



## DUNAV PREVING

Savetovanje sa međunarodnim učešćem  
The Conference with participants from abroad

**PO  
ŽAR  
UPRAVLJANJE  
RIZIKOM I**

**FI  
RE  
RISK  
MANAGEMENT**

**EKS  
PLO  
ZIJA  
OSIGURANJE  
U INDUSTRIJI,**

**EX  
PLO  
SION  
AND INSURANCE  
IN INDUSTRY,**

**HAVA  
RIJA  
TRANSPORTU I  
SKLADIŠTENJU**

**ACCI  
DENT  
TRANSPORTATION  
AND WAREHOUSING**

13 i 14. decembar 2001. godine  
Beograd



# ZBORNİK RADOVA

SAVETOVANJE SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM  
"UPRAVLJANJE RIZIKOM I OSIGURANJE U  
INDUSTRIJI, TRANSPORTU I SKLADIŠTENJU"

ORGANIZATOR SAVETOVANJA:  **DUNAV PREVING**

## ORGANIZACIONI ODBOR

Dimitrije Stamenović (predsednik), dr Ratko Vujović (zamenik predsednika), Slobodan Miličković, Olivera Labus, Dragiša Kecojević, Milan Cerović, Jovan Petković, Zoran Kalinić, Sreto Motika, prof. dr Jovan Todorović, prof. dr Dragan Cvetković, prof. dr Milovan Stanišić, prof. dr Đorđe Simić, prof. dr Milan Inić, prof. dr Stojan Sedmak, Boško Dimitrijević, prof. dr Milovan Vidaković, Dobrosav Ogrizović, Branko Rajčić, Lidija Vasić, mr Mirjana Grbović, Gavriilo Bobar, mr Risto Jugović, Žarko Popović, prof. dr Dragutin Šipka, Radenko Purić, Dragan Pazarkić, Dragan Jovanović, Nebojša Divljan, Vojko Saksida, Dragan Jovović, Bogdan Krbanjević, Nikola Čanak, Željko Vuković, Zoran Popović, Milan Popović, Vasilije Marković, Rade Mandić, Nikola Radulović, Aleksandar Stamenković, Jovan Ivanović, Duško Petrović, mr Predrag Borota i Marija Petković.

## PROGRAMSKI ODBOR

Dr Ratko Vujović (predsednik), mr Mirjana Grbović i Lidija Vasić (zamenici predsednika), akademik Miomir Vukobratović, prof. dr Jovan Todorović, prof. dr Ljubiša Papić, prof. dr Vladimir Kuljba, prof. dr Felician Campean, prof. dr Dimitri Golenko - Ginzburg, prof. dr Susana San Matias, prof. dr Andres Carrion, prof. dr Mark G. Karpovski, prof. dr Claudio Moraga, prof. dr Aleksandar Jovanović, prof. dr Zoran Boričić, prof. dr Miomir Stanković, prof. dr Desimir Jovanović, prof. dr Žarko Janković, prof. dr Nenad Živković, prof. dr Mirosljub Grozdanović, prof. dr Dragan Spasić, prof. dr Momir Šarenac, prof. dr Čedomir Duboka, prof. dr Relja Jovanović, prof. dr Dragoljub Šotra, prof. dr Radoslav Dragač, prof. dr Milan Vujanić, prof. dr Ferenc Časni, prof. dr Aleksandar Sedmak, prof. dr Branislav Anđelković, dr Zdravko Petrović, mr Stevo Borovina, Branko Paripović, Tomislav Nedić, Miroslav Ivanković, Dragan Odžaklijević, mr Milorad Bejatović, Željko Jovanović, Milan Kiković, Jovanka Jovanović, Maja Marović, mr Drago Talijan, Boško Dimitrijević, Danilo Perić, Đorđe Radovanović, Veljko Grozdanić, Vera Ilić, mr Vladimir Kapor Radovan Vranić, Ilija Cakić, Milan Prica, Zoran Penezić i Milorad Mandić.

## IZDAVAČ

DUNAV PREVING a.d.  
PREDUZEĆE ZA PREVENTIVNI INŽENJERING I  
PRUŽANJE TEHNIČKIH USLUGA U OSIGURANJU

Goce Delčeva 46/II, 11070 Beograd  
Telefoni: 605-190 i 605-490, Telefax: 606-183  
e-mail: preving@yubc.net

## GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK

Ratko Vujović

## ZAMENIK GLAVNOG I ODGOVORNOG UREDNIKA

Miomir Stanković

## UREDNIK

Ljubiša Papić

## LEKTOR I KOREKTOR

Vera Joldić

## KOMPJUTERSKA OBRADA

Dimitrije Janičić - Beograd

## GRAFIČKA REALIZACIJA

Interpress, Beograd

Tiraž: 550 primeraka

U ovom Zborniku objavljeni su radovi sa naučno stručnog skupa održanog 13. i 14. decembra 2001. god., a radovi izloženi na skupu koji nisu blagovremeno prispeli do zaključenja zbornika biće štampani u časopisu "Preventivno inženjerstvo", br.1 za 2002. god.

