

OCENA BEZBEDNOSTI PLOVIDBE NA RAZLIČITIM DELOVIMA (SEKTORIMA) PLOVNOG PUTA

Radovan ZOBENICA, Zoran RADMILOVIĆ
Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu
Vojvode Stepe 305, 11 000 Beograd

REZIME

Organizacija bezbednosti plovidbe brodova je naučna disciplina koja ima za cilj doprinos rešavanju problema bezbednosti plovidbe brodova putem usavršavanja organizacije procesa kretanja transportnih tokova brodova i poboljšanja uslova plovidbe. U preventivnoj zaštiti bezbednosti plovidbe razmatraju se statističke zakonitosti koje utiču na bezbednost plovidbe i navigaciona dejstva, brzine i smera vetra, meteorološki uticaji na vidljivost i talase, karakteristike plovnog puta (dubina, širina, gaženje, poluprečnici krivina), kao i broj i raspored obalnih i plovecih oznaka na bezbednu plovidbu.

U rad će se u uvodnom delu objasniti potreba za analizom prikupljenih podataka koji se odnose na bezbednost plovidbe. Drugo poglavlje rada prikazuje jednu od metoda ocene bezbednosti plovidbe na različitim sektorima plovnog puta. U trećem poglavlju i zaključku rada su prikazani rezultati istraživanja pri oceni bezbednosti plovidbe dva sektora plovnog puta reke Dunav.

Ključne reči: bezbednost plovidbe na unutrašnjim plovnim putevima, metoda ocene bezbednosti plovidbe

1. UVOD

Porast intenziteta i gustine saobraćaja povećao je značaj uzajamne veze rada brodova i sastava u transportnim tokovima na unutrašnjim plovnim putevima.

Naglo povećanje broja susretanja, mimoilaženja, ukrštanja kurseva i prestizanja, kao i izvodjenje drugih složenih manevara uslovalo je povećanje verovatnoće pojave greški pri njihovom izvodjenju i zbog toga povećanje stepena bezbednosti plovidbe brodova

postaje sve više aktuelan problem plovidbe na unutrašnjim plovnim putevima, posebno u dunavskom koridoru.

U preventivnoj zaštiti bezbednosti plovidbe glavna uloga pripada zapovedniku broda, ali takodje su značajni hidrometeorološki i plovidbeni uslovi.

Za otkrivanje uzroka koji smanjuju bezbednost plovidbe, plovni put se može uslovno podeliti na niz sektora koji su različiti po karakteristikama plovnog puta (poluprečnici krivina, širina i dubina), hidrološkim pokazateljima, vrstama navigacionog obeležavanja, kao i po intenzitetu kretanja i sastavu broskog toka. Upoređivanje uslova kretanja na različitim sektorima otkriva uzroke koji mogu dovesti do transportnih otkaza.

U radu će se upoređivati područje plovnog puta reke Dunav od km 1164 do km 1176 i područje plovnog puta reke Dunav od km 1150 do km 1154. Ovi sektori plovnog puta su upoređivani sa stanovišta bezbednosti uvodjenjem *pojma koeficijenta opasnosti nastanka plovidbene nezgode* (Oljšamovskij S.B. i dr., 1979).

2. KOEFICIJENT OPASNOSTI NASTANKA PLOVIDBENE NEZGODE KAO METOD OCENE BEZBEDNOSTI PLOVIDBE NA RAZLIČITIM SEKTORIMA PLOVNOG PUTA

Koeficijent opasnosti nastanka plovidbenih nezgoda k_h za dva susedna sektora određuje se kao:

$$k_h = \frac{n_{sr} \times 10^3}{\lambda \times L \times t_n} \left(\frac{\text{plovidbene nezgode}}{\text{brod (sastav)} \times \text{km}} \right) \quad (1)$$

gde su:

n_{sr} -srednji broj transportnih otkaza na sektoru za navigacioni period;

λ - srednji navigacioni intenzitet dnevnog kretanja brodova u oba smera;

L - dužina sektora i

t_n - trajanje navigacionog perioda.

Potrebno je koeficijent k_h odrediti za više navigacionih godišnjih perioda (ne manje od 4 - 5 godina). Za svaki sektor se određuje srednji koeficijent opasnosti od pojave plovibdene nezgode k_{sr} kao:

$$k_{sr} = \frac{\sum_i k_{hi}}{N} \quad (2)$$

gde su:

k_{hi} - koeficijent opasnosti nastanka plovibdene nezgode za i - ti navigacioni period i

N - broj navigacionih perioda (meseci).

