

**PRIMJENA KONCEPTA ODRŽAVANJA ZASNOVANOG NA RIZIKU
KOD STARIH BALKERIJERA**

**APPLICATION OF THE RISK BASED MAINTENANCE OF AGING
BULK CARRIERS**

Radmila Gagić, B.Sc.
„Invar-Ivošević“ doo, Tivat

Sanja Bauk, Ph.D.
Univerzitet Crne Gore, Fakultet za
pomorstvo Kotor

Špiro Ivošević, M.Sc.
Univerzitet Crne Gore, Fakultet za
pomorstvo Kotor

Antonia Orlando, B.Sc.
„Luka Kotor“ A.D. Kotor

REZIME

Proces održavanja u pomorstvu u osnovi predstavlja realizaciju veoma kompleksnog i komplikovanog niza operacija, koje uključuju rutinsko održavanje, inspekcije, zamjene i modifikacije sistema i opreme. Koncept održavanja zasnovanog na riziku se uopšteno posmatrano sastoji iz preliminarne analize rizika (PRA-Preliminary Risk Analysis, eng.) i održavanja zasnovanog na pouzdanosti (RCM-Reliability Centered Management, eng.), a principi i primjena navedenih metoda baziraju se na iznalaženju efektivnog programa preventivnog održavanja pomorskih objekata. Kroz primjenu preliminarne analize rizika, kroz razmatranje eventualnih posljedica i frekvenciju pojave istog, i podrazumijeva primjene odgovarajućih metoda održavanja baziranih na pouzdanosti, u radu su analizirani stari balkerijeri koji su dugi niz godina u eksploataciji.

Ključne riječi: održavanje, balkerijeri, pouzdanost

ABSTRACT

The processes of the maintenance in maritime industry are carried out through a very complex and complicated series of operations that are including a routine maintenance, inspection, replacement, and modification of vessels' systems and equipment. The concept of risk-based maintenance is in general consisted of Preliminary Risk Analysis (PRA) and Reliability Centered Maintenance (RCM). The principles and application of those methods are based on finding the effective prevention maintenance programs for offshore objects. This paper is analyzing aging bulk carriers that are in operation for years. The paper is trying to approach the application of a Preliminary Risk Analysis for determination of the risk level by examination of the potential impact and frequency of risk occurrence and use of appropriate methods.

Key words: maintenance, bulk carriers, reliability

1. UVOD

Tokom nekoliko proteklih decenija se, kada je u pitanju proces održavanja u brodarstvu, akcentat stavlja na sigurnosni aspekt i ekonomsku isplativost odabranog koncepta. Naime, održavanje pomorskih objekata u osnovi predstavlja skup kompleksnih i veoma

komplikovanih operacija koje obuhvataju aktivnosti popravke, zamjene i eventualnih modifikacija elemenata i sistema, pa se stoga posebno obraća pažnja na adekvatnost primijenjenog procesa održavanja.

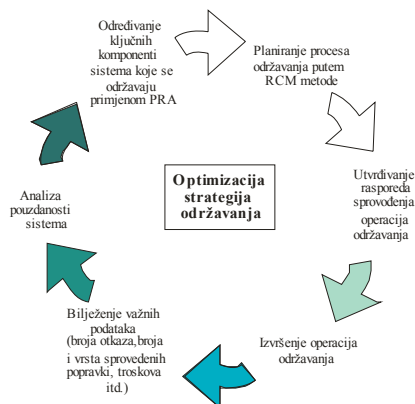
Pored specifičnosti mora kao prirodnog okruženja postoji još niz faktora koji ostvaruju snažan uticaj na održavanje brodova, a to su:

- veoma pooštreni statutarni zahtjevi, posebno iz oblasti sigurnosti na moru;
- enormno visoki troškovi koji obuhvataju troškove radne snage, nabavke rezervnih djelova, njihovog dopremanja do broda, i sl.;
- eventualne posljedice koje ponekad mogu biti katastrofalnih razmjera;
- poteškoće izvođenja operacija održavanja uslovljene lošim vremenskim uslovima i dr.