**REDAKCIJA**

# Sadržaj

## Contents

Dr Ratko Vujović Prof. dr Jovan Todorović Prof. dr Miomir Stanković Prof. dr Branislav Anđelković Mr Sreten Savić	<b>Upravljanje rizikom i osiguranje u industriji, transportu i skladištenju</b> Risk management and insurance in industry, transportation and warehousing.....	7
Prof. dr Vladimir V. Kuljba	<b>Modeli, metode i automatizacija upravljanja u uslovima kriznih situacija</b> The models, methhods and automatizatlon management in the circumstances of critical situations .....	17
Dimitrij A. Kanonov Prof. dr Vladimir V Kuljba Robert M. Nižegorodcev Svetlana Janjić	<b>Primena metodologije scenarijske analize za proučavanje regularnosti funkcionisanja složenih sistema</b> Application of scenario analysis methodology for study of complex systems regularity and operation.....	21
Vesna Nikolić Prof. dr Miomir Stanković Prof. dr Branislav Anđelković	<b>Procesi globalizacije osiguranja i obrazovanja za upravljanje rizikom</b> Globalisation processes in insurance and educational risk management.....	33
Prof. dr Mirko Vujošević Dragana Makajić-Nikolić	<b>Modeliranje procesa otkaza i opravki u složenim sisitemima primenom Petrijevih mreža</b> Modelling of failure and repair processes using Petri nets .....	43
Mr Drago Talijan	<b>Fenomen rizika – rizik i osiguranje</b> Phenomenon of the risk – Risk and the insurance .....	49
Prof. dr Genadij G. Malinecki	<b>Upravljanje rizikom i nelinearna dinamika, pitanja i odgovori</b> Risk management and nonlinear dynamics – Questions and answers – .....	53
Prof. dr Pavle Todorović Mr Zoran Čvorović	<b>Modeli reagovanja na rizike od hemijskih akcidenata</b> Models of reactions to chemical accidents risks .....	62
Prof. dr Mirosljub Grozdanović Ivan Radojković	<b>Okvir za kvantifikaciju ljudske pouzdanosti</b> Human reliability quantification framework.....	66
Doc. dr Dragan Ljamić Dr Miodrag Arsić	<b>Primena FMECA metode pri proceni požarnog rizika</b> Application of FMECA method in fire risk estimation .....	72
Prof. dr Katica Stevanović-Hedrih Mr Dragan Jovanović	<b>Mehanika loma i oštećenja – ključni pojmovi scenarija rizika i zaštite konstrukcija</b> Fracture and damage mechanics key notions of risk scenario and protection of constructions.....	77
Sam Har-Zahav Prof. dr Milorad Obradović Mr Mirko Obradović Ariel Ancel	<b>Upravljanje rizikom kod centralnog alarmnog sistema</b> Risk menagemanet of central alarm system .....	93
Ivan Radojković Prof. dr Mirosljub Grozdanović	<b>Metodologija za ocenu ljudske pouzdanosti u okviru ocene rizika</b> Human reliability assessment methodology within the risk assessment framework.....	99
Mr Slavko Cvetković Mr Slobodan Stefanović	<b>Metode merenja i kontrole parametara uticajnih na pojave uzroka štetnih događaja</b> Methods monitoring and parametars control effecting causes of occurrences.....	105
Mr Kosovka Mačužić	<b>Procena rizika i osiguranje sa aspekta zaštite na radu</b> Risk evaluation and Insurance from the point of view of occupational safety and health .....	109
Mr Dragan Jovanović Milena Jovanović	<b>Naponi u okolini vrha prsline u ploči i primena aktivnih elemenata u cilju smanjenja rizika</b> Stresses in the vicinity of the crack tip in a plate and application of active elements for reduction of risk.....	113
Prof. dr Momir Šarenac	<b>Koeficijent sigurnosti mašinskih konstrukcija kao faktor rizika</b> Safety degree as a risk factor.....	119
Prof. dr Božidar Milenović	<b>Ekonomski pristup analizi ekološkog rizika</b> Ekonomic aproaches to environmental risk analysis.....	126
Prof. dr Dragan Cvetković	<b>Vibracije kao parametar za odlučivanje u procesu upravljanja rizikom u industriji</b> Variations as parameters for decision-making in risk management assessment in industry.....	135
Prof. dr Livija Cvetičanin	<b>Kontrola vibracionog stanja rotacionih postrojenja kao preventiva od mogućih havarija</b> Vibrodiagnostics of rotors as the prevention of possible damages to rotating machines.....	141



Mr Ivan Mažučić	<b>Primena vibroakustičkih dijagnostičkih metoda u funkciji procene rizika u sistemima za proizvodnju električne energije</b>	
Prof. dr Branislav Jeremić	Applicatoin of vibroacoustic methods in function of risk evaluation in electric power production systems.....	146
Mr Spasoje Sćepanović Prof. dr Živoslav Adamović Mr Dragoljub Vučeljić Dejana Soldo	<b>Unapređeno praćenje i dijagnostički sistem u termoenergetskim postrojenjima</b> Advanced monitoring and diagnostic system in thermal power plant.....	151
Dr Novica Grujić Milorad Gligorijević Miodrag Jolić Vladan Milovanović	<b>Tehnologija sistemskog praćenja radova održavanja kao uslov odobravanja popusta pri osiguranju mašina od loma</b> Systematic monitoring of maintenace as a condition for granting a discount on machinery breakdown insurance.....	157
Dr Novica Grujić Milovan Petrović	<b>Totalno produktivno održavanje kao element sigurnosti korišćenja proizvodnih snaga</b> Totally productive maintenance as safety element in use of productive forces.....	165
Dr Dragan Knežević	<b>Modeliranje dinamičkih karakteristika pneumatičkih ventila i ocena modela</b> Modelling of dynamic characteristics of pneumatic valves and model evaluation.....	172
Dr Zdravko Milovanović	<b>Metode za procjenu optimalne pouzdanosti kondenzacione termoelektrane</b> Methods for the estimation of condensing thermal power plant optimum reliability.....	179
Dr Zdravko Milovanović	<b>Algoritam modifikovane metode za procjenu optimalne pouzdanosti kondenzacione termoelektrane</b> Algorithm of modified method for estimation of condensing thermal power plant optimum reliability.....	187
Stanislav J. Butuzov	<b>Problemi bezbedne primene inostranih mikroprocesorskih sistema i razreda metoda ekspresne kontrole za sertifikaciju tehničkih delova kompjutera</b> Problems of safe use of foreign microprocessor systems and development of express control method for certification of computer technical parts.....	197
Dr Julije Cinkler	<b>Katodna zaštita kao preventivna mera na objektima naftne privrede</b> Cathodic protection as a preventive measure on oil production structures.....	200
Dr Ivan Bučevac	<b>Jedan prilaz proceni rizika kod postrojenja za doziranje aluminijskog praha</b> An approach to risk assessment in aluminium powder dozing plants.....	207
Prof. dr Žarko Janković	<b>Rizik od mehaničkog povređivanja</b> The risk of injuries while operating machines.....	213
Goran Čarapić Miloica Zindović Branko Đuretić	<b>Tehnička dijagnostika i efekti njene primjene</b> Technical diagnostics and effects of its use.....	220
Prof. dr Desimir Jovanović Mr Dušica Tomanović	<b>Analiza rizika od požara</b> Fire hazard analysis.....	226
Goran Đorđević Borivoje Pantović Bata Jonić Ljubinko Janković	<b>Analiza stepena zapuštenosti, eksplozivnosti i ugroženosti od požara i eksplozije ugljene prašine u objektima drobilane „Drmno“ kao faktor industrijskog rizika</b> An analysis of dust level, explosiveness and treat from coal dust fire and explosion in Drmno crusher as an industrial risk factor.....	235
Mr Dragana Bogavac	<b>Mogućnosti i ograničenja primene postojeće jugoslovenske regulative za proračun otpornosti preme požaru čeličnih konstrukcija</b>	
Mr Boris Gligić	Possibilities and limitations of current Yugoslav technical regulations for caluculation of fire resistance of steel structures.....	241
Prof. dr Slobodan Krnjetin	<b>Klase otpornosti prema požaru elemenata građevinskih konstrukcija – potrebne i stvarne vrednosti</b> Fire resistance classes of elements in civil engineering structures – required and real values.....	248
Prof. dr Slobodan Krnjetin	<b>Požarni rizik na visokim objektima (primer zgrade Novosadskog otvorenog Univerziteta)</b> Fire risk on high building structures (the example of the Novi Sad open University building structure). .....	253
Dr Mirko Ivković	<b>Preventivna zaštita sistemom degazacije pri radu u izbojnoj radnoj sredini u rudnicima uglja</b> Preventive protection by degasification at work in penetrating working area in char coal mines.....	258
Božidar Prekić	<b>Stvarni vlasnik imovine i rizici</b> Real property owner and risks.....	262



