. Sve navedene operacije na izvlačenju i zaokretanju sekcija se ponavljaju na već opisani način i kod preostalog broja sekcija u ŠČ BW 17. Kod svih navedenih poslova moraju se sprovesti sve potrebne mjere sigurnosti.



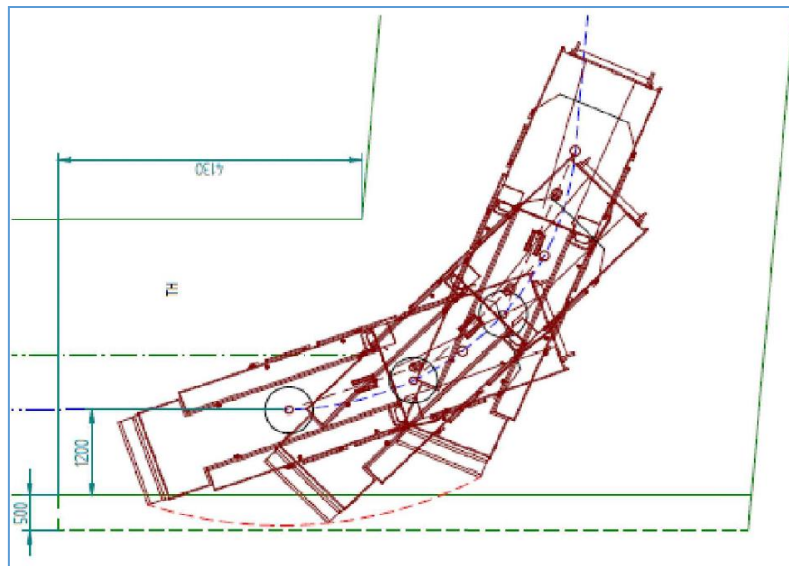
Slika 4. Glavni hidraulični nosivi stupac–cilindar Ø260/Ø180x1930 koji se koristi prilikom raubanja sekcija



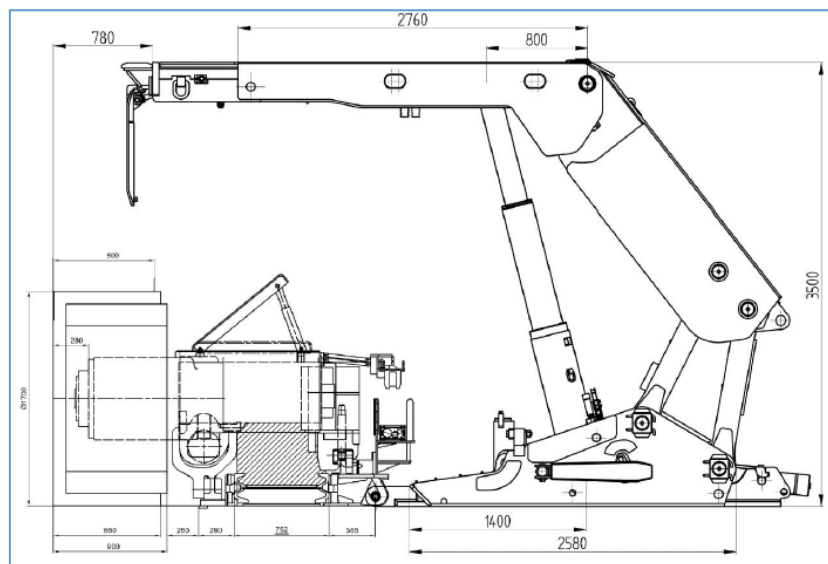
Slika 5. Minimalna i maksimalna radna visina samohodne hidraulične podgrade BW 15/36 POZ



Slika 6. Poprečni presjek sekcije, čelnog grabuljara i kombajna SL 300 u širokom čelu



Slika 7. Šema izlaska sekcije iz početnog uskopa



Slika 8. Poprečni presjek sekcije BW 15/36 PO_Z sa čelnim grabuljarom i kombajnom SL 300

5. RUKOVANJE SEKCIJAMA BW
15/36 POz

Kada se izvrše sve potrebne predradnje za izvlačenje sekcija, iznad sekcije broj 80 ispod drvenih polutki i “I” profila postavljaju se podvlake a pod nju klasični stupci. Radno mjesto rukovaoca sekcija BW 15/36 POz, kao i prolaz za posadu, je ispred stupaca sekcije odakle vrši upravljanje susjednim sekcijama.

Podgrada je opremljena hidrauličnim sistemom sa elektrohidrauličnim upravljačem.

Upravljanje funkcijama mehaničke podgrade vrši se preko uređaja za upravljanje. Pomoću tastature na uređaju ručovalac ima mogućnost direktnih upravljačkih funkcija i zamjene radnih parametara podgrade. Upravljački uređaj i blok izvršnih razvodnika su ugrađeni na odgovarajućim držačima.

Pomoću električnih signala postoji mogućnost upravljanja sekcijama u

neposrednoj blizini sekcije na kojoj je ugrađen uređaj za upravljanje i najmanje sa pet sekcija iznad i pet sekcija ispod sekcije sa koje se vrši upravljanje.

To se odnosi na slijedeće radnje podgrade:

- razupiranje i vođenje sekcije,
- premještanje sekcije,
- premještanje grabuljastog transportera,
- podešavanje ugla krovne grede prema štitniku,
- upravljanje štitnikom čela radilišta,
- podešavanje udaljenosti na koju se izvlači izvlačiva krovna greda,
- korekcija osnove,
- povećanje zatvorenosti prostora sekcije pomoću bočnih štitnika i
- podizanje osnove.

5.1 Rukovanje

Ekipom koja radi na širokom čelu rukovode kvalifikovani obučeni jamski radnici mehanizovanog širokog čela.

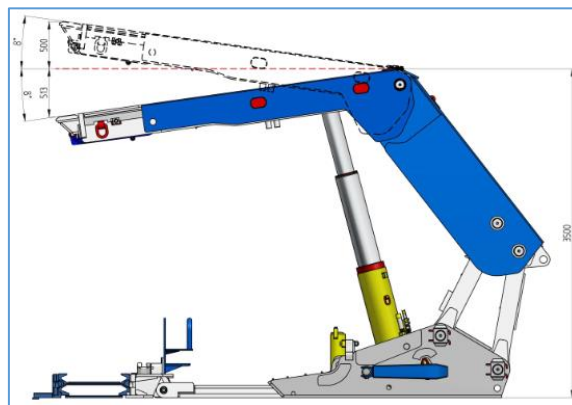
Osoblje za rukovanje treba da kontinuirano prati stanje krovine, čelo otkopa i stanje podgrade, u slučaju opasnosti mora da zaustavi sve radove dok ne budu uklonjeni svi uzroci opasnosti.

