

## Model analize rizika rada dampera i ekspertni sistem HAMRISK

MIRJANA Ž. MISITA, Univerzitet u Beogradu,  
Mašinski fakultet, Beograd

VESNA K. SPASOJEVIĆ BRKIĆ, Univerzitet u Beogradu,  
Mašinski fakultet, Beograd

IVAN M. RAKONJAC, Univerzitet u Beogradu,  
Fakultet bezbednosti, Beograd

MILANKO Z. DAMJANOVIĆ, Univerzitet u Podgorici,  
Mašinski fakultet, Podgorica, Crna Gora

MARTINA B. PERIŠIĆ, Univerzitet u Beogradu,  
Mašinski fakultet, Beograd

NEDA LJ. PAPIĆ, Univerzitet u Beogradu,  
Mašinski fakultet, Beograd

GORAN P. ĐURIĆ, Univerzitet u Beogradu,  
Mašinski fakultet, Beograd

*Originalni naučni rad*

*UDC: 005.334:[621.879.44:622*

*DOI: 10.5937/tehnika2205617M*

*U radu je prikazan model analize rizika rada dampera sa ciljem da se utvrdi najčešći razlog neplaniranih zastoja kao i da se nakon klasifikacije zastoja po sistemima izvrši njihova ocena sa aspekta rizika. Postavljeni kriterijumi za analizu rizika su: vreme provedeno u zastoju, frekvencija zastoja i nivo opasnosti. Rezultati istraživanja ukazali su na uzročnike visokog rizika na posmatranim mašinama, na osnovu kojih se mogu definisati prioritetne mere preventivnog održavanja u cilju smanjenja rizika. Nadalje, u istraživanju prevencije rizika rada transportnih i rudarskih mašina razvijen je onlajn kontekstualni i adaptivni ekspertni sistem HAMRISK i izvršeno ispitivanje prednosti i nedostataka razvijenog softverskog rešenja u praksi.*

**Ključne reči:** *damper, mapa rizika, HAMRISK*

### 1. UVOD

Regulativa u oblasti industrijske bezbednosti još uvek nije usaglašena među zemljama članicama EU, niti u granicama Dunavskog regiona, kao ni na regionalnom nivou posmatrano kroz grane industrije, uprkos činjenici da potrebno smanjenje rizika do danas nije sprovedeno sa visokim stopama uspeha.

Tokom poslednjih nekoliko godina, naponi nauke, struke i industrije usmereni ka aktuelnom pitanju bezbednosti industrijskih postrojenja, mašina i uređaja, rezultirali su standardom CVA 15740 koji je namenjen hemijskoj, petrohemijskoj, građevinskoj i industriji čelika [1, 2, 3, 4]. Transportne i rudarske mašine rade,

mo u pomenutim, već i u velikom broju drugih, veoma različitih industrijskih sektora, najčešće u veoma složenim i teškim uslovima rada, u dinamičnom okruženju i uz istovremeno uključivanje brojnih izvora rizika, i sa logičnom posledicom visoke stope povreda na radu i smrtnih ishoda [5, 6]. Pored toga, sve veće potrebe tržišta za transportnim i rudarskim mašinama na međunarodnom tržištu (stopa rasta od 6% godišnje) i činjenica da, u skladu sa strategijom EU, performanse industrijske bezbednosti treba da imaju postepeno povećanje od najmanje 25% u smislu smanjenja broja nezgoda na radu, profesionalnih bolesti, incidenata sa ekološkim posledicama i gubitaka u proizvodnji nameću neophodnost intenzivnih istraživanja u ovoj oblasti [7, 8, 9].

### 2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

U skladu sa navedenim cilj ovog rada je ispitivanje efikasnosti rada transportnih i rudarskih mašina kao i identifikacija, klasifikacija i ocena rizika. U prvom delu rada je izložena analiza snimljenih podataka,

---

Adresa autora: Mirjana Misita, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, Kraljice Marije 16

e-mail: mmisita@mas.bg.ac.rs

Rad primljen: 28.09.2022.