Iz prethodno navedenog, da se zaključiti da je mnogo efikasnije i sa ekonomskog aspekta povoljnije isplanirati sprovođenje adekvatnog programa održavanja, kako bi se omogućila sigurna i pouzdana realizacija proizvodnih operacija, u ovom slučaju konkretno obavljanje plovidbenog poduhvata.

Pored tradicionalnih metoda održavanja (preventivno i korektivno održavanje) tokom nekoliko proteklih decenija se iznalaze brojne metode održavanja kao što su održavanje zasnovano na stanju, održavanje prema pouzdanosti, inspekcije zasnovane na riziku i druge.

Koncept održavanja zasnovanog na riziku (RBM - Risk Based Maintenance, eng.) posredstvom metode Preliminarne analize rizika (PRA - Preliminary Risk Analysis, eng.) i koncepta održavanja baziranog na pouzdanosti (RCM - Reliability Centered Maintenance, eng.) nastoji pronaći adekvatan sistem održavanja čija bi primjena spriječila nastanak prethodno navedenih negativnih posljedica analizirajući nepoželjne događaje i određujući komponente sistema čije pravilno održavanje ima krucijalan značaj za efikasno funkcionisanje broskog sistema, kao jedinstvene funkcionalne cjeline.



Slika 1. Uloge PRA i RCM metoda u procesu određivanja i optimizacije strategija održavanja [1].

Optimizacija procesa održavanja može se predstaviti kao ciklična aktivnost koja se sastoji iz nekoliko uzajamno zavisnih faza prikazanih na slici 1. Metoda preliminarne analize rizika (PRA) primjenjuje se kako bi se izvršila selekcija komponenti sistema od čijeg pravilnog održavanja zavisi pouzdanost sistema kao cjeline. Nakon definisanja ključnih komponenti sistema sprovodi se planiranje procesa održavanja tih komponenti putem metode održavanja baziranog na pouzdanosti (RCM). Navedena metoda se primjenjuje samo ukoliko je moguće i smisleno sprovesti preventivno održavanje nad definisanim elementima.

Savremeni ekonomski uslovi sve više iziskuju primjenu **preventivnih metoda** jer se teži pravovremenom sprečavanju pojave kolapsa i posljedica koje isti uzrokuju. Stoga se koncept savremenih preventivnih metoda bazira na proučavanju i praćenju određenog broja varijabli, proučavanju veze između vremena i pouzdanosti i analize rizika. Obzirom na kompleksnost

uticaja različitih eksploatacionih uslova na brodove koji prevoze rasuti teret (u nastavku - balkerijeri), ideja ovog rada jeste primjena navedene metode nad tankovima goriva u cilju definisanja potencijalno opasnih strukturalnih oblasti. Tačnije, istrošenost čeličnih ploča koje čine granične oblasti tankova goriva identifikovane su kao specifična strukturalna cjelina broda koja s obzirom na specifičnu lokaciju, eksploatacione uslove broda predstavlja veoma značajnu strukturalnu oblast, do sada prilično ne istraženu.

2. O PRELIMINARNOJ ANALIZI RIZIKA

Preliminarna analiza rizika, ili kako je još nazivaju - analiza opasnosti (Hazard Analysis, eng.) predstavlja kvalitativnu metodu analiziranja događaja koji mogu uzrokovati da potencijalna opasnost preraste u ozbiljnu incidentnu situaciju.

Prvi korak u primjeni pomenute tehnike predstavlja definisanje mogućih nepoželjnih događaja nakon čega se pristupa njihovom pojedinačnom analiziranju, pri čemu se radi na određivanju mogućih preventivnih, ili mjera poboljšanja. Prilikom analiziranja pojedinačnih nepoželjnih događaja u skladu sa PRA vrši se kategorizacija mogućih posljedica, kao i učestalosti njihove pojave u okviru unaprijed definisanih oblasti. Kombinacijom navedenih podataka formira se *matrica rizika* koja daje prikaz postojećih nivoa rizika u okviru ispitivanih oblasti.

Kada je riječ o matrici rizika kao jednom od modela određivanja i klasifikacije potencijalno opasnih oblasti tada se može izvršiti jasno definisanje dvije uzajamno zavisne kategorije, i to: *kategorije vjerovatnoće* i *kategorije posljedica* [2].

