

# Procjena sigurnosti plovidbe u lukama i na prilaznim plovnim putovima brodova za kružna putovanja

---

**Đurđević-Tomaš, Ivica**

**Doctoral thesis / Disertacija**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:593095>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-17**



**Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**  
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET U RIJECI

Ivica Đurđević-Tomaš

**PROCJENA SIGURNOSTI PLOVIDBE U  
LUKAMA I NA PRILAZNIM PLOVNIM  
PUTOVIMA BRODOVA ZA KRUŽNA  
PUTOVANJA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Rijeka, 2020.

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET U RIJECI

Ivica Đurđević-Tomaš

**PROCJENA SIGURNOSTI PLOVIDBE U  
LUKAMA I NA PRILAZNIM PLOVNIM  
PUTOVIMA BRODOVA ZA KRUŽNA  
PUTOVANJA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentor: izv. prof. dr. sc. Vlado Frančić

Rijeka, 2020.

UNIVERSITY OF RIJEKA  
FACULTY OF MARITIME STUDIES

Ivica Đurđević-Tomaš

**ASSESSMENT OF SAFETY OF NAVIGATION  
FOR CRUISE SHIPS IN PORTS AND  
APPROACHING WATERWAYS**

DOCTORAL THESIS

Rijeka, 2020.

Mentor: izv. prof. dr. sc. Vlado Frančić

Doktorska disertacija obranjena je dana 13. siječnja 2020. na Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci, pred povjerenstvom u sastavu:

1. dr.sc. Damir Zec, redoviti profesor Pomorskog fakulteta u Rijeci, predsjednik,
2. dr.sc. Robert Mohović, redoviti profesor Pomorskog fakulteta u Rijeci, član i
3. dr.sc. Toni Bielić, redoviti profesor Pomorskog odjela Sveučilišta u Zadru, član.

# PROCJENA SIGURNOSTI PLOVIDBE U LUKAMA I NA PRILAZNIM PLOVNIM PUTOVIMA BRODOVA ZA KRUŽNA PUTOVANJA

## SAŽETAK

Doktorska disertacija s naslovom „Procjena sigurnosti plovidbe u lukama i na prilaznim plovnim putovima brodova za kružna putovanja“ opisuje postupak utvrđivanja sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja brodova za kružna putovanja u luku. Provedena je klasifikacija elemenata sigurnosti plovidbe i određeni su kriteriji za koje se radi procjena sigurnosti plovidbe.

Napravljen je prilagodljiv model procjene sigurnosti plovidbe brodova za kružna putovanja u lučkom području koji omogućava vrednovanje kriterija sigurnosti plovidbe i olakšava proces donošenja odluke o mogućnosti uplovljavanja ovih brodova u luku. Vrednovanje kriterija sigurnosti plovidbe obavlja se uz pomoć AHP metode.

Odluka o uplovljavanju donosi se na temelju izračuna vektora prioriteta kriterija predzadnje razine, za koje se radi usporedba alternativa *da (uploviti)* ili *ne (ne uploviti)*.

Model je prilagodljiv u smislu mogućnosti da se radi procjena samo za dio modela ovisno o okolnostima i može se primjeniti na bilo koji brod za kružna putovanja i na bilo koju luku.

Primjenom predstavljenog modela osoba može donijeti odluku o uplovljavanju broda u luku kvantificiranjem kriterija sigurnosti plovidbe.

Ključne riječi:

procjena, AHP metoda, model, odluka

# ASSESSMENT OF SAFETY OF NAVIGATION FOR CRUISE SHIPS IN PORTS AND APPROACHING WATERWAYS

## ABSTRACT

This PhD thesis under the title “Assessment of Safety of Navigation for Cruise Ships in Ports and Approaching Waterways” describes the procedure for determining the safety of navigation and possibilities for cruise ships to enter ports. Classification of the elements and hierarchical structure are made, and criteria for safety of navigation assessment are determined.

A flexible and adaptable model for assessment of safety of navigation for cruise ships in the port area is made, which enables evaluation of the criteria of safety of navigation and facilitates the decision-making process on the possibilities for these ships to enter port.

To evaluate safe navigation criteria, the AHP method is applied. Relevant weight values are calculated. Decision on entering the port is brought on the basis of the total weight values of the penultimate level assessment criteria, being pairwise compared by alternatives *yes (enter)* or *no (do not enter)*.

The model is flexible as there is an option for assessment by using only a part of the model, for which there are no new impacts, and it can be adapted to any ship and any port.

By applying the introduced model one can make a decision on entering a port by quantifying the criteria of safety of navigation.

Keywords: Assessment, AHP method, model, decision

## SADRŽAJ

<b>1</b>	<b>UVOD.....</b>	<b>1</b>
1.1	Svrha, plan i ciljevi istraživanja .....	1
1.2	Predmet i problem istraživanja .....	1
1.3	Radne hipoteze i teza .....	3
1.4	Pregled dosadašnjih istraživanja .....	3
1.5	Znanstvene metode koje su primijenjene .....	5
1.6	Očekivani izvorni znanstveni doprinos .....	6
1.7	Primjena rezultata istraživanja .....	6
<b>2</b>	<b>OBILJEŽJA LUKA I PRILAZNIH PLOVNIH PUTOVA.....</b>	<b>8</b>
2.1	Podjela luka .....	8
2.2	Osnovni elementi luke.....	9
2.3	Organizacija plovidbe u luci .....	13
<b>3</b>	<b>MANEVARSKA SVOJSTVA BRODOVA ZA KRUŽNA PUTOVANJA .....</b>	<b>15</b>
3.1	Osnovna manevarska svojstava broda.....	15
3.2	Ispitivanje manevarskih svojstava broda .....	16
3.3	Prikaz manevarskih svojstava broda .....	20
3.4	Manevarska svojstva brodova za kružna putovanja .....	21
3.4.1	Zanošenje broda .....	22
3.4.2	Slobodni prostor ispod kobilice.....	25
3.5	Opremljenost zapovjedničkog mosta .....	28
<b>4</b>	<b>PROCJENA SIGURNOSTI PLOVIDBE I MOGUĆNOSTI UPLOVLJAVANJA .....</b>	<b>30</b>
4.1	Procjena sigurnosti plovidbe koju obavlja brodar .....	30
4.2	Procjena sigurnosti plovidbe postupcima planiranja putovanja .....	35
4.3	Primjena ECDIS-a u postupku planiranja putovanja .....	38



4.3.1	Sigurnosne postavke.....	42
4.3.2	Geometrijski prikaz rute na elektroničkim pomorskim kartama.....	46
<b>5</b>	<b>MODEL PROCJENE SIGURNOSTI PLOVIDBE U LUČKIM PODRUČJIMA.....</b>	<b>51</b>
<b>5.1</b>	<b>Primjena AHP metode kao alata za odlučivanje.....</b>	<b>53</b>
5.1.1	Matematičke osnove AHP metode.....	56
5.1.2	Konzistentnost (dosljednost) procjene donositelja odluke.....	60
5.1.3	Primjena AHP metode.....	62
<b>5.2</b>	<b>Klasifikacija elemenata sigurnosti plovidbe.....</b>	<b>67</b>
<b>5.3</b>	<b>Hijerarhijska struktura elemenata koji utječu na sigurnost plovidbe.....</b>	<b>72</b>
<b>5.4</b>	<b>Model procjene sigurnosti plovidbe s primjenom AHP metode.....</b>	<b>76</b>
5.4.1	Utvrđivanje novonastalih vrijednosti kod elemenata sigurnosti plovidbe.....	78
5.4.2	Hijerarhijska struktura modela za procjenu sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja.....	78
5.4.3	Određivanje najznačajnijih kriterija/alternativa.....	84
5.4.4	Donošenje odluke.....	94
<b>6</b>	<b>PRIMJENA MODELA PROCJENE SIGURNOSTI PLOVIDBE.....</b>	<b>102</b>
<b>6.1</b>	<b>Uplovljavanja pod utjecajem vjetra.....</b>	<b>104</b>
<b>6.2</b>	<b>Uplovljavanje s neispravnim potisnikom i pod utjecajem vjetra.....</b>	<b>109</b>
<b>7</b>	<b>ZAKLJUČAK.....</b>	<b>118</b>
	LITERATURA.....	121
	POPIS TABLICA.....	126
	POPIS SLIKA.....	128
	PRILOZI.....	130
	ŽIVOTOPIS.....	144

# 1 UVOD

## 1.1 Svrha, plan i ciljevi istraživanja

Svrha istraživanja je unaprijediti način utvrđivanja sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja brodova za kružna putovanja u lukama i na prilaznim plovnim putovima.

Cilj doktorske disertacije je procjena sigurnosti plovidbe brodova za kružna putovanja u lukama i na prilaznim plovnim putovima koja će olakšati postupak donošenja odluke o mogućnosti uplovljavanja ovih brodova u luku za svaki pojedinačni slučaj.

Planirani ciljevi istraživanja su:

- analizirati luke (pomorskoputničke) i odrediti elemente luke bitne za sigurnost plovidbe i manevriranja,
- analizirati tehničko-tehnološka svojstva i ograničenja pri manevriranju brodova za kružna putovanja te odrediti elemente bitne za sigurnost plovidbe i manevriranja,
- analizirati planiranje putovanja,
- kategorizirati elemente koji utječu na sigurnost plovidbe, a specifični su za brodove za kružna putovanja, luke i oceanološke i meteorološke uvjete,
- napraviti hijerarhijsku strukturu odlučivanja,
- izraditi model procjene sigurnosti plovidbe brodova za kružna putovanja u lukama i na prilaznim plovnim putevima,
- primjenom AHP metode donijeti odluku o uplovljavanju u luku,
- verificirati predloženi postupak procjene sigurnosti plovidbe.

## 1.2 Predmet i problem istraživanja

U proteklih nekoliko godina vidljiv je sve veći rast industrije kružnih putovanja s povećanim brojem i veličinom brodova i stalnim porastom ukupne brojnosti putnika. Brodarske kompanije imaju u itinerarima i luke koje do sada nisu bile u ponudi. Mijenjaju se ponude i aktivnosti ovih brodova. Oni najčešće pristaju u lukama radi ukrcaja/iskrcaja putnika, ili ako luka nema potrebnu izgrađenu lučku infrastrukturu, to se obavlja na sidrištu. Brodovi, uobičajeno manjih veličina mogu obavljati istraživačka putovanja, pa čak i ekspedicije po polarnim ili teško pristupačnim područjima. Tad se sidre u različitim prirodnim

“lukama”, dakle uvalama i zaštićenim područjima. Ukrcaj/iskrcaj putnika u takvim područjima obavlja se brodicama za prijevoz putnika na obalu (*tenderi*), ponekad čak i helikopterima.

U tom smislu, nema posebnih kriterija koje luke moraju zadovoljiti da bi mogle prihvatiti brodove za kružna putovanja. Postojeće luke, bilo umjetne ili prirodne, nastoje pratiti trendove gradnje ovih brodova modificirajući svoje kapacitete i time osiguravaju uvjete za njihov siguran prihvata. Prilagodba luka tehnološkom razvoju brodova nije uvijek jednostavna, stoga se povećanjem veličina i broja brodova za kružna putovanja, promjenom tehničko-tehnoloških obilježja, željom za pristajanjem u novim atraktivnim destinacijama/lukama, plovidbom koja ne mora imati samo sezonski karakter pojavljuje potreba za sustavnijim pristupom procjeni sigurnosti plovidbe u lučkim područjima.

Radi procjene sigurnosti plovidbe brodova za kružna putovanja u lukama i prilaznim plovnim putovima, potrebno je analizirati elemente koji utječu na sigurnost plovidbe ovih brodova u ograničenim lučkim područjima i utvrditi model kojim se procjenjuje sigurnost plovidbe. Zbog toga je znanstveno opravdano i utemeljeno istražiti i procijeniti sigurnost plovidbe ovih brodova u samim lukama i na prilaznim plovnim putovima. U kontekstu istaknute problematike definiran je problem istraživanja:

Sigurnost plovidbe i mogućnost uplovljavanja brodova za kružna putovanja u luku u graničnim uvjetima.

Nema dviju jednakih luka. Brodovi za kružna putovanja razlikuju se u svojim manevarskim obilježjima i zbog toga je za svaku luku potrebno procijeniti mogućnosti njihova uplovljavanja i sigurnost plovidbe u određenom vremenu. To treba obaviti unaprijed, a po potrebi i neposredno prije uplovljenja. Za vrijeme uplovljavanja i boravka brodova u luci potrebno ih je nadzirati.

Upravo je to razlog da se predstavljeni problem znanstveno istraži i da se utvrdi odgovarajuća metodologija kojom bi se plovidba brodova za kružna putovanja u lukama i na prilaznim plovnim putovima unaprijedila sa stajališta sigurnosti i zaštite morskog okoliša.

Predmet istraživanja je sustav vrednovanja elemenata koji utječu na sigurnost plovidbe brodova za kružna putovanja u lukama i na prilaznim plovnim putovima.

U tom smislu potrebno je:

- klasificirati elemente sigurnosti plovidbe a tiču se brodova za kružna putovanja, plovnih putova i oceanoloških i meteoroloških uvjeta,
- odrediti kriterije procjene sigurnosti plovidbe brodova u lukama za koje se računaju vektori prioriteta AHP metodom,

- izraditi model procjene sigurnosti plovidbe brodova za kružna putovanja,
- donijeti odluku o uplovljavanju za svaki pojedinačni slučaj.

### 1.3 Radne hipoteze i teza

U okviru tako određenog predmeta i problema znanstvenog istraživanja postavljena je i temeljna znanstvena hipoteza:

*Primjenom prilagodljivog modela za procjenu sigurnosti plovidbe brodova za kružna putovanja u lučkom području moguće je unaprijediti sigurnost plovidbe općenito, odnosno optimizirati proces donošenja odluke o mogućnosti uplovljavanja.*

Model je napravljen za procjenu sigurnosti plovidbe brodova za kružna putovanja u lučkom području, ali se prilagođavanjem može primijeniti i na ostale vrste brodova. Brodovima za kružna putovanja smatraju se putnički brodovi za višednevna kružna putovanja. Procjena sigurnosti plovidbe primjenom predloženog modela može se obaviti za svako uplovljavanje broda za kružna putovanja ovisno o promjenjivim okolnostima. Hipoteza se odnosi na brodove za kružna putovanja jer na ovim brodovima ima dovoljno stručnog znanja da obave razumnu objektivnost procjene.

### 1.4 Pregled dosadašnjih istraživanja

U nastavku su priloženi najvažniji radovi koji se bave sigurnošću plovidbe i primjenom AHP metode u predmetnom području:

1. Thomas L. Saaty, How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process, *European Journal of Operational Research* 48 (1990) 9-26, North Holland; u svom radu upoznava čitatelje sa analitičkim hijerarhijskim procesom – multikriterijskim pristupom odlučivanju u kojem su čimbenici uređeni hijerarhijski. Sažeti su načela i filozofija teorije navodeći opće informacije o vrsti mjerenja koja se primjenjuju, njihovim svojstvima i uporabi.

2. Yuan Wu, Hao Hu, Channel Safety Assessment in Ship Navigation Based on Fuzzy Logic Model, *Transportation Research Board 93rd Annual Meeting for Presentation and Publication*, 2013.; u svom radu analizira procjenu sigurnosti plovidbe u plovnom kanalu koju temelji na modelu neizravne logike ili “zamućene logike” (engl. *Fuzzy Logic*).

Pri izradbi modela najprije je napravljen sustav indeksa procjene sigurnosti koji je autor podijelio na četiri glavna dijela: hidrometeorologija, uvjeti plovnog kanala, čimbenici

pomorskog prometa i upravljačka razina. Ova četiri glavna dijela dalje se raščlanjaju na jedanaest poddijelova. Koristeći se analitičkim hijerarhijskim procesom (AHP – *Analytic Hierarchy Process*) dodijeljene su težinske vrijednosti na temelju ankete koju je ispunilo 50 (48 ispravnih anketa) stručnjaka iz ovog područja. Uz pomoć „zamućene logike“ utvrđuje se razina sigurnosti plovidbe u plovnim kanalima, koja se prema autoru dijeli na pet razina - od sigurne do vrlo nesigurne plovidbe.

3. Robert Mohović, Model manevriranja brodom u ograničenim plovnim područjima u funkciji sigurnosti i zaštite morskog okoliša, Pomorski fakultet Rijeka, 2002.; u ovoj doktorskoj disertaciji sustavno su sagledane interakcijske sprege u sustavu manevriranja brodom, prikazani utjecajni čimbenici koji djeluju u sustavu te je izvršena analiza njihovih utjecaja i međudjelovanja. Temeljem takvih spoznaja definiran je algoritam modela manevriranja brodom i konceptualni model sustava kao i model pojedinačnog manevra.

4. Di Zhang, Challenges and New Developments in Maritime Risk Assessment, *Probabilistic Safety Assessment and Management PSAM 12, Honolulu Hawaii*, June 2012.; u svom radu za primjer sigurnosti plovidbe rijekom Yangtze koristi se analitičkim hijerarhijskim procesom i „zamućenom logikom“ pri procjeni rizika sigurnosti plovidbe. Pri izradi modela najprije je napravljen sustav indeksa procjene sigurnosti koji je autor podijelio na četiri glavna dijela: ljudski faktor, brod, okoliš i upravljački dio. Ova četiri glavna dijela dalje se raščlanjaju na deset dijelova a okoliš još i na šest dodatnih elemenata, što ukupno čini četrnaest kritičnih elemenata sigurnosti kojima su određene težinske vrijednosti. Prema ovom radu najveći utjecaj na sigurnost plovidbe brodova imaju svjesnost sigurnosti, osposobljenost posade, dimenzije plovnog kanala i sposobnost broda za plovidbu. Temeljem ovog modela sigurnost plovidbe dijeli se na pet razina - od vrlo loše do vrlo dobre.

5. Wenyuan Wang, Yun Peng, Xiangqun Song and Yong Zhou, Impact of Navigational Safety Level on Seaport Fairway Capacity, *The Journal of Navigation* (2015), 68, 1120–1132. © The Royal Institute of Navigation 2015.; u ovom radu autori pri procjeni rizika plovidbe plovnim kanalom čimbenike koji utječu na rizik dijele na: prirodne, plovidbene, upravljačke, brodske i ljudske. Prirodni su dubina i širina plovnog kanala te njihova zakrivljenost. U plovidbene spadaju zakrčenost kanala i brodovi koji se mimoilaze. Upravljački su pomagala za navigaciju i upravljanje pomorskim prometom. Čimbenici broda su manevrabilnost i brzina, dok su ljudski faktor vještina i psihologija časnika i zapovjednika.

6. T. Xu, Q.Y. Hu, Z. Xiang & D.L. Wang, Marine Traffic Real-Time Safety Index, *TRANSNAV the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 2014.; u ovom radu autori utvrđuju koncept indeksa sigurnosti pomorskog

prometa u stvarnom vremenu. Pri utvrđivanju procjene sigurnosti autori su utvrdili četiri primarna i pet sekundarnih indeksa. Primarni su uvjeti pomorska plovidba, okoliš, opasnosti i brodovi koji prevoze opasne terete dok su sekundarni razlike u karakteristikama brodova, učestalost mimoilaženja, zanos, vidljivost i dnevna/noćna plovidba. S pomoću AHP metode izračunane su težinske vrijednosti svakoga od indeksa.

7. Đani Mohović, Ocjena prihvatljivosti pomorskih plovidbenih rizika, Pomorski fakultet Rijeka, 2010.; u ovoj doktorskoj disertaciji sustavno je istražen rizik nasukanja broda pri prolazu uskim plovnim putovima te su određeni kriteriji prema kojima bi se navedeni rizik vrednovao. Izrađen je model kretanja broda koji omogućuje variranje ulaznih vrijednosti, a dobiveni rezultati koriste se za procjenu rizika nasukanja. Pri određivanju graničnih parametara koji definiraju sigurnu plovidbu odvojeno su istraženi parametri sigurne plovidbe kada svi brodski sustavi rade ispravno od slučaja kada tijekom plovidbe dolazi do izvanrednog događaja.

8. Rajesh S Prahbu Gaonkar, Min Xie, Anil Kumar Varma, A New Method for Maritime Traffic Safety Index Appraisal, *IEEE International Technology Management Conference*, 2011.; autori predlažu novu metodu procjene sigurnosti plovidbe brodova. Koristeći se AIS (*Automatic Information System*) podacima dobijaju različite statičke i dinamičke vrijednosti čimbenika koji djeluju na indeks sigurnosti pomorskog prometa. Identificirani faktori tvore hijerarhijsku strukturu. AHP metodom određene su njihove težinske vrijednosti na svim razinama hijerarhijske strukture.

## **1.5 Znanstvene metode koje su primijenjene**

Kao glavna znanstvena metoda u radu je korištena AHP metoda. AHP matematička metoda je najkorištenija metoda za rješavanje problema višekriterijskog odlučivanja u analitičkom pristupu donošenja odluka. Koristeći ovu matematičku metodu moguće je izračunati vektore prioriteta kriterija sigurnosti plovidbe brodova za kružna putovanja s obzirom na luku i oceanološke i meteorološke uvjete, i na taj način olakšati donošenje odluke. Izbor alternative odnosi se na odluku uploviti ili ne.

Razrada i postavljanje prijedloga modela za procjenu sigurnosti plovidbe brodova za kružna putovanja u lukama i prilaznim plovnim putovima i uspostava modela glavni je dio istraživanja.

Istraživanje je provedeno u dijelu:

- prikupljanja literature,

- izrade hijerarhijske strukture,
- izbora eksperata,
- provjere modela,
- validacije modela.

Izabrana je AHP metoda u procjeni sigurnosti plovidbe brodova za kružna putovanja u luci jer na samom brodu za kružna putovanja postoji dovoljan broj eksperata koji mogu osigurati razumnu objektivnost procjene.

## 1.6 Očekivani izvorni znanstveni doprinos

Rezultati znanstvenog istraživanja koji su prezentirani u doktorskoj disertaciji trebali bi implicirati znanstveni doprinos u tehničkim znanostima u teorijskom i praktičnom smislu.

Očekivani znanstveni doprinos istraživanja u teorijskom i praktičnom smislu odnosi se na:

- klasifikaciju i hijerarhijsko strukturiranje elemenata sigurnosti plovidbe brodova za kružna putovanja u lučkim područjima,
- vrednovanje kriterija sigurnosti plovidbe,
- primjenu razvijenog modela procjene sigurnosti plovidbe s ciljem optimiziranja procesa donošenja odluka o uplovljavanju broda za kružna putovanja u luku.

## 1.7 Primjena rezultata istraživanja

Očekivana primjena istraživanja odnosi se na:

- procjenu sigurnosti plovidbe u lukama i prilaznim plovnim putovima korištenjem ovim modelom mogu napraviti svi subjekti (brod, brodar, luka, VTS, peljar) kojima je interes povećati sigurnost plovidbe,
- primjenu metodologije od strane broda za kružna putovanja gdje zapovjednik broda uz konzultaciju sa ostalim iskusnim časnicima na zapovjedničkom mostu (*staff captain, safety officer, chief officer...*) može napraviti objektivnu procjenu,
- primjena modela moguća je pri procjeni sigurnosti plovidbe na brodove za kružna putovanja različitih tehničko-tehnoloških obilježja na različitim plovnim lučkim područjima,
- primjenu metodologije od strane tijela odgovornih za sigurnost plovidbe koji mogu odrediti stručnjake koji će moći napraviti objektivnu procjenu mogućnosti uplovljavanja broda za kružna putovanja u luku.

Dodatno, procjena sigurnosti plovidbe u lukama i prilaznim plovnim putovima korištenjem ovim modelom može se napraviti i za druge vrste brodova.



## 2 OBILJEŽJA LUKA I PRILAZNIH PLOVNIH PUTOVA

Ne postoje dvije iste luke. Nema posebnih kriterija koje luke moraju zadovoljiti da bi mogle prihvatiti brodove za kružna putovanja. Postojeće luke, bilo umjetne ili prirodne, nastoje pratiti trendove gradnje ovih brodova modificirajući svoje kapacitete i time osiguravaju uvjete za njihov siguran prihvat. Prilagodba luka tehnološkom razvoju brodova nije uvijek jednostavna. Radi klasifikacije elemenata koji utječu na sigurnost plovidbe u lučkom području i izradbe modela procjene sigurnosti plovidbe moraju se analizirati luke (pomorskoputničke) i odrediti elementi luke bitni za sigurnost plovidbe i manevriranja.

Kada se govori o lukama, lučkim područjima i procjeni sigurnosti plovidbe u ovim područjima, potrebno je definirati osnovne pojmove. U ovom poglavlju napravljena je podjela luka prema različitim kriterijima, naznačeni su osnovni elementi luke, definiran je plovni put, način prihvata brodova i opisana je organizacija plovidbe u luci.

### 2.1 Podjela luka

Po jednoj definiciji luka je svaki zaštićeni prostor na obali, dovoljno dubok kako u njemu mogu pristajati brodovi da bi iskrcavali ili ukrcavali robu i putnike, dok je po drugoj definiciji luka izgrađena s potrebnim uređajima za ukrcaj/iskrcaj i uskladištenje tereta<sup>1</sup>.