Božidar Prekić	<b>Pouzdanost tehničkih sistema i osiguranje</b> Reliability of technical systems and insurance.....	267
Dr Tomislav Simović	<b>Upravljanje rizikom i osiguranje u industriji</b> Risk management and insurance in the industry .....	276
Prof. dr Miodrag Bulatović	<b>Održavanje i TQM koncept u proizvodnim sistemima</b> TQM concept and maintenance in function of risk and reducing of production systems.....	282
Svetlana Janjić	<b>Problemi analize funkcionisanja pri upravljanju rizikom u sferi bezbednosti u industriji</b> Problems of analysing risk management functioning in the area of safety in industry .....	287
Životije Dobrosavljević Marko Emer	<b>Biometrijska identifikacija i upravljanje rizikom</b> Biometric identification and risk control .....	292
Prof. dr Miomir Jovanović Prof. dr Zoran Marković Dragan Marinković	<b>Simulacija havarijskih situacija regalnih dizalica</b> Storage crane accident simulation .....	298
Mr Vladimir Kapor	<b>Eksplodije zapaljivih prašina oranskog porijekla u sistemima za transport i skladištenje</b> Flammable organic dust explosions in transport and storage systems .....	303
Dr Branislav Repić Dr Borislav Grubor	<b>Zaštita postrojenja za pripremu, skladištenje i transport spraašenog uglja u industrijskim uslovima</b> Protection of systems for preparing, storage and transport of pulverized coal in industry .....	314
Dr Dragoljub Dakić	<b>Preventiva kod prevoza opasnih materija</b> Prevention in transportation of hazardous materials .....	320
Doc. dr Vojkan Jovanović	<b>Neke mogućnosti za smanjenje rizika u lancima snabdevanja i logističkim procesima sa opasnim materijama</b> Some possibilities for risk decreasing in supply chains and logistics processes with hazmats.....	326
Jelena Vlajić	<b>Elementi „preventivnog“ modela u procesu pretovara opasnih materija</b> Some elements of „Preventive Model“ in the process of dangerous cargoes reloading .....	334
Mr Deda Đelović Snežana Marstijepović	<b>Novi pristup dojava požara u velikim skladištima naftnih derivata</b> New approach to fire alarm in big petroleum products storages.....	340
Marko Rebolj	<b>Osvrt na propise za postrojenja za zapaljive tečnosti u funkciji dopuštenog nivoa rizika od nastanka požara</b> A review of regulations for flammable liquids plants in function of allowed fire risk occurrence level .....	349
Gradimir Jevtović	<b>Piretehnička analiza kao osnov ocene rizika u postupku prometa eksplozivnih materija</b> Piretechnical analysis as a basis for risk estimation in a process of traffic of explosive substances .....	352
Pukovnik Radovan Jovanov	<b>Kaznena odgovornost za nepropisan prevoz eksplozivnih i drugih opasnih materija</b> Penal liability for irregular transportation of explosive and other dangerous matters .....	357
Prof. dr Dragan Jovašević Prof. dr Milan Milošević	<b>Zahtevi i rezultati ispitivanja izolacionih materijala na negorivosti u projektima brodskih konstrukcija</b> Requirements and results of insulation material fireproof test in ship construction /building projects....	361
Mr Ljubiša Mišić	<b>Rizik u drumskom saobraćaju</b> Risk in road traffic.....	368
Prof. dr Milan Inić Dragan Jovanović	<b>Uticajni faktori na rizik u drumskom saobraćaju</b> Influencing factors on road traffic risk.....	373
Prof. dr Rajko Radonjić Aleksandra Radonjić	<b>Vrednovanje karakteristika vozila sa aspekta aktivne bezbednosti</b> Evaluation of vehicle handling in respect to active safety.....	378
Prof. dr Božidar Krstić	<b>Analiza pouzdanosti kočnog sistema motornih vozila</b> An analysis of reliability of motor vehicles braking system .....	384
Doc.dr Jovan Jevtić	<b>Preventivno ispitivanje opruga vozila u cilju bezbednosti</b> Preventive testing of vehicle springs for safety reasons .....	391
Dr Miodrag Arsić Mr Vujadin Aleksić Doc. dr Dragan Ljamić Prof. dr Stojan Sedmak	<b>Kontinualno dijagnosticiranje reduktora za pogon rotora bagera</b> Continuous diagnostic of gearbox for rotor's driver of excavator in risk management function .....	396