Tabela 1. Kvalitativna matrica rizika

		Kategorija posljedica			
		A	B	C	D
Kategorija vjerovatnoće	I				
	II				
	III				
	IV				

	Visoki nivo rizika
	Srednji nivo rizika
	Niski nivo rizika

Postoji veliki broj faktora koji imaju direktan uticaj na kategoriju vjerovatnoće, kao na primjer: potencijalni mehanizmi degradacije (npr. korozija, erozija, abrazija, deformacije i sl.), trenutno stanje sistema (npr. stanje opreme, brodskog trupa, brodskih tankova, skladišta i sl.), priroda operativnog procesa, dizajn sistema i slično.

Takođe postoji značajan broj faktora koji određuje kategoriju posljedica ostvarujući pritom uticaj na veličinu nastale opasnosti, kao što su: operativni uslovi, vjerovatnoća eskaliranja od zanemarljivog do ozbiljnog stanja sistema, prisustvo projektovanih mjera zaštite i njihovo stanje, stepen izloženosti oštećenjima itd.

Primjena matrice rizika ima za rezultat indikaciju nivoa rizika za svaki elemenat sistema koji je uključen u proces procjene. Naime, svakom elementu dodjeljuje se relevantni nivo rizika, i to: visoki, srednji ili niski, u zavisnosti od frekventnosti otkaza i stepena ozbiljnosti posljedica. Prema pomenutoj klasifikaciji nivoa rizika može se izvršiti podjela elemenata na tri grupacije: elemente sa visokim, srednjim i niskim stepenom rizika.

Kako je pouzdanost funkcionisanja sistema uslovljena stepenom optimalnosti izabrane metode održavanja potrebno je za sve grupe elemenata odrediti i uspostaviti strategije održavanja da bi se postojeći nivo rizika u okviru te grupe redukovao na praktično dozvoljeni nivo. Za grupu elemenata koji spadaju u kategoriju sa niskim nivoom rizika uspješno se primjenjuju tradicionalne

metode preventivnog održavanja. Na elemente iz kategorije sa srednjim i visokim nivoom rizika primjenjuje se metoda održavanja zasnovanog na pouzdanosti (RCM) kojom se nakon sprovedene analize datih elemenata utvrđuje adekvatna metoda održavanja.

3. O METODI ODRŽAVANJA ZASNOVANOG NA POUZDANOSTI

Termin *pouzdanost* možemo definisati kao sposobnost postrojenja, sistema, opreme da uspješno izvršava projektovane funkcije. U vezi sa navedenom definicijom RCM proces predstavlja: „Proces kojim se određuju adekvatne operacije održavanja, metode testiranja i vrste pregleda koje treba sprovesti kao podršku strategiji održavanja“[3]. Naime, RCM metoda ima za cilj da održi sistem (postrojenje, opremu) u stanju efikasnog obavljanja radnih funkcija, kao što to korisnik i očekuje. Stoga primjena RCM analize za rezultat može imati i modifikovanu verziju neke od tradicionalnih metoda preventivnog održavanja koja obuhvata razna testiranja, preglede, praćenja i kontrolu određenih komponenti i njihovih funkcija, a može isto tako i isključivati postojanje nekog od navedenih zadataka.

Metoda održavanja zasnovanog na pouzdanosti ima za cilj unaprijeđenje pouzdanosti i sigurnosti razmatranog sistema putem identifikacije odgovarajuće metode održavanja za navedeni sistem. Ovu metodu karakteriše veliki stepen efikasnosti ukoliko se pravilno primjenjuje ali isto tako ne predstavlja proces čiji su rezultati vidljivi za kratko vrijeme.

Analitički proces RCM metode u suštini predstavlja niz uzajamno zavisnih aktivnosti čijom se realizacijom za rezultat ima identifikacija odgovarajuće metode održavanja. Mišljenja su uglavnom različita kada je u pitanju identifikacija datih koraka ali se uglavnom navode sljedeći zadaci: formiranje odgovarajućeg stručnog tima, priprema, analiza, sinteza i kontrola.