Luka prema Zakonu o pomorskom dobru i morskim lukama<sup>2</sup>, i prema Pomorskom zakoniku Republike Hrvatske<sup>3</sup> ima sljedeće značenje:

„Luka jest morska luka, tj. morski i s morem neposredno povezani kopneni prostor s izgrađenim i neizgrađenim obalama, lukobranima, uređajima, postrojenjima i drugim objektima namijenjenim za pristajanje, sidrenje i zaštitu brodova, jahti i brodica, ukrcaj i iskrcaj putnika i robe, uskladištenje i drugo manipuliranje robom, proizvodnju, oplemenjivanje i doradu robe te ostale gospodarske djelatnosti koje su s tim djelatnostima u međusobnoj ekonomskoj, prometnoj ili tehnološkoj svezi.“

Različiti autori, prema različitim kriterijima (zemljopisnim, ekonomskim ili pravnim), razvrstavaju luke s obzirom na:<sup>4</sup>

- smještaj,
- plimu i oseku,

---

<sup>1</sup> Pomorska enciklopedija, JLZ, Zagreb 1978., sv. IV, str. 367

<sup>2</sup> Zakon o pomorskom dobru i morskim lukama, Narodne novine, br. 158/03, 100/04, 141/06, 38/09, 123/11, 56/16

<sup>3</sup> Pomorski zakonik, Narodne novine, br. 181/04, 76/07, 146/08, 61/11, 56/13 i 26/15

<sup>4</sup> I. Tomić: *Prometna tehnologija luka*, Zagreb, Centar prometnih znanosti, 1986., str. 28-29.

- aktivnosti,
- carinski postupak,
- vlasništvo,
- vrstu brodarstva,
- strukturu tereta,
- vrstu kopnenog prometa,
- krcatelja,
- smjer robnog toka,

ili:<sup>5</sup>

- geografski položaj,
- funkciju koju obavlja,
- vodostaj,
- način gradnje,
- veličinu,
- vrstu prometa.

Nema jedinstvene, opće prihvaćene podjele luka. Zbog toga se u ovom radu primjenjuje metoda za procjenu sigurnosti plovidbe samo u lukama koje mogu prihvatiti brodove za kružna putovanja.

## 2.2 Osnovni elementi luke

Da se izradi model procjene sigurnosti plovidbe, potrebno je analizirati elemente luke, plovni put i način prihvata brodova u luci.

Osnovni elementi luke jesu ulaz u luku (prilazni plovni put i zaustavni dio), akvatorij te vanjske i unutarnje lučke građevine.<sup>6</sup>

*Ulaz u luku* dio je kanala između otvorenog mora i zaštićenog dijela luke koji obuhvaća s vanjske strane plovni put, a s unutarnje udaljenost potrebnu brodu da se zaustavi – zaustavni dio. Prilazni plovni put u navigacijskom smislu mora biti siguran i tako određen da ne ugrožava sigurnost broda vezano za oceanološke i meteorološke uvjete i izbjegavanje sudara. Najosjetljiviji i najvažniji dio luke je ulaz. Osnovni kriterij pri dizajniranju veličine ulaza u luku je veličina broda. Ulaz u luku mora biti napravljen prema kriteriju najvećeg broda koji će uplovljavati u luku i prema manevarskim svojstvima takva broda. Širi ulaz u

<sup>5</sup> B. Kesić, A. Jugović: *Menadžment pomorskoputničkih luka*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006., str. 6-9

<sup>6</sup> Pomorska enciklopedija, JLZ, Zagreb 1978., sv. IV, str. 388.

luku omogućit će većoj valnoj energiji prodiranje u zaštićeni prostor. Postoje ograničenja vrijednosti dopuštenog stanja valovlja i prosječna godišnja učestalost unutar akvatorija luka i marina kao kriterij sigurnosti uplovljavanja i manevriranja unutar luka.

*Akvatorij luke* je vodena površina luke i utvrđuje se za svaku luku posebno. Ukupna površina akvatorija luke sastoji se od svih prilaza, lučkih bazena (otvoreni, zatvoreni, bazeni za okretanje broda i operativni bazeni), pristana i kanala. Osnovne *lučke građevine* dijele se na vanjske (zaštitne) i unutarnje. Vanjske građevine služe za zaštitu luke. One su istaknute u more i moraju se oduprijeti djelovanju valova i struja. U vanjske građevine spadaju valobrani i lukobrani. Unutarnje građevine služe kao veza između kopnenih i pomorskih prijevoznih sredstava. Primjenjuju se tri osnovna sustava rasporeda unutarnjih građevina: sustav otvorene obale, sustav bazena i gatovi u obliku češlja.

Prema Pomorskom zakoniku Republike Hrvatske *plovni put*<sup>7</sup> jest morski pojas dovoljno dubok i širok za sigurnu plovidbu plovnog objekta. Plovni objekt<sup>8</sup> jest pomorski objekt namijenjen za plovidbu morem. Plovni objekt može biti brod, ratni brod, podmornica, jahta ili brodica.

Radi procjene sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja brodova za kružna putovanja u luku plovni put definiran je minimalnom visinom, širinom, dubinom, minimalnim polumjerom kružnice okreta (maksimalna promjena kursa) i promjerom prostora za okret broda.

Prihvat brodova za kružna putovanja obuhvaća boravak broda uz obalu, na sidrištu i dinamičko pozicioniranje.

Brod u luci na privezištu mora biti privezan. Privezište mora biti opremljeno napravom za koju se veže brodsko užje, a ovisno o lokalnim uvjetima i veličini sile koju treba savladati, utvrđuje se oblik i vrsta naprave za privez. Najčešće se primjenjuju prsteni, bitve, kolone ili čunjevi i kuke.

Sidrište je mjesto izvan luke gdje se sidre brodovi.<sup>9</sup> Pozitivni zakonski propisi (ili koji drugi akt) Republike Hrvatske i relevantne međunarodne konvencije eksplicitno ne navode tehničke uvjete ili ograničenja koja treba slijediti pri određivanju područja sidrišta. Pomorski zakonik Republike Hrvatske, u prvom dijelu, »Opće odredbe«, u članku 5. alineji 47. donosi sljedeću definiciju sidrišta: „Sidrište luke je uređeni i obilježeni dio mora namijenjen manevriranju i sidrenju brodova.“

---

<sup>7</sup> Narodne novine, br. 181/04, 76/07, 146/08, 61/11, 56/13 i 26/15

<sup>8</sup> Ibid.

<sup>9</sup> Pomorska enciklopedija, JLZ, Zagreb, 1978, sv. IV, str. 367.

S pomorskog gledišta razlikuju se zaštićena i nezaštićena (otvorena) sidrišta. *Zaštićeno sidrište* obično je u morskoj uvali ili ga otoci zaklanjaju od vjetrova i valova, dubine su umjerene i pogodan je nanos dna u koji se dobro ukopavaju sidra, tako da pouzdano drže. Takvo je sidrište redovito označeno na pomorskoj karti posebnim znakom, a u priručnicima za plovidbu opisano je i posebno naglašeno pri kojim je vjetrovima nepouzđano ili opasno. U zaštićena sidrišta brod se može zaklanjati od iznenadnog nevremena. *Nezaštićena sidrišta* mogu biti pogodna za sidrenje po lijepom vremenu ili pri vjetru s kopna koji ne razvija valove, ako dno dobro drži usidreni brod. Smatraju se privremenima jer se brodovi tu sidre ako su vremenske prilike povoljne, dok čekaju slobodan promet s kopnom, peljara ili dozvolu za ulazak u luku (oslobođenje zauzetih pristana).

Točka sidrenja je točka na sidrištu na kojoj se obara sidro. U pomorskoj praksi postoje različite preporuke vezano za norme ispuštanja sidrenog lanca ovisno o dubini na sidrištu.

Sidrište mora biti:

- zaštićeno od vjetrova,
- na pogodnom dnu da sidro što bolje drži,
- u hidrografsko-navigacijskom smislu sigurno,
- odgovarajuće dubine: male do 25 m; srednje 25 - 50 m ;, velike više od 50 m (izbjegava se sidrenje na dubini većoj od 75 m),
- dovoljne površine.

Na sidrištima brod može biti usidren, odnosno može održavati poziciju koristeći se dinamičkim pozicioniranjem, što nije rijedak slučaj kod brodova za kružna putovanja. Dinamičkim pozicioniranjem brod održava zadanu poziciju bez upotrebe sidara uz upotrebu propulzije i/ili kormila i/ili bočnih potiskivača. Ovaj sustav može biti automatiziran prema zadanim parametrima održavanja pozicije sustavom koji automatski upravlja djelovanje propulzije, i/ili kormila i/ili bočnih potiskivača. U izravnom dinamičkom pozicioniranju propulzijom i/ili kormilom i/ili potiskivačima može upravljati časnik plovidbene straže. Zapovjednik broda odredi zadanu poziciju i željeni kurs te se ti parametri zadržavaju primjenom automatskog sustava ili primjenom izravnog upravljanja dinamičkim pozicioniranjem.<sup>10</sup>

Ulazno/izlazne vrijednosti održavanja zadane pozicije dinamičkim pozicioniranjem:

- oceanološki i meteorološki uvjeti (vjetar, struja, valovi, morske mijene),
- pozicija broda (DGPS, GPS),

---

<sup>10</sup> I. Đurđević-Tomaš, M. Brajović, Ž. Kurtela: DP anchoring of passenger ships in Dubrovnik area, POWA - Book of Abstracts, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2007.

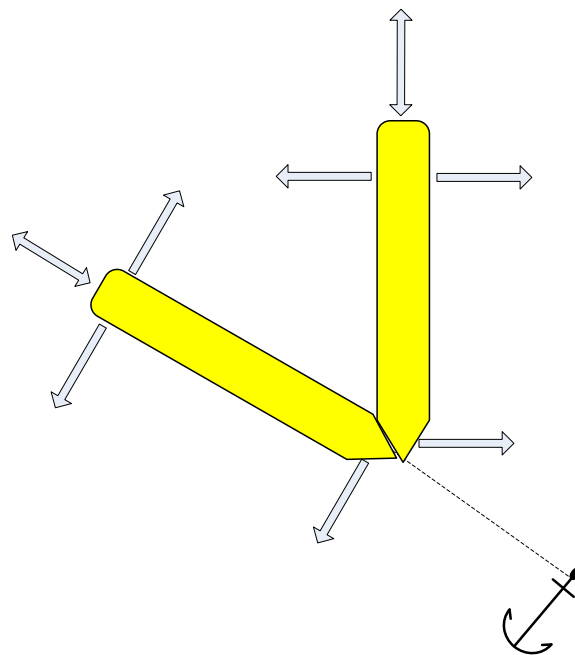
- kurs broda (žiro kompas),
- propulzija (glavna propulzija, bočni porivnici, kormilo).

Prednosti dinamičkog pozicioniranja:

- nije potreban tegljač,
- brzo pozicioniranje,
- brza reakcija na promjenu vremenskih uvjeta (brod plovi),
- neovisnost o dubini i kvaliteti dna sidrišta,
- ne oštećuje pridneni ekosustav,
- ne oštećuje podmorske instalacije,
- površine laznog prostora nema.

U pojedinim situacijama brod može biti pozicioniran na sidrištu sidrenjem i izravnim dinamičkim pozicioniranjem („kombinirano sidrenje“). Uz pomoć sidra i pramčanih potisnika pramac se zadržava na određenoj poziciji, dok se krma zadržava aktivnim potiskom. Duljina ispuštenoga sidrenog lanca ovisi o dubini, raspoloživom prostoru, stanju mora i vjetru, ali se u svakom slučaju takvim sidrenjem smanjuje lazni prostor.

U iznimnim okolnostima, moguće je uz sidro i sidreni lanac rabiti i privezne konope prema plutači ili obali.



Slika 1. Sidrenje i izravno dinamičko pozicioniranje

Radi procjene sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja brodova u luku potrebno je poznavati konfiguraciju plovnog puta i sidrišta/priveza.

U tom smislu potrebno je poznavati:

- prilaz luci,
- zaustavni dio,
- minimalnu visinu, širinu i dubinu plovnog kanala,
- maksimalnu dopuštenu brzinu plovidbe,
- minimalni polumjer kružnice okreta u luci (maksimalna promjena kursa),
- gustoću mora,
- prostor za okret broda,
- raspoloživu duljinu veza,
- površinu sidrišta,
- maksimalnu visinu valova koja dopušta uplovljavanje.

Ovo su elementi sigurnosti plovidbe luke za koje treba procijeniti njihov utjecaj na sigurnu plovidbu i mogućnost uplovljavanja broda za kružna putovanja.

### **2.3 Organizacija plovidbe u luci**

Organizacija plovidbe skup je djelatnosti koje uključuju nadzor i upravljanje pomorskim prometom, određivanje plovnih putova i pravila plovidbe na određenom području.

Sustav za nadzor i upravljanje pomorskim prometom (engl. *Vessel Traffic Monitoring and Information System, VTMISS*) je složeni tehnički i informacijski sustav namijenjen praćenju, upravljanju i organizaciji cjelokupnog pomorskog prometa. Sastoji se od pomorskog obalnog sustava automatske identifikacije brodova (engl. *Coastal Automated Identification of Ships System*), pomorskog radarskog sustava (engl. *VTS Radar System*), pomorskog radio-komunikacijskog sustava, te drugih sustava kojima se osigurava uvid u plovidbene okolnosti na moru i ostvaruje interakcija sa sudionicima pomorskog prometa. U Republici Hrvatskoj Služba nadzora i upravljanja pomorskim prometom obavlja poslove praćenja, nadzora, upravljanja i organizacije pomorskog prometa i obuhvaća:<sup>11</sup>

1. Prikupljanje podataka o pomorskim objektima i pomorskom prometu.
2. Davanje podataka pomorskim objektima.
3. Davanje plovidbenih savjeta i podrške u plovidbi pomorskim objektima.

---

<sup>11</sup> Pomorski zakonik Republike Hrvatske (NN 146/08 s izmjenama i dopunama), Glava IVa. Nadzor i upravljanje pomorskim prometom

#### 4. Organizaciju plovidbe i upravljanje pomorskim prometom.

VTMIS je implementacija VTS-a<sup>12</sup> na području Europske unije u skladu s Direktivom broj 2002/59/EC<sup>13</sup>.

U situacijama kada je VTS ovlašten izdati upute brodovima, te upute moraju biti usmjerene prema rješavanju nastale situacije, ostavljajući pritom detalje izvršenja, kao što su promjene kursa i brzine broda zapovjednicima i peljarima na brodu. Posebna pozornost mora se voditi o tome da VTS svojim uputama ne poseže u zapovjednikova prava i obveze vezane uz sigurnost plovidbe, ili da ne remeti tradicionalni odnos između zapovjednika i peljara. VTS je posebno prikladan u područjima u kojima postoji nešto od niže sljedećega:<sup>14</sup>

1. gust promet,
2. promet opasnih tvari,
3. proturječni i složeni ustroj plovidbe,
4. složeni oceanološki i meteorološki elementi,
5. pomicanje pličina ili druge lokalne opasnosti,
6. prijetnje okolišu,
7. međudjelovanje pomorskog prometa s drugim djelatnostima vezanim uz more,
8. podatci o pomorskim nesrećama,
9. postojeći ili planirani VTS u obližnjim plovnim područjima i potreba za međusobnim djelovanjem susjednih država na tom području, ako je to prikladno,
10. objekti koji mogu ograničiti kretanje brodova,
11. postojeće ili predvidive promjene u ustroju plovidbe zbog razvoja luka ili istraživanja mora i podmorja na otvorenom moru i u promatranom području.

Prema ovoj rezoluciji izdanim uputama ne smije se odrediti način provedbe određene radnje, već samo cilj koji se mora postići dok se sama izvedba prepušta zapovjedniku broda. VTS može utjecati na odluku o uplovljavanju brodova za kružna putovanja u luku na način da u potpunosti onemogućuje uplovljavanje ovih brodova u luku i u tom smislu nije potrebno raditi procjenu sigurnosti plovidbe.

---

<sup>12</sup> Vessel Traffic System

<sup>13</sup> Directive 2002/59/EC Of The European Parliament And Of The Council establishing a Community vessel traffic monitoring and information system and repealing Council Directive 93/75/EEC

<sup>14</sup> A.857(20) "Guidelines for vessel traffic services"

### **3 MANEVARSKA SVOJSTVA BRODOVA ZA KRUŽNA PUTOVANJA**

U smislu procjene sigurnosti plovidbe brodova za kružna putovanja u lučkim područjima potrebno je poznavati manevarska svojstva brodova za kružna putovanja.

Da bi se utvrdila manevarska svojstva broda, potrebno je provesti ispitivanja manevarskih svojstava. Prikazana manevarska svojstva na brodu rezultat su ispitivanja koja su opisana u ovom poglavlju.

#### **3.1 Osnovna manevarska svojstva broda**

Osnovna manevarska svojstva broda potrebno je podijeliti u tri glavne grupe:

- pokretnost ili startnost,
- sposobnost zaustavljanja,
- sposobnost okretanja broda.<sup>15</sup>

Svaki brod mora imati sposobnost pokretanja broda iz stanja mirovanja ili sposobnost povećanja brzine plovidbe i brod također mora moći lako manevrirati i okretati se čak i pri naglim promjenama brzine. Mora se također moći i relativno brzo zaustaviti. Brod mora moći manevrirati i pri manjim brzinama bez pomoći tegljača.

U ostala manevarska svojstva ubrajaju se snaga stroja i brzina za razne stupnjeve vožnje, izboj krme, vrijeme prebacivanja stroja s hoda naprijed na hod krmom, obilježja i raspored opreme i uređaja kojima se koristi pri manevriranju, osnovne dimenzije i raspored (udaljenosti) pojedinih elemenata broda.<sup>16</sup>

Uz poznavanje osnovnih manevarskih svojstava broda za uspješno i sigurno manevriranje brodom treba poznavati ostala svojstva broda koja utječu na manevriranje, kao što su njegovo ponašanje pod djelovanjem vjetera ili morske struje, bočni zanos pod učinkom vjetera ili struje i sl.

Manevarska svojstva broda ne ovise samo o hidrodinamičkim utjecajima, već je povezana s ostalim mehaničkim i elektroničkim čimbenicima. Na manevriranje jako utječe i ljudski čimbenik.

---

<sup>15</sup> Robert Mohović, Tehnika rukovanja brodom – Manevarska svojstva broda, autorizirana predavanja

<sup>16</sup> Ibid.



## 3.2 Ispitivanje manevarskih svojstava broda

Ispitivanja manevarskih svojstava broda<sup>17</sup> se zasnivaju na iskustvu i odgovaraju uložnim naporima sljedećih organizacija:

- ITTC – *International Towing Tank Conference*

The International Towing Tank Conference (ITTC) je međunarodno udruženje organizacija koje se bave istraživanjem hidrodinamičkih svojstava brodova i koje upravljaju laboratorijima gdje se testiraju modeli.<sup>18</sup>

- SNAME – *Society of Naval Architects and Marine Engineers*

Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME) je međunarodno udruženje inženjera brodogradnje i inženjera u pomorstvu kojemu je cilj unaprijediti brodogradnju i pomorsku industriju.<sup>19</sup>

- *The Norwegian Standard Organisation*

The Norwegian Standard Organisation je norveška organizacija koja je odgovorna za standardizaciju u svim poljima osim elektrotehnike i telekomunikacije.<sup>20</sup>

- JSRA – *The Japan Ship Technology Research Association*

JSTRA Japan Ship Technology Research Association je japansko udruženje koje povezuje pomorsku industriju, akademsku zajednicu i vladu, gdje su uključeni brodogradnja, brodstrojarstvo, brodarstvo, sveučilišta, istraživački centri i inspeksijski nadzor.<sup>21</sup>

- IMO – *International Maritime Organisation*

Na izbor ispitivanja najviše utječe njegova svrha, pa se zbog toga ispitivanja mogu podijeliti prema namjeni:<sup>22</sup>

1. sposobnost održavanja kursa:

- spiralni pokus,
- prekrenuti spiralni pokus,
- Z-test s malim otklonom kormila,
- modificirani Z-test,
- pokus izvlačenja.

2. sposobnost promjene kursa:

---

<sup>17</sup> Radan Damir, Uvod u hidrodinamiku broda, Sveučilište u Dubrovniku, Dubrovnik 2004.

<sup>18</sup> <https://ittc.info>

<sup>19</sup> <https://www.sname.org>

<sup>20</sup> <https://www.standard.no>

<sup>21</sup> <https://www.jstra.jp>

<sup>22</sup> Radan Damir, Uvod u hidrodinamiku broda, Sveučilište u Dubrovniku, Dubrovnik 2004.

- Z-test,
- pokus incijalnog okretanja.

### 3. upravljivost u slučaju nužnosti:

- pokus okretanja maksimalnim otklonom kormila,
- pokus zaustavljanja,
- slobodno zaustavljanje,
- pokus spašavanja utopljenika,
- pokus održavanja paralelnog kursa.

U slijedećoj tablici prikazani su pokusi ispitivanja manevarskih svojstava broda<sup>23</sup> te su razvrstani prema tome kako ih pojedine organizacije provode.

Tablica 1. Pokusi manevarskih svojstava broda

No.	Naziv pokusa	Organizacija					
		IMO	IMO	ITTC	SNAME	Norsk	Japan
		A.601	A.751	1975.	1989.	Standard	RR
1	Pokus okretanja	•	•	•	•	•	•
2	Z-test (Kempf)	•	•	•	•	•	•
3	Modificirani Z-test						•
4	Spiralni pokus (Dieudonné)			•	•	•	•
5	Prekrenuti spiralni pokus (Bech)			•	•	•	•
6	Pokus izvlačenja	•		•	•		
7	Pokus zaustavljanja prekretom poriva	•	•	•	•	•	•
8	Pokus slobodnog zaustavljanja	•				•	•
9	Pokus spašavanja utopljenika	•					
10	Pokus održavanja paralelnog kursa	•					
11	Pokus inicijalnog okretanja				•		
12	Z-test za manju brzinu plovidbe	•			•		•
13	Pokus okretanja uz ubrzavanje	•		•			
14	Pokus ubrzavanja/usporavanja	•			•		

<sup>23</sup> Radan Damir, Uvod u hidrodinamiku broda, Sveučilište u Dubrovniku, Dubrovnik 2004.

15	Pokus s manevarskim vijkom/vijcima (porivnikom)	•		•	•	•	
16	Pokus određivanja najmanje brzine vrtnje	•			•	•	
17	Pokus zaustavljanja iz vožnje krmom	•			•	•	•

IMO rezolucija A.751(18) zamjenjena je rezolucijom Odbora za pomorsku sigurnost MSC 137(76).<sup>24</sup>

Ispitivanjem okretanja broda (engl. *Turning Test*) određuju se sljedeći parametri:

- promjer kružnice okretanja STD (engl. *Steady Turning Diameter*),
- taktički promjer, tj. ukupan promjer koji je potreban za potpuno okretanje broda TD (engl. *Tactical Diameter*).

Brod se okreće pri različitim brzinama plovidbe i s različitim kutovima otklona kormila. Pri izvođenju okretanja dolazi do pada brzine broda i porasta opterećenja glavnoga porivnog stroja, što također treba zabilježiti.

Kao provjera zaošijavanja, odnosno procjena sposobnosti održavanja i mijenjanja kursa broda obavlja se Z-testom (engl. *Z-Maneuver or Zig-Zag Test*). Z-test se izvodi tako da se kormilo otkloni za određen kut na jednu stranu, pričekava dok brod ne prihvati kut otklona kormila da bi točno u tom trenutku kormilo bilo prekrenuto za isti kut u suprotnu stranu.

Pokusom izvlačenja (engl. *Pull-Out Test*) provjerava se stabilnost upravljanja brodom. Postupak obuhvaća uspostavljanje konstantne brzine i stabilnog kursa broda nakon čega se kormilo postupno postavlja na zadane vrijednosti te se zadržava u tom položaju. Kad završi prijelazni proces uspostavljanja konstantne brzine promjene kursa broda, kormilo je potrebno vratiti u nulti položaj te ga zadržati.

Pokus zaustavljanja preketom poriva (engl. *Stopping Test*) izvodi se kako bi se procijenila sposobnost zaustavljanja broda u slučaju nužnosti. Podaci dobijeni pokusom zaustavljanja preketom poriva izrazito su važni za brod jer se iz tih podataka može procijeniti može li se brod unutar određene udaljenosti zaustaviti kako ne bi došlo do sudara, nasukavanja i sl. Najvažnije informacije koje se trebaju dobiti pokusom zaustavljanja su vrijeme i udaljenost potrebna da se brod zaustavi iz pune brzine pramcem (engl. *Crash Stop Ahead*) i pune brzine krmom (engl. *Crash Stop Astern*).

<sup>24</sup> Resolution MSC.137(76) (adopted on 4 December 2002) Standards For Ship Manoeuvrability

Pokusom slobodnog zaustavljanja (engl. *Stopping Inertia Test*) određuje se koliko su vrijeme i udaljenost potrebni za zaustavljanje broda iz ustaljene brzine, bez kočenja uz pomoć poriva, odnosno slobodnim zaustavljanjem do kojeg, u ovom slučaju, dolazi zbog naglog prestanka rada porivnih strojeva. Pritom se ne čeka da se brod u potpunosti zaustavi, već da postigne određenu minimalnu brzinu. Podaci pokusa slobodnog zaustavljanja, uz uvjet maksimalnog otklona kormila, moraju biti prikazani u kormilarnici (IMO rezulucija A.601).

Pokusom spašavanja utopljenika (engl. *Man-Overboard Test*) provjerava se sposobnost broda u manevru koji se izvodi pri spašavanju utopljenika.

Pokus uspostavljanja paralelnog kursa (engl. *Parallel Course Maneuver Test*) izvodi se kako bi se procijenila sposobnost vraćanja broda na prijašnji kurs nakon procedure izbjegavanja sudara na moru, koja se izvodi tako da se kormilo maksimalno otkloni u stranu suprotnu nadolazećem brodu.