Božidar Prekić	<b>Pouzdanost tehničkih sistema i osiguranje</b> Reliability of technical systems and insurance.....	267
Dr Tomislav Simović	<b>Upravljanje rizikom i osiguranje u industriji</b> Risk management and insurance in the industry .....	276
Prof. dr Miodrag Bulatović	<b>Održavanje i TQM koncept u proizvodnim sistemima</b> TQM concept and maintenance in function of risk and reducing of production systems.....	282
Svetlana Janjić	<b>Problemi analize funkcionisanja pri upravljanju rizikom u sferi bezbednosti u industriji</b> Problems of analysing risk management functioning in the area of safety in industry .....	287
Životije Dobrosavljević Marko Emer	<b>Biometrijska identifikacija i upravljanje rizikom</b> Biometric identification and risk control .....	292
Prof. dr Miomir Jovanović Prof. dr Zoran Marković Dragan Marinković	<b>Simulacija havarijskih situacija regalnih dizalica</b> Storage crane accident simulation .....	298
Mr Vladimir Kapor	<b>Eksplodije zapaljivih prašina organskog porijekla u sistemima za transport i skladištenje</b> Flammable organic dust explosions in transport and storage systems .....	303
Dr Branislav Repić Dr Borislav Grubor	<b>Zaštita postrojenja za pripremu, skladištenje i transport spraćenog uglja u industrijskim uslovima</b> Protection of systems for preparing, storage and transport of pulverized coal in industry .....	314
Dr Dragoljub Dakić	<b>Preventiva kod prevoza opasnih materija</b> Prevention in transportation of hazardous materials .....	320
Doc. dr Vojkan Jovanović	<b>Neke mogućnosti za smanjenje rizika u lancima snabdevanja i logističkim procesima sa opasnim materijama</b> Some possibilities for risk decreasing in supply chains and logistics processes with hazmats.....	326
Jelena Vlajić	<b>Elementi „preventivnog“ modela u procesu pretovara opasnih materija</b> Some elements of „Preventive Model“ in the process of dangerous cargoes reloading .....	334
Mr Deda Đelović Snežana Marstijepović	<b>Novi pristup dojave požara u velikim skladištima naftnih derivata</b> New approach to fire alarm in big petroleum products storages.....	340
Marko Rebolj	<b>Osvrt na propise za postrojenja za zapaljive tečnosti u funkciji dopuštenog nivoa rizika od nastanka požara</b> A review of regulations for flammable liquids plants in function of allowed fire risk occurrence level .....	349
Gradimir Jevtović	<b>Piretehnička analiza kao osnov ocene rizika u postupku prometa eksplozivnih materija</b> Piretechnical analysis as a basis for risk estimation in a process of traffic of explosive substances .....	352
Pukovnik Radovan Jovanov	<b>Kaznena odgovornost za nepropisan prevoz eksplozivnih i drugih opasnih materija</b> Penal liability for irregular transportation of explosive and other dangerous matters .....	357
Prof. dr Dragan Jovašević Prof. dr Milan Milošević	<b>Zahtevi i rezultati ispitivanja izolacionih materijala na negorivosti u projektima brodskih konstrukcija</b> Requirements and results of insulation material fireproof test in ship construction /building projects....	361
Mr Ljubiša Mišić	<b>Rizik u drumskom saobraćaju</b> Risk in road traffic.....	368
Prof. dr Milan Inić Dragan Jovanović	<b>Uticajni faktori na rizik u drumskom saobraćaju</b> Influencing factors on road traffic risk.....	373
Prof. dr Rajko Radonjić Aleksandra Radonjić	<b>Vrednovanje karakteristika vozila sa aspekta aktivne bezbednosti</b> Evolution of vehicle handling in respect to active safety.....	378
Prof. dr Rajko Radonjić	<b>Analiza pouzdanosti kočnog sistema motornih vozila</b> An analysis of reliability of motor vehicles braking system .....	384
Prof. dr Božidar Krstić	<b>Preventivno ispitivanje opruga vozila u cilju bezbednosti</b> Preventive testing of vehicle springs for safety reasons .....	391
Doc.dr Jovan Jevtić	<b>Kontinualno dijagnosticiranje reduktora za pogon rotora bagera</b> Continuous diagnostic of gearbox for rotor's driver of excavator in risk management function .....	396
Dr Miodrag Arsić Mr Vujadin Aleksić Doc. dr Dragan Ljamić Prof. dr Stojan Sedmak		