Na osnovu prethodno iznesenih tvrdnji i ustanovljenih koraka koji čine osnovu procesa Održavanja zasnovanog na pouzdanosti (RCM) može se zaključiti da RCM predstavlja metodu pronalaženja adekvatne strategije održavanja putem logičkog zaključivanja, pri čemu uzima u obzir projektovane funkcije sistema (primarne i sekundarne) vodeći računa o konstruktivnim i radnim ograničenjima, kao i sigurnosnim i ekonomskim aspektima primjene odabrane metode održavanja.

4. O PRELIMINARNOJ ANALIZI RIZIKA: Slučaj tankova goriva kod balkerijera, starijih od 25 godina

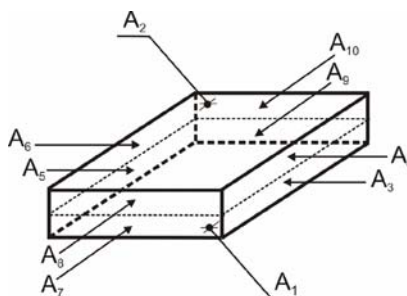
S obzirom na sve brži razvoj svjetskog brodarstva, koji je uslovio pojavu veoma kompleksnih brodskih sistema, prije svega sa aspekta dizajna i veličine brodova, velika pažnja se posvećuje sigurnosti obavljanja brodskih operacija i zaštiti životne sredine.

Gabariti balkerijera od preko 200 metara, sa nosivošću od preko 200 000 GT (najveća nosivost - Gross Tonage eng.), specifični uslovi okruženja, operativni faktori i prilično dugačak projektovani životni vijek od 25 godina, čine ove brodske strukture posljednjih godina posebno značajnim za istraživanje. Iz tog razloga će u nastavku rada, putem PRA, biti izvršena analiza istrošenja čeličnih ploča u okviru 10 identifikovanih oblasti tankova goriva, na osnovu čega će biti definisane oblasti sa visokim nivoom rizika.

Prvi korak u sprovođenju pomenute metode jeste identifikacija 10 različitih segmenata tj. oblasti u okviru tankova goriva, kako je to prikazano na slici 2. Nad ovako identifikovanim tankovima goriva, izvršeno je mjerenje debljine strukturnih čeličnih ploča kod svakog od 10 identifikovanih balkerijera, koji su se u eksploataciji nalazili 25 godina, a na način koji je detaljno objašnjen u radu [4]. Kroz ukupno 3356 mjernih pozicija dobijene su vrijednosti procentualnog istrošenja svake strukturne oblasti koji su prikazani u tabeli 2.

Legenda:

- A1 - ravno dno
- A2 - pokrov dvodna
- A3 - tunel (dolje)
- A4 - tunel (gore)
- A5 - nepropusni nosač (dolje)
- A6 - nepropusni nosač (gore)
- A7 - zadnja rebrenica (dolje)
- A8 - zadnja rebrenica (gore)
- A9 - prednja rebrenica (dolje)
- A10 - prednja rebrenica (gore)



Slika 2. Strukturna šema osnovnih oblasti tankova goriva

Sljedeći korak u sprovođenju preliminarne analize rizika (PRA) predstavlja određivanje kategorije vjerovatnoće i kategorije posljedica, pri čemu treba naglasiti da se u ovom radu razmatra trenutno stanje datih oblasti tankova (po isteku 25 godina eksploatacije) i učestalost pojave određenog stepena istrošenja.

Tabela 2. Procentualno (%) istrošenje debljine čeličnih oblasti tankova goriva starih balkerijera

		Balkerijeri stariji od 25 godina									
		B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀
Karakteristične oblasti tankova goriva	A ₁	1,8	1,1	1,9	1,4	1,3	2,9	1,3	4,2	1,4	2,3
	A ₂	9,2	8,0	5,9	18,6	21,8	26,2	19,6	11,8	26,6	23,1
	A ₃	1,6	1,2	1,7	0,0	0,0	0,0	1,5	1,3	1,8	2,4
	A ₄	1,0	1,2	1,3	0,0	0,0	0,0	1,5	1,3	1,8	1,9
	A ₅	0,0	14,9	23,8	2,0	7,7	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	A ₆	0,0	18,2	24,8	7,5	29,3	38,3	0,0	0,0	0,0	0,0
	A ₇	1,5	12,4	12,9	2,8	9,0	3,8	5,8	27,2	9,8	22,7
	A ₈	2,3	17,4	17,9	4,0	15,2	26,8	11,6	29,1	19,4	25,6
	A ₉	1,5	19,2	31,1	4,0	2,3	5,2	10,3	14,8	7,5	16,8
	A ₁₀	1,7	34,4	33,7	6,6	4,0	9,6	14,9	15,5	19,8	21,9