Pokus inicijalnog okretanja (engl. *Initial Turning Test*) izvodi se da bi se odredio prijelazni proces promjene smjera plovidbe broda pri manjim kutevima otklona kormila.

Z-test za manju brzinu plovidbe (engl. *Z-Maneuver Test at Low Speed*) izvodi se kako bi se odredila minimalna brzina upravljanja broda kormilom.

Pokusom okretanja uz ubrzavanje (engl. *Accelerating Turning Test*) određuju se karakteristike upravljanja broda koji ubrzava od nulte brzine do brzine koja se postiže pri maksimalnom opterećenju porivnog stroja.

Pokusom ubrzavanja/usporavanja (engl. *Acceleration/Deceleration Test*) određuju se brzina i domet broda na projiciranoj putanji s obzirom na proteklo vrijeme. Svako mjerenje obavlja se za drugu vrijednost snage porivnog stroja.

Pokus s manevarskim vijkom (engl. *Thruster Test*) se izvodi kako bi se odredila sposobnost okretanja broda uz pomoć manevarskog vijka (porivnika, potisnika), ili vijaka pri određenoj i pri nultoj brzini plovidbe.

Pokus određivanja najmanje brzine vrtnje porivnog vijka (engl. *Minimum Revolution Test*) se izvodi kako bi se odredila najmanja brzina vrtnje porivnog vijka, odnosno pogonskog stroja pri kojoj brod može postići minimalnu konstantnu brzinu. Brod u eksploataciji plovi kroz kanale, tjesnace, ušća, rijeke i jezera pri čemu se često mora kretati što je moguće manjom brzinom. Ovim pokusom određuje se koja je to brzina.

Pokus zaustavljanja iz vožnje krmom (engl. *Crash Ahead Test*) izvodi se kako bi se procijenila sposobnost zaustavljanja broda u izvanrednim stanjima i kao takav vrlo je sličan pokusu zaustavljanja. U trenutku kad brod postigne stabilnu konstantnu brzinu kretanja prema natrag zapovjeda se "punom snagom naprijed".

### 3.3 Prikaz manevarskih svojstava broda

U rezolucija IMO A.601(15) navedene su informacije koje moraju sadržavati:

- obrazac s općim podacima o brodu (peljarska karta; engl. *Pilot Card*),
- poster u kormilarnici (engl. *Wheelhouse Poster*) i
- manevarski priručnik (engl. *Manoeuvring Booklet*).

Prema ovoj rezoluciji obrazac s općim podacima o brodu (peljarsku kartu) treba ispuniti zapovjednik broda da bi peljar imao informacije o brodu pri ukrcaju. Te informacije moraju opisati trenutno stanje broda s obzirom na stanje nakrcanosti, propulzije i opreme i uređaja koji se koriste pri manevriranju, kao i svu drugu važnu opremu (radar, ARPA, sidra, brodska sirena, brzinomjer, pokazivač kutne brzine, VHF...).

Poster u kormilarnici mora biti trajno izložen. Mora sadržavati opće podatke o brodu i detaljna manevarska svojstva broda.

Manevarski priručnik mora se nalaziti na brodu i mora sadržavati detaljne podatke o manevarskim svojstvima broda. Mora sadržavati podatke koji su prikazani na posteru u kormilarnici i sve druge podatke vezane za manevarska svojstva broda. Tako se uz opće podatke, kao što su glavne dimenzije broda i vrsta pogona, naznačuju i manevarska svojstva broda u dubokim i plitkim vodama, kontrola brzine i zaustavljanja i manevriranje pod utjecajem vjetra. Manevarska svojstva broda u dubokoj vodi navode sposobnost promjene kursa, krug okreta broda u dubokoj vodi, inercijski okret, zaošijavanje, manevar nakon naredbe "MOB", manevar dolaska u paralelni kurs i sposobnost poprečnog djelovanja potisnika. Manevarska svojstva broda u plitkim vodama uključuju krug okreta broda u plitkoj vodi i dodatni zagažaj (*squat*). Zaustavljanje i karakteristike kontrole brzine u dubokoj vodi se odnose na sposobnost zaustavljanja, sposobnost smanjivanja brzine i sposobnost ubrzavanja. Manevarske karakteristike broda s utjecajem vjetra su sile i momenti vjetra, ograničenja u pogledu držanja kursa i zanošenje broda pod utjecajem vjetra. Osim toga u priručniku su navedene i manevarske osobine broda pri malim brzinama. Pojedina manevarska svojstva treba razmatrati i u otežanim uvjetima akvatorija (vjetar, morska struja, valovi, plitka voda, plovidba kanalom i sl.).

### 3.4 Manevarska svojstva brodova za kružna putovanja

Brodovi za kružna putovanja s usmjerenom propulzijom<sup>25</sup> imaju sposobnost manevriranja, koja se razlikuje od manevriranja brodovima s ugrađenim listovima kormila i vijcima, tako da se i vrijednosti kružnice okretanja i zaustavnog puta znatno smanjuju. Na slici 2. prikazana je usporedba kružnica okretanja dvaju brodova blizanaca pri punoj brzini (brod s dva vijka i dva lista kormila, a drugi s usmjerenom propulzijom).



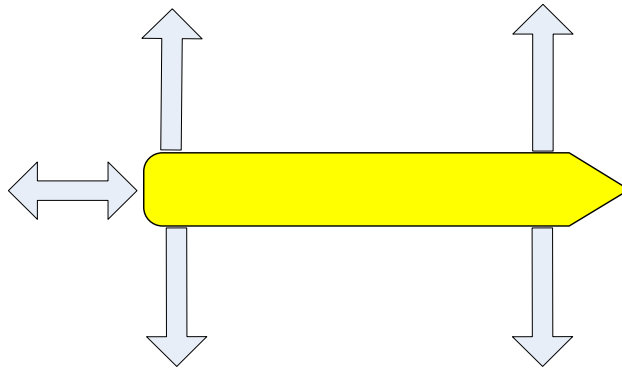
Slika 2. Usporedba kružnica okretanja dva broda blizanca pri punoj brzini (broda s dva vijka i dva lista kormila i broda s usmjerenom propulzijom)

*Izvor: Klaas van Dokkum: Ship knowledge, Dokmar, Enkhuizen, 2006., p.268*

Brodovi za kružna putovanja mogu izdržati silu bočnog vjetera brzine od 20 do 25 čv, dok brodovi sa usmjerenom propulzijom, zbog velike snage propulzora, koji se postavljaju okomito na uzdužnu simetralnu ravninu broda, i potisnika mogu izdržati i kompenzirati silu vjetera brzine veće od 40 čv. To ovisi o snazi propulzora i potisnika.

Kod ovih brodova došla je do izražaja sposobnost broda da se kreće u stranu kontrolirajući pritom kretanje naprijed/natrag. Ovaj manevar se postiže kombinirajući rad usmjerene propulzije i pramčanih porivnika (potisnika). Ovo manevarsko svojstvo broda (*crabbing*) omogućuje kraće vrijeme potrebno za manevar priveza i odveza, povećava sigurnost broda, povećava manevarska svojstva broda, pri čemu brod nema potrebe za pomoć tegljača.

<sup>25</sup> AZImuthing electric POrded Drive



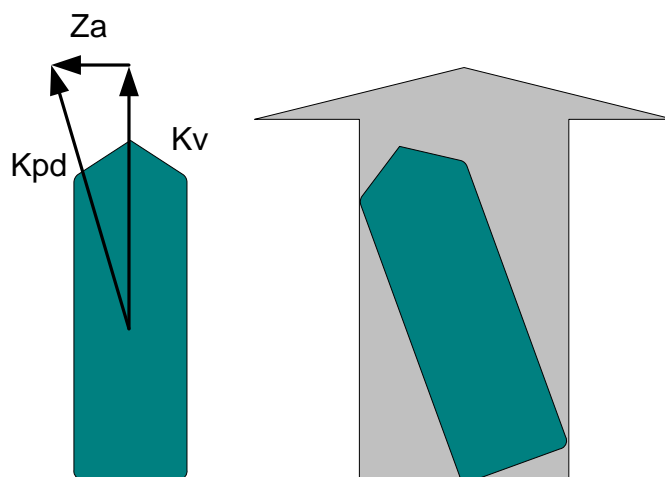
Slika 3. Kombinacija djelovanja azimutalnih propulzora i pramčanih potisnika

Za procjenu sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja, potrebno je dodatno analizirati čimbenike s najvećim utjecajem na širinu plovnog puta (horizontalno ograničenje) povezane sa brodom u plovidbi pod utjecajem vanjskih sila i na slobodni prostor ispod kobilice (vertikalno ograničenje) povezane s gazom broda i povećanjem gaza broda u plovidbi.

Utjecaj vjetra i morske struje na kretanje broda za posljedicu ima povećanje staze ili traga. Pri procjeni sigurnosti plovidbe potrebno je poznavati utjecaj vjetra i struje na zanos broda. S povećanjem brzine broda smanjuje se taj učinak. Međutim, s povećanjem brzine broda javlja se brodski čučanj koji može smanjiti slobodni prostor ispod kobilice.

#### 3.4.1 Zanošenje broda

Brod može doći u situaciju kada se zbog utjecaja morske struje ili vjetra kreće u kursu preko dna ( $K_{pd}$ ) koji se razlikuje od kursa kroz vodu ( $K_v$ ) za zanos ( $Z_a$ ). Zanos je to više izražen, što je manja brzina broda, a jače djelovanje struje ili vjetra, osobito u uvjetima kada vjetar puše na mahove. Brod iza sebe ostavlja stazu ili trag (engl. *Swept Path*) čija veličina ovisi o kutu zanošenja. Na slikama 4. i 5. je prikazana veličina staze broda ovisno o kutu zanosa. Pri procjeni sigurnosti plovidbe broda potrebno je poznavati veličinu staze broda ovisno o kutu zanosa i o raspoloživu širinu plovnog kanala.

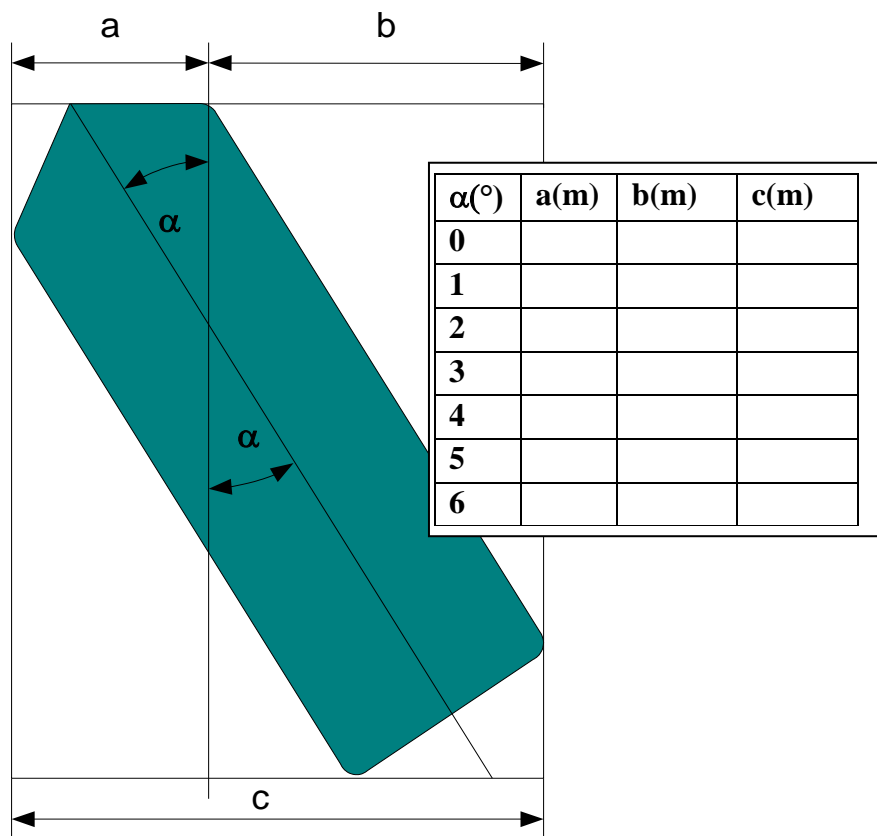


Slika 4. Zanos broda

U manevarskim podacima broda za kružna putovanja nalazi se i tablica veličine ove staze, tj. širina zanošenog broda. Širina staze ovisi o kutu zanošenja. Ukupna se širina staze povećava s povećanim kutom zanošenja.

Brod, ovisno o kutu zanosu, zauzima više plovnog puta od njegove širine i veličina staze može se udvostručiti, a u krajnje nepovoljnijim uvjetima taj negativni učinak može biti i znatno veći. Teško je procijeniti kolik će biti zanos broda pod utjecajem vjetra i morske struje različitih brzina i smjerova.





Slika 5. Veličina staze ili traga (engl. *Swept Path*) koja ovisi o kutu zanošenja

Na pomorskoj karti ruta se sastoji od ravnih i zakrivljenih dijelova koji ovise o veličini polumjera kružnice okreta. Na ECDIS-u<sup>26</sup> se kreira ruta plovidbe (potpoglavlje 4.3.) tako da se međutočke spajaju pravcima i kružnicama, i ucrtava se sigurnosna granica širine plovnog puta.

Potrebno je utvrditi sigurnosnu granicu širine plovnog puta kad se brod nalazi na ravnom dijelu rute i sigurnosnu granicu širine plovnog puta pri okretu broda kad se brod nalazi na luku kružnice.

Procjenjujući sigurnost plovidbe i mogućnosti uplovljavanja broda za kružna putovanja u luku, poznavanje zanosa broda iznimno je važno s obzirom na utvrđivanje sigurnosne širine plovnog puta (horizontalno ograničenje) povezane sa brodom u plovidbi pod utjecajem vanjskih sila.

<sup>26</sup> Electronic Chart Display and Information System (ECDIS)

### 3.4.2 Slobodni prostor ispod kobilice

Drugi važan utjecaj je slobodni prostor ispod kobilice. Za procjenu slobodnog prostora ispod kobilice osnovni proračun obuhvaća razliku između maksimalnoga gaza broda (statičkog) i najmanje dubine mora na plovnome putu.

Prema PIANC-u<sup>27</sup> čimbenici koji utječu na slobodan prostor ispod kobilice dijele se na one koji su povezani s dubinom mora, brodom i morskim dnom kao što je prikazano na slici 6.

Čimbenici koji utječu na dubinu mora u luci su:

- promjena dubine mora zbog utjecaja morskih mijena za vrijeme plovidbe broda plovnim kanalom,
- promjena dubine mora zbog loših vremenskih uvjeta.

Čimbenici koji su povezani s brodom:

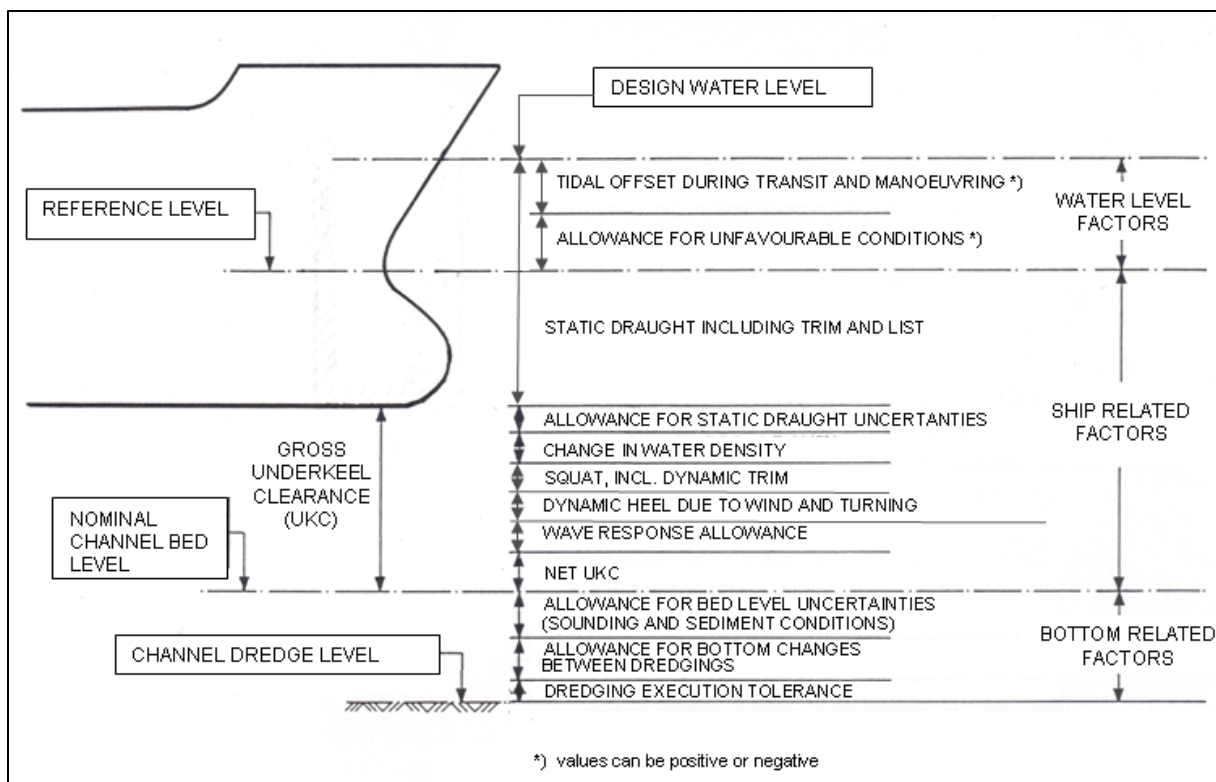
- statički gaz broda, koji uključuje trim i eventualni nagib broda,
- nesigurnost povezanu sa statičkim gazom broda,
- promjena gustoće mora,
- brodski čučanj koji uključuje dinamički trim,
- nagib broda zbog vjetra i pri okretu broda,
- povećanje potrebne dubine zbog utjecaja valova i
- neto slobodni prostor ispod kobilice.

Čimbenici koji su povezani s morskim dnom su:

- dopušteno odstupanje zbog jaružanja,
- nanos materijala u vremenu između jaružanja,
- točnost izmjere dubine.

---

<sup>27</sup> PIANC report N° 121, Maritime Navigation Commission, *Harbour approach channels design guidelines*, 2014



Slika 6. Čimbenici koji utječu na dubinu plovnog puta

Izvor: PIANC<sup>28</sup> report N° 121, Maritime Navigation Commission, *Harbour approach channels design guidelines*, 2014

Prema postupcima planiranja putovanja prije uplovljavanja u luku proračunava se slobodan prostor ispod kobilice. Odredit će se utjecaj svih čimbenika i utvrditi sigurnost plovidbe. Ovo su čimbenici koje treba uzeti u obzir pri određivanju sigurne dubine ispod kobilice broda:<sup>29</sup>

### **Promjena dubine mora zbog utjecaja morskih mijena i meteoroloških uvjeta za vrijeme plovidbe broda plovnim kanalom**

Na dubinu mora u luci mogu utjecati morske mijene i meteorološki uvjeti. Morske su mijene promjenjive s obzirom na vrijeme i prostor. Često se mora iskoristiti vremenski okvir pogodnog utjecaja morskih mijena na dubinu mora da bi se uplovilo u luku. Vjetar i atmosferski tlak mogu također dovesti do znatne promjene dubine mora (visine vode).

### **Statički gaz broda, koji uključuje trim i eventualni nagib broda**

Maksimalni gaz broda se mijenja za vrijeme plovidbe broda zbog potrošnje goriva, balastiranja i sl. Ako brod nije na ravnoj kobilici, treba odrediti trim broda i utvrditi maksimalni gaz.

<sup>28</sup> PIANC, The World Association for Waterborne Transport Infrastructure

<sup>29</sup> *ibid.*

### **Nesigurnost povezanu sa statičkim gazom broda**

U luci polaska ne može se uvijek utvrditi gaz broda s apsolutnom sigurnošću. Najčešće pri očitavanju gazova postoje vanjski utjecaji koji onemogućuju točno utvrđivanje gaza (stanje mora), i gustoća se može razlikovati od gustoće mora u luci dolaska. Jedan od razloga nesigurnosti može biti i nagib broda u trenutku čitanja gazova.

#### **Promjena gustoće mora,**

Promjenom gustoće mora mijenja se i gaz broda. Uz promjenu srednjega gaza dolazi i do promjene trima.

#### **Brodski čučanj koji uključuje dinamički trim**

Brodski čučanj koji uključuje dinamički trim povećava gaz broda. Nastaje zbog promjene tlakova ispod kobilice koji su uvjetovani brzinom broda. Glavni čimbenik je brzina. Drugi čimbenik je koeficijent istisnine ( $C_b$ ). Dodatni zagažaj djeluje na trim broda. Za brodove s velikim koeficijentom punoće deplasmana (koeficijent punoće deplasmana –  $C_b > 0,7$ ) poput VLCC-ULCC tankera, specifičan je dodatni zagažaj pramcem, posebice u slučaju ako je brod početno pretežan. Za uske brodove finih linija poput putničkih ili kontejnerskih brodova ( $C_b < 0,7$ ), specifičan je dodatni zagažaj krmom, posebice pri velikim brzinama i u slučaju ako je brod početno zatežan.<sup>30</sup> Zbog raznolikosti u ograničenjima plovnih putova po širini i dubini, određene su tri osnovne vrste plovnih putova:

- plitke vode neograničene širine,
- plitke vode ograničene širine,
- kanali.<sup>31</sup>

Potrebno je utvrditi odnos širine kanala i broda kao i dubine kanala i gaza broda na osnovu čega će se utvrditi koju formulu za brodski čučanj treba koristiti.<sup>32</sup>

#### **Nagib broda zbog vjetra i pri okretu broda**

Nagib broda zbog vjetra i pri okretu broda ovisi o širini broda i kutu nagiba. Najveća opasnost je nagla promjena snage vjetra što može izazvati nagib broda s obzirom na površinu izloženu vjetru. Osim toga na nagib utječe i veća promjena kursa, ali u uvjetima manevriranja pri smanjenoj brzini ima zanemariv učinak.

---

<sup>30</sup> Mohović, R. i Maglić, L. (2010). *Methods of calculating the ship's squat and its prediction using AIS in VTS*, Pomorstvo, 24 (2), 229-246.

<sup>31</sup> Ibid.

<sup>32</sup> Vidi Mohović et al.

### **Povećanje potrebne dubine zbog utjecaja valova**

Postoji šest stupnjeva slobode gibanja broda koji se dijele na translacijska (uzdužna) i rotacijska (poprečna). Poniranje, posrtanje i ljuljanje imaju najveći utjecaj na smanjenje dubine ispod kobilice.

#### **Neto slobodni prostor ispod kobilice**

Neto slobodni prostor ispod kobilice je minimalan prostor koji je potrebno imati između kobilice i morskog dna uzimajući u obzir sve naznačene čimbenike.

Dubina mora (dubina karte) mora biti najmanje one vrijednosti koja je označena na pomorskim kartama. Na tu vrijednost dodatno mogu utjecati:

#### **Dopušteno odstupanje zbog jaružanja**

Dno nakon jaružanja nije savršeno poravnano.

#### **Nanos materijala u vremenu između jaružanja**

Između dva jaružanja može doći do zamuljivanja, što utječe na dubinu.

#### **Točnost izmjere dubine**

U tablici 11. standardi su međunarodne hidrografske organizacije u svezi klasifikacije izmjera, pozicioniranja i označavanja dubina.

Procjenjujući sigurnost plovidbe i mogućnosti uplovljavanja broda za kružna putovanja u luku potrebno je poznavati utjecaj navedenih čimbenika na slobodni prostor ispod kobilice.

## **3.5 Opremljenost zapovjedničkog mosta**

Glava V. SOLAS konvencije propisuje minimalnu opremljenost zapovjedničkog mosta za sve vrste brodova i naznačena je navigacijska oprema koju brodovi prema veličini, vrsti i vremenu gradnje moraju imati. U smislu sigurnosti plovidbe broda potrebno je izdvojiti i protumačiti pravila 15.<sup>33</sup>, 18.<sup>34</sup> i 19.<sup>35</sup> glave V. SOLAS konvencije. Prema pravilu 15. zapovjednički most mora biti tako projektiran da zadovolji sve zahtjeve za sigurno upravljanje brodom, dok navigacijski časnici, zapovjednik i peljar moraju postupati na način koji osigurava sigurnu plovidbu u svim okolnostima. Pravilo 18. zahtjeva da sva oprema i navigacijski sustavi moraju biti tipno odobreni i napravljeni prema izvedbenim standardima koje propisuje IMO. U pravilu 19. naznačena je navigacijska oprema koju brodovi prema

---

<sup>33</sup> SOLAS, Chapter V, Regulation 15, Principles relating to bridge design, design and arrangement of navigational systems and equipment and bridge procedures

<sup>34</sup> SOLAS, Chapter V, Regulation 18, Approval, surveys and performance standards of navigational systems and equipment and voyage data recorder

<sup>35</sup> SOLAS, Chapter V, Regulation 19, Carriage requirements for ship-borne navigational systems and equipment

veličini, vrsti i vremenu gradnje moraju imati (pogledati prilog 1.). Sustavi i oprema koje zahtijeva pravilo 19. moraju biti odobrene od vlade države potpisnice Konvencije.