Za svaki sektor plovnog puta srednje kvadratno odstupanje δ je:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_i (k_{hi} - k_{sr})^2}{N - 1}} \quad (3)$$

Srednja odstupanje m koeficijenta opasnosti nastanka plovibdene nezgode je:

$$m = \frac{\delta}{\sqrt{N - 1}} \quad (4)$$

Srednje odstupanje m_{sr} koeficijenta opasnosti nastanka plovibdene nezgode za određene sektore plovnog puta je:

$$m_{sr} = \sqrt{m_I^2 - m_{II}^2} \quad (5)$$

gde su:

m_I - srednja odstupanje koeficijenta opasnosti nastanka plovibdene nezgode I sektora plovnog puta i

m_{II} - srednja odstupanje koeficijenta opasnosti nastanka plovibdene nezgode II sektora plovnog puta.

Ako srednje odstupanje m_{sr} koeficijenta opasnosti nastanka plovibdene nezgode nije značajno nemože se tvrditi da je na određenom sektoru plovnog puta značajnije ugrožena bezbednost plovibde već da su ova odstupanja *slučajna*.

3. UPOREDJENJE BEZBEDNOSTI PLOVIDBE NA PODRUČJU PLOVNOG PUTA REKE DUNAV OD KM 1164 DO KM 1176 I PODRUČJA OD KM 1150 DO KM 1154

Plovni put reke Dunav od km 1164 do km 1176 i od km 1150 do km 1154 je deo evropske plovne magistrale koji spaja Severno i Crno more i jedan je od najvažnijih saobraćajnih koridora Evrope (koridor VII) (videti sliku 1).

Analiza i ocena bezbednosti plovibde na delu plovnog puta od km 1164 do km 1176 reke Dunav (videti sliku 2) je izvršena zbog:

- Velike gustine saobraćaja na ovom delu plovnog puta kako domaćih tako i stranih brodova (plovila).
- Na potezu od km 1167,5 do km 1168 uz levu obalu je sidrište stranih plovila koji čekaju na utovar ili istovar u Luci "Beograd" (videti sliku br. 2).
- Sidrišta za domaća plovila su (videti sliku br. 2):
 - od km 1175 do km 1170 uz desnu obalu,
 - od km 1170,9 do km 1170 uz levu obalu,
 - od km 1166 do km 1167 uz desnu obalu i
 - od km 1165 do km 1166 uz desnu obalu.
- Sidrište za plovila u tranzitu od km 1170,9 do km 1170 uz levu obalu (videti sliku br. 2).
- Sidrište za plovila koji prevoze eksploziv od km 1174 do km 1175 uz desnu obalu (videti sliku 2).
- Sidrište za plovila koji prevoze zapaljive materije od km 1163 do km 1164 uz desnu obalu (videti sliku 2).
- Na km 1166,6 je drumsko-železnički most Beograd-Pančevo (videti sliku 2) vrlo nepogodnih karakteristika za plovibdu (otvor mosta je nepovoljan, dubine plovnog puta su nepovoljne i sl.).
- Na km 1168 (desna obala) je ulaz/izlaz u/iz bazena Luke "Beograd" (videti sliku br. 2) koji je takođe, sa stanovišta plovibde, vrlo nepovoljnih karakteristika.
- Na km 1170 je ušće reke Save u Dunav što značajno smanjuje bezbednost plovibde naročito noću i u doba dana kada je smanjena vidljivost

Za period od 1977. do 1989. godine na području plovnog puta reke Dunav od km 1164 do km 1176, koje je pod nadležnošću Kapetanije pristaništa Beograd, uočen je prema mestu nastanka broj plovidbenih nezgoda kako je to prikazano u *tabeli 1*.

Za period od 1982. do 1991. godine na području plovnog puta reke Dunav od km 1150 do km 1154, koje je pod nadležnošću Kapetanije pristaništa Pančevo,

uočen je prema vrsti broj plovidbenih nezgoda kako je to prikazano u *tabeli 2*.