Prof. dr Zoran Marinković Prof. dr Miomir Jovanović Prof. dr Miomir Stanković	<b>Sistemski pristup proračuna efektivnosti dizalica</b> Calculation approach to the crane system efficiency .....	401
Prof. dr Milan Sretenović Doc. dr Milan Miljuš	<b>Analiza povećanja bezbednosti vozača viljuškara</b> An analysis of increasing forklift-drivers' security.....	410
Prof. dr Mičo Oljača Prof. dr Dragiša Raičević Doc. dr Rade Radojević	<b>Uslovi bezbednosti u radu viljuškara</b> A safety conditions in work of fork-lift trucks .....	416
Prof. dr Dragan Novaković Prof. dr Milan Đević Mr Zoran Mileusnić	<b>Uslovi bezbedne eksploatacije viljuškara u poljoprivredi</b> Fork-lift exploitation security condition in agriculture .....	421
Doc. dr Lazar Ružičić Prof. dr Dragiša Raičević Prof. dr Đuro Ercegović Milorad. Đokić	<b>Preventivna zaštita kombajna od požara</b> Preventive protection of combines against fire.....	424
Prof. dr Mičo Oljača Prof. dr Đuro Ercegović J. Đenić	<b>Uzroci prevremenog isključenja pneumatika poljoprivredne mehanizacije iz eksploatacije</b> The causes out of order for tires of agricultural mechanizations from exploitation.....	429
Doc. dr Luka Radoja Miroslav Uzelac	<b>Sklop za otklanjanje zagušenja komušaljke kombajna-berača kukuruza</b> Unit for clean-up corn husing of corn picker.....	436
Dr Mirko Ivković Dr Milenko Ljubojev	<b>Oštećenja površine terena i izgrađenih objekata uzrokovana podzemnom eksploatacijom mineralnih sirovina</b> Accident area of terrain and built objects caused by underground exploitation of mineral raw material.....	439
Mr Ljubica Milović Mr Milorad Zrilić Ivo Blačić	<b>Analiza uzroka oštećenja valjka u Valjaonici aluminijuma Sevojno</b> The damage analysis of working rolss in Valjaonica aluminijuma Sevojno .....	444
Dejan Milošević	<b>Napredni algoritmi odlučivanja pri detekciji požara</b> Enhanced fire detection algorithms .....	448
Dr Ibrahim Jusufrić Dr Relja Jovanović	<b>Mogućnost primjene modernih dinamičkih testova šinskih vozila na podizanje komfora vožnje i bezbjednost tramvajskog prevoza u Sarajevu</b> A possibility of using modern rolling stock dynamic tests to upgrade the running comfort and safety in tram traffic in Sarajevo.....	452



**M. Arsić**  
**D. Ljamić**  
**V. Aleksić**  
**S. Sedmak\***

## **KONTINUALNO DIJAGNOSTICIRANJE REDUKTORA ZA POGON ROTORA BAGERA U FUNKCIJI UPRAVLJANJA RIZIKOM**

## **CONTINUOUS DIAGNOSTIC OF GEARBOX FOR ROTOR'S DRIVER OF EXCAVATOR IN RISK MANAGEMENT FUNCTION**

### **1. UVOD**

Savremeni razvoj i održavanje složenih mašinskih sistema ima osnovni zahtev, težnju za što većim efektivnim vremenom u radu, odnosno manjim vremenom u otkazu sistema, što se može ostvariti povećanjem pouzdanosti i raspoloživosti delova i celina. Za ostvarenje ovog cilja savremene strategije održavanja su bazirana na metodama tehničke dijagnostike i fleksibilnom konceptu preventivno-planskog održavanja u kome se ocena stvarnog stanja mašinskih celina izvodi na osnovu praćenja i analize relevantnih parametara, pre svega dinamičkih veličina.

Strategija preventivnog planskog održavanja na ovaj način se bazira na oceni i praćenju stvarnog stanja na osnovu kontinualnog snimanja, praćenja i analize pogodno izabranih dinamičkih veličina, prvenstveno u obliku vibracija, odnosno frekvencija. Postupcima dijagnostike se vrši raspoznavanje stanja tehničkog sistema a procesom monitoringa se prate promene stanja [1], što omogućava flek-

sibilan pristup u održavanju na osnovu potrebe stvarnog praćenog i identifikovanog stanja.

Rudarske mašine za kontinualnu eksploataciju spadaju u red savremenih, složenih i skupih proizvodnih sistema namenjenih za ostvarivanje postavljene funkcije cilja, a prema projektovanoj tehnologiji BTO (bager, transporter, odlagač) sistemi se izrađuju u malim serijama, pojedinačno i uglavnom namenski prema konkretnoj radnoj sredini.

Podsistem za kopanje predstavlja jedan od najznačajnijih i najodgovornijih celina rotornih bagera. Otkazi na ovom podsystemu, osim što su sa najdužim vremenima trajanja, predstavljaju i sa aspekta bezbednosti sistema jednu od najbitnijih celina.

### **2. ANALIZA OTKAZA I UZROKA NEISPRAVNOSTI POGONA KOPANJA**

Sve osobine jednog proizvodnog sistema s obzirom na izvršavanje njegovog zadatka, odnosno zadate funkcije cilja, sasvim dobro izražava funkcija efektivnosti. Kako je sistem u toku rada u svom životnom veku izložen mnoštvu slučajnih uticaja sa stanjima u otkazu koji imaju stohastički karakter, funkcija efektivnosti se definiše kao verovatnoća da će sistem uspešno stupiti u dejstvo u trenutku potrebe i da će uspešno izvršavati zadatak funkciju kriterijuma u projektovanom vremenu pod datim uslovima okoline.

Veliki proizvodni sistemi, kakav je i BTO sistem, zbog složenosti strukture, uslova rada i velikog broja sastavnih delova vrlo se teško mogu analizirati. U ovim slučajevima, korišćenjem manjih, nužnih uprošćavanja u zavisnosti od potreba, efikasno se primenjuje analiza stabla otkaza [2].

Analiza stabla otkaza je deduktivna metoda pri čemu su logički dijagrami i Bulova algebra upotrebljeni za prezentiranje različitih događaja koji potencijalno mogu dovesti do neželjenih pojava. Neželjeni efekti su tzv. vršni