Na navedenu opremljenost zapovjedničkog mosta donositelj odluke o mogućnosti uplovljavanja može računati. Mnogi brodovi imaju i više opreme od minimalno naznačene, a posebno se to odnosi na brodove za kružna putovanja koji su opremljeni znatno više od trgovačkih brodova i traži se veća osposobljenost posade. U tom smislu na ovim brodovima je ugrađeno više navigacijske opreme i sustava nego što je to propisano u pravilu 19. To se odnosi na: broj radarskih uređaja, uređaja za automatsko radarsko ucrtavanje (ARPA), uređaja za pokazivanje kutne brzine broda (ROTI), GPS prijemnika, elektroničkih pokazivača pomorskih karata s informacijskim sustavima (ECDIS), uređaja za mjerenje i pokazivanje brzine i dubine, automatskih identifikacijskih sustava (AIS) i dr. Ovi su brodovi opremljeni integriranim navigacijskim sustavom (INS) i sustavima upravljanja na kursu i na putanji. Imaju mogućnost dinamičkog pozicioniranja i kontrolu pramčanih potisnika. Na krilima zapovjedničkog mosta ugrađene su konzole za manevriranje i pristajanje brodom sa svim potrebnim upravljačkim funkcijama kao i na zapovjedničkom mjestu.

Brodarske kompanije nastoje povećati zalihost i sigurnost plovidbe i sposobnost manevriranja ugrađujući veći broj navigacijskih uređaja i sustava i povećavajući broj časnika u straži prema razvijenim postupcima upravljanja ljudskim potencijalima na zapovjedničkom mostu.

## **4 PROCJENA SIGURNOSTI PLOVIDBE I MOGUĆNOSTI UPLOVLJAVANJA**

Procjena sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja broda za kružna putovanja u luku je postupak koji obavljaju brodar prije stavljanja luke u itinerar i zapovjednik broda kao dio planiranja putovanja.

Prije stavljanja luke u itinerar brodar obavlja procjenu sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja. Pri procjeni se koristi dostupnim podacima (publikacije, pomorske karte, ECDIS) a mogu se poslati iskusni zapovjednici da provjere uvjete u luci. Može se služiti iskustvom drugih brodara i brodova jednakih svojstava. Može se koristiti i navigacijskim simulatorima s ugrađenim matematičkim modelom razmatranog broda i s lukom koja se procjenjuje. Kada procjena pokaže da brod može sigurno ticati luku, luka postaje dio itinerara.

Ovo nije kvantitativan postupak i odluka o uplovljavanju donosi se na temelju iskustva i/ili uobičajene prakse.

Procjenu sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja broda za kružna putovanja u luku obavlja i zapovjednik broda kao dio postupka planiranja putovanja.

### **4.1 Procjena sigurnosti plovidbe koju obavlja brodar**

Pri procjeni sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja u luku broda za kružna putovanja treba u prvom redu odrediti je li moguće ploviti i manevrirati brodom u određenome lučkom području i usidriti ili privezati brod. U tom smislu svaka luka se mora detaljno analizirati. Analiziraju se elementi koji utječu na sigurnost plovidbe brodova u ograničenim lučkim područjima i procjenjuje sigurnost plovidbe brodova u samim lukama i na prilaznim plovnim putovima. Podatci potrebni za procjenu sigurnosti plovidbe odnose se na prevladavajuće (očekivane) uvjete. U određenoj se mjeri uzimaju u obzir i izvanredne okolnosti. Njih je vrlo teško predvidjeti, pa se zbog toga u nastavku teksta ne uzimaju u obzir.

U tom smislu uzimaju se u obzir osnovne karakteristike luke, okoliša i broda:

- konfiguracija plovnog puta i sidrišta/mjesta priveza,
- svojstva broda,
- oceanološki i meteorološki uvjeti i njihov utjecaj na sigurnost plovidbe,
- uvjeti u luci,
- utjecaj pomagala za navigaciju na sigurnu plovidbu,
- ekološki utjecaj.

Za pojedine bitne karakteristike analiziraju se pojedini čimbenici:

1. konfiguracija plovnog puta i sidrišta/mjesta priveza što uključuje:

- širinu i dubinu plovnog puta,
- vrste okreta i kursevi na plovnom putu (maksimalna promjena kursa, minimalni polumjer kružnice okreta),
- pozicije pličina na plovnom putu,
- vrste i pozicije opasnosti (opstrukcija) na plovnom putu,
- veličina mjesta priveza/sidrišta;

2. svojstva broda:

- veličina broda,
- obilježja propulzije,
- manevarska svojstva,
- ograničenja pri manevriranju;

3. prevladavajući (očekivani) oceanološki i meteorološki uvjeti:

- smjer i brzina morske struje i struja morskih mijena,
- smjer i brzina vjetra,
- vidljivost,
- stanje mora,
- morske mijene;

4. uvjeti u luci

- prometni ustroj (regulacija) luke,
- veličina i raspoloživost tegljača,
- vrste brodova koji se prihvaćaju,
- gustoća prometa;

5. sustav pomagala za navigaciju:

- vrste pomagala,
- karakteristike pomagala danju i noću,
- položaj pomagala;

6. ekološki utjecaj:

- zaštićeno područje,
- ograničenja (aktivnosti oko broda),
- posebna zaštita pojedinih biljnih ili životinjskih vrsta,
- sprječavanje onečišćenja,



- ispiranje propulzorima i potisnicima.

Pri postupku procjene (slika 7.) prvo se utvrđuje mogućnost uplovljavanja u luku analizirajući svojstva broda i konfiguraciju luke. Zatim se analiziraju prevladavajući oceanološki i meteorološki uvjeti, poznati uvjeti u luci i/ili na sidrištu, ekološki uvjeti i sustav pomagala za navigaciju.

Osim toga brodar analizira informacije o luci koje se tiču putnika i njihova boravka u luci, ukrcaja zaliha, iskrcaja otpada, sigurnosne zaštite i sl. koje mogu utjecati na odluku o ticanju luke.

Osnovni cilj brodara je utvrditi može li brod za kružna putovanja sigurno uploviti u luku. Utvrđuje se međuodnos broda i konfiguracije plovnog puta i veličine mjesta priveza/sidrišta. U tom smislu analiziraju se veličina broda, obilježja propulzije, manevarska svojstva broda i ograničenja pri manevriranju i luka kojoj je konfiguracija definirana širinom i dubinom plovnog puta, polumjerima kružnice okreta, položajem pličina na plovnom putu, pozicijama opstrukcija na plovnom putu i veličinom mjesta priveza/sidrišta. Brodar podatke o manevarskim svojstvima broda može dobiti iz brodskih knjiga. Tu spadaju manevarski priručnik, obrazac s općim podacima o brodu (peljarska karta) i poster u kormilarnici. Podatci o konfiguraciji plovnog područja luke uzimaju se iz navigacijskih publikacija, ECDIS-a i pomorskih karata. Ako je analiza svojstava broda i konfiguracije luke utvrdila da nisu zadovoljeni sigurnosni uvjeti, ta luka neće postati dio itinerara broda.

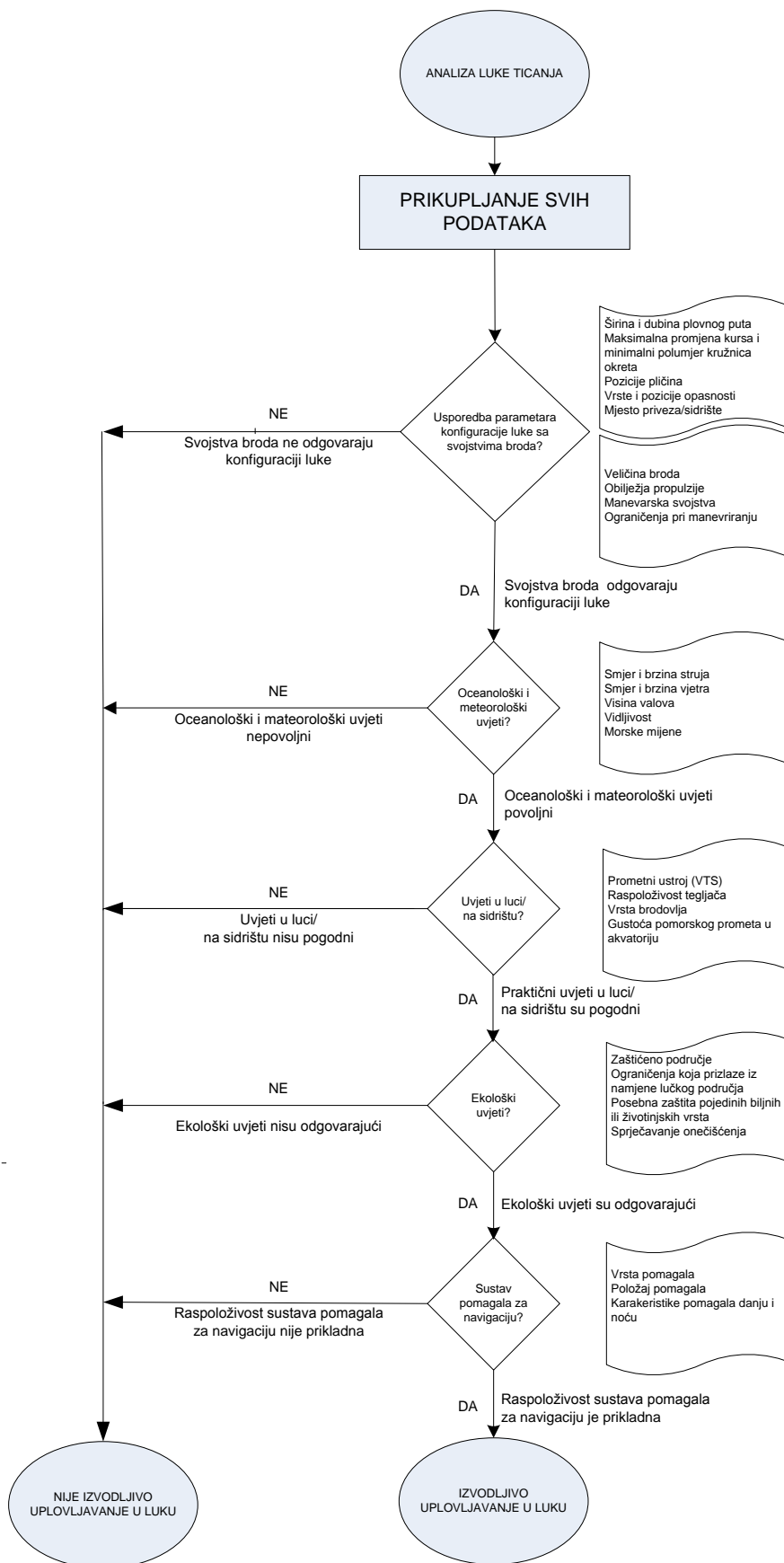
Oceanološki i meteorološki uvjeti odnose se na brzinu i smjer struja, vjetar, stanje mora, vidljivost i visinu vode. Analizirajući utjecaj oceanoloških i meteoroloških uvjeta, kod ovakve procjene, najčešće se utvrđuje vremenski period u godini (sezona) kada brod može sigurno ticati luku, a za preostali period ta se luka ne stavlja u itinerar.

Analiziraju se uvjeti u luci ili na sidrištu. Potrebno je utvrditi postoji li sustav nadzora, upravljanja i kontrole pomorskom plovidbom (VTMIS), kakav je prometni ustroj (jednosmjerni, dvosmjerni promet, ograničenja brzine), vrstu brodovlja i gustoću pomorskog prometa u akvatoriju, mogućnost korištenja tegljačem i slično. Kod analize uvjeta u luci/na sidrištu brodar može donijeti odluku o ne stavljanju te luke u itinerar ako utvrdi da ta luka nije u stanju ustrojiti pomorski promet na odgovarajući način (nekontrolirano kretanje brodova akvatorijem, gust pomorski promet, nekvalitetni peljari, nema tegljača i sl.).

Analizom ekoloških uvjeta u određenom području utvrđuje se ima li zaštićenih područja, ograničenja koja prizlaze iz namjene lučkog područja, posebne zaštite pojedinih biljnih ili životinjskih vrsta i propisa vezanih za sprječavanje onečišćenja. Ekološki uvjeti u luci mogu

utjecati na odluku o ne stavljanju luke u itinerar u slučaju da je luka proglasila zaštićeno područje ili ako brod ne može ispuniti propise vezano za sprječavanje onečišćenja.

Na temelju podataka iz navigacijskih publikacija i pomorskih karata i ostalih izvora informacija (ECDIS-a), radi se analiza sustava pomagala za navigaciju. Utvrđuje se raspoloživost plutača, svjetionika, brodova svjetionika, radarskih farova, radarskih reflektora, radarskih markantnih objekata, lučkih građevina, pokrivenih smjerova i slično, te njihova pouzdanost. Raspoloživost sustava pomagala za navigaciju može utjecati, iako rijetko, na brodarevu odluku o stavljanju luke u itinerar.



Slika 7. Algoritam procjene sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja koju obavlja brodar

Ovakva procjena ne uzima u obzir nove okolnosti i ne određuje pod kojim uvjetima će brod za kružna putovanja uploviti u luku, nego takvu odluku prepušta zapovjedniku broda. Ovo je preliminarna procjena, dakle prvi korak procjene, kojom se provjeravaju uobičajeni uvjeti prihvata broda. Ako su ti uvjeti zadovoljeni, tada se luka stavlja u itinerar broda uz obvezu zapovjednika da planira putovanje i da prije uplovljenja provede procjenu sigurnosti i usporedi stvarne uvjete s kriterijima sigurnosti.

## 4.2 Procjena sigurnosti plovidbe postupcima planiranja putovanja

Prema postupcima planiranja putovanja procjena sigurnosti plovidbe brodova za kružna putovanja u luci obavlja se prije početka putovanja. Procjena sigurnosti plovidbe u fazi planiranja putovanja odnosi se na poznate podatke o luci i brodu.

Plan putovanja obvezno je napraviti prije isplovljenja. To nalaže glava V. SOLAS konvencije ne navodeći elemente plana putovanja i upućujući na potrebu da se plan putovanja napravi prema „Smjernicama za planiranje putovanja“<sup>36</sup> Međunarodne pomorske organizacije. Planiranje putovanja, prema ovim smjernicama, uključuje procjenu (prikupljanje informacija o predstojećem putovanju); detaljno planiranje čitavog putovanja „od veza do veza“ uključujući i peljarenje; izvođenje plana; nadzor tijekom putovanja ne navodeći konstitutivne elemente rute. U ICS<sup>37</sup> publikaciji „*Bridge procedures guide*“ navedeni su konstitutivni elementi rute, način označavanja i crtanja rute na papirnatu ili elektroničku pomorsku kartu. Pravilo 34. „Sigurna plovidba i izbjegavanje opasnih situacija“<sup>38</sup> glave V. SOLAS konvencije tiče se svih brodova bez obzira na veličinu. To pravilo zahtijeva da se plan putovanja napravi prije isplovljenja koristeći se odgovarajućim pomorskim kartama i publikacijama za predviđeno putovanje. Obvezno je ucrtavati pozicije broda i nadzirati kretanje broda za vrijeme trajanja putovanja. ECDIS se može prihvatiti u smislu zadovoljavanja ovog pravila. Prema ovom pravilu plan putovanja mora odrediti rutu uzimajući u obzir sustave usmjeravanja brodova,<sup>39</sup> osiguravajući dovoljno prostora za sigurnu plovidbu broda, predviđajući rizike plovidbe i vremenske nepogode, uzimajući u obzir mjere zaštite okoliša i izbjegavajući radnje koje mogu štetno djelovati na okoliš.

---

<sup>36</sup> IMO Resolution A.893(21), Guidelines for voyage planning

<sup>37</sup> International Chamber of Shipping „Bridge procedures guide“,

<sup>38</sup> SOLAS, Chapter V, Regulation 34, Safe navigation and avoidance of dangerous situations

<sup>39</sup> Ship's routing system

Pravilo 34-1 „Diskrecija zapovjednika“<sup>40</sup> upućuje na to da zapovjednik ima pravo odlučiti što je najbolje za sigurnu plovidbu i zaštitu okoliša. Prema ovom pravilu brodar ne smije kompromitirati zapovjednikovo diskrecijsko pravo odlučivanja.

IMO rezolucija A.893(21) „Smjernice za planiranje putovanja“ navodi da je od posebnog značenja za sigurnost života na moru, plovidbe i zaštite okoliša planiranje, stalni nadzor kretanja broda i pozicije za vrijeme izvođenja plana.

Potreba za planiranjem putovanja odnosi se na sve brodove. Postoje čimbenici koji se odnose na sve brodove, ali i čimbenici za velike brodove ili brodove koji prevoze opasne terete.

Planiranje putovanja uključuje procjenu (prikupljanje informacija o predstojećem putovanju); detaljno planiranje čitavog putovanja „od veza do veza“ uključujući i peljarenje; izvođenje plana i nadzor tijeka putovanja.

Prema ovoj rezoluciji, u dijelu „Prikupljanje podataka o predstojećem putovanju“ treba uzeti u obzir: stanje broda, njegovu stabilnost i opremu; bilo kakva radna ograničenja, dopušteni gaz broda na plovnim putovima i u lukama, manevarska svojstva broda. Nadalje, treba uzeti u obzir posebna svojstva tereta (osobito ako se radi o opasnim teretima), raspored, slaganje i osiguranje tereta na brodu. Potrebno je imati kompetentnu i odmornu posadu. Postoje i zahtjevi za važeće svjedodžbe i isprave koje se odnose na brod, njegovu opremu, posadu, putnike i teret. Zatim, pomorske karte (papirnate i/ili elektroničke) kojima će se koristiti na putovanju, moraju biti ispravne i moraju biti u odgovarajućem mjerilu. Oglasi za pomorce i radionavigacijska upozorenja, bilo privremena bilo stalna, moraju biti primijenjeni. Također, treba pogledati ispravne peljarske knjige, popis svjetionika i popis radiopomagala za navigaciju. Osim toga potrebno je analizirati i: oceanološke i meteorološke podatke dostupne iz raznih publikacija, meteorološke službe navođenja brodova, sustave usmjeravanja i prijavljivanja, peljarenje i podatke o luci.

U dijelu „Planiranje“, prema ovoj rezoluciji, potrebno je napraviti putovanje od veza do veza uključujući dijelove putovanja s peljarom. Plan putovanja mora sadržavati ucrtanu rutu na karti odgovarajućeg mjerila. Treba ucrtati pravi kurs. Osim toga treba naznačiti sva područja opasnosti, postojeće sustave usmjerene plovidbe, sustave javljanja, VTS i sva mjesta za koja se primjenjuje zaštita okoliša. Glavni elementi (ne mora se ograničiti samo na ove elemente) koji osiguravaju sigurnost života, sigurnu i efikasnu plovidbu i zaštitu okoliša za predviđeno putovanje su:

---

<sup>40</sup> SOLAS, Chapter V, Regulation 34-1, Master's discretion

1. sigurnosna brzina, uzimajući u obzir blizinu navigacijskih opasnosti na predviđenom putovanju, manevarska svojstva broda i gaz broda s obzirom na raspoloživu dubinu,
2. potrebna promjena brzine plovidbe na ruti tamo gdje može biti ograničenja zbog noćne plovidbe, morskih mijena ili dopuštenog povećanja gaza zbog brodskog čučnja i nagiba broda prilikom okreta,
3. minimalni prostor ispod kobilice u kritičnim područjima smanjene dubine,
4. poziciju gdje je potrebno promijeniti status glavnog stroja,
5. točke promjene kursa uzimajući u obzir kružnicu okretaja broda pri planiranoj brzini i očekivani utjecaj struja morskih mijena i morskih struja,
6. način i učestalost određivanja pozicije, uključujući glavni i pomoćni način; potrebno je označiti područja gdje je presudna točnost određivanja pozicije i gdje treba postići maksimalnu pouzdanost,
7. korištenje sustavom javljanja i usmjeravanja plovidbe i VTS-a,
8. zaštita okoliša,
9. u nepredvidivoj opasnoj situaciji kada je potrebno napustiti plan putovanja potrebno je isploviti u područje s većim dubinama ili u luku utočišta, ili na sigurno sidrište, uzimajući u obzir postupke i opremu zbog opasnosti koje su na obali i prirodu samog tereta.

U dijelu „Izvođenje plana“ navodi se da nakon što se uz razumnu točnost odredi vrijeme polaska i vrijeme dolaska, može se započeti putovanje. Čimbenici koji se uzimaju u obzir kada se izvodi plan putovanja uključuju:

1. pouzdanost i stanje navigacijske opreme,
2. procijenu vremena dolaska na kritične pozicije za visinu vode i struje morskih mijena,
3. meteorološke uvjete (posebno u područjima poznatima po slaboj vidljivosti) i meteorološku službu navođenja brodova,
4. dnevnu i noćnu plovidbu opasnim područjima i bilo koji utjecaj što ga mogu imati na točnost određivanja pozicije,
5. stanje pomorskog prometa.

Zapovjednik mora razmotriti hoće li neke posebne okolnosti, kao što bi bila prognoza smanjene vidljivosti u području u kojem je vizualno opažanje pozicije glavni element plana putovanja, dovesti do neprihvatljivog rizika za sigurnu primjenu plana putovanja i hoće li uopće ploviti u tom području u uvjetima koji se očekuju. Zapovjednik također treba razmotriti kada će trebati još ljudi bilo na mostu, bilo u strojarnici.

U dijelu „Nadzor tijeka putovanja“ navodi se da plan putovanja mora čitavo vrijeme biti na raspolaganju na zapovjedničkom mostu da bi se omogućilo časnicima plovidbene straže uvid u plan u svakom trenutku. Napredovanje broda u skladu sa planom mora se stalno pratiti. Promjene plana moraju biti u skladu s ovim smjernicama i treba ih jasno naznačiti.

U ICS publikaciji „*Bridge procedures guide*“ navedeni su konstitutivni elementi rute pa se, u dijelu publikacije 2.3.3. *The route plan*, navodi da plan rute mora sadržavati slijedeće detalje:

- planiranu rutu na kojoj je prikazan kurs pravi svakog dijela putovanja,
- udaljenosti između međutočaka, promjene brzine,
- poziciju otklona kormila za svaku promjenu kursa, gdje je primjenjivo,
- polumjer kružnice okreta za svaku promjenu kursa, gdje je primjenjivo,
- maksimalno dopuštene granice odstupanja od rute za svaki dio putovanja.

Postupak planiranja putovanja obuhvaća prikupljanje svih dostupnih podataka o predstojećem putovanju, planiranje, izvođenje plana i nadzor. Pri prikupljanju podataka i planiranju putovanja radi se i procjena sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja broda u luku. Ovo je drugi korak procjene, koji provodi zapovjednik broda kada je usporedio uvjete sigurnosti plovidbe s očekivanim uvjetima na putovanju na temelju podataka što ih brodar nije mogao imati kada je provodio prvi korak.

### **4.3 Primjena ECDIS-a u postupku planiranja putovanja**

Primjena ECDIS-a je olakšala postupak planiranja putovanja i procjenu sigurnosti plovidbe. Na vektorskoj elektroničkoj karti odrede se sigurnosne postavke i kreira ruta plovidbe. Postave se sigurnosne granice širine i dubine, nakon čega se kreirajući rutu procjenjuje sigurnost plovidbe.

Elektronički pokazivač pomorskih karata s informacijskim sustavom (ECDIS) znači navigacijski sustav koji se s odgovarajućim pomoćnim sredstvima može prihvatiti kao odgovarajuća ažurirana pomorska karta predviđena pravilima, jer prikazivanjem odabrane informacije iz sustava elektroničkih navigacijskih karata (SENC<sup>41</sup>) s pozicijskom informacijom iz navigacijskih senzora, pomaže pomorcu u planiranju rute plovidbe, kao i prikazivanjem dodatnih podataka koji se odnose na plovidbu, prema potrebi je poveznica navigacijske opreme i sustava elektroničkih pomorskih karata.<sup>42</sup>

---

<sup>41</sup> System Electronic Navigational Chart

<sup>42</sup> Pravila za statutarnu certifikaciju pomorskih brodova, Dio.16 pomagala za navigaciju, HRB 2012.

Da bi ECDIS mogao biti korišten kao osnovni sustav za navigaciju, potrebno je tipno odobrenje. Tipno je odobrenje postupak certifikacije koju oprema ECDIS-a mora proći da bi se smatralo da zadovoljava izvedbene standarde Međunarodne pomorske organizacije. Tipno odobrenje obavljaju priznate organizacije. Za svaki dio sadržan u izvedbenim standardima za ECDIS Međunarodne pomorske organizacije, Međunarodna elektrotehnička komisija (IEC)<sup>43</sup> je razvila odgovarajuće zahtjeve za testove i rezultate testova (provjera) u publikaciji IEC 61174<sup>44</sup>, treće izdanje 3i IEC 62288. Ovi standardi su stupili na snagu 1. siječnja 2009. u skladu s preporukama MSC.232(82) Međunarodne pomorske organizacije.

Područje u kojem brod plovi mora biti pokriveno ažuriranim elektroničkim navigacijskim kartama u odgovarajućem mjerilu. Ako to nije tako mogu se rabiti i rasterske karte; tada sustav postaje sustav elektroničkih karata poznat pod nazivom ECS<sup>45</sup>, ali je potrebno osigurati alternativni način praćenja navigacije. To je komplet (*folio*) papirnatih karata za to područje plovidbe. Elektroničke navigacijske karte (ENC<sup>46</sup>) koje su izrađene prema pravilima IMO-a i IHO-a, upotrebljavaju se kao službene karte. Točnost podataka jamči hidrografski institut koji ih izdaje. ENC su vektorske karte koje izdaje i ažurira ovlašteni hidrografski institut, i u pomorskoj se praksi za takve karte ustalio izraz službene karte (engl. *Official Charts*).