Nije dozvoljeno vađenje dvije susjedne sekcija u isto vrijeme.

Svaka sekcija mora da bude pažljivo razuprta između podine i krovine sa dozvoljenim uglovima nagiba krovne grede (kape), slika 9.

Pomjeranje sekcija vrši se od donjih prema gornjim, odnosno prvo sekcija koja se nalazi najniže u širokom čelu.

Sekcije podgrade treba pomjerati redom, jedna za drugom.



Slika 9. Dozvoljeni vertikalni uglovi nagiba krovne grede - kape

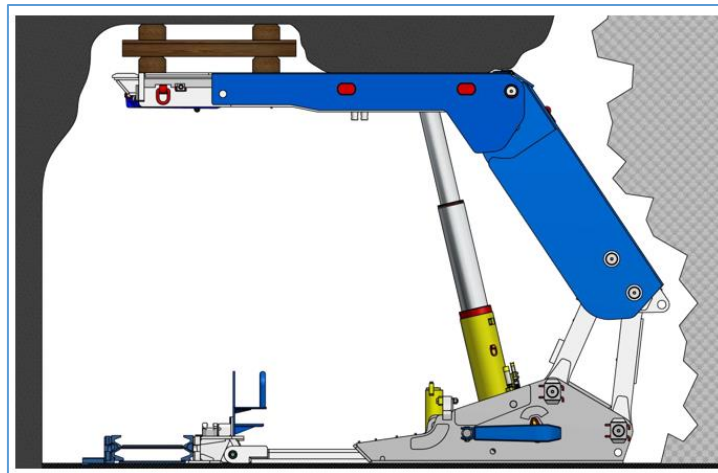
Prije pomjeranja sekcije potrebno je:

- provjeriti da li pomjeranje neće uzrokovati oštećenje hidrauličnih crijeva i električnih kablova,
- provjeriti da li pomjeranje hoće/neće uzrokovati „zaklinjavanje“ ili blokiranje sistema za pomjeranje, uklonite

zakrčenje koje može uzrokovati oštećenje sistema za pomjeranje,

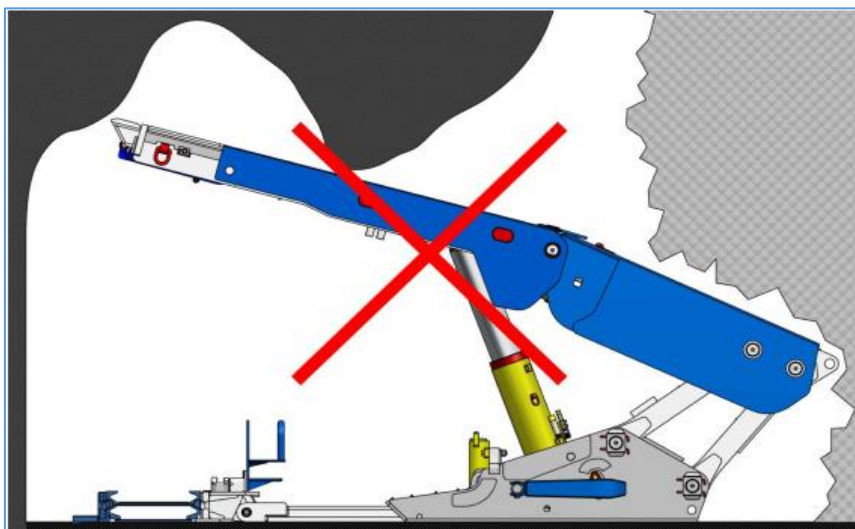
- provjeriti da li ima/nema komada kamena, uglja ili drugih predmeta između podgrade i prenosnika,
- provjeriti da li na krovini ima/nema nepotrebnih slojeva uglja ili kamena,

- popuniti drvenom građom na slici 10.
eventualne praznine u krovini, kao



Slika 10. Pravilan način zapunjavanja slobodnog prostora iznad krovne grede – kape

- Prije razupiranja sekcije provjeriti da li neki od elemenata sekcije neće opterećivati sistem za pomjeranje silama koje potiču od hidrauličnih stupaca.
- Kako bi se izbjeglo oštećenje ili uništenje potpore krovne grede, obratiti pažnju da li je krovna greda paralelna prema pragovima. Ne dozvoliti način kao na slici 11.
- Ne treba dopustiti da sekcija bude spuštена na minimalnu geometrijsku visinu.



Slika 11. Nedopustiv način korištenja sekcije sa izvučenim cilindrom potpore krovne grede – kape

6. ZAKLJUČAK

Zakretanje i izvlačenje sekcija se vrši uz pomoć klasičnih stupaca, hidrauličnih cilindera, hidrauličnih izvlačica i drugog pomoćnog materijala a utovar sekcija na plato dizel lokomotive vrši se pomoću hidraulične rampe za utovar sekcija tip HZR-2. Sekcija mehanizovane podgrade imaju dva stupca BW 15/36 PO_Z. Štitna samohodna hidraulična podgrada BW 15/36 PO_Z ima sistem pomjeranja kape, koji predstavlja spojni mehanizam, koji se sastoji od prednjih i zadnjih poluga (leminiskata) i njihovih zglobnih veza. Poluge tog mehanizma su vezane za stopu, a drugim krajem za štitnu ploču.

Kada se sekcija izvuče i postavi paralelno u odnosu na LU (likvidacioni uskop) vrši se utovar iste na transportnu platformu. Predviđeno je da se cijele sekcije bez rastavljanja na segmente transportuju na novu lokaciju. To je omogućeno uvođenjem novog transportnog sistema donjom šinom u jami „Begići-Bištrani“. Transport opreme se obavlja po unaprijed određenoj tehnologiji transporta i montaže KMŠČ (kompleksa mehanizovanog širokog čela). Nakon raubanja sekcija KMŠČ, sa transportnoj platformom vrši se transport sekcija prema PU. Prilikom transporta potrebno je da odgovorna lica provjere mjere i postupke, kako bi se bezbjedno montirana oprema prema tehnološkom postupku dopremila na mjesto ugradnje u PU. Pojedine sekcije na kojima je utvrđene velika defektaža potrebno je izvući na radni plato jame „Begići – Bištrani“ i tu je servisirati obzirom da još u fazi razvoja ove jame nema „džepova“ i napuštenih komora u kojima bi se mogla formirati komora za

remont. Nakon remonta sekciju vratiti sa vana na određenu lokaciju poštujuće zakonitosti redanja sekcija.