Rad prihvaćen: 10.10.2022.

konkretno za primer dampera. Osnovna ideja za analizu efikasnosti rada, bila je da su odnosom input/output odnosno količina točenog goriva/broj radnih sati dobije pokazatelj efikasnosti rada. Drugi deo istraživanja odnosi se na analizu zastoja dampera tokom analiziranog vremenskog perioda. Osnovna ideja istraživanja je da se utvrde najčešći uzroci zastoja i proceni njihov stepen opasnosti kako bi mogli da se utvrde i klasifikuju potencijalni rizici i predlože mere mitigacije istih. Konačno, u navedenu svrhu, razvijen je ekspertni sistem, čija korisnost je zatim testirana.

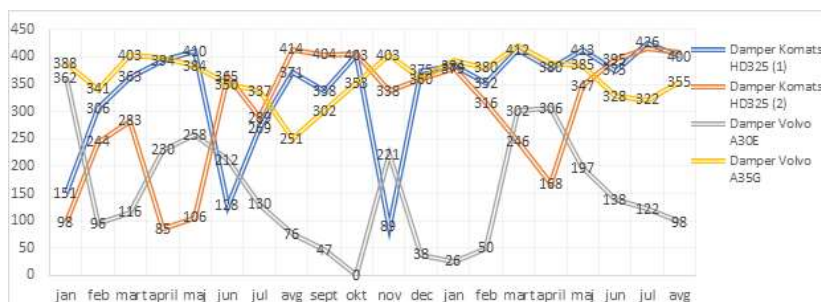
### 3. REZULTATI SNIMANJA RADA DAMPERA

Sa ekonomske tačke gledišta, više od 50–60% troškova proizvodnje u površinskim kopovima izdvaja se za troškove izvlačenja i utovara, tako da je veoma važno praćenje i optimizovanje rada dampera [10]. Rukovaoci dampera rade u otežanim uslovima rada [11, 12]. Dodatno, podaci o smrtnim slučajevima u vezi sa damperima pokazuju visoke brojeve i preporučuju se brojne mere za unapređenje bezbednosti [13-15]. Potrošnja goriva dampera čini oko 30% ukupne potrošnje

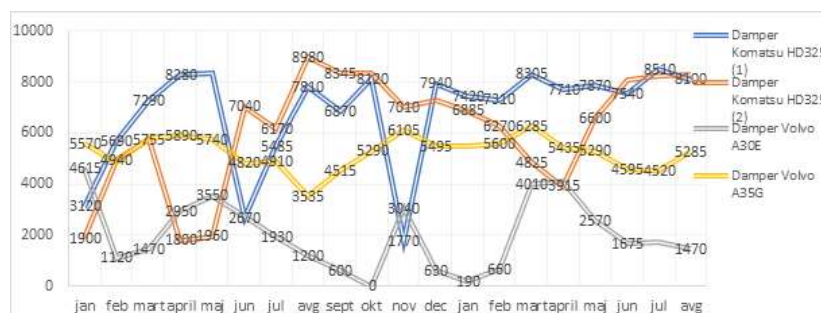
energije u površinskim kopovima [16-17]. Dakle, ekološke i energetske performanse otvorenog motornog transporta su veoma važne [18-19].

Tokom perioda istraživanja, prikupljeno je više od 15000 podataka sa terena o radu, zastojima i uzrocima zastoja na površinskom kopu i to za dva dampera su tipa Komatsu HD325, jedan damper Volvo A30E i jedan damper Volvo A35G. Na slikama 1 i 2 prikazani su broj ostvarenih radnih sati i količina goriva kod posmatranih dampera po mesecima.