Kao preduvjet za obvezno uvođenje ECDIS-a na brodove, bilo je potrebno donijeti izvedbene standarde za ove sustave. Osim već spomenutog poglavlja V. Konvencije o spašavanju ljudskih života na moru prihvaćeni su i standardi Međunarodne hidrografske organizacije (IHO) od kojih se izdvajaju IHO S-52, S-57 i S-63 koje su specificirane kao dio IMO izvedbenih standarda za ECDIS.

IHO S-52 odnosi se na način ispravljanja elektroničkih karata, boju i odabir simbola, te je u njemu terminologija korištenih pojmova povezanih s ECDIS-om.

IHO S-57 sadrži objašnjenja o podatkovnim formatima i specifikacije za proizvodnju ECDIS-a.

IHO S-63 govori o sigurnosnim postavkama ECDIS-a.

Glavni razlog uporabe vektorskih karata u ECDIS-u je njihova mogućnost da upozore časnika na bilo kakvo odstupanje od zadanih parametara. Zbog toga se ove karte još nazivaju i *aktivne* karte. One su napravljene tako da je svaka skupina informacija spremljena u zasebnu

---

<sup>43</sup> International Electrotechnical Commission (IEC)

<sup>44</sup> IEC ECDIS Performance Standards (Operational and Performance Requirements: Methods of Testing and Required Test Results)

<sup>45</sup> Electronic Chart System

<sup>46</sup> Electronic Navigational Charts



datoteku, koja se naziva sloj (engl. *Layer*). Svaki od tih slojeva sadrži informacije iste vrste, na primjer dubine mora, izobate, podrtine, svijetla i sl.

Izvedbeni standardi za ECDIS zahtijevaju da sustav može mijenjati količinu informacija na zaslonu brzo i jednostavno.

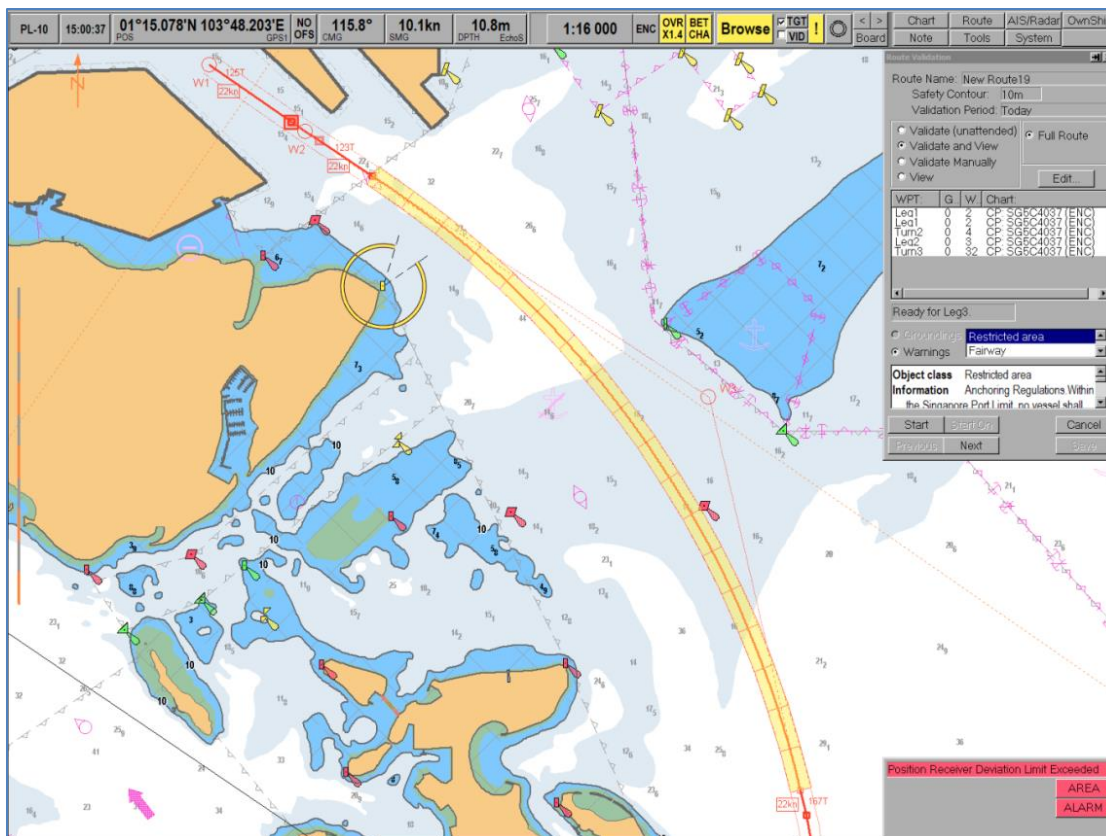
Postoje tri osnovna profila informacija:

- osnovne informacije koje moraju biti na zaslonu za područje kojim brod plovi (engl. *Base*),
- dodatne informacije za područje kojim brod plovi (engl. *Standard*),
- prikaz svih informacija za područje kojim brod plovi (engl. *All*).

Predloženim amandmanom na poglavlje V., članka 19. Konvencije o spašavanju ljudskih života na moru (SOLAS V./19), nalaže se obvezna primjena elektroničkih pokazivača pomorskih karata s informacijskim sustavima (ECDIS) na brodovima na međunarodnim putovanjima.

Dvije su jednako važne funkcije ECDIS-a na brodu: planiranje (engl. *Planning*) i nadzor izvršenja putovanja (engl. *Monitoring*).

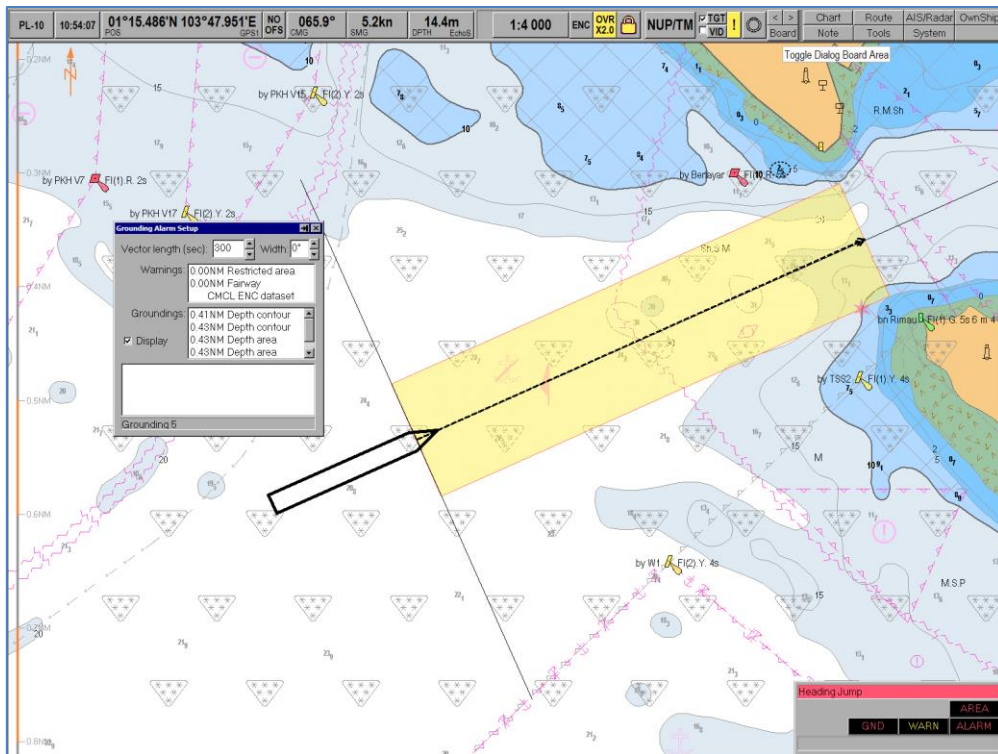
Prva funkcija ECDIS-a planiranje je putovanja. Uvođenjem ove tehnologije, dobiven je novi način pregledavanja i odobravanja plana plovidbe. Sustav ima računalnu podršku za provjeriti zadovoljava li plan putovanja ograničeni skup kriterija sigurnosti plovidbe što je uvelike olakšalo položaj zapovjednika broda (slika 8.). Pri tome je iznimno važno da časnik bude svjestan kako je sustav ograničen sigurnosnim postavkama koje je on odredio. Ako jedan dio putovanja ne odgovara zadanim kriterijima, sustav će upozoriti časnika da su narušene postavke.



Slika 8. Pregledavanje i odobravanje plana plovidbe koristeći se ECDIS-om

Na taj se način vrlo uspješno utvrđuje ljudska pogreška, tj. previd, uz pretpostavku da su sigurnosne postavke pravilno određene.

Sljedeća jednako bitna funkcija ECDIS-a je nadzor nad izvršenjem putovanja. Prikazivanjem informacije iz sustava elektroničkih navigacijskih karata (SENC) s pozicijskom informacijom iz navigacijskih senzora časnik plovidbene straže u stvarnom vremenu nadzire plovidbu broda.



Slika 9. Postavljanje nadzornog vektora u luci Singapur

Najveći pomak povezan sa primjenom vektorskih karata u odnosu na papirnatu pomorsku kartu je postavljanje sigurnosnih postavka i nadzornog vektora (engl. *Watch Vector*) koji upozorava zvučnim signalom i simbolom na karti na približavanje opasnosti prema unaprijed određenim postavkama (duljina i širina vektora), kao što je prikazano na slici 9.

Pri procjeni sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja ECDIS je zamijenio papirnatu pomorsku kartu. Ovaj sustav olakšava rad i u dijelu crtanja rute i u dijelu nadzora putovanja. Korištenjem GPS-a omogućava se pozicioniranje broda na podlogu elektroničke karte i nadzire se kretanje broda u stvarnom vremenu.

#### 4.3.1 Sigurnosne postavke

Temelj procjene sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja koristeći se ECDIS-om pravilno je postavljanje sigurnosnih postavka. Pravilno postavljene vrijednosti sigurnosnih postavka na elektroničkoj karti olakšavaju proces procjene sigurnosti plovidbe i odnose se na određeni brod i njegova svojstva.

Papirne pomorske karte napravljene su u određenom mjerilu i njihov sadržaj unaprijed je određen, i nije ga moguće mijenjati. Određenu papirnatu kartu rabe svi brodovi bez obzira na svoju veličinu i gaz. Primjenom ECDIS-a moguće je promijeniti sadržaj pomorske karte, prilagoditi je prema vlastitom brodu. To se obavlja postavljanjem sigurnosnih postavka (engl. *Safety Settings*).

Sigurnosne postavke odnose se na označavanje dubina na elektroničkim kartama, na kojima se područja mogu označiti u dvije ili četiri boje. Boja označava površinu (područje) između dvije izobate koje su određene u postavkama sustava. Kad se postavljaju dvije boje, čitava se elektronička karta dijeli na područje sigurne plovidbe, određeno bijelom bojom, i područje plave boje kao nesigurno. Postavke se odnose na hidrografsku nulu<sup>47</sup> ili nivo karte (engl. *Chart Datum*) i u prikazu se elektroničke karte ne primjenjuje visina vode (dubina mora).

Pri uporabi četiri boje dubine se označavaju na slijedeći način:<sup>48</sup>

- granica plitkog mora (engl. *Shallow Water Contour*) označava prostor jako plitkog mora u koji brod ne može fizički ući (ako nema utjecaja morskih mijena),
- granica sigurne dubine (engl. *Safety Contour*) označava površinu na karti između dvije postavljene izobate (engl. *Shallow Water Contour*, *Safety Contour*) koja je najbliža dubini ispravljenoj za gaz broda, utjecaj čučnja (engl. *Squat*) i eventualnog nagiba uvećanog za siguran prostor ispod kobilice s istaknutom linijom postavljene izobate,
- granica dubokog mora (engl. *Deep Water Contour*) može se uzeti kao granica na kojoj počinje utjecaj broskog čučnja, a za tu granicu se uzima dvostruka vrijednost gaza,
- sigurna dubina (engl. *Safety Depth*) ne aktivira se izravno nego je potrebno posebno aktivirati i prikazuje točke izmjerenih dubina na karti. Sve dubine na karti koje su ispod postavljene sigurne dubine bit će ispisane na zaslonu podebljanim slovima. Na taj se način dodatno ističu dubine koje mogu biti opasne za brod.

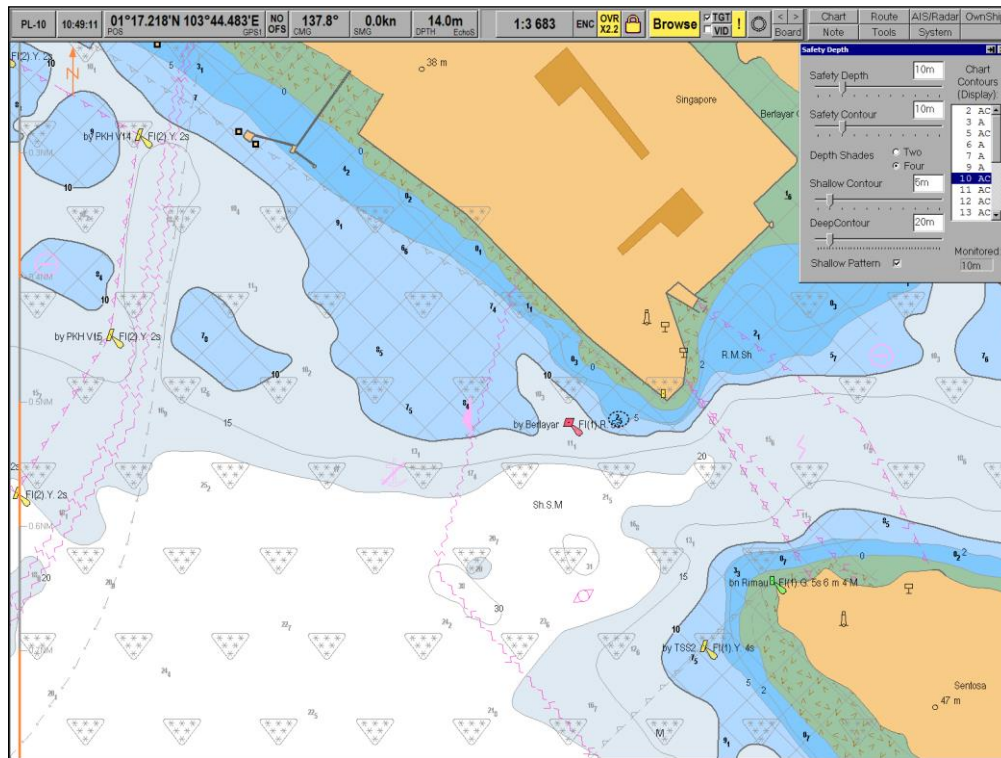
Kako su izobate na kartama prikazane u određenim intervalima, sustav će izabrati prvu veću izobatu od zadane. Pri odabiru kontura, do potpune standardizacije i implementacije

---

<sup>47</sup> Hidrografska nula razina je mora u odnosu na koju su prikazane dubine na pomorskim kartama. Hidrografska nula je različita po pojedinim zemljama.

<sup>48</sup> <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/547c7001e5274a428d000063/CFLPerformerReport.pdf>

ECDIS sustava, treba voditi računa i o mjernim jedinicama u kojima su one mjerene. Tako za karte proizvedene u SAD-u, sustav će pokazivati vrijednosti u metrima, a konture na kartama mjerene su u sežnjevima.<sup>49</sup> Stoga, ako se namjesti kao granica sigurne dubine 5 m, na karti će se drugom bojom prikazati sva područja dubine od 0 do 5,4 m (jer je 5,4 m jednaka imperijalnoj mjeri od 3 fm). Uobičajena podjela kontura, bilo da se radi o imperijalnim ili metričkim mjerama, bit će na 1, 3, 5, 10, 20, 30, 50 i više jedinica.



Slika 10. Postavljane sigurnosnih postavki elektroničke karte u luci Singapur

Na zaslonu se površina od 0 m do granice plitkog mora označavaju plavom bojom, od granice plitkog mora do granice sigurne dubine svjetloplavom bojom, a od granice sigurne dubine pa do granice dubokog mora sivom bojom (slika 10.). Na ovoj slici izobate su određene svako 5 m. Ovo je najveća prednost vektorskih karata pred papirnatima i rasterskima jer časnik sam određuje izobate koje želi vidjeti na zaslonu. Na taj način čitavo se plovno područje dijeli na sigurno i nesigurno. Ove su postavke korisne i za provjeru planirane rute (slika 8.).

Hydrografska izmjera luka (batimetrija) znatno se razlikuje i postoje luke s vrlo kvalitetnom izmjerom i područje su velike pouzdanosti (engl. *Zones Of Confidence, ZOC*),

<sup>49</sup> Sežanj (hvat) ili fathom (fm) iznosi 1,8288 m

dok se neka područja još uvijek smatraju nepouzdanima. U nekim lukama izobate su mjerene i prikazane na kartama u intervalima od 2 m a negdje 5 m i više. Međunarodna hidrografska organizacija izdala je publikaciju 'IHO Standards for Hydrographic Surveys (S-44)', specijalno izdanje No. 44., u kojemu daje minimalne standarde klasifikacije izmjera, pozicioniranja i označavanja dubina. IHO definira maksimalno dopuštenu horizontalnu (engl. *THU-Total Horizontal Uncertainty*) i vertikalnu mjernu nesigurnost (engl. *TVU-Total Vertical Uncertainty*) za koju se koristi formulom ovisnom o dubini s dvije dodatne varijable:

$$TVU = \pm \sqrt{a^2 + (bd^2)} \quad (1)$$

gdje je:

- a* dio mjerne nesigurnosti koji se ne mijenja s dubinom,
- b* koeficijent predstavlja dio mjerne nesigurnosti koji se mijenja ovisno o dubini,
- d* dubina.

KATEGORIJA IZMJERA	POSEBNA PODRUČJA	1	2
OPIS	PODRUČJA U KOJIMA JE SLOBODNI PROSTOR ISPOD KOBILICE KRITIČAN	PODRUČJA PLIĆA OD 100 m	PODRUČJA OPĆENITO DUBLJA OD 100 m
TVU - MAKSIMALNO DOPUŠTENA VERTIKALNA MJERNA NESIGURNOST (95 % - tna RAZINA POUZDANOSTI)	a = 0,25 m b = 0,0075	a = 0,5 m b = 0,013	a = 1,0 m b = 0,023
THU - MAKSIMALNO DOPUŠTENA HORIZONTALNA MJERNA NESIGURNOST (95 % - tna RAZINA POUZDANOSTI)	2 m	5 m + 5 % dubine	20 m + 10 % dubine

Slika 11. Standardi Međunarodne hidrografske organizacije izmjera, pozicioniranja i označavanja dubina

Izvor: *IHO Standards for Hydrographic Surveys, Special Publication No44, 5th Edition, International Hydrographic Bureau Monaco, February 2008.*

Standardi Međunarodne hidrografske organizacije zahtjevaju 95% -tnu razinu pouzdanosti. IHO koristi vrijednosti iz navedene tablice kao minimalne za kategorije izmjera (red izmjera 1 i 1a su povezane jer imaju iste minimalne vrijednosti za TVU i THU).

#### 4.3.2 Geometrijski prikaz rute na elektroničkim pomorskim kartama

Geometrijski prikaz rute je najvažniji dio procjene sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja za sve brodove. Ruta se ucrtava na papirnate i/ili na elektroničke pomorske karte. Papirnate karte zahtjevaju crtanje ravnih i zakrivljenih dijelova prema manevarskim svojstvima broda i to se često, zbog svoje složenosti, izbjegava. Na elektroničkim pomorskim kartama geometrijski prikaz rute crta se automatski za određene polumjere kružnice okreta, koje časnik može mijenjati uz uvjet da se minimalna vrijednost polumjera kružnice ne mijenja.

Prednost crtanja rute na elektroničkoj navigacijskoj karti je u tome što ECDIS može napraviti procjenu sigurnosti rute prema unaprijed određenim kriterijima. U tradicionalnom crtanju rute na papirnatim pomorskim kartama provjera sigurnosti ovisi samo o ljudskom faktoru. Crtanje rute na ECDIS-u omogućuje njezin geometrijski prikaz koristeći se polumjerom kružnice okreta. U postavkama sustava određena je minimalna vrijednost polumjera kružnice okreta prema manevarskim karakteristikama određenog broda. Crtanje rute na takav način podrazumijeva plovidbu upravljanja putanjom (engl. *Track Mode*) i manevarska svojstva broda koja se pretpostavljaju na taj način.

Brzina promjene kursa (engl. *Rate Of Turn, ROT*) izražava se u stupnjevima u minuti. To je kutna brzina broda. Brzina promjene kursa ovisi o veličini brzine broda (obodna brzina) i polumjera kružnice okreta.

$$\frac{\Delta\varphi}{t} = \frac{180 v}{60 \pi r} (\text{°/min})^{50} \quad (2)$$

Prema Pravilu 19. „Navigacijski sustavi i oprema koju brod mora imati“, glave V. SOLAS-a svi brodovi od 10.000 BT i veći moraju, uz druge zahtjeve, imati i sustav kontrole kursa kroz vodu i kursa preko dna, ili drugo sredstvo za automatsku kontrolu i održavanje kursa kroz vodu i/ili kursa preko dna, dok svi brodovi od 50.000 BT i veći moraju, uz druge zahtjeve, imati i pokazivač kutne brzine broda (engl. *ROT Indicator*), ili drugo sredstvo, za prikaz vrijednosti brzine promjene kursa.

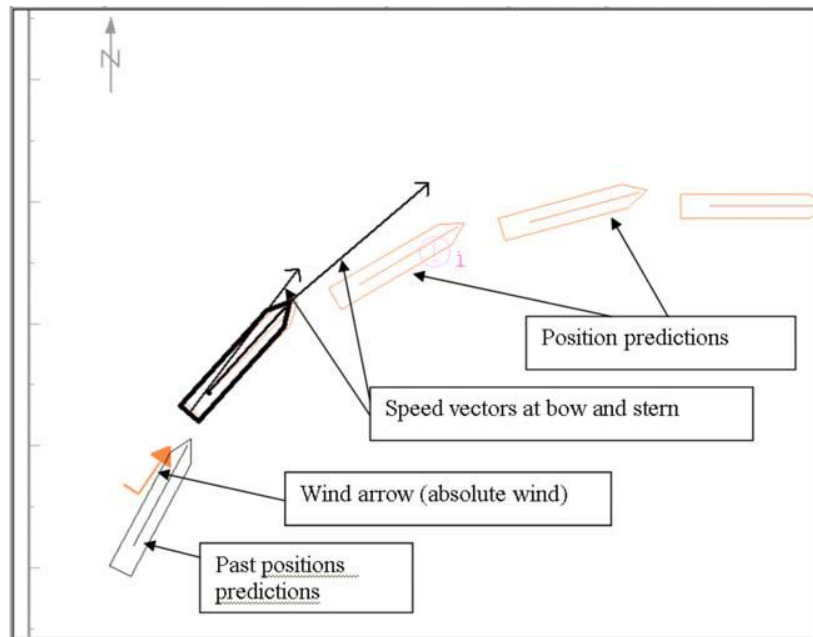
Minimalni polumjer kružnice okreta određen je za svaki brod i ograničavajući je faktor u planiranju rute. U praktičnom smislu velika kutna brzina broda znači veliki nagib broda i velika ubrzanja koja negativno djeluju na brod i teret,<sup>50</sup> pa se nastoji dobiti što je moguće manju kutnu brzinu broda s obzirom na prevladavajuće okolnosti. Na kutnu brzinu broda utječe brzina vlastitog broda i polumjer kružnice okreta broda tako da smanjenjem brzine uz konstantan polumjer, ili povećanjem polumjera kružnice okreta uz konstantnu brzinu, smanjujemo kutnu brzinu broda.

Suvremeni navigacijski uređaji imaju mogućnost predviđanja kretanja broda. Predviđanje položaja broda utemeljeno je na poznavanju vektora brzine broda. Predviđeni položaj modela broda u mjerilu karte označava se u određenim vremenskim intervalima. Taj vremenski interval jednak je za prikaz prošlih i budućih položaja broda.