Utvrđeno je da se ulazak brodova (sastava) u sektor plovnog puta reke Dunav od km 1164 do km 1176 i na područje od km 1150 do km 1154 vrši po Poisson-ovom zakonu raspodele verovatnoća sa srednjim intenzitetom brodova (sastava) $\lambda = 1,667$ brodova (sastava)/h.



Slika 1. Evropski saobraćajni KORIDOR VII

Tabela 1. Plovidbene nezgode prema mestu nastanka na području plovnog puta reke Dunav od km 1164 do km 1176

Godina	Ukupan broj	Nizvodno	Uzvodno	Manevar	Na sidrištu	Usidreni	Ljudske žrtve
1977	105	20	23	24	32	6	1
1978	119	22	22	34	25	16	-
1979	106	22	7	19	56	2	-
1980	81	27	15	12	18	9	-
1981	74	17	20	6	22	9	-
1982	115	29	23	27	28	8	-
1983	126	38	22	48	14	4	-
1984	139	30	32	58	3	16	1
1985	134	25	18	56	29	6	1
1986	119	16	17	58	11	17	1
1987	105	20	23	45	11	6	-

Tabela 2. Plovidbene nezgode prema načinu nastanka na području plovnog puta reke Dunav od km 1150 do km 1154

Godina	Ukupan broj	Nasukivanje	Sudar	Potonuće	Prodor vode	Lom	Požar	Gubitak opreme
1982	15	-	-	1	-	4	1	3
1983	19	-	4	-	3	2	-	-
1984	7	-	1	-	-	2	-	1
1985	8	-	-	1	-	5	-	1
1986	21	1	4	-	-	3	-	3
1987	18	-	-	1	1	6	1	3
1988	10	-	-	-	1	3	-	2
1989	18	-	2	2	-	3	2	3
1990	4	-	-	-	-	1	-	1
1991	12	-	-	-	1	5	-	2

Kako broj plovidbenih nezgoda zavisi od doba godine (doba navigacije) potrebno je naći srednji koeficijent

opasnosti nastanka plovidbene nezgode (videti tabele 3 i 4).

Tabela 3. Veličine potrebne za određivanje srednje greške koeficijenta opasnosti nastanka plovidbene nezgode

Mesec	Trajanje navigacionog perioda, h	Srednji broj plovidbenih nezgoda	Koeficijent opasnosti nastanka plovidbene nezgode (k_h)	$(k_{h_i} - k_{sr})^2$
I	744	12,91	0,8706	0,0418
II	672	10,91	0,8398	0,0302
III	744	10,45	0,7047	0,0015
IV	720	10,55	0,7351	0,0048
V	744	8,636	0,5824	0,0070
VI	720	9,091	0,6335	0,0011
VII	744	7,818	0,5272	0,0193
VIII	744	7,727	0,5211	0,0210
IX	720	10,09	0,7031	0,0014
X	744	8,091	0,5456	0,0145
XI	720	10,64	0,7414	0,0057
XII	740	8,727	0,5885	0,0060
			$\Sigma = 7,993$	$\Sigma = 0,1543$

Tabela 4. Veličine potrebne za određivanje srednje greške koeficijenta opasnosti nastanka plovidbene nezgode

Mesec	Trajanje navigacionog perioda, h	Srednji broj plovidbenih nezgoda	Koeficijent opasnosti nastanka plovidbene nezgode (k_{hi})	$(k_{hi} - k_{sr})^2$
I	744	1,7	0,3439	0,0138
II	672	0,8	0,1792	0,0022
III	744	0,6	0,1214	0,0111
IV	720	1,5	0,3136	0,0076
V	744	0,7	0,1416	0,0072
VI	720	0,7	0,1463	0,0064
VII	744	0,5	0,1012	0,0157
VIII	744	1,3	0,2630	0,0013
IX	720	1,4	0,2927	0,0044
X	744	2,0	0,4046	0,0317
XI	720	1,1	0,2299	0,00001
XII	744	0,9	0,1821	0,0020
			$\Sigma = 2,7194$	$\Sigma = 0,0094$

Srednja greška m_{sr} za određene delove plovno put je:

$$m_{sr} = \sqrt{m_I^2 - m_{II}^2} = \sqrt{0,0357^2 + 0,0292^2} = 0,0461$$

gde su:

m_I - srednja greška na delu plovno put reke Dunav od km 1164 do km 1176 i

m_{II} - srednja greška na delu plovno put reke Dunav od km 1150 do km 1154.