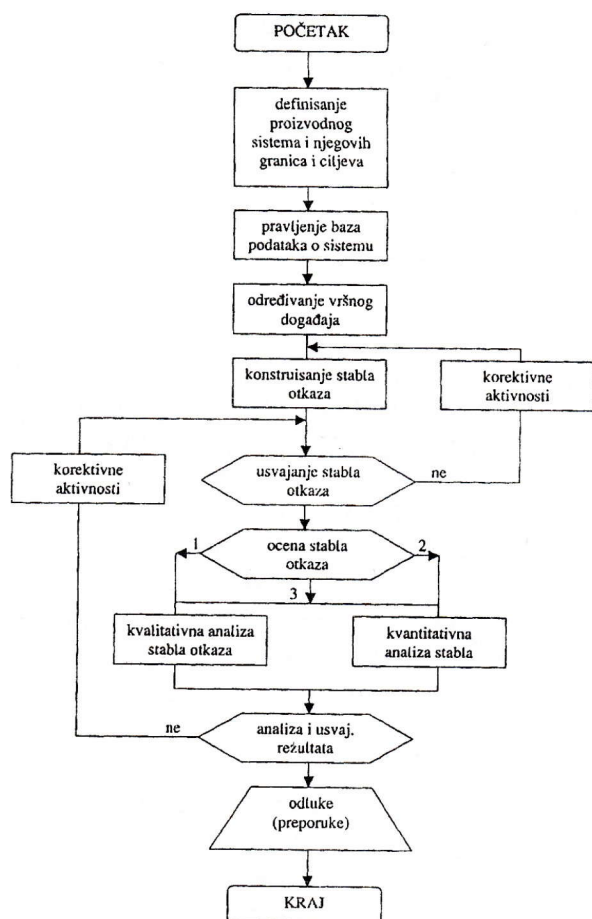
---

\* Dr Miodrag Arsić, naučni saradnik,  
Mr Vujadin Aleksić, istraživač saradnik, GOŠA Institut, Beograd,  
Dr Dragan Ljamić, docent, Mašinski fakultet, Priština.  
Dr Stojan Sedmak, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd



događaji, koji se najpre definišu. Stablo otkaza je grafički prezentiran niz događaja, uzroka i posledica, koji uzrokuju otkaz posmatrane funkcije u odnosu na koju se ocenjuje pouzdanost sistema. Suština je identifikovati događaje koji neposredno narušavaju posmatranu funkciju, kao i logičku međuzavisnost tih događaja. Kvalitativna analiza se nastavlja analogno, koji događaji i kada uzrokuju prethodno identifikovane događaje sve dok se u ovoj de-

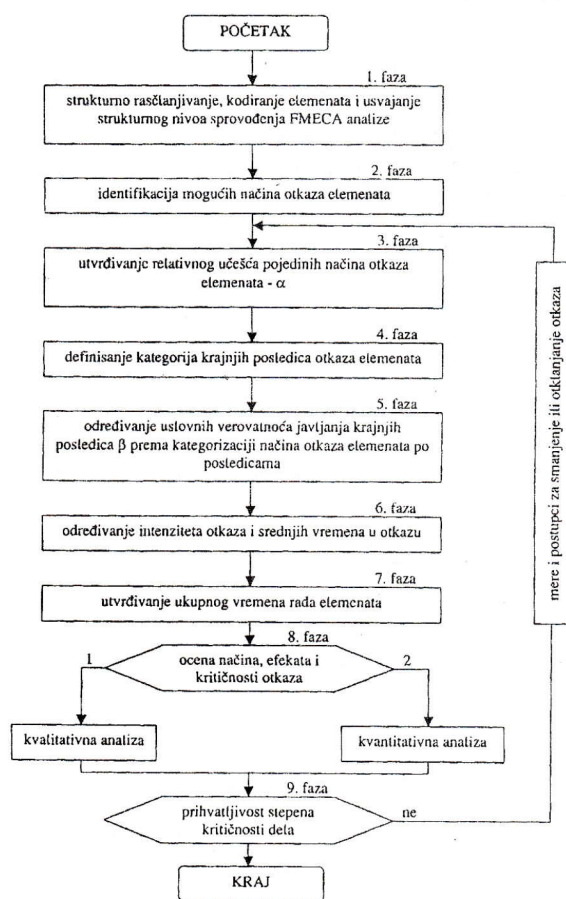
potencijalnih otkaza elemenata sistema i njihov uticaj, odnosno efekat na eventualni otkaz sistema. Metoda je sistematski postupak definisanja uzroka, načina i efekata otkaza, kako bi se pravovremeno preduzele potrebne aktivnosti u cilju smanjenja ili anuliranja mogućnosti otkaza. Analiza FMEA utvrđuje uzroke otkaza najkritičnijih elemenata, odnosno sklopova, ali i obrnuto, utvrđuje posledice otkaza elemenata, odnosno sklopova na vrše-



Slika 1. Blok dijagram postupka analize stabla otkaza

duktivnoj analizi ne dođe do nivoa osnovnih događaja, odnosno onih događaja koji nisu uzrokovani drugim. Osnovni događaji su uglavnom otkazi elemenata sistema, sl. 1.

Analiza načina i efekata otkaza (FMEA) kao metoda kvalitativne i kvantitativne analize pouzdanosti sastavnih delova tehnoloških sistema u svim fazama njegovog životnog ciklusa omogućava preventivnu analizu svih



Slika 2. Blok dijagram FMEA postupka analize

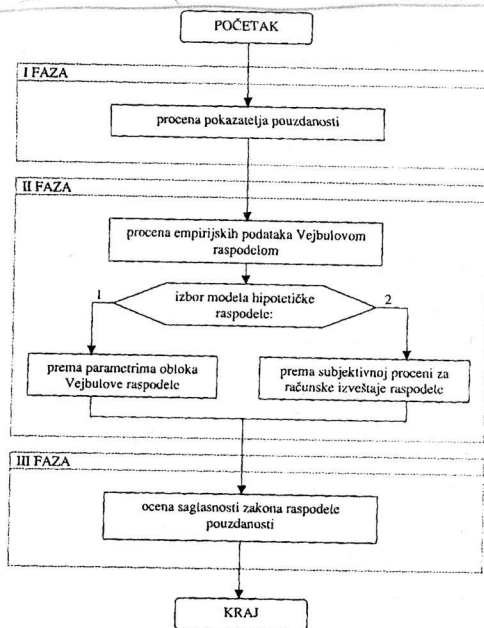
nje funkcije cilja funkcionalnih celina tehnoloških sistema kroz više faza, sl.2.