Na osnovu dobijenih podataka, prikazanih u Tabeli 2. izvršena je kategorizacija procentualnog istrošenja debljine čeličnih ploča koja predstavlja kategoriju posljedica. Sve vrijednosti redukcije debljine klasifikovane su u četiri kategorije ozbiljnosti posljedica (Tabela 3), i to: *katastrofalne*, *kritične*, *granične* i *neznatne*. Sama podjela je izvršena na osnovu preporuka i pravila kalsifikacionih društava o dozvoljenom procentualnom istrošenju pojedinih strukturnih elemenata balkerijera.

Tabela 3. Klasifikacija stepena ozbiljnosti posljedica

Posljedice	Granice [%]
A - <i>neznatne</i>	0 - 2 %
B - <i>granične</i>	2 - 5 %
C - <i>kritične</i>	5 - 10 %
D - <i>katastrofalne</i>	> 10 %

U konkretnom slučaju, analizirane su preporuke klasifikacionih društava koje se odnose na dozvoljeno istrošenje određene strukturne oblasti, na način da sva istrošenja koja prelaze 10 % predstavljaju nedozvoljene vrijednosti. Uvažavajući ovu preporuku, kao i podatke o katastrofalnoj, kritičnoj, graničnoj i nezatnoj koroziji, izvršena je klasifikacija stepena ozbiljnosti posljedica.

Takođe je na isti način izvršena i podjela frekventnosti pojave određenih kategorija posljedica prema broju javljanja, što predstavlja kategoriju vjerovatnoće (Tabela 4.). Na

osnovu subjektivne pretpostavke ispitanika koji imaju visok nivo logičkog mišljenja i iskustva u primjeni metode operacionih istraživanja u održavanju izvršena je podjela na četiri grupacije posljedica (Tabela 4), i to na one koje se javljaju *vrlo vjerovatno*, *vjerovatno*, *malo vjerovatno* i *gotovo nemoguće*.

Tabela 4. Klasifikacija vjerovatnoće pojave posljedica

Stepen vjerovatnoće	Vrijednost vjerovatnoće
I - <i>vrlo vjerovatno</i>	0,50 - 1,00
II - <i>vjerovatno</i>	0,15 - 0,50
III - <i>malo vjerovatno</i>	0,05 - 0,15
IV - <i>gotovo nemoguće</i>	0,00 - 0,05

U samoj postavci problema, kao i u identifikaciji klasifikacije vjerovatnoće pojavljivanja određenih vrijednosti, izvršene su odgovarajuće modifikacije nad strukturnim elementima A_3 , A_4 , A_5 i A_6 koje nisu posebno elaborirane.

Nakon definisanja kategorije posljedica i vjerovatnoće (utvrđivanjem stepena istrošenja - SI i stepena vjerovatnoće - SV) potrebno je pristupiti određivanju nivoa rizika koji je prisutan u svakoj od oblasti ($A_1 - A_{10}$). U Tabeli 5 su predstavljene matrice rizika za svaku od deset navedenih oblasti na osnovu čega će se izvršiti identifikacija potencijalno opasnih oblasti za koje je potrebno naknadno definisati adekvatnu metodu održavanja ili dati preporuku za eventualno pooštrenje trenutno primjenjivane tehnike.