4. ZAKLJUČCI

Zaključci uporedjenja sektora plovno put reke Dunav od km 1164 do km 1176 i dela plovno put reke Dunav od km 1150 do km 1154 u pogledu nastanka plovidbenih nezgoda su:

- Srednja greška koeficijenta opasnosti nastanka plovidbene nezgode za ove delove plovno put je mala ($m_{sr} = 0,0461$) te se može tvrditi da je razlika u bezbednosti plovidbe na sektoru plovno put reke Dunav od km 1164 do km 1176 slučajna;
- Razlika između srednjih mesečnih vrednosti koeficijenta opasnosti nastanka plovidbenih nezgoda ova dva sektora plovno put je takođe mala:

Za sektor plovno put reke Dunav od km 1164 do km 1176:

$$k_{h_{sr}} = 0,6661 \frac{\text{plovidbenih nezgoda}}{\text{brodu (sastavu)} \times \text{km}}$$

Za sektor plovno put reke Dunav od km 1150 do km 1154:

$$k_{h_{sr}} = 0,2261 \frac{\text{plovidbenih nezgoda}}{\text{brodu (sastavu)} \times \text{km}}$$

- Apsolutne vrednosti mesečnih srednjih vrednosti broja plovidbenih nezgoda za ove sektore i za posmatrani period se značajno razlikuju, i to za:

Sektor plovno put reke Dunav od km 1164 do km 1176 (dužine sektora 12 km):

$$n_{sr} = 9,637 \frac{\text{plovidbenih nezgoda}}{\text{mesec}}$$

Sektor plovno put reke Dunav od km 1150 do km 1154 (dužine sektora 4 km):

$$n_{sr} = 1,100 \frac{\text{plovidbenih nezgoda}}{\text{mesec}}$$

- Potrebno je izvršiti opsežniju analizu plovidbenih nezgoda (više plovidbenih sektora za uporedjenje, detaljnija analiza intenziteta saobraćaja na pojedinim sektorima plovno put, itd.) jer na sektoru plovno put reke Dunav od km 1164 do km 1176 za posmatrani period su se prosečno desile oko deset plovidbenih nezgoda ($n_{sr} = 9,637$) koje su izazvale velike materijalne štete.

LITERATURA

- [1] Oljšamovskij, S.B., Zemljanovskij, D.K., Ščepetov, I.A., Organizacija bezopasnosti plavanja sudov, Transport, Moskva (1979)
- [2] Pavlenko, V.G., Manevrennie kačestva rečnih sudov, Transport, Moskva (1979)
- [3] Pfliegl, R., A system for dynamic navigation support, tactical traffic information and transport management on the Danube, Proceedings of First European Inland Waterway Navigation Conference, pp. 1-7, Balatonfured, (1999)
- [4] Udačin V.S., Solovljevič, V.B., Sudovoženje i pravila plavanja na unutrenjih sudohodnih putjama, Transport, Moskva (1983)
- [5] <http://www.itf.org.uk>
- [6] <http://www.cip.bauwesen.tu-muenchen.de/bauverm/wasserbau/berichtshefte.html>
- [7] www.transport.ru
- [8] www.SCIENCE.sakhalin.ru
- [9] www.transportweb.com
- [10] www.transportnews.com
- [11] www.itenet.ru
- [12] www.rivernet.org/danube.btm
- [13] europa.en.int/comm/energytransport/en/lpi/lvenk.htm

ESTIMATION OF NAVIGATION SAFETY IN DIFFERENT SECTORS
OF INLAND WATERWAY

by

Radovan ZOBENICA and Zoran RADMILOVIĆ
Faculty of Transport and Traffic Engineering
University of Belgrade
Beograd, Vojvode Stepe 305