LITERATURA

1. DRP dopreme i montaže SHP „BW 15/36 PO_Z“ sa pripadajućom opremom i otkopavanja uglja širokočelnom otkopnom metodom sa zarušavanjem krovine sa SHP „BW 15/36 PO_Z“ i otkopnom mašinom „Eickhoff“ SL-300 u otkopnom polju OP-I u jami „Begići-Bištrani“ pogona Haljinići, JP Elektroprivreda BiH d.d. – Sarajevo, ZD RMU „Kakanj“, d.o.o. Kakanj (rudarsko - mašinski dio)
2. Dopunski rudarski projekt likvidacije ŠČ BW 17 U OP I, zatvaranja ovog polja, preseljenja i ustrajanja istog kompleksa u PU OP Kk II u „A“ ploči krovnog ugljenog sloja jame „Begići-Bištrani“ pogona „Haljinići“, JP EP BIH d.d. – Sarajevo, ZD RMU „KAKANJ“ d.o.o. – Kakanj /Rudarski, mašinski i elektro dio /
3. Pravilnik o tehničkim normativima za podzemnu eksploataciju uglja ("Sl. list SFRJ", br. 4/89, 45/89, 3/90 i 54/90)
4. <https://www.beckermine.com/en/new/global/becker-unique-mechanized-complex-bosnia-and-herzegovina-mines>. Pristupljeno 04.12.2019.

Recenzent:

doc. dr.sc. Mustafa Hadžalić

K. Bajramović¹
M. Hadžalić²
E. Zolotić³

TEHNOLOGIJA IZRADE JAMSKIH PROSTORIJA MAŠINOM ZA IZRADU JAMSKIH PROSTORIJA AM-50 z-w

TECHNOLOGY OF MAKING PIT ROOMS WITH THE MACHINE CONSTRUCTED FOR MAKING PIT ROOMS AM-50 z-w

Stručni rad

Primjeno: maj 2020. godine

SAŽETAK

Dosadašnji način izrade rudarskih prostorija uz upotrebu eksplozivnih sredstava i ručno dobijanje uglja, sa velikim brojem zaposlenog osoblja, nije davao nikakve izgleda blagovremenog otvaranja novih kapaciteta. Da bi se na vrijeme zamijenili postojeći kapaciteti i obezbjedili novi, na osnovu raspoloživih podataka i uvida u tipove mašina za izradu jamskih prostorija u stranim i domaćim rudnicima kao i na osnovu uslova u jami pogona "Haljinići", odlučeno je da se ide na primjenu mašine AM 50. Rudnik mrkog uglja "Kakanj" eksploatiše slojeve mlađeg tercijara ili oligomiocena. To je debela serija slatkovodnih sedimenata sastavljenih od

laporovito-pjeskovitih glina ispod ugljenih slojeva, laporovitih i pjeskovitih lapora, pješčara, krupnih breča i konglomerata, koji se nalaze u visokoj krovini i čine završnu fazu taloženja u ovom ugljenom bazenu. Izbor metoda otkopavanja uglja zavisi od osobina krovine i podine, fizičko-mehaničkih osobina ležišta, jamskog pritiska, debljine ugljenog sloja, nagiba, sklonosti ka samozapaljivanju, gasonosnosti i svojstva ugljene prašine, vodonosnosti, sklonosti ka izbojima gasa i materijala, veličine ležišta, odnosno jamskog polja i sigurnosti izvođenja rudarskih radova. Ležište se mora otkopavati tako da se gubici mineralne sirovine svode na najmanju mjeru. Svaka nova metoda otkopavanja mora se prethodno ispitati u otkopnim poljima u kojima postoje uslovi za primjenu novog načina otkopavanja.

Ključne riječi: tehnologija, otkop, jamska prostorija, mašine, faze rada

¹ doc.dr.sc. Kasim Bajramović, dipl.ing.rud., ZD Rudnik mrkog uglja „Kakanj“ d.o.o Kakanj / docent Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet u Zenici

² doc.dr.sc. Mustafa Hadžalić, dipl. ing. maš., Univerzitet u Zenici - Institut Kemal Kapetanović Zenica / docent Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet u Zenici

³ mr.sc. Ervin Zolotić, dipl. ing. rud., Rudarski institut d.d. Tuzla

ABSTRACT

The former way of mining of the rooms with the use of explosives and hand to obtain coal, with a large number of staff employed, did not gave any chance of timely opening of new kapaciteta. Da would be in time replaced the existing capacities and obtaining new, based on available data and insight into the types of machines to create a roadway in the foreign and our mines and on the basis of conditions in the pit plant "Haljinići", it was decided to go to the application of machines AM 50. Mining brown coal Kakanj eksploatacion younger Tertiary strata or oligomiocena. It is a thick series of freshwater sediments composed of marly-sandy clay below the coal layers, marly and sandy shale, sandstone, breccia and large conglomerates, which are located in high krovini and make the final phase of deposition in this coal mining coal. Metode are chosen depending of the feature krovine and shelves, physical and mechanical properties of deposits, pit pressure, thickness of coal layer, slope, susceptibility to samozapaljivanju, gaseousness and properties of coal dust, vodonosnosti, propensity Shoots gas and material, size bed, or pit fields and security of Mining papers. The deposit must be so eksploatacion to losses of mineral raw materials are reduced to a minimum. Any new mining method must be pre-tested in mining areas where there are conditions for the application of new methods of mining.

Keywords: technology, excavation, profile pit facilities, machinery, the phases

1. UVOD

Osnovni pravac razvoja sistema otkopavanja slojeva uglja podzemnim načinom u svijetu usmjeren je ka uvođenju metoda

mehanizovanog načina otkopavanja kao i širokih čela sa kompleksnom mehanizacijom.

U uslovima domaćih aktivnih ležišta uglja, pored raznolikosti mineraloško-petrografskih karakteristika, širokog dijapazona vrijednosti fizičko-mehaničkih svojstava uglja i pratećih naslaga, izmjenljive debljine ugljenih slojeva i drugih uslova, umnogome su doprinijeli da se sada kao osnovni sistemi otkopavanja koriste stubne i stubno-komorne metode otkopavanja sa tehnologijom miniranja.

U cilju unapređenja sistema otkopavanja neophodno je šire uvođenje otkopavanja primjenom mehanizovanog načina otkopavanja, čime bi se znatno uticalo na povećanje kapaciteta, ekonomičnosti i sigurnosti rada u podzemnoj eksploataciji.

Primjera radi oko 92 % svih radova u podzemnoj eksploataciji Poljskih rudnika, trenutno se vrši mehanizovanim načinom otkopavanja.

Poljski rudnici koriste tri vrste mašina za izradu jamskih prostorija i to, lahke, srednje teške i teške, a najpoznatiji tipovi su AM 50, R-100 i R-130, od poznatog Poljskog proizvođača ZNPW REMAG KATOWICE, i prema statističkim pokazateljima, od navedenih 92 %, zastupljenost ovih mašina u Poljskim rudnicima je oko 70 %. Pored pomenutog proizvođača poznat u svijetu je i proizvođač Sandvik VOEST ALPINE Bergtechnik GmbH.