Tabela 5. Matrica rizika za oblasti $A_1 - A_{10}$ tankova goriva kod starih balerijera

Br. elemenata	SI	SV		A	B	C	D
7	0-2	0,7	I	x			
3	2-5	0,3	II		x		
0	5-10	0	III				
0	>10	0	IV			x	x

a) Matrica rizika za oblasti A_1

Br. elemenata	SI	SV		A	B	C	D
0	0-2	0	I				x
0	2-5	0	II			x	
3	5-10	0,3	III				
7	>10	0,7	IV	x	x		

b) Matrica rizika za oblasti A_2

Br. elemenata	SI	SV		A	B	C	D
6	0-2	0,86	I	x			
1	2-5	0,14	II				
0	5-10	0	III		x		
0	>10	0	IV			x	x

c) Matrica rizika za oblasti A_3

Br. elemenata	SI	SV		A	B	C	D
7	0-2	1	I	x			
0	2-5	0	II				
0	5-10	0	III				
0	>10	0	IV		x	x	x

d) Matrica rizika za oblasti A_4

Br. elemenata	SI	SV		A	B	C	D
1	0-2	0,2	I				
1	2-5	0,2	II	x	x	x	x
1	5-10	0,2	III				
2	>10	0,4	IV				

e) Matrica rizika za oblasti A_5

Br. elemenata	SI	SV		A	B	C	D
0	0-2	0	I				x
0	2-5	0	II			x	
1	5-10	0,2	III				
4	>10	0,8	IV	x	x		

f) Matrica rizika za oblasti A_6

Br. elemenata	SI	SV		A	B	C	D
1	0-2	0,1	I				
2	2-5	0,2	II		x	x	x
3	5-10	0,3	III	x			
4	>10	0,4	IV				

g) Matrica rizika za oblasti A_7

Br. elemenata	SI	SV		A	B	C	D
1	0-2	0,1	I				x
2	2-5	0,2	II		x	x	
2	5-10	0,2	III	x			
5	>10	0,5	IV				

h) Matrica rizika za oblasti A_8

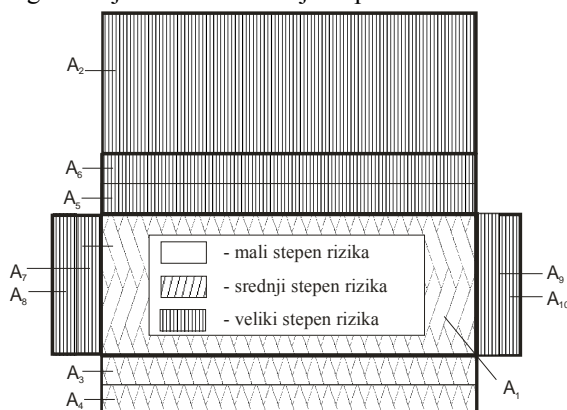
Br. elemenata	SI	SV		A	B	C	D
1	0-2	0,1	I				x
2	2-5	0,2	II		x	x	
2	5-10	0,2	III	x			
5	>10	0,5	IV				

i) Matrica rizika za oblasti A_9

Br. elemenata	SI	SV		A	B	C	D
1	0-2	0,1	I				x
1	2-5	0,1	II			x	
2	5-10	0,2	III	x	x		
6	>10	0,6	IV				

j) Matrica rizika za oblasti A_{10}

Na osnovu sprovedene analize dolazi se do zaključka da ne postoji mogućnost striktnog kategorisanja nijedne od karakterističnih oblasti tankova goriva već je u svakoj od njih prisutno najmanje dva nivoa rizika pri čemu je na osnovu subjektivne procjene dobijenih podataka izvršena kategorizacija oblasti kao što je to prikazano na slici 3.



Slika 3. Prikaz podjele karakterističnih zona tankova goriva prema stepenu rizika

Primjenjena analize je pokazala da je najveći nivo rizika od pojave različitih oštećenja uzrokovanih redukcijom debljine čelika u graničnim oblastima između balastnih i tankova goriva (posebno u gornjim zonama) kao i u oblasti pokrova dvodna. Razlozi za to su specifični uslovi koji vladaju unutar balastnih tankova a podrazumjevaju regularno dejstvo balastne (morske) vode kao i česta smjenjivanja vlažnih i suvih perioda uzrokovana operacijama ukrcaja/iskrcaja balasta [4, 5].