---

<sup>50</sup> Đurđević-Tomaš I., Geometric display of voyage plan, Naše more: znanstveno-stručni časopis za more i pomorstvo, Vol. 60 No. 3-4, 2013., str. 49-54 (prethodno priopćenje, znanstveni), ISSN 0469-6255 (Tisak), ISSN 1848-6320 (Online)





Slika 12. Predviđanje kretanja broda

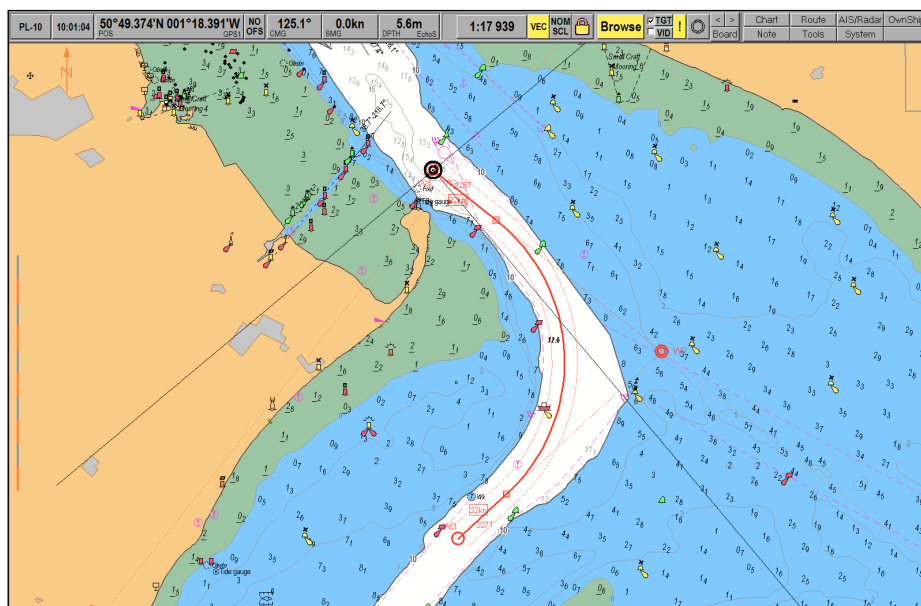
Izvor: Technical Manual, Section 5b – Instrumentation, POLARIS Ship’s Bridge Simulator, 1997 - 2011 Kongsberg Maritime

Prilikom izbora veličine polumjera kružnice okreta u nekoj međutočki potrebno je uzeti u obzir sljedeće elemente:<sup>51</sup>

- polumjer kružnice okreta mora biti takav da kružnica okreta ne prelazi preko kopna, pličina i sličnih navigacijskih ograničenja,
- polumjer kružnice okreta može biti takav da se međutočka stavi u područje kopna, pličina i sličnih navigacijskih ograničenja,

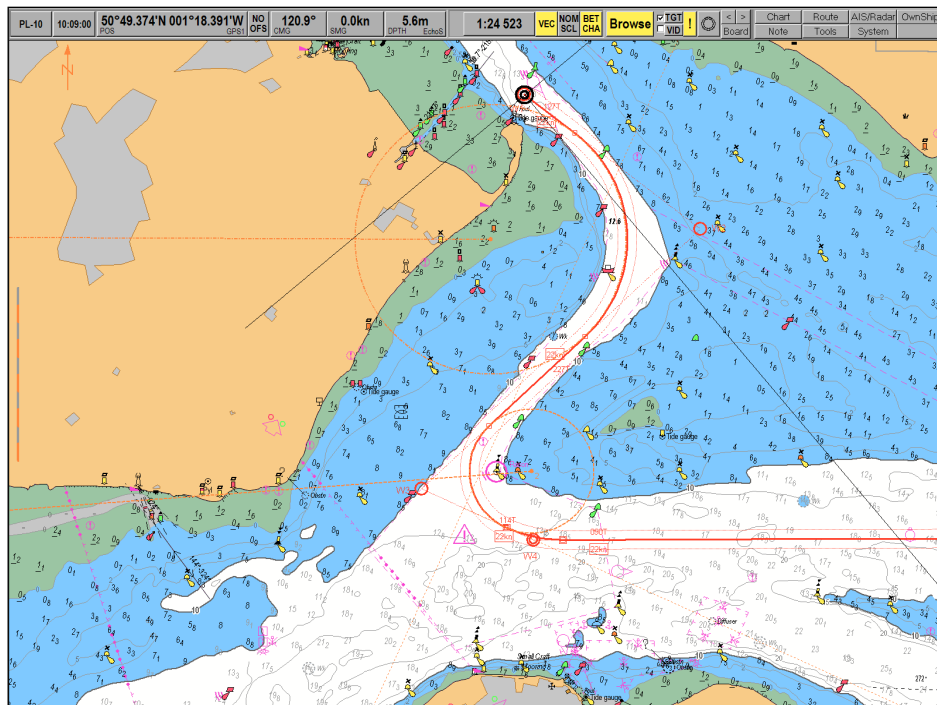
---

<sup>51</sup> Ibid.



Slika 13. Izbor veličine polupjera kružnice okreta u međutočki

- polumjer kružnice okreta mora biti takav da točka u kojoj planirana ruta mijenja svoj kružni oblik u pravocrtni, ne pada u područje plovidbene rute kružnog oblika sljedećeg okreta. Između dva kružna luke dvije kružnice okreta mora postojati ravni dio plovidbene rute,
- polumjer kružnice okreta mora biti što je moguće veći uzimajući u obzir zahtjev za maksimalnom brzinom i za smanjivanjem broja međutočaka,
- polumjer kružnice okreta mora biti takav da u kombinaciji s planiranom brzinom proizvede onaj ROT koji će biti minimalan, a prihvatljiv s aspekta kormilarenja.



Slika 14. Kombinacija kružnica okreta za polumjere različite veličine

Problem koji se pojavljuje odnosi se na položaj međutočaka odnosno rute koje više ne moraju biti u dijelu rute sigurnom za plovidbu, nego naprotiv, mogu biti u području kopna, pličina i sličnih navigacijskih ograničenja.

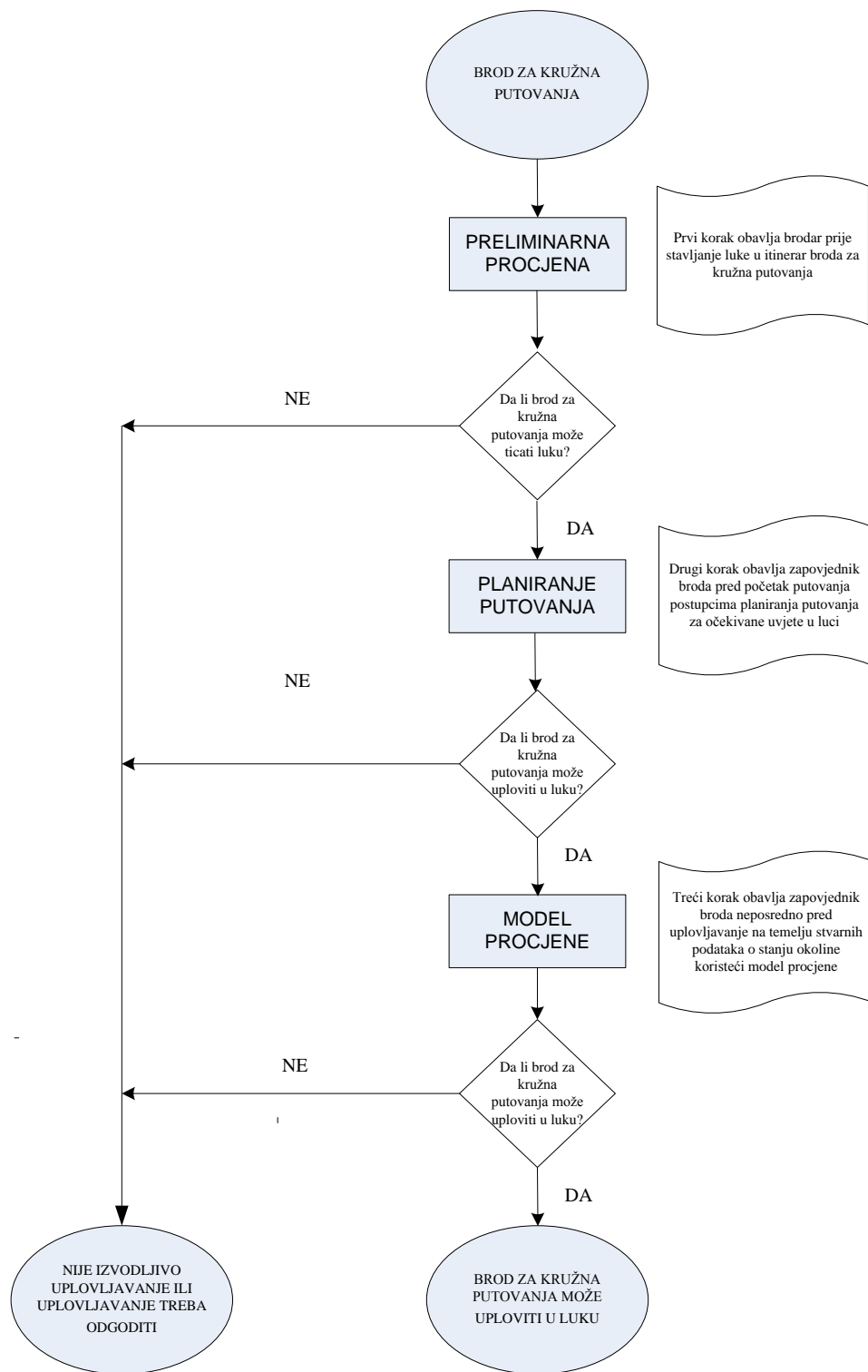
U dijelu planiranja putovanja ECDIS je olakšao procjenu sigurnosti plovidbe jer omogućuje pregled planirane rute prema unaprijed određenim postavkama. Postavke se odnose na dubinu karte i siguran prostor ispod kobilice kao i na okret broda prema unaprijed određenom minimalnom polumjeru kružnice okreta broda. Uz pomoć ECDIS-a određuju se sigurnosne granice dubine (vertikalno ograničenje) povezane s gazom broda i povećanjem gaza broda u plovidbi kao i dopuštene granice odstupanja od rute (horizontalno ograničenje) povezane sa brodom u plovidbi pod utjecajem vanjskih sila.

Procjenu sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja brodova za kružna putovanja u luku rade brodar prije stavljanja luke u itinerar i brod prije početka putovanja. Brodar u svojoj procjeni nema zadane uvjete (način procjene), dok zapovjednik broda mora slijediti propisane postupke planiranja putovanja. Procjene su kvalitativne.

## 5 MODEL PROCJENE SIGURNOSTI PLOVIDBE U LUČKIM PODRUČJIMA

U prethodnom poglavlju opisani su postupci procjene sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja broda za kružna putovanja u luku koje obavljaju brodar i zapovjednik broda. Procjene se rade znatno prije uplovljavanja. Brodar svoju procjenu može napraviti i prije gradnje broda poznavajući samo osnovne elemente, dok zapovjednik broda svoju procjenu obavlja prije početka putovanja na temelju propisanih postupaka.

Istraživanjem u prethodnom poglavlju utvrđena je potreba za dodatnom procjenom sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja broda za kružna putovanja u luku. U algoritmu na slici 15. postupak procjene sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja broda za kružna putovanja u luku podijeljen je u tri koraka. Prvi korak obavlja brodar prije stavljanja luke u itinerar broda za kružna putovanja. On o tome odlučuje na temelju preliminarne procjene. Drugi korak obavlja zapovjednik broda pred početak putovanja planiranjem putovanja za očekivane uvjete u luci. Pritom on i odlučuje o ticanju luke. Treći korak obavlja zapovjednik broda uz konzultaciju sa ostalim iskusnim časnicima na zapovjedničkom mostu (*staff captain, safety officer, chief officer...*) neposredno pred uplovljavanje uz pomoć stvarnih podataka o stanju okoline koristeći se modelom procjene. Na temelju ove procjene zapovjednik broda odlučuje da li uploviti u luku, odgoditi uplovljavanje ili ne uploviti.



Slika 15. Algoritam procjene sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja broda za kružna putovanja

U ovom poglavlju izrađen je model procjene sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja brodova za kružna putovanja u luku kojim se koristi neposredno pred

uplovljavanje. Predložen je model koji uz pomoć AHP metode (analitički hijerarhijski proces) donosi kvantitativno rješenje na temelju kojeg se donosi odluka o uplovljavanju.

Primjena AHP metode zahtijeva izradbu hijerarhijske strukture s ciljem na vrhu, kriterijima i potkriterijima na nižim razinama koji vode do najniže razine koju obično predstavljaju alternative. S tim u vezi klasificirani su elementi koji utječu na sigurnost plovidbe, a tiču se brodova za kružna putovanja, plovnih putova i oceanoloških i meteoroloških uvjeta, pa su određeni kriteriji procjene sigurnosti plovidbe za koje se računaju vektori prioriteta AHP metodom. Stvarni podaci o stanju broda i okoline provjeravaju se neposredno pred uplovljavanje i zapovjednik broda odlučuje o mogućnosti uplovljavanja. Primjenom AHP metode donositelj odluke može kvantificirati svoju procjenu, i na taj način donijeti odluku.

## 5.1 Primjena AHP metode kao alata za odlučivanje

U procesu odlučivanja donositelj odluke suočen je s izborom najbolje alternative, što znači da mora izabrati jednu između dvije ili više alternativa, uzimajući u obzir sve relevantne kriterije kako bi se postigao unaprijed zadani cilj.<sup>52</sup> U tom smislu mogu poslužiti razne metode višekriterijskog odlučivanja.

Najčešće su metoda ELECTRE (fr. *Elimination Et Choix Traduisant la Réalité*), metoda PROMETHEE (engl. *Preference Ranking Organization METHod for Enrichment of Evaluations*), metoda TOPSIS (engl. *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*) i AHP – analitički hijerarhijski proces (engl. *Analytical Hierarchy Process*).<sup>53</sup>

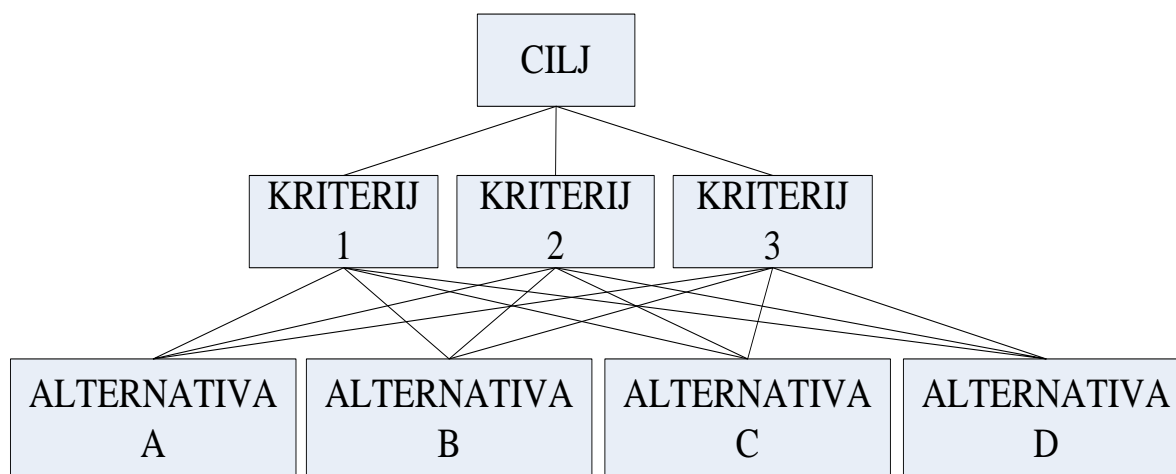
Za potrebe izrade modela procjene sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja u ovom radu predložena je AHP metoda. To je jedna od najkorištenijih metoda za rješavanje problema višekriterijskog odlučivanja u analitičkom pristupu donošenja odluka.<sup>54</sup>

---

<sup>52</sup> Benković Martina, Keček Damira, Muđar Dušan (2016.) Matematičke osnove AHP metode odlučivanja, Hrvatski matematički elektronički časopis – broj 28, <http://e.math.hr/>

<sup>53</sup> Ibid.

<sup>54</sup> Ibid



Slika 16. Pojednostavljena hijerarhijska struktura AHP metode

AHP metoda je višekriterijska metoda koja se temelji na rastavljanju složenog problema u hijerarhijsku strukturu. Cilj je na vrhu, dok su kriteriji, potkriteriji i alternative na nižim razinama. Metodu je razvio Thomas L. Saaty, američki matematičar, sedamdesetih godina dvadesetog stoljeća. Proces donošenja odluka često uključuje nemjerljive i mjerljive parametre. AHP metoda je zasnovana na mjerenju uspoređivanjem u parovima i pritom se uzimaju mjerljivi i nemjerljivi parametri. Najbolji način procjene je usporedba dvaju kriterija ovisno o nekom svojstvu (kriteriju više razine) ne uzimajući u obzir druge kriterije. Zbog toga, uspoređivanje u parovima u kombinaciji s hijerarhijskom strukturom osigurava kvalitetan rezultat. Uspoređivanje u parovima se obavlja s pomoću Saatyve skale relativne važnosti koja predstavlja razliku inteziteta odnosa dva kriterija u vezi s promatranim ciljem.

Prema Saatyju za donijeti odluku potrebno je problem rastaviti na slijedeće korake:<sup>55</sup>

1. definira se problem i odrede potrebni stručnjaci,
2. izradi se hijerarhijska struktura s ciljem na vrhu, kriterijima i potkriterijima na nižim razinama što vode do najniže razine koju obično čine alternative,
3. izradi se matrica uspoređivanja u parovima tako da se uz pomoć kriterija više razine procijenjuju kriteriji koji se nalaze neposredno ispod u hijerarhijskoj strukturi,
4. koristi se vektorima prioriteta dobivenim matricom odlučivanja gornje razine da bi se izračunali vektori prioriteta niže razine.

Za svaki kriterij niže razine potrebno je izračunati lokalni i globalni vektor prioriteta. Globalni (ukupni) vektor prioriteta niže razine dobiva se množenjem lokalnog vektora prioriteta niže

---

<sup>55</sup> Thomas L. Saaty, Decision making with the analytic hierarchy process, *Int. J. Services Sciences*, Vol 1, No1, 2008.

razine globalnim vektorom prioriteta više razine. Zbroj globalnih vektora prioriteta svih kriterija hijerarhijske strukture na svakoj razini hijerarhije jednak je 1. Najbolja alternativa dobije se uspoređivanjem u parovima alternativa s obzirom na kriterije razine iznad.

Postupak za računanje vektora prioriteta kriterija i alternativa iz uspoređivanja u parovima sastoji se od:

- definiranja matrice odlučivanja s pomoću Saatyjeve skale relativne važnosti na način da se iznos usporedbe s lijeve strane skale upisuje izravno, a iznos usporedbe s desne strane skale upisuje se kao recipročna vrijednost,
- određivanja vektora prioriteta,
- određivanja najznačajnijeg kriterija, potkriterija i alternative.

Donositelj odluke mora utvrditi relativnu važnosti uspoređujući kriterije temeljem kojih se definira matrica odlučivanja. Broj usporedbi ovisi o broju kriterija promatrane razine. Za izračunati vektor prioriteta sumiraju se redovi matrice i normaliziraju sume redova. Točan rezultat dobije se višestrukim iteracijama (ponavljanjem) množenja matrice same sobom.<sup>56</sup>

U AHP metodi razlikuje se individualno od grupnog odlučivanja. Kod individualnoga odgovornost snosi pojedinac koji je donio odluku, i njime se koristi za rješavanje jednostavnijih problema za koje je potrebno znanje samo jedne osobe. Taj proces odlučivanja je brz i donosi ga stručnjak za to područje. Kod grupnog odlučivanja članovi se skupine moraju usuglasiti oko svakog kriterija i relativne važnosti koja će se unijeti u matricu. Ako se radi o grupnom odlučivanju u kojem svaki član smije unijeti relativnu važnost, izbjegava se jedinstveno mišljenje doneseno pod pritiskom jednih članova na druge.

Ovaj model mogu primijeniti i brod i lučke vlasti. Kad se to određuje na brodu za kružna putovanja, zapovjednik uz konzultaciju sa ostalim iskusnim časnicima na zapovjedničkom mostu (*staff captain, safety officer, chief officer...*) provodi grupno odlučivanja jer se tako može objektivno procijeniti i donijeti odluka.

Kad primjenjuju model lučke vlasti, utvrđuje se pod kojim uvjetima je moguć prihvati brodova za kružna putovanja u luku, i tada se donosi odluka. Potrebno je odrediti stručnjake da bi se provelo grupno odlučivanje.

Grupno odlučivanje osigurava razumnu objektivnost procjene i na brodu za kružna putovanja i lučkih vlasti.

---

<sup>56</sup> Thomas L. Saaty, How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process, *European Journal of Operational Research* 48 (1990) 9-26, North Holland

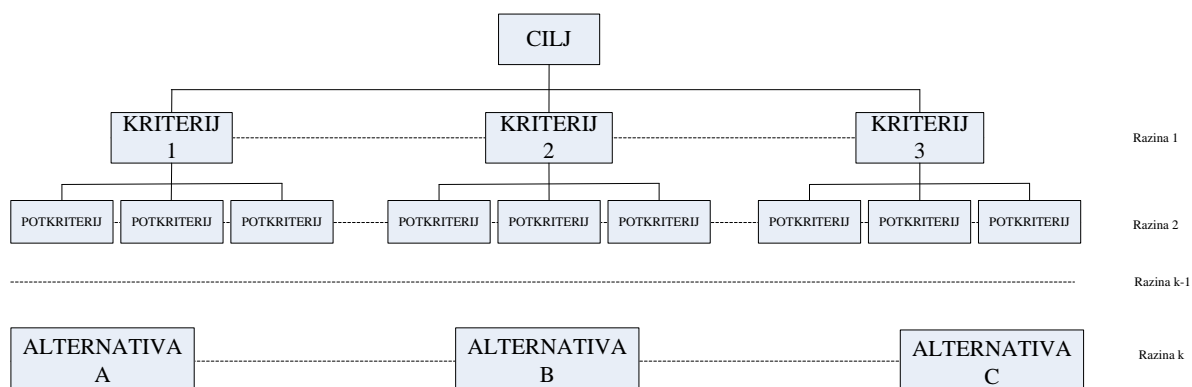


### 5.1.1 Matematičke osnove AHP metode

U AHP metodi višekriterijski problem odlučivanja je hijerarhijski strukturiran. Problem odlučivanja rastavlja se na potprobleme, koji se nezavisno analiziraju. Na određenoj razini hijerarhije svaki se kriterij (alternativa) uspoređuje sa svakim kriterijem (alternativom) te iste razine. Broj usporedbi kriterija na određenoj razini prikazan je u tablici 2. Isti postupak primjenjuje se na svim razinama hijerarhijske strukture a na zadnjoj razini (*razina k*) radi se usporedba svih alternativa s obzirom na razinu iznad (*razina k-1*).

Tablica 2. Broj usporedbi kriterija određene razine

Broj kriterija	1	2	3	4	5	6	7	...	n
Mogući broj usporedbi	0	1	3	6	10	15	21	...	$\frac{n \cdot (n - 1)}{2}$



Slika 17. Hijerarhijska struktura AHP metode

Preferencije donositelja odluke (relativna važnost) izražavaju se Saatyjevom skalom relativne važnosti brojevima od 1 do 9, kao što je prikazano u tablicama 3. i 4.

Tablica 3. Interpretacija relativne važnosti dva kriterija<sup>57</sup>

Intenzitet važnosti	Interpretacija
1	kriteriji $i$ i $j$ jednake su važnosti
3	kriterij $i$ blago je važniji od kriterija $j$
5	kriterij $i$ važniji je od kriterija $j$
7	kriterij $i$ strogo je važniji od kriterija $j$
9	kriterij $i$ apsolutno je strogo važniji od kriterija $j$
2, 4, 6, 8	Međuvrijednosti

Tablica 4. Saatyjeva skala relativne važnosti<sup>58</sup>

Intenzitet važnosti	Definicija	Objašnjenje
1	Jednako važno (jednaki prioritet).	Dvije aktivnosti jednako doprinose cilju.
2	Malo važnije (jednaki do umjereni prioritet).	
3	Umjereno važnije (umjereni prioritet).	Na temelju iskustva i procjena, daje se umjerena prednost jednoj aktivnosti u odnosu prema drugoj.
4	Umjereno plus (umjereni do jaki prioritet).	
5	Strogo važnije (jaki prioritet).	Na temelju iskustva i procjena, strogo se favorizira jedna aktivnost u odnosu prema drugoj.
6	Strogo plus (Jaki do vrlo jaki prioritet).	
7	Vrlo stroga, dokazana važnost (vrlo jaki prioritet).	Jedna aktivnost izrazito se favorizira u odnosu prema drugoj, njezina dominacija dokazuje se u praksi.
8	Vrlo, vrlo stroga (vrlo jaki do apsolutni prioritet).	
9	Ekstremna važnost (apsolutni prioritet).	Dokazi na temelju kojih se favorizira jedna aktivnost u odnosu prema drugoj, potvrđeni su s najvećom uvjerljivošću.
1.1.-1.9.	Kad su aktivnosti slične, decimalne se vrijednosti dodaju jedinici da bi se propisno izrazila razlika.	Bolji način određivanja decimalnih vrijednosti je usporedbom dvije slične aktivnosti s aktivnosti koja se znatno razlikuje favorizirajući veću važnost pred manjom s pomoću decimalnih vrijednosti.

<sup>57</sup> Benković Martina, Keček Damira, Munđar Dušan (2016.) Matematičke osnove AHP metode odlučivanja, Hrvatski matematički elektronički časopis – broj 28, <http://e.math.hr/>

<sup>58</sup> Thomas L. Saaty, Relative Measurement and Its Generalization in Decision Making, Why Pairwise Comparison are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors, The Analytic Hierarchy/Network Process RACSAM, Vol 102(2), 2008. str.251-318.