Mašine za izradu jamskih prostorija Poljskog proizvođača imaju mogućnost kopanja poprečnog presjeka od 10 do 22,5 m², a nagib pod kojim mogu da rade kreće se u granicama od -18⁰ pa do +18⁰.

Mašina postiže dnevni napredak od 10 do 16,5 m/dan. Najveća ograničenja za mašine su rad u kompaktnim stijenama, te povećana potrošnja reznog organa, ako se vrši otkopavanje u stijenskom materijalu sa

povećanim fizičko mehaničkim osobinama (smanjuju se učinci).

Tehnologija izvođenja radova na izradi jamskih prostorija mašinom, odvija se ciklično, ponavljanjem triju osnovnih operacija i to:

- rad na rezanju,
- rad na podgrađivanju i
- rad na produženju transportera.

Osnovne faze izrade istovremeno prate sve ostale operacije, odnosno utovar i odvoz iskopine, doprema materijala, kontrola izrade prostorija po pravcu i visini i drugi mogući radovi.

Osnovni elementi koji definišu dimenzije prostorije su namjena prostorije, uslovi radne sredine, vrijeme korištenja prostorije i prethodna iskustva u istim ili sličnim uslovima.

Paralelno sa aktivnostima na izradi jamskih prostorija mašinom AM-50 z-w (u svim fazama) vršit će se i montaža šine JVŽ-e koja će pratiti pripremno radilište i omogućiti pravovremenu dopremu opreme i repromaterijala neophodnih za rad na radilištu.

2. OPIS FAZA RADA I RADNIH OPERACIJA MAŠINE

Izrada profila jamske prostorije mašinom AM-50 z-w (slike 1 i 2) započinje usijecanjem rezne glave u sredini profila na visini 1,5 m od podine prostorije (oznaka na slici broj 1 i 2 je 1), a zatim se rezna glava pomjera lijevo (oznaka 2 na slikama 1 i 2) i desno (oznaka 3 na slikama 1 i 2) čime se izrađuje podsjek. Nakon izrade podsjeka nastavlja se rezanje gornjeg dijela profila do

projektovane visine prostorije (oznake 4,5,6 i 7 na slikama 1 i 2), odnosno do krovine. Dubina usijecanja glave iznosi 0,5 m.

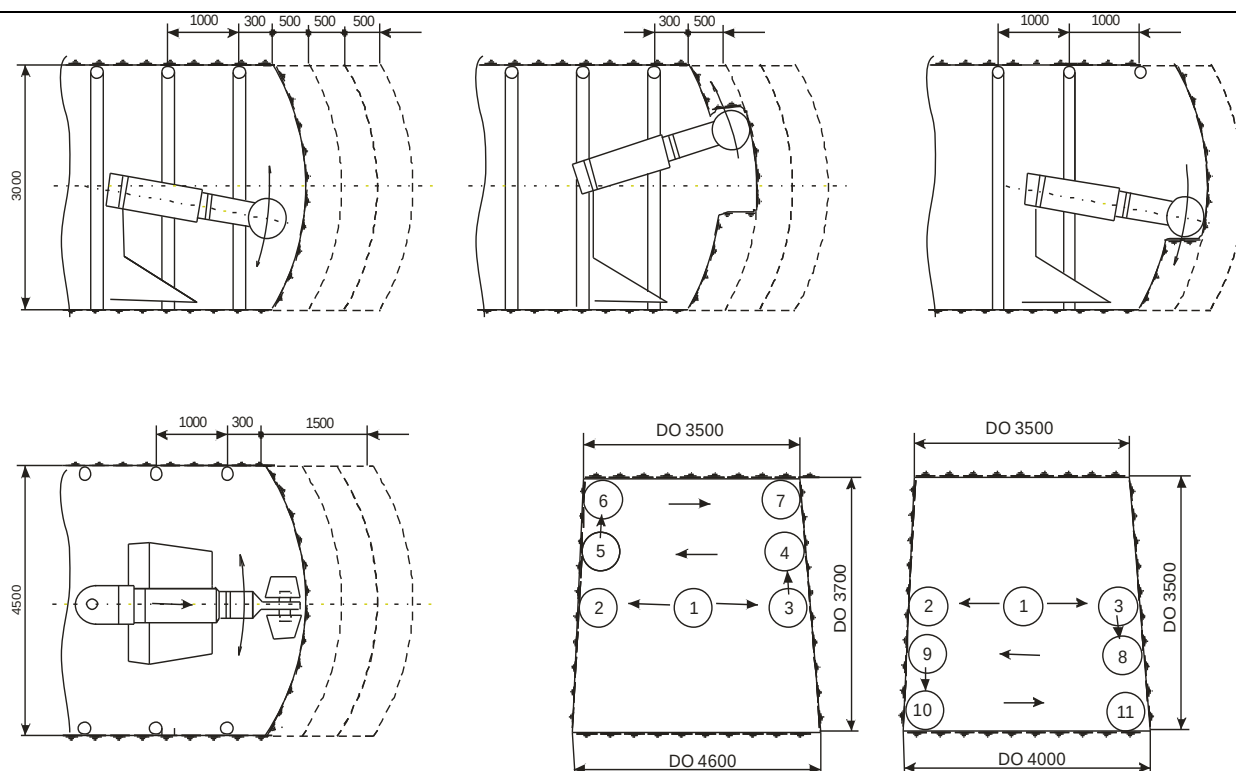
Dobijeni materijal se utovara i odvozi sa čela radilišta nakon čega se pristupa ugradnji grede ispod krovine. Taj posao vrši se na uobičajen način.

Kada je radilište osigurano, reže se donji dio profila (oznaka 8,9,10 i 11 na slikama 1 i 2), a dobijeni materijal se utovara i izvozi sa radilišta.