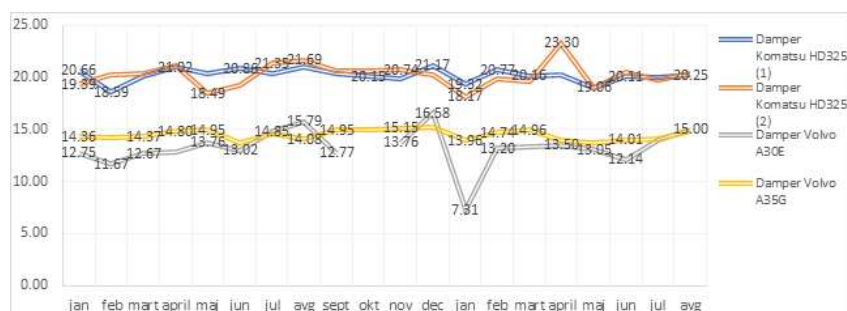
Sa slike 1 se uočava da je Damper Volvo A35G imao u kontinuitetu najveći broj ostvarenih radnih sati po mesecima, dok je Damper Volvo A30E imao najmanje brojeve ostvarenih radnih sati tokom snimanog vremenskog perioda. Dijagramski prikaz, slika 2, ukazuje da su damperi tipa Komatsu imali veću potrošnju goriva, a damper tipa Volvo A30 najnižu količinu točenog goriva. Ako posmatramo odnos ostvarenih časova rada po mesecima i količinu točenog goriva po mesecima kao koeficijent efikasnosti rada posmatranih dampera dobijamo podatke prikazane na slici 3.



Slika 1 - Broj ostvarenih radnih sati po posmatranim mašinama i mesecima



Slika 2 - Količina goriva po mesecima i posmatranim mašinama



Slika 3 - Odnos količine goriva i broja ostvarenih radnih sati dampera po mesecima

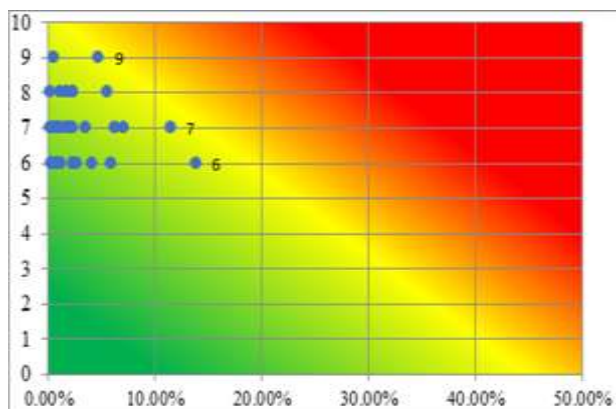
Prema slici 3, najpovoljniji odnos između količine goriva i broja ostvarenih radnih sati imali su damperi tipa Volvo, a s obzirom da je Damer tipa Volvo A35G ostvario značajno veći broj radnih sati nego Damper tipa volvo A30E, može se zaključiti da je damper tipa Volvo A35G najefikasniji od posmatranih rudarskih mašina. Tokom snimanog vremenskog perioda zabeleženo je ukupno 255 zastoja kod posmatranih rudarskih mašina. Od ukupnog broja snimljenih zastoja, 188 zastoja je bilo planirano, dok 67 bilo neplanirano. Planirani zastoji odnosili su se uglavnom na zamenu ulja

u motoru, zamenu filtera goriva, ulja i slično. Ukupno vreme provedeno u zastoju iznosilo je 9.455 minuta, od čega je 5.080 minuta provedeno u neplaniranim zastojima. Svi evidentirani neplanirani zastoji bili su mehaničkog tipa, osim jednog čiji je uzrok električnog tipa.

U tabeli 1 prikazani su najznačajniji uzroci neplaniranih zastoja, po najvećoj procentualnoj frekvenciji pojave i po ocenjenim nivoima opasnosti. Nivo opasnosti ocenjivan je na skali od 1 do 10, pri čemu ocena 10 predstavlja zastoj najvećeg nivoa opasnosti.

Tabela 1. Procentualna frekvencija neplaniranih zastoja

Uzrok	Nivo opasnosti 6	Nivo opasnosti 7	Nivo opasnosti 8	Nivo opasnosti 9	UKUPNO
Bolcna (remont/zamena)	2.99%	7.46%	5.97%	0.00%	16.42%
Rasklapanje i čišćenje	11.94%	0.00%	1.49%	0.00%	13.43%
Kaiš (remont/zamena)	2.99%	4.48%	0.00%	0.00%	7.46%
Kočnice (podešavanje/remont)	2.99%	2.99%	0.00%	1.49%	7.46%
Zavarivanje	0.00%	7.46%	0.00%	0.00%	7.46%
Čaure (zamena)	1.49%	1.49%	1.49%	1.49%	5.97%
Vodena pumpa (remont/zamena)	4.48%	1.49%	0.00%	0.00%	5.97%
Crevo (zamena)	1.49%	1.49%	0.00%	0.00%	2.99%