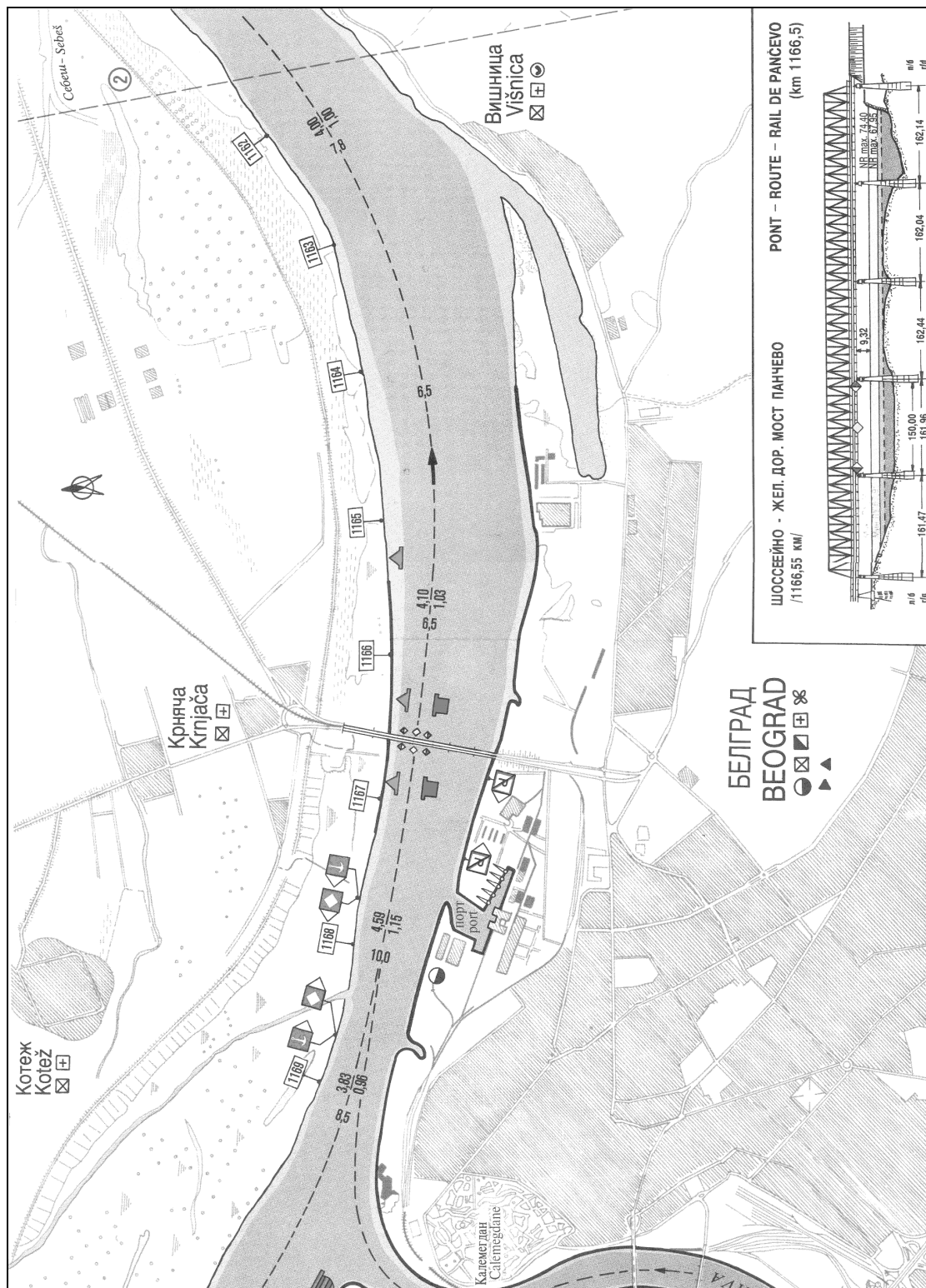
Summary

The organization of ship navigation safety is a science discipline having the aim to contribute to the solution of problems in relation with navigation safety in accordance with ship movements and the improvement of navigation conditions. In preventive protection of navigation safety we consider some statistical rules having the influences in navigation safety and navigation effects, as same as the wind velocity and direction, meteorological influences on the visibility and waves, the characteristics of inland waterways (depth, breadth, draught, radius of curves), such as the number and lay-out of shore and navigable aids in relation of navigation safety.

This paper deals with the requirements for analysis of the gathering data referring on navigation safety. Also, we are presenting some method for an estimation of navigation safety in different sectors of inland waterway. Numerical example presents the research and estimates of navigation safety levels for two Danubian sectors.

Key words: navigation safety in inland waterways, method for evaluation of navigation safety in inland waterway transport

Redigovano 11.06.2004.



Slika 2. Deonica plovnog puta reke Dunav od km 1164 do km 1176