Pored toga, kao jedan od razloga za pojavu pomenutih oštećenja navodi se i uticaj manipulativnih operacija iz razloga što se veliki broj oštećenja izazove dejstvom prekrcajne mehanizacije unutar skladišta tereta koja čine gornju kontaktnu oblast tankova goriva. Naime, to nas upućuje na zaključak da je za navedene oblasti potrebno ustanoviti adekvatnu metodu održavanja koja se bazira na redovnom sprovođenju mjerenja debljine čelika i primjeni odgovarajućih zaštitnih premaza u okviru tih zona.

Nad podacima dobijenim mjerenjima istrošenja čelika može se primijeniti metoda održavanja zasnovanog na pouzdanosti (RCM) kako bi se putem logičkog rasuđivanja i zaključivanja izvršila selekcija adekvatne metode održavanja kao i određivanje vremenskog intervala izvođenja operacija održavanja.

Postoji niz preporučljivih tehnika određivanja odgovarajuće strategije održavanja za neki sistem (postrojenje) pri čemu se posebno ističe metoda *Analyze režima i posljedica otkaza* (FMEA - Failure Modes and Effects Analysis, eng). Razlozi primjene pomenute metode sadržani su u činjenici da se radi o jednoj veoma detaljnoj i kompleksnoj metodi koja obraća pažnju na ključna pitanja pri čemu definiše: radne funkcije sistema, vjerovatnoću pojave otkaza, potencijalne uzročnike otkaza, mehanizme degradacije, metodu održavanja, preporučljivi vremenski interval sprovođenja operacija održavanja itd.

5. ZAKLJUČAK

Koncept održavanja zasnovanog na riziku (RCM - Risk Centered Maintenance, eng.) u osnovi predstavlja relativno jednostavan model za analizu i selekciju adekvatne strategije održavanja, a sve u cilju sprečavanja nastanka otkaza sistema i prevencije pojave katastrofalnih posljedica. Pored ekonomskih kategorija, nezanemarljive su posljedice po sigurnost, životnu sredinu, proizvodnju (u ovom slučaju realizaciju pomorsko-prevoznih usluga), kao i reputaciju broderskog preduzeća, a samim tim i njegov položaj na pomorskom tržištu.

Primjena RCM metode u balkerskom brodarstvu od posebnog je značaja iz razloga veoma velikog učešća balkerijera u ukupnoj svjetskoj trgovačkoj floti kao i sve većeg broja nezgoda koje se se dešavale upravo na ovim brodovima.

U ovom radu su kroz koncept održavanja zasnovanog na riziku analizirani stari balkerijeri koji su se 25 godina nalazili u eksploataciji, a sve u cilju identifikacije kritičnih oblasti tankova goriva. Primjenom kvalitativne metode zasnovane na preliminarnoj analizi rizika, identifikovane su kritične strukturne oblasti tankova goriva: A₂, A₆, A₉ i A₁₀, koje predstavljaju najveću opasnost po zagađenje životne sredine i sigurnost broda. Njihovom identifikacijom su stvorene pretpostavke za određivanje adekvatne metode održavanja u cilju minimiziranja štetnih posljedica koje mogu nastati.

6. REFERENCE

- [1] Yong B.: *Marine Structural Design*, Elsevier Science, 2003.
- [2] Kontovas A. C.: *Formal Safety Assessment - Critical Review and Future Role*, Diploma Thesis, School of Naval Architecture and Marine Engineering, National Technical University of Athens, Greece, 2005.
- [3] International Atomic Energy Agency - IAEA: *Application of Reliability Centered Maintenance to Optimize Operation and Maintenance in Nuclear Power Plants*, IAEA-TECDOC-1590, 2007.
- [4] Bauk S., Aleksić M., Ivošević Š.: «Scanning the fuel tanks' Corrosion Wastage of Some Aged Bulk Carriers Due to Security Reasons», *PROMET – Traffic & Transportation*, Vol 23, No.6, December, 2011, pp. 459-470.
- [5] Ivošević Š., Bauk S., Nikolić D.: «Structural degradation of the bulk-carriers caused by the corrosion», *Journal of Technics Technologies Education Management*, Vol.8, No.1, 2/3 2013. (accepted for publishing)