Pouzdanost rotornog bagera, kao najsloženije i najodgovornije mašine u proizvodnom BTO lancu, na ovaj način predstavlja sposobnost da će bager uspešno vršiti funkciju kriterijuma, kopanje i utovar radne mase, u toku projektovanog eksploatacionog vremena i za zadate radne uslove. Podsystem kopanja, kao primarna mehanička celina bagera potrebno

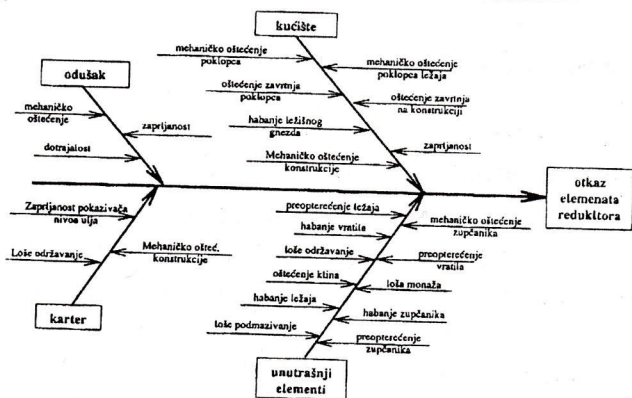


je da realizuje svoju funkciju kriterijuma, ostvarivanje potrebne sile kopanja, dovoljne da se radna masa razreže i utovari na transportnu traku. Jedan od najodgovornijih sklopova u izvršenju ovog cilja je sklop reduktora sa funkcijom kriterijuma da izvrši prenos snage sa elektromotora na radni točak. Pouzdanost ovog reduktora bi predstavljala sposobnost da će reduktor uspešno vršiti funkciju kriterijuma u toku predviđenog vremena eksploatacije i za date radne uslove. Dijagram toka određivanja zakona raspodele pouzdanosti i odgovarajućih parametara dat je na sl.3.

Na osnovu opšteg dijagrama mogućih uzroka i posledice otkaza i oštećenja elemenata reduktora, prema analizi stabla otkaza



Slika 3. Opšti dijagram toka za određivanje zakona raspodele pouzdanosti



Slika 4. Dijagram uzrok – posledica otkaza i oštećenja reduktora pogona kopanja bagera

reduktora i analizi otkaza reduktora pogona kopanja bagera metodom FMEA, sastavljen je dijagram uzrok posledica za slučaj otkaza ovog reduktora, sl.4.

### 3. MOGUĆNOST KONTINUALNOG DIJAGNOSTICIRANJA REDUKTORA POGONA KOPANJA BAGERA

Na osnovu obavljenih istraživanja otkaza i uzroka neispravnosti pogona kopanja i reduktora pogona kopanja bagera metodom stabla otkaza, analizom načina efekata i kritičnosti otkaza i pokazatelja pouzdanosti dobijenih na osnovu analize sakupljenih podataka za realne uslove eksploatacije, može se sasvim precizno izvršiti optimalno postavljanje sistema kontinualnog dijagnosticiranja reduktora pogona kopanja bagera na primeni PLC-PC sprege [3,4].

Na sl. 5 dat je simboličko-šematski prikaz konfiguracije sistema upravljanja, nadgledanja i dijagnosticiranja reduktora kopanja bagera kroz sve systemske nivoe. Na slici se vidi da je za PLC moguće direktno vezati operatorski interfejs i ručni programator. Ručni programator ima numeričku tastaturu sa svetlosnim indikatorima za označavanje statusa i operatorski terminal na kome se može kod boljih modela definisati i do 200 poruka sa numeričkim i varijabilnim porukama. Operatorski interfejs ima alfa-numerički displej sa funkcionalnom tastaturom i služi za prikaz vrednosti procesnih varijabli, statusa, alarma i poruka, dnevnika grešaka-sistemskih i onih definisanih korisničkim programom sa vremenom nastanka i zadatim parametrima po nadimku ili adresi.

Koristeći dijagram sa sl. 4. i rezultate dobijene FMEA metodom za najkritičnije načine otkaza, za praćenje ulaznih i izlaznih veličina, odnosno signala, dovoljno je imati sledeću „Direct“ konfiguraciju:

- procesor UL240,
- digitalni ulazni modul UL2 - 16ND3 - 2,
- analogni ulazni modul UL2 - 04AD1,
- digitalni izlazni modul UL2 - 08TD1,
- baza sa 4 mesta UL2 - 04B i



- operatorski panel ULV - 1000.

PLC sa postojećim programom može da radi samostalno, u stalnoj vezi sa nadzornim računarnom ili tako da se posle izvesnog vremena rada prenese do računara kojim će se memorisani parametri pročitati.