Slika 4 - Mapa rizika za frekvencije

Zbirno za sve neplanirane zastoje kod posmatranih mašina analizirana je struktura procentualne frekvencije. Analizom rezultata prikazanih u tabeli 1, može

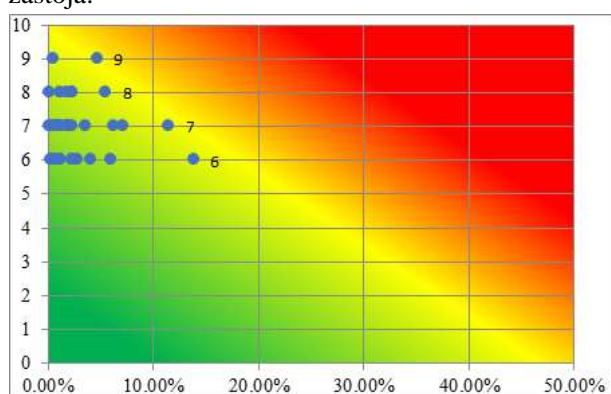
se uočiti da je najznačajnija frekvencija pojave neplaniranih zastoja čiji je uzrok remont bolcna, sa 5,97% nivoa opasnosti 8. Na slici 4, prikazana je matrica rizika na kojoj se jasno vide ključne tačke koje zalaze u zonu srednjeg rizika. U tabeli 2, prikazano je procentualno učešće vremena provedenog u neplaniranim zastojima po uzorcima i po nivoima opasnosti. Podaci su rangirani po uzrocima koji imaju najveće ukupno vremensko učešće zastoja bez obzira na nivo opasnosti. Remont bolcna imao je najveće ukupno učešće u vremenu provedenom u zastoju 19,90%. Takođe značajno učešće u vremenskom trajanju zastoja su imali postupci održavanja kočnice (17,91%) i rasklapanje i čišćenje (15,12%). S obzirom da je uzrok remonta kočnice imao najveći procentualni udeo (4,78%) nivoa opasnosti 9, može se zaključiti da je ovo kritičan uzrok.

Tabela 2. Procentualno izraženo vremensko trajanje neplaniranih zastoja

Uzrok	Nivo opasnosti 6	Nivo opasnosti 7	Nivo opasnosti 8	Nivo opasnosti 9	UKUPNO
Bolcna	2,79%	11,54%	5,57%	0,00%	19,90%
Kočnice	5,97%	7,16%	0,00%	4,78%	17,91%
Rasklapanje/čišćenje	13,93%	0,00%	1,19%	0,00%	15,12%
Čaure	2,39%	2,39%	2,39%	0,60%	7,76%
Zavarivanje	0,00%	6,27%	0,00%	0,00%	6,27%

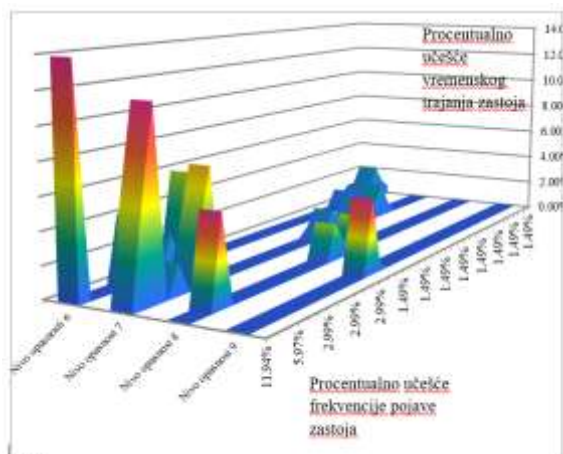
Uzrok	Nivo opasnosti 6	Nivo opasnosti 7	Nivo opasnosti 8	Nivo opasnosti 9	UKUPNO
Vodena pumpa	4,18%	1,79%	0,00%	0,00%	5,97%
Selem blokovi	0,00%	3,58%	0,00%	0,00%	3,58%
Hladnjak	1,19%	1,19%	0,00%	0,00%	2,39%
Kaiš	0,40%	1,99%	0,00%	0,00%	2,39%
Spone	0,00%	0,00%	2,39%	0,00%	2,39%
Španer	2,39%	0,00%	0,00%	0,00%	2,39%
....					
UKUPNO	38,61%	42,49%	13,53%	5,37%	100,00%

Na slici 5 prikazana je mapa rizika gde se na osama nalaze stepeni opasnosti i procentualno učešće vremena provedenog u zastoju po izdvojenim uzrocima zastoja.