Rezultati usporedbe u parovima prikazuju se kvadratnom matricom. U matrici  $A$  reda  $n$ , je broj promatranih kriterija ili alternativa.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdot & \cdot & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdot & \cdot & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdot & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Element  $a_{ij}$  matrice  $A$  predstavlja relativnu važnost kriterija  $i$  s obzirom na kriterij uspoređivanja  $j$ . Ako je  $a_{ij} > 1$ , kriterij  $i$  je važniji od kriterija  $j$ , dok za  $a_{ij} < 1$  vrijedi obratno. Ako su dva kriterija jednake važnosti, onda je  $a_{ij} = 1$ . Zbog konzistentnosti vrijedi  $a_{ij} = 1/a_{ji}$ , za svaki  $i, j$ . Samim time vrijedi  $a_{ii} = 1$  za svaki  $i$ . Dodatno, zbog tranzitivnosti bi vrijedilo  $a_{ij} = a_{ik} \cdot a_{kj}$ , za svaki  $i, j, k$ .<sup>59</sup>

Uspoređivanje u parovima može se prikazati u obliku matrice:<sup>60</sup>

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} (A_1) & (A_2) & \cdot & \cdot & (A_n) \end{matrix} \\ \begin{matrix} (A_1) \\ (A_2) \\ \cdot \\ \cdot \\ (A_n) \end{matrix} & \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdot & \cdot & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdot & \cdot & w_2/w_n \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdot & \cdot & w_n/w_n \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (4)$$

Neka je  $n$  broj kriterija kojima prioritete treba odrediti na temelju procjene vrijednosti njihovih omjera relativne važnosti koji se označavaju sa  $a_{ij} = w_i/w_j$ , gdje  $a_{ij}$  predstavlja relativnu važnost kriterija  $i$  u odnosu prema kriteriju  $j$ . Od omjera relativnih važnosti  $a_{ij}$  formira se matrica relativne važnosti (matrica odlučivanja)  $A$ .

<sup>59</sup> Benković Martina, Keček Damira, Mundar Dušan (2016.) Matematičke osnove AHP metode odlučivanja, Hrvatski matematički elektronički časopis – broj 28, <http://e.math.hr/>

<sup>60</sup> Thomas L. Saaty, A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures, Journal of Mathematical Psychology, June 1977

$$A = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdot & \cdot & \cdot & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdot & \cdot & \cdot & w_2/w_n \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdot & \cdot & \cdot & w_n/w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdot & \cdot & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Ova matrica ima pozitivne ulazne vrijednosti i zadovoljava svojstvo  $a_{ji} = 1/a_{ij}$ , i to je recipročna matrica. Može se zamjetiti da se množeći matricu  $A$  s transponiranim vektorom  $w$  dobiva vektor  $nw$ .<sup>61</sup>

$$w^T = (w_1, \dots, w_n) \quad (6)$$

$$\begin{matrix} & (A_1) & (A_2) & \cdot & \cdot & \cdot & (A_n) \\ (A_1) & \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdot & \cdot & \cdot & w_1/w_n \end{bmatrix} \\ (A_2) & \begin{bmatrix} w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdot & \cdot & \cdot & w_2/w_n \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix} \\ (A_n) & \begin{bmatrix} w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdot & \cdot & \cdot & w_n/w_n \end{bmatrix} \end{matrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} \quad (7)$$

Na taj način dobiva se oblik jednadžbe:<sup>62</sup>

$$Aw = nw \quad (8)$$

uz pretpostavku da je vektor ( $w$ ) (jednostupčana matrica) poznat. Ako imamo matricu  $A$  i tražimo  $w$ , potrebno je riješiti sustav  $(A - nI)w = 0$  za nepoznati  $w$ , gdje je  $I$  jedinična matrica. Rješenje ( $w$ ) ovog problema je bilo koji stupac matrice  $A$ . Poželjno je normalizirati rješenja a zbroj elementa iznosi jedan. Rezultat je isti bez obzira koji stupac se koristi.

Mogu se koristiti i drugi načini izračunavanja vektora prioriteta od kojih se izdvajaju sumiranje redova matrice rezultata usporedbe u parovima i normaliziranje dobijenih suma (9) i normalizacija suma stupaca recipročnih vrijednosti (10):<sup>63</sup>

<sup>61</sup> ibid.

<sup>62</sup> ibid.

$$\sum_{j=1}^n \frac{w_i}{w_j} = w_i \left( \sum_{j=1}^n \frac{1}{w_j} \right) \quad i=1, \dots, n \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{w_i}{w_j} = \frac{1}{w_j} \left( \sum_{i=1}^n w_i \right) \quad i=1, \dots, n \quad (10)$$

Kada se izračuna (lokalni) vektor prioriteta  $w$ , na jedan od naznačenih načina, množi se globalnim vektorom prioriteta kriterija više razine koji se uzeo kao kriterij usporedbe. Postupak se ponavlja prema nižim razinama hijerarhijske strukture.

Vektori prioriteta (globalni) izračunavaju se za svaki kriterij određene razine i rabe se za određivanje globalnih vektora prioriteta na nižoj razini. Postupak se ponavlja do najniže razine na kojoj su alternative. Zbroj svih globalnih vektora prioriteta alternativa je 1, a donositelj odluke raspolaže s dvije informacije:

1. Poznata je relativna važnost alternativa s obzirom na cilj.
2. Može se utvrditi redoslijed alternativa po važnosti (rangiranje).

AHP metoda korisna je u tome što donositelju odluke pomaže u donošenju pravilne i kvalitetne odluke kada je velik izbor alternativa za promatrani problem koji se želi riješiti.

U procjeni sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja broda za kružna putovanja u luku radi se o izboru između alternativa *DA (UPLOVITI)* i *NE (NE UPLOVITI)*. Iako se izbor alternativa suzio na „samo“ dvije, važnost i moguće posljedice odluke o uplovljavanju dodatno naglašavaju potrebu za primjenom AHP metode poradi višekriterijskog odlučivanja.

### 5.1.2 Konzistentnost (dosljednost) procjene donositelja odluke

U okviru AHP metode provodi se postupak utvrđivanja konzistentnosti donositelja odluke u vrednovanju kriterija hijerarhije. Ako je donositelj odluke nedosljedan pri vrednovanju kriterija hijerarhije, trebalo bi utvrditi razloge nekonzistentnosti i ponoviti proces uspoređivanja u parovima. Pozitivne recipročne matrice označavaju informacije o usporedbama kriterija i alternativa u kojima je donositelj odluke u potpunosti konzistentan. Takve matrice imaju jedinstvenu svojstvenu vrijednost koja je jednaka redu matrice. Svako

---

<sup>63</sup> Srdjević Bojan, Jandrić Zorica, Studija AHP u strateškom gazdovanju šumama, Internet verzija, 2000. <http://bsrdjevic.tripod.com/download/ahp.htm>

odstupanje od konzistencije utječe na promjenu svojstvenih vrijednosti koja služi kao sugestija donositelju odluke da preispita svoje preferencije.

Da bi se izračunao omjer konzistencije (CR), potrebno je izračunati indeks konzistencije (CI) prema slijedećem izrazu:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad (11)$$

gdje je  $\lambda_{max}$  najveća svojstvena vrijednost matrice usporedbi, a  $n$  broj alternativa ili kriterija koji se uspoređuju. Što je vrijednost  $\lambda_{max}$  bliže broju  $n$ , manja je nekonzistencija. Da se izračuna  $\lambda_{max}$ , potrebno je pomnožiti matricu odlučivanja vektorom prioriteta  $w$  da bi se dobio vektor  $b$ :<sup>64</sup>

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdot & \cdot & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ b_n \end{bmatrix} \quad (12)$$

Dijeljenjem korespondentnih elemenata  $b$  i  $w$  dobiva se  $\lambda$  (vektor svojstvene vrijednosti):

$$\begin{bmatrix} \frac{b_1}{w_1} \\ \frac{b_2}{w_2} \\ \cdot \\ \cdot \\ \frac{b_n}{w_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \lambda_n \end{bmatrix} \quad (13)$$

i konačno:

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (14)$$

---

<sup>64</sup> ibid.

Slučajni indeks (RI) je srednja vrijednost indeksa konzistencije (CI) za slučajne matrice i ovisi o redu matrice prema

Tablica 5. Saatyjeva tablica slučajnih indeksa (RI) <sup>65</sup>

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,0	0,0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Omjer konzistencije (CR) izračuna se prema slijedećem izrazu:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (15)$$

Savršeno dosljedni donositelj odluke trebao bi imati indeks konzistencije  $CI = 0$ . Prema Saatyju, ako je  $CR = \frac{CI}{RI} < 0,1$ , donositelj odluke je konzistentan (dosljedan).

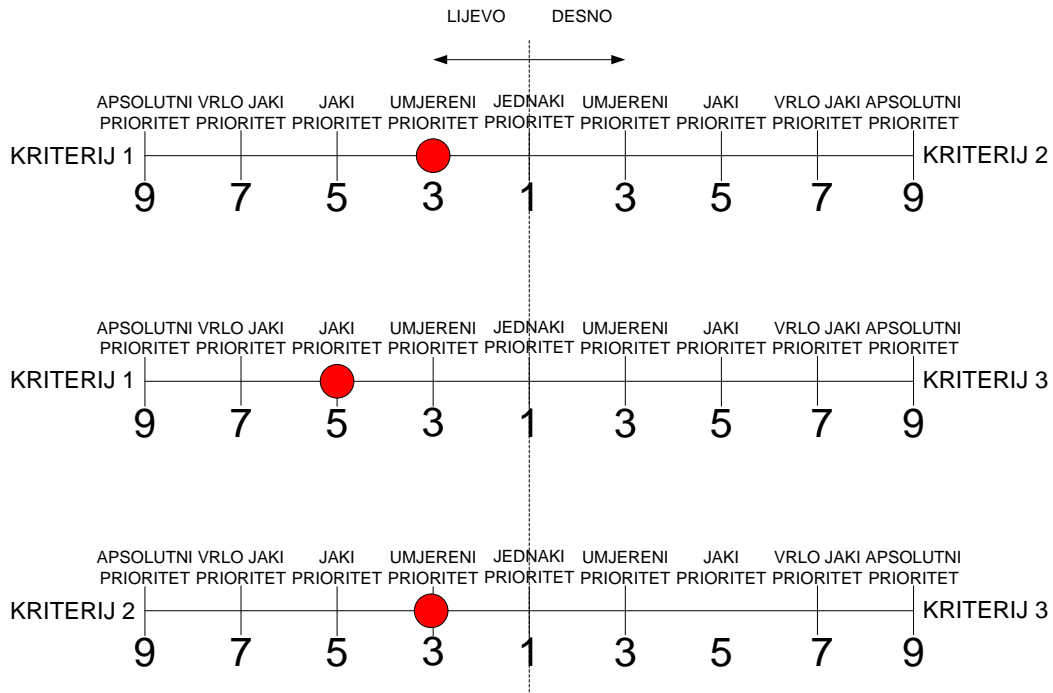
### 5.1.3 Primjena AHP metode

U primjeru računanja vektora prioriteta problem je strukturiran kao što je prikazano na slici 16., te je definirana matrica odlučivanja i izračunani su vektori prioriteta prve razine hijerarhijske strukture. U naznačenom problemu cilj je na vrhu, na razinama ispod tri su kriterija i četiri alternative. Da se odredi najznačajniji kriterij, napravljena je usporedba Saatyjevom skalom relativne važnosti. Broj usporedbi za tri kriterija prve razine hijerarhijske strukture je 3 (tablica 2.).

Da bi se dobila matrica odlučivanja, potrebno je usporediti kriterije Saatyjevom skalom. Na slici 18. razvidno je da kriterij 1 ima umjereni prioritet u usporedbi s kriterijem 2, ima jaki prioritet uspoređujući ga s kriterijem 3, dok kriterij 2 ima umjereni prioritet pred kriterijem 3. Prema AHP metodi sve vrijednosti koje su na lijevoj strani skale u matricu se upisuju izravno, a ako se iznos usporedbe nalazi na desnoj strani skale u matricu se unosi recipročna vrijednost.

---

<sup>65</sup> Thomas L. Saaty, How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process, European Journal of Operational Research 48 (1990) 9-26, North Holland



Slika 18. Usporedba kriterija Saatyevom skalom

Na osnovi usporedbe u parovima dva kriterija s obzirom na cilj ili kriterij na višoj razini definira se matrica relativne važnosti (odlučivanja):

	KRITERIJ 1 ( $w_1$ )	KRITERIJ 2 ( $w_2$ )	KRITERIJ 3 ( $w_3$ )
KRITERIJ 1 ( $w_1$ )	1	3	5
KRITERIJ 2 ( $w_2$ )	1/3	1	3
KRITERIJ 3 ( $w_3$ )	1/5	1/3	1

Definiranjem matrice relativne važnosti omogućuje se izračunavanje vektora prioriteta što se može obaviti na više načina od kojih izdvajamo:

- sumiranje redova matrice,
- sumiranje stupaca matrice  $i$
- množenje matrice odlučivanja same sa sobom – (AA).



### Računanje vektora prioriteta sumiranjem redova matrice

Računanje vektora prioriteta sumiranjem redova matrice obavlja se tako da se zbroje elementi svakog reda i zatim se tako dobivene vrijednosti podijele ukupnim zbrojem stupca.

1,000	3,000	5,000	9,000	<b>0,605</b>
0,333	1,000	3,000	4,333	<b>0,291</b>
0,200	0,333	1,000	1,533	<b>0,103</b>
			14,866	1,000

Svaki kriterij dobiva odgovarajući težinsku vrijednost vektora prioriteta s kojim se definira njegova relativna vrijednost u odnosu na cilj a sumiranjem redova matrice rezultat je slijedeći:

$w_1 = 0,605$  (kriterij 1),  $w_2 = 0,291$  (kriterij 2),  $w_3 = 0,103$  (kriterij 3).

Ovo je najjednostavniji postupak računanja vektora prioriteta.

### Računanje vektora prioriteta sumiranjem stupaca matrice

Računanje vektora prioriteta sumiranjem stupaca matrice obavlja se tako da se za svaki stupac zbroje elementi stupca, a nakon toga se svaki element matrice podijeli zbrojem stupca u kojem se taj element nalazi. Nakon toga, potrebno je sumirati redove nove matrice i normalizirati sume redova.

1,000	3,000	5,000	1,900	<b>0,633</b>
0,333	1,000	3,000	0,782	<b>0,261</b>
0,200	0,333	1,000	0,318	<b>0,106</b>
1,533	4,333	9,000	3,000	1,000

Izračuna se vektor prioriteta kojim se definira njegova relativna vrijednost prema cilju, pa je sumiranjem stupaca matrice rezultat:

$w_1 = 0,633$  (kriterij 1),  $w_2 = 0,261$  (kriterij 2),  $w_3 = 0,106$  (kriterij 3).

Ovaj postupak obuhvaća sumiranje stupaca matrice i formiranje elemenata nove matrice dijeljenjem svakog elementa matrice zbrojem stupca u kojem se taj element nalazi. Da bi se dobili vektori prioriteta, sumiraju se redovi nove matrice i dijele se ukupnim zbrojem stupca.

### Računanje vektora prioriteta množenjem matrice odlučivanja same sa sobom

Računanje vektora prioriteta množenjem matrice odlučivanja same sobom obavlja se tako da se sumiraju redovi matrice i normaliziraju sume redova. Za točniji rezultat rade se višestruke iteracije množenja matrice same sobom dok iznos razlike vektora prioriteta ne bude zanemariv.

1,000	3,000	5,000	1,000	3,000	5,000	3,000	7,665	19,000	9,000	0,605
0,333	1,000	3,000	0,333	1,000	3,000	1,267	2,999	7,667	4,333	0,291
0,200	0,333	1,000	0,200	0,333	1,000	0,511	1,266	2,999	1,533	0,103
									14,866	1,000
1,000	3,000	5,000	1,000	3,000	5,000	3,000	7,665	19,000	29,665	0,640
0,333	1,000	3,000	0,333	1,000	3,000	1,267	2,999	7,667	11,932	0,257
0,200	0,333	1,000	0,200	0,333	1,000	0,511	1,266	2,999	4,776	0,103
									46,373	1,000
3,000	7,665	19,000	3,000	7,665	19,000	28,418	70,036	172,746	271,200	0,637
1,267	2,999	7,667	1,267	2,999	7,667	11,516	28,409	70,051	109,977	0,258
0,511	1,266	2,999	0,511	1,266	2,999	4,669	11,510	28,409	44,588	0,105
									425,765	1,000
28,418	70,036	172,746	28,418	70,036	172,746	2420,714	5968,307	14722,768	23111,788	<b>0,637</b>
11,516	28,409	70,051	11,516	28,409	70,051	981,517	2419,946	5969,584	9371,048	<b>0,258</b>
4,669	11,510	28,409	4,669	11,510	28,409	397,887	980,997	2419,947	3798,831	<b>0,105</b>
									36281,667	1,000

Svaki kriterij dobiva odgovarajući vektor prioriteta kojim se definira njegova relativna vrijednost prema cilju pa je tako množenjem matrice odlučivanja same sobom – (AA) rezultat sljedeći:

$w_1 = 0,637$  (kriterij 1),  $w_2 = 0,258$  (kriterij 2),  $w_3 = 0,105$  (kriterij 3).

Ovo je najslabiji postupak, ali višestrukim iteracijama dobiva se najtočniji rezultat utjecaja pojedinog kriterija prema konačnom cilju. Svakom iteracijom provjerava se razlika vektora prioriteta. Kada razlike nema, ili je zanemariva, uzima se vrijednost vektora prioriteta.

## Izračunavanje konzistentnosti

Da se utvrdi konzistentnost donositelja odluke u vrednovanju elemenata AHP metodom analizirana je matrica odlučivanja. Pozitivne recipročne matrice imaju jedinstvenu svojstvenu vrijednost koja je jednaka redu matrice. Svako odstupanje od konzistencije utječe na promjenu svojstvenih vrijednosti koja služi kao sugestija donositelju odluke da preispita svoje preferencije.

Da se izračuna najveća svojstvena vrijednost matrice usporedbi  $\lambda_{max}$ , potrebno je pomnožiti matricu odlučivanja vektorom prioriteta  $w$  pa se dobiva vektor  $b$  :

$$\begin{array}{ccc|ccc} 1,000 & 3,000 & 5,000 & 0,637 & 1,935 \\ 0,333 & 1,000 & 3,000 & 0,258 & 0,785 \\ 0,200 & 0,333 & 1,000 & 0,105 & 0,318 \end{array}$$

Nakon toga se dijeli prvi element izračunatog vektora sa prvim elementom vektora prioriteta, drugi drugim, itd.

$$\begin{array}{c|c} 1,935/0,637 & 3,038 \\ 0,785/0,258 & 3,038 \\ 0,318/0,105 & 3,038 \end{array}$$

Zatim se izračuna  $\lambda_{max}$  :

$$\lambda_{max} = \frac{3,038+3,038+3,038}{3} = 3,038$$

Zatim se izračuna indeks konzistencije (CI):

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}$$

$$CI = \frac{3,038-3}{3-1} = 0,019$$

Omjer konzistencije (CR) dobiva se prema izrazu:

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,019}{0,52} = 0,036 \cdot 100 \% = 3,6 \% < 10 \%$$

gdje se slučajni indeks (RI) dobiva iz Saatyjeve tablice slučajnih indeksa (tablica 5.).

## 5.2 Klasifikacija elemenata sigurnosti plovidbe

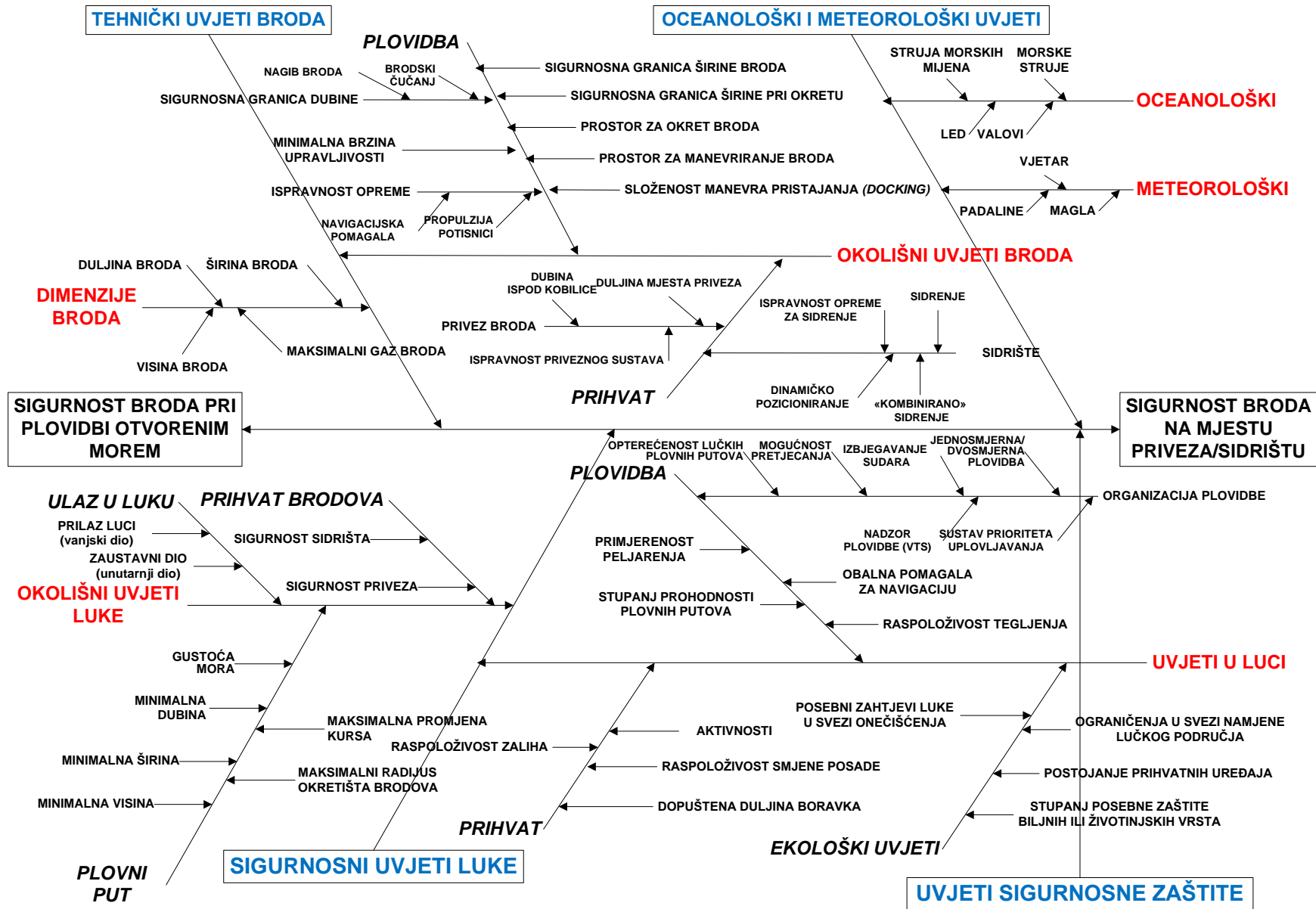
Da bi se izradio model procjene sigurnosti plovidbe u lukama i prilaznim plovnim putovima brodova za kružna putovanja, napravljena je klasifikacija elemenata sigurnosti plovidbe. Elementi sigurnosti plovidbe su mjerljive veličine kojima se može opisati stanje broda i okoliša.

Poradi klasifikacije elemenata sigurnosti plovidbe upotrijebljen je Ishikawa-dijagram ili dijagram uzroka i posljedica (engl. *Cause and Effect Diagram*), odnosno dijagram riblja kost (engl. *Fishbone Diagram*). Tim dijagramom koristi se u identificiranju, razvrstavanju i prikazivanju mogućih uzroka nekog problema. Općenito, dijagram grafički ilustrira odnos između zadanog cilja i svih elemenata koji na to utječu, pa je stoga posebno vrijedan za klasificiranje elemenata sigurnosti plovidbe

Na slici 19. prikazan je Ishikawa-dijagram sigurne plovidbe lučkim područjem. Na dijagramu je uočljivo da se između plovidbe otvorenim morem i sigurnog priveza ili sidrenja pojavljuje više elemenata sigurnosti plovidbe za koje je potrebno utvrditi odgovaraju li kriterijima sigurne plovidbe i prihvata broda. Ti elementi se odnose na vrijeme plovidbe broda ograničenim lučkim područjima.

Radi lakšeg pregleda svih elemenata i izrade hijerarhijske strukture AHP metode elementi su klasificirani po skupinama i dijele se na one koji su povezani sa:

- brodom,
- lukom,
- oceanološkim i meteorološkim uvjetima,
- sigurnosnom zaštitom.



Slika 19. Ishikawa-dijagram elemenata procjene sigurnosti plovidbe broda za kružna putovanja u luci

Prema ovakvoj klasifikaciji najvažnije skupine elemenata koji utječu na mogućnost uplovljavanja broda u luku su:

- oceanološki i meteorološki uvjeti (OM),
- tehnički uvjeti broda (BROD),
- sigurnosni uvjeti luke (LUKA) i
- uvjeti sigurnosne zaštite.

Glavne skupine elemenata su dalje podijeljene na:

- oceanološke i meteorološke elemente skupine OM,
- dimenzije broda i okolišne uvjete broda skupine BROD i
- okolišne uvjete luke i uvjete u luci skupine LUKA.

Nadalje elementi su svrstani na slijedeći način:

- prihvat i plovidba broda, u dijelu skupine elemenata OKOLIŠNI UVJETI BRODA;
- ulaz u luku, plovni put i prihvat brodova u dijelu skupine elemenata OKOLIŠNI UVJETI LUKE i
- prihvat, plovidba i ekološki uvjeti u dijelu skupine elemenata UVJETI U LUCI.

U dijelu *oceanoloških* elemenata svrstani su:

- morske struje,
- struja morskih mijena,
- led i
- valovi.

Kod *meteoroloških* elemenata naznačeni su:

- vjetar,
- padaline i
- magla.