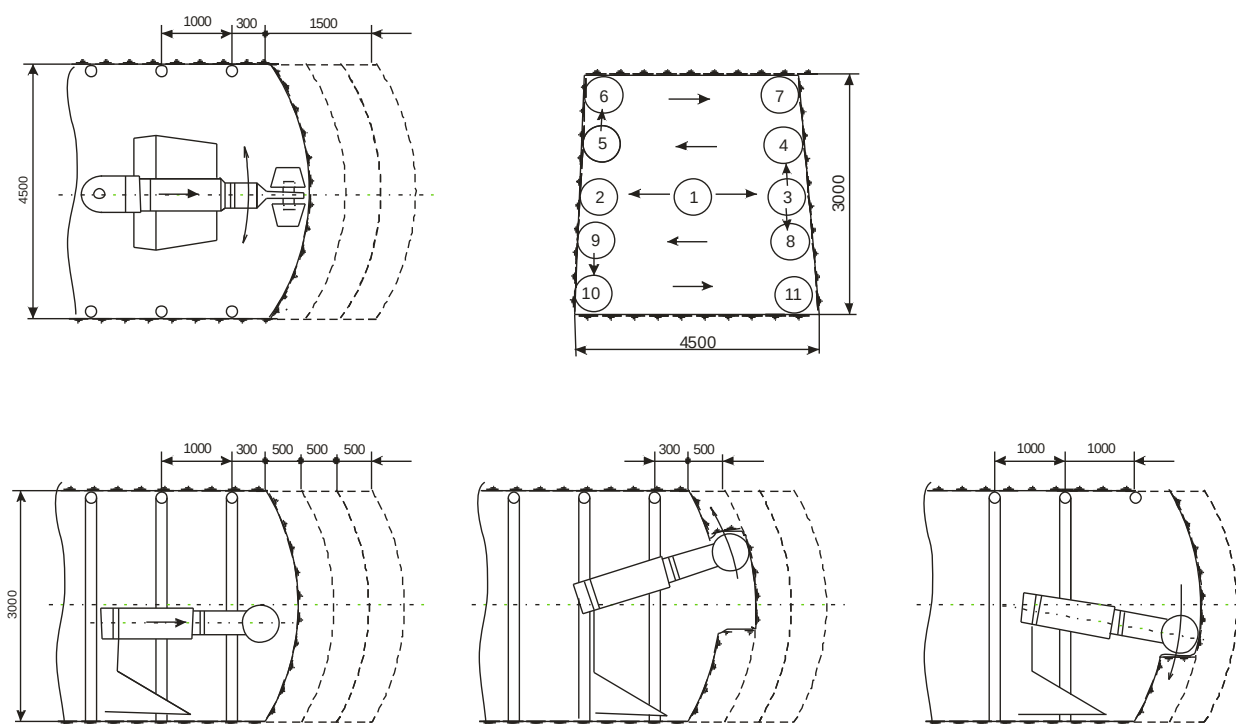
Cijela operacija se ponavlja još dva puta, tako da ukupna dubina rezanja u prvoj fazi (u tri reza) iznosi 1,5 m.

Poslije drugog rezanja gornjeg dijela profila ugrađuje se krovna greda, a ispod prethodno postavljene grede ugrađuju se stupci tako da je uvijek samo jedna krovna greda bez stupaca. Opisane faze rada se ciklično ponavljaju.

TEHNOLOGIJA IZRADA JAMSKIH PROSTORIJA MAŠINOM ZA IZRADU JAMSKIH PROSTORIJA AM-50 z-w



Slika 1. Izrada profila jamske prostorije sa mašinom AM 50 z-w po fazama



Slika 2. Izrada profila jamske prostorije sa mašinom AM 50 z-w, konačna verzija

3. UTOVAR I ODVOZ

Utovar materijala vrši se pomoću utovarnih grabilica koje se nalaze na utovarnoj lopati, kao sastavnom dijelu mašine. Utovarna lopata se može pomjerati po visini, tako da je omogućeno podešavanje visine utovara.

Utovar se vrši sinhronizovano radnoj operaciji rezanja. Posebno treba paziti da se veći komadi materijala ne zaglave između utovarnih grabilica. Ukoliko se ipak to desi utovar treba prekinuti, razbiti komade ili ih raskloniti.

Mašina AM-50 z-w posjeduje vlastiti lančani transporter, za prihvatanje uglja koji utovaraju grabilice na utovarnoj lopati kojim se utovareni ugalj transportuje na odvozni transportni sistem radilišta.

Između lančanog transportera i transportnog odvoza sa radilišta ugrađuje se poseban transporter, tzv. međutransporter. To je transportna traka određene dužine čija se povratna stanica učvrsti na mašinu, a pogonska stanica za jednošinsku viseću gredu.

Međutransporter povlači za sobom mašina koja napreduje, tako da se korita grabuljastog transportera tipa SKAT moraju produžavati pri napredovanju radilišta. Produženje korita navedenog grabuljastog transportera može se vršiti između smjena ili u periodu kada mašina ne vrši operaciju utovara materijala.

Pod traku, koju mašina povlači za sobom, može se smjestiti dovoljan broj korita dvolančanog grabuljastog transportera, čime se obezbjeđuje neometan smjenski rad i napredovanje ove mašine.

4. DOPREMA MATERIJALA

Transport repromaterijala i opreme potrebne za izradu prostorija izvodi se pomoću jednošinske viseće željeznice (JVŽ) tipa dizel "Scharff", a odatle uz pomoću

„mačka“ ili ručno do čela radilišta. Pri tome treba voditi računa da doprema repromaterijala i opreme u svim fazama rada treba biti u skladu sa važećim propisima u pogledu zaštite na radu i protiv požarne zaštite.

Daljnja doprema materijala do čela radilišta, vrši se uz pomoć postavljene jednošinske viseće šine koja prati napredovanje radilišta. Kako se izrada prostorije vrši mehanizovano, tako se i utovar materijala vrši mehanizovano pomoću utovarne lopate, smještene na mašini, koja usitnjeni materijal prikuplja na grabuljasti transporterom smješten na samoj mašini. Daljnji transport materijala vrši se pomoćnim trakastim transporter, koji je na jednoj strani zglobno vezan za mašinu, a na drugoj ovješten o „mrtvu“ šinu i dalje dvolančanim grabuljastim transporterima tipa KLG – 80 (SKAT).

Osim pomenutih grabuljastih transportera u daljnjem transportu se koriste i trakaste transporter sa gumenom trakom PTG – 800 sa elektro motorima snage od 22, 35, i 45 KW.

Za vrijeme radova na izradi rudarskih prostorija, sav otkopani materijal se transportuje pomoću trakastih transportera, na površinu, odnosno u bunker rovnog uglja na površini.