Slika 5 - Mapa rizika za vreme provedeno u zastoju

Na slici 6. dat je 3D prikaz sa osama: nivo opasnosti, procentualno učešće frekvencija pojave i procentualno učešće vremenskog trajanja zastoja.



Slika 6 - 3D mapa rizika

Na 3D mapi rizika, može se uočiti da na nivou opasnosti 9 imamo kritičnu tačku za postupke održavanja kočnice (4,78%, 1,49%). Na nivou opasnosti 8 imamo kritičnu tačku za remontovanje bolcne (5,97%, 5,57%), kao i na nivou opasnosti 7 za remont bolcna (7,46%, 11,54%). U cilju prevencije rizika kod transportnih i rudarskih mašina razvijen je adaptivni i kontekstualni model upravljanja rizicima inkorporiran u

ekspertni sistem HAMRISK koji omogućava optimalan izbor strategije održavanja i posledično veću bezbednost i zdravlje na radu, redukciju direktnih i indirektnih troškova incidenata, bolje planiranje i veću produktivnost.

#### 4. EKSPERTNI SISTEM HAMRISK

HAMRISK je onlajn ekspertni sistem za prevenciju rizika kod transportnih i rudarskih mašina. Zahvaljujući ugrađenoj bazi znanja i logici zaključivanja, HAMRISK je u mogućnosti da predviđa i predlaže preventivne mere u cilju sprečavanja rizika kod transportnih i rudarskih mašina.

Nakon mapiranja rizika, analiziran je anketni upitnik koji je ponuđen korisnicima HAMRISK ekspertnog sistema u cilju ocene softvera i analize potreba korisnika radi daljeg razvoja i unapređenja softvera. Anketni upitnik sadrži nekoliko grupa pitanja: ključne karakteristike softvera, rad na različitim uređajima (PC, mobilni uređaji, itd.), uputstva i tehnička podrška, prilagođenost timskom radu, potrebe za softverom za prevenciju rizika i finansijski aspekt. U okviru ovih grupa pitanja na prvom nivou hijerarhijske strukture odlučivanja nalaze se pitanja na drugom nivou: Q1 – ocena funkcionalnosti, Q2 – jednostavnost upotrebe, Q3 – odziv servera, Q4 – kompatibilnost pretraživača, Q5 – zaštita podataka, Q6 – mogućnost deljenja podataka, Q7 – interfejs, Q8 – subjektivni osećaj, Q9 – rad na PC računaru, Q10 – rad na PDA/tablet uređaju, Q11 – rad na IOS mobilnim uređajima, Q12 – rad na Android mobilnim uređajima, Q13 – rad na laptop računarima, Q14 – kvalitet prateće dokumentacije, Q15 – jasnost uputstva za upotrebu, Q16 – raspoloživost tehničke podrške, Q17 – kvalitet tehničke podrške, Q18 – mogućnost timskog rada, Q19 – odnos cena/kvalitet, Q20 – da li imate softver za prevenciju rizika, Q21 – da li ste razmišljali o nabavci softvera za prevenciju rizika kod transportnih i rudarskih mašina, Q22 – da li smatrate da je izuzetno važna prevencija incidenata/nezgoda kod transportnih i rudarskih mašina, Q23 – da li smatrate da HAMRISK ekspertni sistem može da vam preventira nezgode i/ili incidente kod transportnih i rudarskih mašina, Q24 – da li ste planirali u godišnjem budžetu stavke koje se odnose na