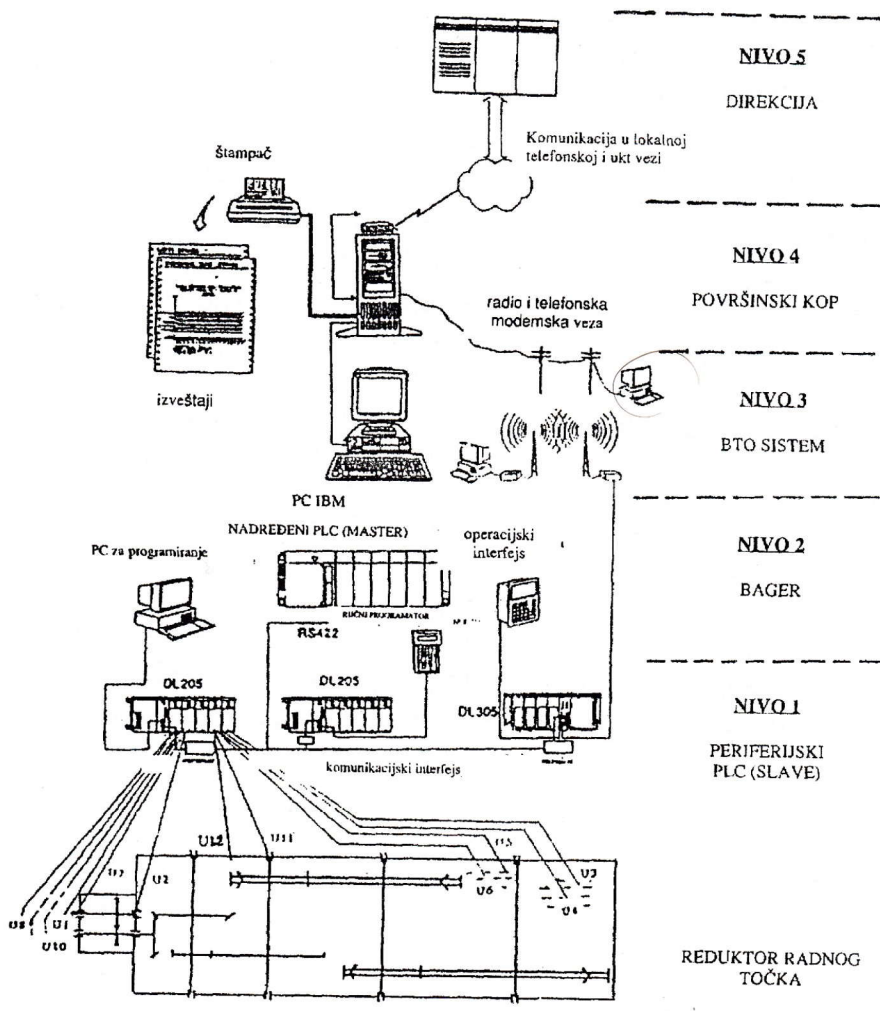
#### 4. ZAKLJUČAK

Da bi se obezbedio zahtevani nivo pouzdanosti, odnosno maksimalna iskorišćenost resursa rada elemenata i upravljanja rizikom, potrebno je pratiti promene stanja elemenata i celina koje su se pokazale najmanje pouzdanim. Ovaj problem retrospekcije, dijagnostike, prognoziranja i upravljanja moguć je jedino postavljanjem jednog globalnog modela auto-

matizovane kontrole i upravljanja proizvodnim procesom uz pomoć programabilnih logičkih kontrolera (PLC) i mreže personalnih računara (PC). U tu svrhu su razvijene konfiguracije sistema upravljanja, nadgledanja i dijagnosticiranja reduktora pogona kopanja bagera u okviru informacionog procesnog sistema površinskog kopa. Na ovaj način model je zakružen i doveden do nivoa pogodnog za praktičnu primenu.

Unapređenje postupaka funkcionalne dijagnostike rudarske BTO mehanizacije omogućuje upravljanje tehničkim sistemima, upravljanje rizicima u radu i smanjenje štete.

Pri razmatranju i odlučivanju o dijagnostičkim metodama koje će biti primenjene mora se voditi računa i o ekonomskim elementi-



Slika 5. Prikaz konfiguracije sistema upravljanja, nadgledanja i dijagnosticiranja reduktora kopanja rotornog bagera



ma motivisanosti radne organizacije za primenu opreme za kontinualnu dijagnostiku. Iz tog razloga, osiguraniku bi trebalo omogućiti ostvarivanje popusta u premiji osiguranja od štete na mašini, ukoliko koristi takvu opremu.

## LITERATURA

- [1] Jeremić B.: *Terotehnologija, tehnologija održavanja tehničkih sistema*, Eskod, Kragujevac, 1992, str.221.
- [2] Ljamić D.: *Pouzdanost reduktora na mašinama kontinualnih sistema površinskih kopova uglja*, Doktorska disertacija, Priština, 1997.
- [3] *PLC Direct by Koyo*, International sales catalog, 1996, str.215.
- [4] Katalog firme „UNO LUX“ zastupnika „PLC Direct by Kyto“, Beograd, 1996, str.11.

## REZIME

Na osnovu obavljenih istraživanja otkaza i uzroka neispravnosti pogona kopanja i reduktora pogona kopanja bagera metodom stabla otkaza, analizom načina efekata i kritičnosti otkaza i pokazatelja pouzdanosti dobijenih na osnovu analize sakupljenih podataka za realne uslove eksploatacije, može se sasvim precizno izvršiti optimalno postavljanje sistema kontinualnog dijagnosticiranja reduktora pogona kopanja bagera na primeni PLC-PC sprege.

Sistem je integrisan od sistema upravljanja, nadgledanja i dijagnosticiranja reduktora kopanja bagera kroz sve systemske nivoe. PLC je moguće direktno vezati za operatorski interfejs i ručni programator. Ručni programator ima numeričku tastaturu sa svetlosnim indikatorima za označavanje statusa i operatorski terminal na kome se može kod boljih modela definisati i do 200 poruka sa numeričkim i varijabilnim porukama. Operatorski interfejs

ima alfa-numerički displej sa funkcionalnom tastaturom i služi za prikaz vrednosti procesnih varijabli, statusa, alarma i poruka, dnevnika grešaka-sistemskih i onih definisanih korisničkim programom sa vremenom nastanka i zadatim parametrima po nadimku ili adresi.

## SUMMARY

According to the carried out research on failures and causes of damages to the excavation and gearbox drive of excavator using the method of Fault Tree Analysis, and Failure Mode, Effects and Criticality Analysis as well as reliability attained on the base of the analysis of recorded data for the real condition during the service, the establishing of the continuous diagnostic system of gearbox of excavation drive of excavator with the use of PLC-PC feed back can be performed quite precisely.

The system consists of management system, controlling and diagnostic of excavation gearbox of excavator through all system levels. It is possible to make the direct connection of PLC to the operator interface and manual programmer. The manual programmer has numerical keyboard with the light indicators for marking the state of the operator terminal by which, with better models it is possible to define even up to 200 numerical and variable messages. The operator interface has an alfa numerical display with the functional keyboard and it is used for presenting the values of the process variables, state, alarm and messages, daily faults as well as those defined by means of user programme with the time of appearance for given parameters according to the name and address.