5. PODGRAĐIVANJE RADILIŠTA

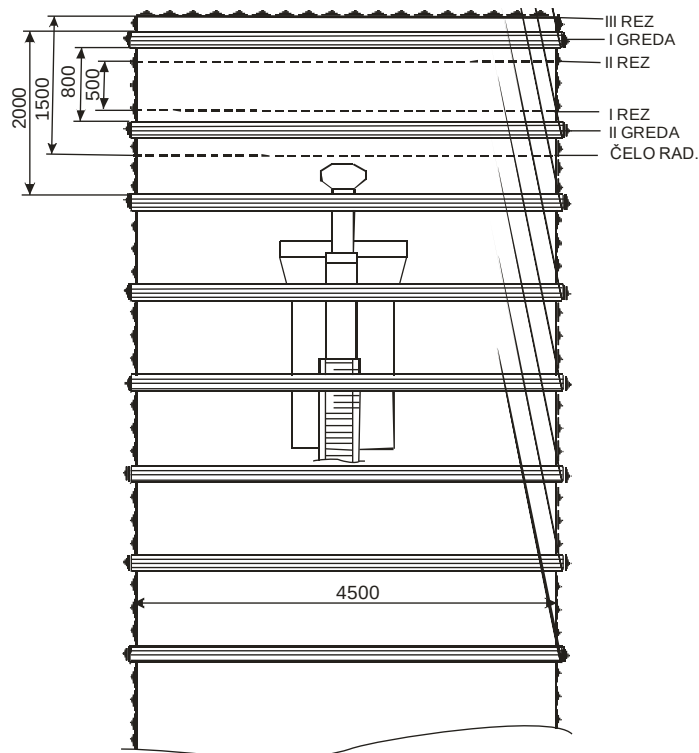
Izbor vrste podgrade se vrši na osnovu njene namjene, prethodnih iskustava, vremena korištenja i uvjeta radne sredine. Obzirom na navedeno u svim prostorijama podgrađivanje se vršiti sa oblom jelovom građom uz postavljanje okvirova u trapezni oblik.

Osni razmak između trapeznih jelovih okvira, vezanih na "šor" između stupaca i grede, treba da bude maksimalno 1,0 m. Pri tome, posljednji postavljeni jelovi trapezni okvir

treba da je udaljen maksimalno 0,3 m od čela radilišta (slika 3).

Na mjestima sa ispucalom krovinom, eventualnom podljepom koja se može nekontrolisano odvojiti od stabilne krovine, pored kvalitetno postavljenih drvenih okvira, potrebno je kvalitetno založiti krovinu

jelovim ili hrastovim zalogom. Na mjestima pojave rasjeda koji se u fazi otvaranja radilišta mogu pojaviti, potrebno je također izvršiti zalaganje krovine uz obavezno postavljanje drvenih okvira na manji osni razmak i do same rasjedne plohe.



Slika 3. Podgrađivanje radilišta pri mehanizovanom načinu izrade rudarskih prostorija

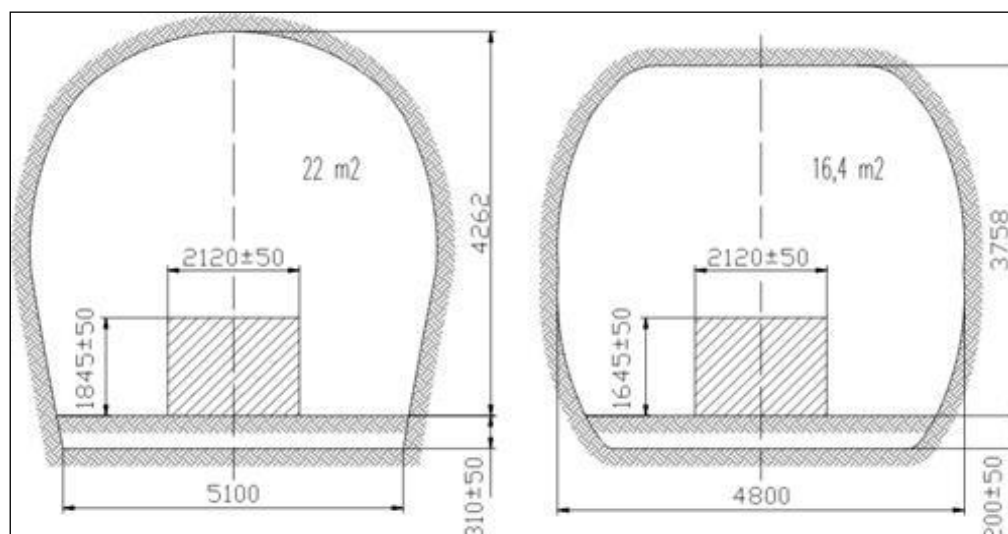
6. PROVJETRAVANJE RADILIŠTA

Provjetravanje radilišta kod mehanizovane izrade jamskih prostorija (u fazi otvaranja, razrade i pripreme), obavlja se iz protočnog ogranka ulazne vazdušne struje, separatnim ventilatorima i plastičnim vjetrenim cijevima prečnika 600 mm.