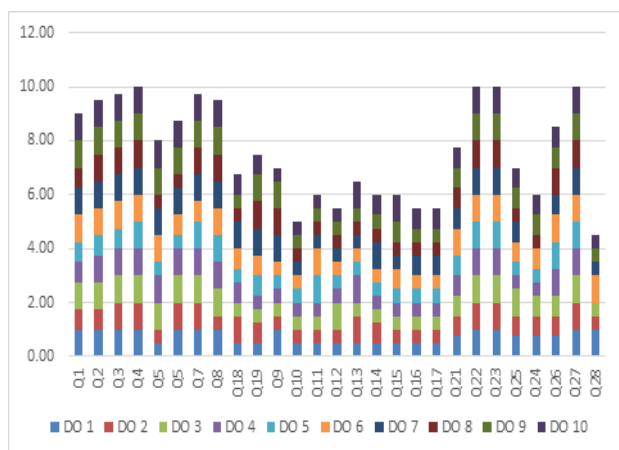
prevenciju incidenata i/ili nezgoda kod transportnih i rudarskih mašina, Q25 – da li ste upoznali odgovorne rukovodioce sa HAMRISK ekspertnim sistemom, Q26 – da li bi ste se preplatili za licenciranu verziju softvera HAMRISK, Q27 – da li bi ste preporučili HAMRISK

drugim korisnicima, Q28 – da li bi ste napisali recenziju za HAMRISK na internet stranici aplikacije.

U tabeli 3 prikazana je hijerarhija po kojoj su strukturirani kriterijumi na dva nivoa i njihova važnost.

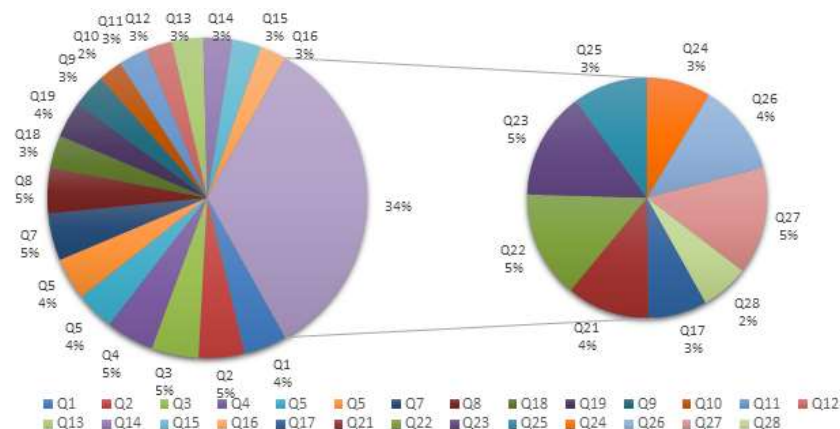
Tabela 3. Hijerarhija kriterijuma

HAM RISK	Tež. k oef.	Prioritet	I nivo kriterijuma	II nivo kriterijuma	Tež. koef.	Prioritet	Alternative
	100	0.182	Karakteristike HAMRISKA	Karakteristike HAMRISKA	100	0.125	Q1
	75	0.136	Uređaji		100	0.125	Q2
	75	0.136	Uputstva i tehnička podrška		100	0.125	Q3
	100	0.182	Prilagođenost timskom radu		100	0.125	Q4
	100	0.182	Potreba za softverom		100	0.125	Q5
	100	0.182	Finansijski aspekt		100	0.125	Q5
					100	0.125	Q7
					100	0.125	Q8
				Uređaji	100	0.2	Q9
					100	0.2	Q10
					100	0.2	Q11
					100	0.2	Q12
					100	0.2	Q13
				Uputstva i tehnička podrška	100	0.25	Q14
					100	0.25	Q15
					100	0.25	Q16
					100	0.25	Q17
				Prilagođenost timskom radu	100	1	Q18
				Potreba za softverom	100	0.25	Q21
					100	0.25	Q22
					100	0.25	Q23
					100	0.25	Q25
				Finansijski aspekt	100	0.235	Q19
					100	0.235	Q24
					100	0.235	Q26
					75	0.176	Q27
					50	0.118	Q28



Slika 7 - Rezultati prikazani po kriterijumima na najnižem nivou

Korišćena je SMART metoda (Simple Multiattribute Rating Techniques). Na slici 7 rezultati su prikazani po pitanjima na najnižem hijerarhijskom nivou u definisanoj strukturi odlučivanja.