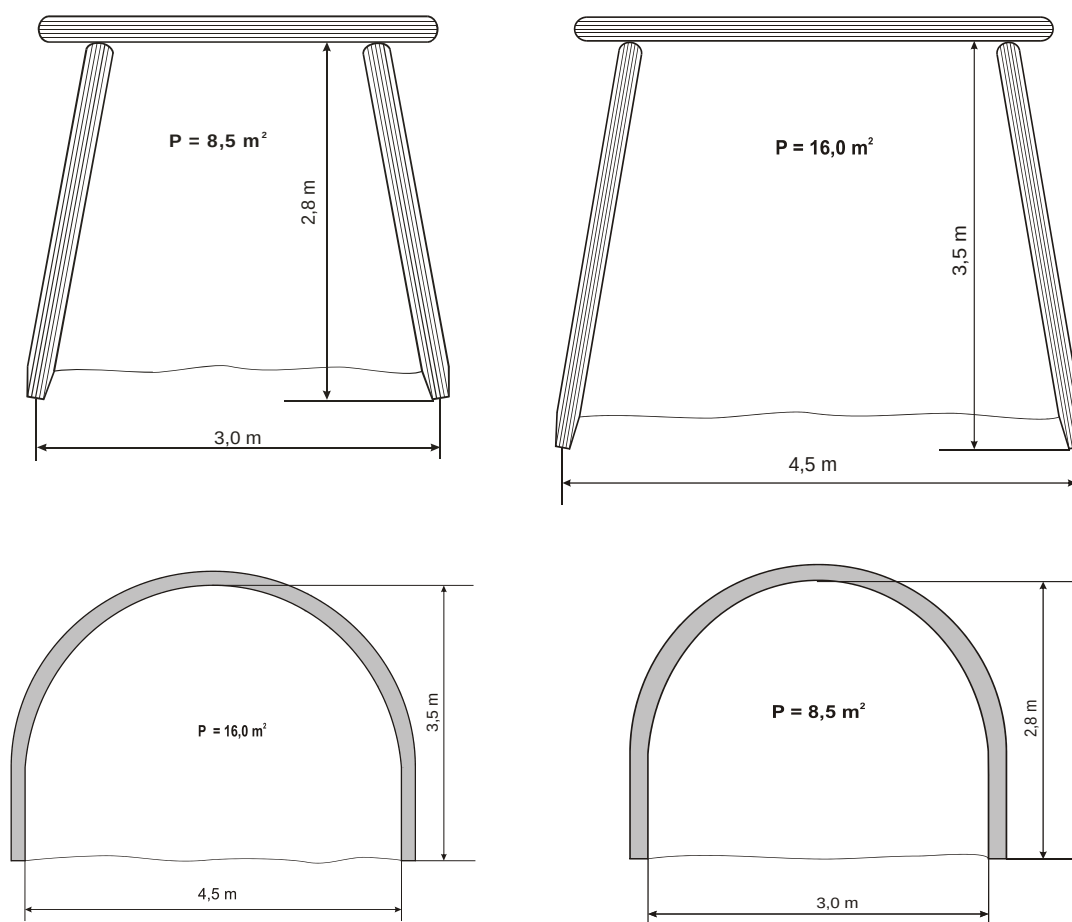
7. RADNI PROFIL

Na slici 4 prikazana je prostorija dimenzija 5.100 x 4.262 mm koja se dobije sa dodatnom

opremom za rezanje i prostorija dimenzija 4.800 x 3.758 mm koja se dobije sa standardnom opremom mašine. Na slici 5 prikazan je izgled profila lučnog poprečnog i trapeznog presjeka.



Slika 4. Maksimalni radni profil prostorija
(Prostorija dimenzija 5.100 x 4.262 mm koja se dobije sa dodatnom opremom za rezanje i prostorija dimenzija 4.800 x 3.758 mm pri standardnoj opremi mašine)



Slika 5. Izgled profila lučnog poprečnog i trapeznog presjeka

8. ZAKLJUČAK

Osnovni pravac razvoja sistema otkopavanja slojeva uglja podzemnim načinom u svijetu usmjeren je ka uvođenju metoda mehanizovanog načina otkopavanja kao i širokih čela sa kompleksnom mehanizacijom.

U cilju unapređenja sistema otkopavanja neophodno je šire uvođenje otkopavanja primjenom mehanizovanog načina otkopavanja, čime bi se znatno uticalo na povećanje kapaciteta, ekonomičnosti i sigurnosti rada u podzemnoj eksploataciji.

Ležište se mora otkopavati tako da se gubici mineralne sirovine svedu na najmanju mjeru, što ovaj način otkopavanja to i pruža. Mašina AM-50 z-w služi za izradu jamskih prostorija u uglju i jalovini čija je čvrstoća ispod 60 MPa, ili čvrstoća na pritisak u jalovini od 440 do 1.435 daN/cm³ a čvrstoća u uglju od 160 do 170 daN/cm³. Kod sedimentnih stijena koje imaju veću čvrstoću, moguća je izrada prostorija uz izvjesne dodatne izmjene na mašini.

Učinak rezanja i dobivanja zavisi od sveukupnih uslova u kojima mašina radi, te može da iznosi 20 do 80 m³ cjeline na radni sat. Sa jednog mjesta mogu se rezati razni profili (kružni, trapezni ili lučni) do visine od 3,7 m i širine do 4,8 m. Upotrebom dodatnih uređaja može se povećati visina rezanja, dok izrada prostorija po širini nije ograničena jer se mašina može lahko premještati po širini.

LITERATURA:

1. DRP tipski projekat mašine za izradu rudarskih prostorija (AM 50 z-w) /rudarski dio/, Kakanj, januar. 2010. godine
2. Pravilnik o tehničkim normativima za podzemnu eksploataciju uglja ("Sl. list SFRJ", broj 4/89, 45/89, 54/90, 3/90)

3. Zakon o rudarstvu Federacije Bosne i Hercegovine („Sl. Novine“ 26/10)

Recenzent:

doc.dr.sc. Alić Behar

UPUTSTVO AUTORIMA

U vezi s pripremom radova za objavljivanje autorima se daju sljedeća uputstva:

1. Rad, pripremljen za objavljivanje, mora biti originalan i neobjavljivan.

2. Rad se piše na bosanskom, hrvatskom ili srpskom jeziku, jasan, metodološki i terminološki usklađen.

Inozemni autori radove objavljuju na engleskom jeziku.

Redakcijski kolegij osigurava prijevod rezimea rada na bosanski jezik.

3. Rad sadrži:

- kratak sažetak (rezime),
- naslov, sa kategorizacijom rada (naučni rad, stručni rad, pregledni rad, prethodno saopćenje),
- tekst koji se, po pravilu, sastoji od uvoda, naučno-istraživačkog dijela i zaključka,
- crteže, tabele i fotografije sa njihovim nazivima,
- pregled literature.

4. Naslov rada treba da je koncizan i jasan.

5. Tekst se kuca na bijelom papiru, formata A4 (jednostrano). Rad treba uraditi u dvije kolone (two columns) sa proredom 1,15, tip slova Times New Roman, veličine 12pt za tekst i 10 pt za natpise iznad tabela i ispod slika, sa marginama: s lijeve strane širine 25 mm, a s desne strane, gore i dole po 20 mm. Uz rad se prilaže CD sa istovjetnom verzijom rada kao i na papiru. Tekst rada treba biti pisan u Microsoft Wordu ili Open Office-u.

Rad treba napisati na sljedeći način:

- ime (na) autora pišu se tipom slova Times New Roman, veličine 12pt (u foosnoti piše se puno ime i prezime autora, zvanje i stručna sprema, kao i naziv organizacije u kojoj je zaposlen)

- naslov rada piše se tipom slova Times New Roman Bold, velikim slovima veličine 14pt,

- glavni naslovi unutar teksta piše se tipom slova Times New Roman Bold, velikim slovima veličine 12pt,

- podnaslovi I reda unutar teksta pišu se tipom slova Times New Roman Bold, malim slovima veličine 12pt,

- podnaslovi II reda unutar teksta pišu se tipom slova Times New Roman Bold Italic, malim slovima veličine 12pt

6. Obim rada do 20 kucanih stranica, uključujući crteže, tabele i fotografije. Veći obim je dopušten uz dogovor sa glavnim i odgovornim urednikom.

7. Obavezna je upotreba mjernih jedinica SI.

8. Tabele se redoslijedno obilježavaju arapskim brojevima.

9. Vlastita imena iz jezika koji se služe latinicom pišu se izvorno. Pri prvom navođenju vlastitog imena uz izvorni lik u zagradi se navodi i fonetski.

Vlastita imena iz slavenskih jezika s ćirilčnim pismom pišu se fonetski, a pri prvom navođenju u zagradi se navodi izvorni lik.

Imena iz jezika koji se ne služe ni latinicom ni ćirilicom pišu se onako kako se pišu u službenoj latiničkoj transkripciji u naroda iz kojeg potječu.

10. Literatura iz koje se citiraju navodi u tekstu mora se nalaziti u popisu literature na kraju rada. Imena autora i ostali podaci navedeni u rukopisu moraju biti isti kao i oni u popisu literature. U tekstu se citira autorovo prezime ili originalni izvor podataka i godina objavljivanja, a slijedi, ako je to potrebno stranica odgovarajućeg podatka.

Ako postoji više autora jedne publikacije, u tekstu rada navodi se samo prvi od njih, a nakon toga slijedi "et al.", dok u popisu literature treba navesti prezimena svih autora s inicijalima imena. Popis literature treba biti napisan abecednim redom, s tim da su radovi istih autora hronološki poredani.

Podaci u popisu literature ispisuju se na sljedeći način:

- Prezime i ime (inicijali) svih autora,
- godina izdavanja,
- naslov knjige,
- broj izdanja,
- ime izdavača i mjesto,
- stranica na koju se poziva ili prva i posljednja stranica poglavlja,

npr. 1. Prezime I. (godina), Naziv knjige, Izdavač, Mjesto, str. xx. ili str. xx-yy.

11. Rezime na bosanskom, hrvatskom ili srpskom jeziku sadrži 10-20 redova, a poslije teksta se navode ključne riječi. Prilaže se prevod rezimea na engleskom jeziku.

12. Prevod naslova rada na engleski jezik.

13. Rad za objavljivanje predaje se u dva primjerka na papiru (original i jedna kopija), kao i na CD-u.

14. Radovi se šalju na adresu:

RUDARSKI INSTITUT TUZLA
Rudarska 72
75000 TUZLA

Naznačiti: Za Redakcijski kolegij časopisa "Rudarstvo".

Informacije i obavještenja na telefon broj:
+ 387 35 321 825

Redakcijski kolegij

ISPITNE LABORATORIJE RUDARSKOG INSTITUTA D.D. TUZLA

Ispitne laboratorije Rudarskog instituta d.d. Tuzla su akreditirane prema normi BAS EN ISO/IEC 17025 (certifikat o akreditaciji LI-47-01) za širok spektar usluga ispitivanja i uzorkovanja iz područja ispitivanja u građevinarstvu (kamen i agregat, beton, opeka, geomehanička ispitivanja..), mehaničkih ispitivanja, mjerenja nivoa okolinske buke. Detalji o području akreditacije su dati u dodatku akreditacije, (http://www.bata.gov.ba/Akreditirana_tijela/Dodaci/LI/LI-47-01.pdf).

Svi ispitni laboratoriji opremljeni su potrebnom opremom za laboratorijska i terenska ispitivanja.

Sve svoje aktivnosti ispitne laboratorije Rudarskog instituta d.d. Tuzla provode na principima nepristrasnosti, objektivnosti i povjerljivosti (informacije dobivene od kupca ili nastale tokom izvođenja laboratorijskih aktivnosti se smatraju povjerljivim).



Rudarski institut d.d. Tuzla u svom sastavu ima slijedeće ispitne laboratorije:

Laboratorija za ispitivanje građevinskih materijala i konstrukcija

+387 35 282 561

+387 35 321 822

Laboratorija za geomehanička ispitivanja

+387 35 321 853

+387 35 321 822

Laboratorija za mehanička ispitivanja materijala i čeličnih konstrukcija

+387 35 321 815

+387 35 321 822

Laboratorija za ispitivanja konfora radne sredine i nivoa okolinske buke

+387 35 321 841

+387 35 321 822

Laboratorija za ispitivanje materijala i čeličnih konstrukcija bez razaranja

+387 35 321 812

+387 35 321 822



BAS EN ISO/IEC 17025



LI-47-01

CERTIFIKAT

Za sistem upravljanja prema
ISO 9001 : 2015

U skladu s TÜV NORD CERT procedurama, potvrđuje se da



rudarski institut d.d. tuzla

Rudarska 72, 75000 Tuzla

RUDARSKI INSTITUT d.d.

Rudarska 72

75000 Tuzla

Bosna i Hercegovina

primjenjuje sistem upravljanja u skladu s gore navedenim standardom za slijedeći opis djelatnosti

**Izrada projekata i konsalting u rudarstvu, elektrotehnici, mašinstvu,
građevinarstvu, geologiji, geotehnici, zaštiti na radu i zaštiti okoline
Ispitivanje materijala i konstrukcija**

Registarski broj certifikata 44 100 067063

Broj izvještaja 10018432

Važi od 2018-09-09

Važi do 2021-12-17

Prva certifikacija 2006


Služba izdavanja certifikata
pri TÜV NORD CERT GmbH

Zagreb, 2018-09-09

Certifikacija je provedena u skladu s TÜV NORD CERT procedurama za auditiranje i certificiranje i predmet je redovnih nadzornih audita.

TÜV NORD CERT GmbH

Langemarckstraße 20

45141 Essen

www.tuev-nord-cert.com



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-ZM-12007-01-01



Bilateralni potpisnik EA MLA
Bilateral signatory to EA MLA

Na osnovu člana 9. Zakona o akreditiranju Bosne i Hercegovine izdaje se
In accordance of article 9. of Law on Accreditation of Bosnia and Herzegovina it is issued

CERTIFIKAT O AKREDITACIJI

ACCREDITATION CERTIFICATE

kojim se potvrđuje da
confirming that

Rudarski Institut d.d. Tuzla
Ispitne laboratorije
Rudarska 72, 75000 Tuzla

ispunjava zahtjeve standarda BAS EN ISO/IEC 17025:2018 u pogledu osposobljenosti
za izvođenje ispitivanja
*complies with requirements of BAS EN ISO/IEC 17025:2018 for competence
to carry out testing*

Detalji o području akreditacije, kao i ostali podaci značajni za akreditaciju,
dati su u dodatku, koji čini njen sastavni dio.
*Details of accreditation scope, as well as other data relevant for the accreditation,
are specified in the Annex, that is its integral part.*

Broj akreditacije
Accreditation number

LI – 47 – 01

(Prva akreditacija / Initial accreditation: **18.04.2013.**)

Akreditacija važi do
Accreditation is valid until

17.04.2021.

Sarajevo, 03.04.2020.



Potpis ovlaštene osobe
Authorized Signature



rudarski institut d.d. tuzla

Rudarska 72, 75000 Tuzla



RUDARSKI INSTITUT d.d. TUZLA

Rudarska 72, 75000 Tuzla

Telefon: + 387 35 282 406

Fax: + 387 35 282 700

e-mail: eldar.piric@rudarskiinstitutuzla.ba

www.rudarskiinstitutuzla.ba

ISSN 0353-9172