Slika 8 - Strukturni udeo kriterijuma

## 5. ZAKLJUČAK

Prikazani model analize rizika rada dampera, omogućio nam je da na osnovu praćenja stepena opasnosti zastoja po vrsti uzroka, zatim po frekvenciji pojave određenih zastoja kao i vremenu provedenom u zastoju, možemo izvući zaključke o primarnim izvorima rizika. Konkretno, utvrđeno je da su uzroci koji potiču od mehaničkih zastoja - bolna i kočnice, primarni izvori rizika po bezbednost i zdravlje na radu. Mere preventivnog održavanja usmerene ka ukazanim uzrocima zastoja, primarne su aktivnosti održavanja posmatranih mašina, te je razmotrena i primena od strane autora razvijenog softverskog rešenja HAMRISK. Pokazano je da najveći udeo u modelu odlučivanja imaju odgovori na pitanja „da li smatrate da je izuzetno važna prevencija incidenata/nezgoda kod transportnih i rudarskih mašina“, „da li smatrate da HAMRISK ekspertni sistem može da vam prevenira nezgoda i/ili incidente kod transportnih i rudarskih mašina“, i „da li

Prema slici 8 može se uočiti da su grupa pitanja Q10 - Q13 rad na drugim uređajima (osim na PC računarima) slabije ocenjena jer se manje koriste drugi oblici pristupa HAMRISK onlajn ekspertnom sistemu. Takođe, grupa pitanja Q14 - Q17 koja se odnosi na uputstva i tehničku podršku (uputstva su u demo fazi razvoja softvera, bila raspoloživa samo onlajn) je takođe bila slabije ocenjena u odnosu na druge grupe pitanja. Grupa pitanja Q21, Q22 i Q25 su izuzetno visoko rangirana što ukazuje na potrebu donosioca odluka za ovakvom vrstom softverske ekspertize i njihovu želju da takvo rešenje uvrste u svakodnevni rad. Grupa pitanja Q19, Q24, Q26, su sadržajno vezana za raspoloživa finansijska sredstva. Najznačajnije sa aspekta programera HAMRISK softvera su visoko rangirani rezultati grupe pitanja Q1 - Q8 koja se odnosi na ključne karakteristike HAMRISK softvera. Na slici 8, izvršen je proračun procentualnog udela kriterijuma na najnižem nivou, nakon normalizacije. Najveći udeo u modelu odlučivanja imaju pitanja Q22, Q23 i Q27.

bi ste preporučili HAMRISK drugim korisnicima“, što ukazuje da su korisnici svesni važnosti prevencije rizika kod transportnih i rudarskih mašina i da im je softversko rešenje za prevenciju nezgoda/incidenata neophodno.

## 6. ZAHVALNICA

Ovaj rad je rezultat projekata finansiranih od MPNTRS 451-03-68/2020-14/200105, RESMOD i E!13300

## 7. NAPOMENA

Rad je nastao na osnovama radova prezentovanih na konferenciji SIE 2022: Misita, M., Spasojević Brkić, V., Damjanović, M., Đurić, G., Papić, N., & Perišić, M. Evaluation of The HAMRISK Expert System by Hierarchical Structuring of Criteria i Misita, M., Brkić, A., Spasojević Brkić, V., Papić, N., Perišić, M., & Rakonjac, I. Dump Truck Efficiency and Risk Maps: Case Study

## LITERATURA

- [1] Mohamed R, Che Hassan, C. R. & Hamid M. D. Critical success factors of risk-based inspection. *Process Safety Progress*, 38(1), 4-20; 2019.
- [2] Stanojević P, Jovanović A, Kirin S, Misita M, Orlić B, Eremić S, Some achievements in RBIM implementation according to RIMAP approach. *Structural Integrity and Life*, 15(2), 79-84; 2015
- [3] Jovanovic A, Auerkari P. & Bareiss J. M. Practical determination of probability of failure in risk-based inspection and life management of coal power plants. *In Coal Power Plant Materials and Life Assessment* (pp. 288-317). Woodhead Publishing, 2014.
- [4] Dou Z, Jiang J. C, Wang Z. R, Pan X. H, Shu C. M. & Liu L. F. Applications of RBI on leakage risk assessment of direct coal liquefaction process. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 45, 194-202, 2017.
- [5] Sultanbekova Z, Tsekhovoy A, Moldabayev S. & Sarybayev N. Jeon H. W, Risks study during implementation of combined transport on ore open pit mines. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*, 20(1.2), 259-266.2020.
- [6] Jung I. S. & Lee C. S. Risk assessment for reducing safety accidents caused by construction machinery. *Journal of the Korean Society of Safety*, 28(6), 64-72, 2013.
- [7] Hartlieb-Wallthor P. V, Hecken R, Kowitz S. F, Suciu M. & Ziegler M. Sustainable Smart Mining: Safe, Economical, Environmental Friendly, Digital. In *Yearbook of Sustainable Smart Mining and Energy 2021* (pp. 37-79). Springer, Cham, 2022.
- [8] Sahu H. B, Prakash N. & Jayanthu S. Underground mining for meeting environmental concerns—a strategic approach for sustainable mining in future. *Procedia Earth and Planetary Science*, 11, 232-241, 2015.
- [9] Milazzo M. F, Ancione G, Brkic V. S. & Vališ D. Investigation of crane operation safety by analysing main accident causes. *Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice*, 74-80, 2016.
- [10] Allahkarami Z, Sayadi A. R. & Lanke A. Reliability analysis of motor system of dump truck for maintenance management. In *Current trends in reliability, availability, maintainability and safety* (pp. 681-688). Springer, Cham, 2016.
- [11] Zheng S, Cheng K, Wang J, Liao Q, Liu X. & Liu W. Failure analysis of frame crack on a wide-body mining dump truck. *Engineering Failure Analysis*, 48, 153-165, 2015.
- [12] Bolshunova O. M, Korzhev A. A. & Kamyshyan A. M. Adaptive control system of dump truck traction electric drive. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 327, No. 5, p. 052007. IOP Publishing, 2018.
- [13] McCann M. & Cheng M. T. Dump truck-related deaths in construction, 1992–2007. *American journal of industrial medicine*, 55(5), 450-457, 2012
- [14] Mottahedi A, Sereshki F, Ataei M, Nouri Qarahaslanlou A. & Barabadi A, Resilience analysis: A formulation to model risk factors on complex system resilience. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 12(5), 871-883, 2021.
- [15] Allahkarami Z, Sayadi A. R. & Ghodrati B. Identifying the mixed effects of unobserved and observed risk factors on the reliability of mining hauling system. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 12(2), 281-289, 2021.
- [16] Siami-Irdemoosa E. & Dindarloo S. R. Prediction of fuel consumption of mining dump trucks: A neural networks approach. *Applied Energy*, 151, 77-84, 2015.
- [17] Sahoo L. K, Bandyopadhyay S. & Banerjee R. Benchmarking energy consumption for dump trucks in mines. *Applied energy*, 113, 1382-1396, 2014.
- [18] Koptev V Y and Kopteva A V. Mining business transportation system structure optimization *International Journal of Applied Engineering Research* 11 7402-7405, 2016.
- [19] Koptev V. Yu and A. V. Kopteva. Developing an ecological passport for an open-pit dump truck to reduce negative effect on environment; In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 66, no. 1, p. 012009. IOP Publishing, 2017.

## SUMMARY

### DUMPER OPERATION RISK ANALYSIS MODEL AND HAMRISK EXPERT SYSTEM

*The paper presents a model of risk analysis of dumper operation with the aim of determining the most common reason for unplanned stoppages, as well as, after classifying stoppages by system, to evaluate them from the aspect of risk. The set criteria for risk analysis are: time spent in downtime, frequency of downtime and level of danger. The results of the research indicated the causes of high risk on the observed machines, on the basis of which priority preventive maintenance measures can be refined in order to reduce risk. Furthermore, in the research on risk prevention of the operation of transport and mining machines, the online contextual and adaptive expert system HAMRISK was developed and the advantages and disadvantages of the developed software solution were examined in practice.*

**Key Words:** *dumper, risk map, HAMRISK*