*Dimenzije broda* se nadalje dijele na:

- širinu,
- duljinu,
- maksimalni gaz i
- visinu broda.

*Okolišni uvjeti broda* se dijele na *prihvat i plovidba broda*.

*Prihvat broda* dijeli se na *privezan brod i usidren brod* gdje se navode:

- privezan brod
  - dubina ispod kobilice,

- duljina mjesta priveza,
- ispravnost priveznog sustava,
- usidren brod
  - sidrenje,
  - dinamičko pozicioniranje,
  - «kombinirano sidrenje»,
  - ispravnost opreme za sidrenje

U dijelu *plovidba* broda navodi se:

- sigurnosna granica dubine
  - brodski čučanj i
  - nagib broda,
- sigurnosna granica širine broda,
- sigurnosna granica širine pri okretu broda,
- prostor za okret broda,
- prostor za manevriranje,
- složenost manevra pristajanja (*docking*),
- minimalna brzina upravljivosti,
- ispravnost opreme
  - propulzori,
  - potisnici i
  - navigacijska pomagala.

*Okolišni uvjeti u luci* se dijele na *ulaz u luku*, *plovni put* i *prihvat brodova*.

U dijelu *ulaz u luku* navodi se:

- prilaz luci (vanjski dio) i
- zaustavni dio (unutarnji dio).

U dijelu *plovni put* elementi sigurnosti su:

- minimalna dubina,
- minimalna širina,
- maksimalna promjena kursa/minimalni polumjer kružnice okreta,
- minimalna visina,
- gustoća mora i
- maksimalni radijus okretišta brodova,

dok se *prihvat brodova* dalje razvrstava na:

- sigurnost sidrišta i

- sigurnost priveza.

*Uvjeti u luci se dijele na prihvat, plovidbu i ekološke uvjete.*

U dijelu *prihvat* navode se:

- raspoloživost zaliha,
- dopuštena duljina boravka broda,
- aktivnosti,
- raspoloživost smjene posade.

U dijelu *plovidba* skupine elemenata luka navode se:

- organizacija plovidbe
  - jednosmjerna/ dvosmjerna,
  - mogućnost pretjecanja,
  - opterećenost lučkih plovni putova,
  - sustav prioriteta uplovljavanja,
  - nadzor plovidbe (VTS),
  - izbjegavanje sudara,
- primjerenost peljarenja,
- raspoloživost tegljenja,
- stupanj prohodnosti plovni putova
- obalna pomagala za navigaciju.

U dijelu *ekološki uvjeti* skupine elemenata luka navedeni su:

- posebni zahtjevi luke u svezi onečišćenja
- ograničenja u svezi namjene lučkog područja,
- postojanje prihvatnih uređaja i
- stupanj posebne zaštite biljnih ili životinjskih vrsta.

Provedena je klasifikacija elemenata sigurnosti plovidbe radi izrade hijerarhijske strukture AHP metode.



### **5.3 Hijerarhijska struktura elemenata koji utječu na sigurnost plovidbe**

Temeljem prikazane klasifikacije elemenata sigurnosti plovidbe (slika 19.) izrađena je hijerarhijska struktura elemenata sigurnosti plovidbe koji utječu na sigurnu plovidbu broda za kružna putovanja u luci. Hijerarhijska struktura je na slici 20. prikazana sa lijeva na desno (*left -right*).

CILJ	1. RAZINA	2. RAZINA	3. RAZINA	4. RAZINA					
				ELEMENTI KOJI UTJEČU NA SIGURNOST PLOVIDBE	NEPROMJENJIVI ELEMENTI	PROMJENJIVI ELEMENTI			
SIGURNA PLOVIDBA LUČKIM PODRUČJEM I PRIHVAT BRODOVA	OM	OCEANOLOŠKI		ELEMENTI KOJI UTJEČU NA SIGURNOST PLOVIDBE					
				MORSKE STRUJE		MORSKE STRUJE			
				STRUJA MORSKIH MJENA		STRUJA MORSKIH MJENA			
		LED			LED				
		VALOVI			VALOVI				
		VJETAR			VJETAR				
	METEOROLOŠKI	PADALINE		PADALINE					
		MAGLA		MAGLA					
	BROD	DIMENZIJE BRODA			ELEMENTI KOJI UTJEČU NA SIGURNOST PLOVIDBE				
					ŠIRINA		ŠIRINA		
					DULJINA		DULJINA		
					MAKSIMALNI GAZ		MAKSIMALNI GAZ		
		OKOLIŠNI UVJETI BRODA	PRIHVAT			ELEMENTI KOJI UTJEČU NA SIGURNOST PLOVIDBE			
						USIDREN BROD	SIDRENJE	SIDRENJE	
							DP	DP	
							KOMBINIRANO SIDRENJE	KOMBINIRANO SIDRENJE	
							ISPRAVNOST OPREME ZA SIDRENJE	ISPRAVNOST OPREME ZA SIDRENJE	
			PLOVIDBA				ELEMENTI KOJI UTJEČU NA SIGURNOST PLOVIDBE		
							PRIVEZAN BRODA	DUBINA ISPOD KOBILICE	DUBINA ISPOD KOBILICE
								DULJINA MJESTA PRIVEZA	DULJINA MJESTA PRIVEZA
								ISPRAVNOST PRIVEZNOG SUSTAVA	ISPRAVNOST PRIVEZNOG SUSTAVA
								SIGURNOSNA GRANICA DUBINE	BRODSKI ČUČANJ
		OKOLIŠNI UVJETI BRODA				ELEMENTI KOJI UTJEČU NA SIGURNOST PLOVIDBE			
							BRODSKI ČUČANJ	BRODSKI ČUČANJ	
							NAGIB BRODA	NAGIB BRODA	
							SIGURNOSNA GRANICA ŠIRINE	SIGURNOSNA GRANICA ŠIRINE	
							SIGURNOSNA GRANICA ŠIRINE PRI OKRETU	SIGURNOSNA GRANICA ŠIRINE PRI OKRETU	
							PROSTOR ZA OKRET BRODA	PROSTOR ZA OKRET BRODA	
							PROSTOR ZA MANEVRIRANJE	PROSTOR ZA MANEVRIRANJE	
							SLOŽENOST MANEVRA PRISTAJANJA (DOCKING)	SLOŽENOST MANEVRA PRISTAJANJA (DOCKING)	
							MINIMALNA BRZINA UPRAVLJIVOSTI	MINIMALNA BRZINA UPRAVLJIVOSTI	
		OKOLIŠNI UVJETI BRODA				ELEMENTI KOJI UTJEČU NA SIGURNOST PLOVIDBE			
	ISPRAVNOST OPREME					PROPULZORI	PROPULZORI		
						POTISNICI	POTISNICI		
	LUKA	OKOLIŠNI UVJETI LUKE	ULAZ U LUKU		ELEMENTI KOJI UTJEČU NA SIGURNOST PLOVIDBE				
					PRILAZ LUCI		PRILAZ LUCI		
					ZAUSTAVNI DIO		ZAUSTAVNI DIO		
					MINIMALNA DUBINA		MINIMALNA DUBINA		
					MINIMALNA ŠIRINA		MINIMALNA ŠIRINA		
MAKSIMALNA PROMJENA KURSA						MAKSIMALNA PROMJENA KURSA			
PLOVNI PUT							ELEMENTI KOJI UTJEČU NA SIGURNOST PLOVIDBE		
							MINIMALNA VISINA		MINIMALNA VISINA
							GUSTOĆA MORA		GUSTOĆA MORA
							MAKSIMALNI PROMJER OKRETIŠTA BRODOVA		MAKSIMALNI PROMJER OKRETIŠTA BRODOVA
							SIGURNOST SIDRIŠTA		SIGURNOST SIDRIŠTA
							SIGURNOST PRIVEZA		SIGURNOST PRIVEZA
PRIHVAT BRODOVA					ELEMENTI KOJI UTJEČU NA SIGURNOST PLOVIDBE				
					RASPOLOŽIVOST ZALIHA		RASPOLOŽIVOST ZALIHA		
					DOPUŠTENA DULJINA BORAVKA		DOPUŠTENA DULJINA BORAVKA		
					AKTIVNOSTI BRODA		AKTIVNOSTI BRODA		
					RASPOLOŽIVOST SMJENE POSADE		RASPOLOŽIVOST SMJENE POSADE		
						JEDNOSMJERNA/DVOSMJERNA PLOVIDBA	JEDNOSMJERNA/DVOSMJERNA PLOVIDBA		
UVJETI U LUCI		PLOVIDBA			ELEMENTI KOJI UTJEČU NA SIGURNOST PLOVIDBE				
					ORGANIZACIJA PLOVIDBE	MOGUĆNOST PRETJECANJA	MOGUĆNOST PRETJECANJA		
						OPTEREĆENOST LUČKIH PLOVNIH PUTOVA	OPTEREĆENOST LUČKIH PLOVNIH PUTOVA		
						SUSTAV PRIORITETA UPLOVLJAVANJA	SUSTAV PRIORITETA UPLOVLJAVANJA		
						NADZOR PLOVIDBE (VTS)	NADZOR PLOVIDBE (VTS)		
						IZBJEGAVANJA SUDARA	IZBJEGAVANJA SUDARA		
	EKOLOŠKI UVJETI				ELEMENTI KOJI UTJEČU NA SIGURNOST PLOVIDBE				
					PRIMJERENOST PELJARENJA		PRIMJERENOST PELJARENJA		
					RASPOLOŽIVOST TEGLENJA		RASPOLOŽIVOST TEGLENJA		
					STUPANJ PROHODNOSTI PLOVNIH PUTOVA		STUPANJ PROHODNOSTI PLOVNIH PUTOVA		
					OBALNA POMAGALA ZA NAVIGACIJU		OBALNA POMAGALA ZA NAVIGACIJU		
					POSEBNI ZAHTEVI LUKE U SVEZI ONEČIŠĆENJA		POSEBNI ZAHTEVI LUKE U SVEZI ONEČIŠĆENJA		
EKOLOŠKI UVJETI				ELEMENTI KOJI UTJEČU NA SIGURNOST PLOVIDBE					
				OGRANIČENJA U SVEZI NAMJENELUČKOG PODRUČJA		OGRANIČENJA U SVEZI NAMJENELUČKOG PODRUČJA			
				POSTOJANJE PRIHVATNIH UREDAJA		POSTOJANJE PRIHVATNIH UREDAJA			
				STUPANJ POSEBNE ZAŠTITE BILJNIH I ŽIVOTINJSKIH VRSTA		STUPANJ POSEBNE ZAŠTITE BILJNIH I ŽIVOTINJSKIH VRSTA			
SIGURNOSNA ZAŠTITA									

Slika 20. Hijerarhijska struktura AHP metode elemenata koji utječu na sigurnost plovidbe u lukama i na prilaznim plovničkim putovima

Kao cilj predstavljena je sigurna plovidba lučkim područjem i prihvat broda za kružna putovanja u luci. Na prvoj razini su najvažnije skupine elemenata sigurnosti plovidbe koje se dijele na podskupine druge i treće razine. Na četvrtoj razini hijerarhijske strukture su svi elementi za koje je potrebno utvrditi odgovaraju li kriterijima sigurne plovidbe i prihvata broda, a dijele se na nepromjenjive i promjenjive. Utjecaj nepromjenjivih elemenata na sigurnu plovidbu i mogućnost uplovljavanja broda za kružna putovanja u luku utvrđuje se planiranjem putovanja. Neposredno pred uplovljavanje, ovisno o novim okolnostima, potrebno je utvrditi zadovoljavaju li promjenljivi elementi uvjete sigurne plovidbe i prihvata broda za kružna putovanja u luku.

Prema ovakoj raščlambi, elementi sigurnosti plovidbe koji najviše utječu na sigurnost plovidbe i mogućnost uplovljavanja i zahtijevaju dodatnu procjenu neposredno pred uplovljavanje, ovisno o stvarnim uvjetima u luci, jesu:

1. dovoljna odnosno potrebna širina ravnog dijela plovnog puta – **sigurna širina plovnog puta – ravni dio,**
2. dovoljna odnosno potrebna dubina na plovnom putu - **sigurna dubina plovnog puta,**
3. dovoljna odnosno potrebna širina zakrivljenog dijela plovnog puta – **sigurna širina plovnog puta – zakrivljeni dio,**
4. dovoljan odnosno potreban prostor za okret broda - **prostor za siguran okret broda,**
5. dovoljan odnosno potreban prostor za manevriranje broda - **prostor za sigurno manevriranje,**
6. maritimna sigurnost manevra pristajanja koja se ogleda u omjeru sile poriva u svim smjerovima u odnosu na ukupnu vanjsku silu – **maritimna sigurnost manevra pristajanja,**
7. primjerenost peljarenja se ogleda tako da nema uopće peljara, da se peljar zbog vremenskih prilika ne može ukrcati na brod ili da je peljar nepouzdan – **mogućnost sigurnog peljarenja,**
8. raspoloživost tegljenja se ogleda tako da nema uopće tegljača ili da tegljač nema potrebnu snagu – **mogućnost sigurnog tegljenja.**

9. uspješnost izbjegavanja sudara koja ovisi o ustroju plovidbe u luci, gustoći pomorskog prometa, primjeni pravila 18 PISM-a prema kojemu se brod za kružna putovanja mora uklanjati s puta navedenim brodovima – **mogućnost sigurnog izbjegavanja sudara,**
10. dovoljna odnosno potrebna maritimna sigurnost privezanog broda koja se ogleda u dovoljnoj duljini pristana i dubini na mjestu priveza – **maritimna sigurnost privezanog broda,**
11. dovoljna odnosno potrebna maritimna sigurnost usidrenog broda koja se ogleda u omjeru dovoljnog odnosno potrebnog laznog kruga i raspoloživog prostora na sidrištu – **maritimna sigurnost usidrenog broda,**
12. prihvatljivost aktivnosti broda na sidrištu koja se ogleda u otežanim brodskim aktivnostima na sidrištu kao što su tendering, korištenje brodske marine i sl. – **prihvatljive aktivnosti broda na sidrištu.**

Ovi elementi sigurnosti plovidbe dio su hijerarhijske strukture modela procjene sigurnosti plovidbe u lukama i na prilaznim plovnim putovima brodova za kružna putovanja (kako je to prikazano u poglavlju 5.4.).

## 5.4 Model procjene sigurnosti plovidbe s primjenom AHP metode

U prethodnom potpoglavlju klasificirani su elementi sigurnosti plovidbe i napravljena je hijerarhijska struktura ovih elemenata.

Temeljem ovakve klasifikacije izrađen je model procjene sigurnosti plovidbe s primjenom AHP metode (slika 21.).

## SIGURNA PLOVIDBA LUČKIM PODRUČJEM I PRIHVAT BRODA

OM				BROD				LUKA			
OCEAN.		METEO.		PLOVIDBA		PRIHVAT		PLOVIDBA		PRIHVAT	
SIGURNOST PRILAZA	SIGURNOST MANEVRA	SIGURNOST IZVEDBE	SIGURNOST BORAVKA	SIGURNOST PRILAZA	SIGURNOST MANEVRA	SIGURNOST IZVEDBE	SIGURNOST BORAVKA	SIGURNOST PRILAZA	SIGURNOST MANEVRA	SIGURNOST IZVEDBE	SIGURNOST BORAVKA
SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – RAVNI DIO	PROSTOR ZA SIGURAN OKRET BRODA	MOGUĆNOST SIGURNOG PELJARENJA	MARITIMNA SIGURNOST PRIVEZANOG BRODA	SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – RAVNI DIO	PROSTOR ZA SIGURAN OKRET BRODA	MOGUĆNOST SIGURNOG PELJARENJA	MARITIMNA SIGURNOST PRIVEZANOG BRODA	SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – RAVNI DIO	PROSTOR ZA SIGURAN OKRET BRODA	MOGUĆNOST SIGURNOG PELJARENJA	MARITIMNA SIGURNOST PRIVEZANOG BRODA
SIGURNA DUBINA PLOVNOG PUTA	PROSTOR ZA SIGURNO MANEVRIRANJE	MOGUĆNOST SIGURNOG TEGLJENJA	MARITIMNA SIGURNOST USIDRENOG BRODA	SIGURNA DUBINA PLOVNOG PUTA	PROSTOR ZA SIGURNO MANEVRIRANJE	MOGUĆNOST SIGURNOG TEGLJENJA	MARITIMNA SIGURNOST USIDRENOG BRODA	SIGURNA DUBINA PLOVNOG PUTA	PROSTOR ZA SIGURNO MANEVRIRANJE	MOGUĆNOST SIGURNOG TEGLJENJA	MARITIMNA SIGURNOST USIDRENOG BRODA
SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – ZAKRIVLJENI DIO	MARITIMNA SIGURNOST MANEVRA PRISTAJANJA	MOGUĆNOST SIGURNOG IZBJEGAVANJA SUDARA	PRIHVATLJIVE AKTIVNOSTI BRODA NA SIDRIŠTU	SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – ZAKRIVLJENI DIO	MARITIMNA SIGURNOST MANEVRA PRISTAJANJA	MOGUĆNOST SIGURNOG IZBJEGAVANJA SUDARA	PRIHVATLJIVE AKTIVNOSTI BRODA NA SIDRIŠTU	SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – ZAKRIVLJENI DIO	MARITIMNA SIGURNOST MANEVRA PRISTAJANJA	MOGUĆNOST SIGURNOG IZBJEGAVANJA SUDARA	PRIHVATLJIVE AKTIVNOSTI BRODA NA SIDRIŠTU

Slika 21. Model procjene sigurnosti plovidbe

Osnovna namjena modela je olakšati procjenu sigurnosti plovidbe ovih brodova, koju treba obaviti neposredno prije uplovljavanja i donošenje odluka s obzirom na novonastale utjecaje. Isti model može se primijeniti i za isplovljenje. Utvrđivanje stvarnog stanja okoline mora se obaviti razmjenom informacija luke i broda. Potrebno je raspolagati podacima o trenutnim uvjetima u luci koji uključuju oceanološke i meteorološke uvjete i nove ograničavajuće okolnosti luke uz potrebno poznavanje stanja broda.

#### 5.4.1 Utvrđivanje novonastalih vrijednosti kod elemenata sigurnosti plovidbe

Utvrđuju se nove okolnosti koje je teško predvidjeti postupkom planiranja putovanja. Uz oceanološke i meteorološke utjecaje tu se ubraja i neispravna oprema broda (propulzori, potisnici i pomagala za navigaciju, sidreni uređaj, DP, privezni sustav i brodski siz) koja utječe na sigurnu plovidbu i prihvat a pojavljuju se na strani broda kao i iznenadni uzroci koji se događaju u luci a tiču se sigurne plovidbe i prihvata broda. Izvanredne okolnosti u luci koje mogu utjecati na sigurnost plovidbe, manevriranja i prihvata su: radovi koji utječu na plovni put, neispravna obalna pomagala za navigaciju, problemi u svezi s organizacijom plovidbe, ekološki uvjeti, iznenadne promjene u mogućnosti prihvata broda (nedostatan lazni prostor, nedovoljna duljina veza, neispravan privezni sustav luke i sl.)

#### 5.4.2 Hijerarhijska struktura modela za procjenu sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja

Hijerarhijska struktura AHP metode s kriterijima sigurnosti plovidbe za koje se računaju vektori prioriteta prikazana je na slici 21.

Cilj je na vrhu – sigurna plovidba lučkim područjem i siguran prihvat broda. Na prvoj razini su kriteriji koji se odnose na oceanološke i meteorološke uvjete (OM), brod i luku. Na sljedećoj razini su potkriteriji a to su oceanološki i meteorološki elementi u dijelu OM, plovidba i prihvat broda u dijelovima modela BROD i LUKA.

Na sljedećoj razini su podpotkriteriji SIGURNOST PRILAZA, SIGURNOST MANEVRA, SIGURNOST IZVEDBE I SIGURNOST BORAVKA. Oni su određeni ovisno o vremenskom tijeku prihvaćanja broda.

Na razini ispod podpotkriterija *sigurnost prilaza* se nalaze podpotkriteriji:

- **sigurna širina plovnog puta – ravni dio** (dovoljna širina ravnog dijela plovnog puta),

- **sigurna dubina plovnog puta** (dovoljan sigurni prostor ispod kobilice),
- **sigurna širina plovnog puta – zakrivljeni dio** (dovoljna širina zakrivljenog dijela plovnog puta).

Sigurnost prilaza se odnosi na brod koji plovi plovnim putem prema načelima plovidbe koja pretpostavlja plovidbu ravnim i zakrivljenim dijelovima rute kao što je to objašnjeno u poglavlju „Geometrijski prikaz rute na ENC kartama“. U ovom dijelu hijerarhijske strukture stručnjak uspoređuje utjecaj na dovoljnu sigurnu granicu širine broda (staza broda ili *swept path*; brod se nalazi na ravnom dijelu rute), dovoljan slobodni prostor ispod kobilice i na dovoljnu sigurnu granicu širine pri okretu broda (brod se nalazi na luku kružnice).

Podpotkriterij *sigurnost manevra* obuhvaća:

- **prostor za siguran okret broda** (dovoljan prostor za okret),
- **prostor za sigurno manevriranje** (dovoljan prostor za manevriranje),
- **maritimna sigurnost manevra pristajanja** .

Sigurnost manevra, prema ovakvoj hijerarhijskoj podjeli, pretpostavlja brod koji započinje manevar koristeći sva raspoloživa sredstva (porivnike, propulzore, usmjerenu propulziju, list kormila), nalazi se u prostoru za okret broda (*turning basin*) ili se radi o neposrednom manevru pristajanja (*docking*).

Podpotkriterij *sigurnost izvedbe* uključuje:

- **mogućnost sigurnog peljarenja** (primjerenost peljarenja),
- **mogućnost sigurnog tegljenja** (raspoloživost tegljenja),
- **mogućnost sigurnog izbjegavanja sudara** (uspješnost izbjegavanja sudara),

Za peljarenje potrebno je utvrditi kakav utjecaj ima peljar na sigurnu plovidbu i prihvat broda odnosno ako se zbog nekih vanjskih utjecaja ne može ukrcati na brod, ili ga luka nema ili je nepouzdan. Za tegljenje je potrebno utvrditi da li uopće postoji mogućnost tegljenja i kako tegljenje utječe na konačan cilj. Izbjegavanje sudara u luci je povezano sa organizacijom plovidbe u luci i postoji čitav niz luka kojima je ovaj element sigurnosti ugrožen.

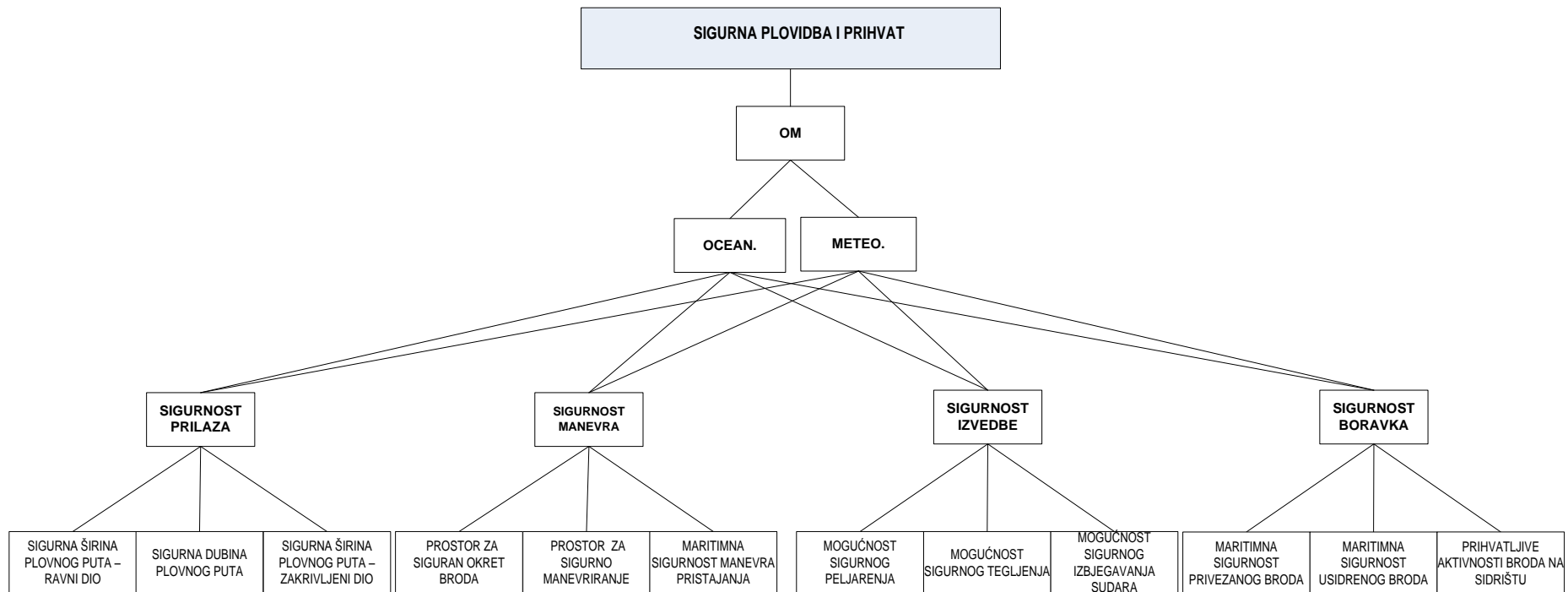
Podpotkriterij *sigurnost boravka* sastoji se od:

- **maritimna sigurnost privezanog broda,**
- **maritimna sigurnost usidrenog broda,**
- **prihvatljive aktivnosti broda na sidrištu.**

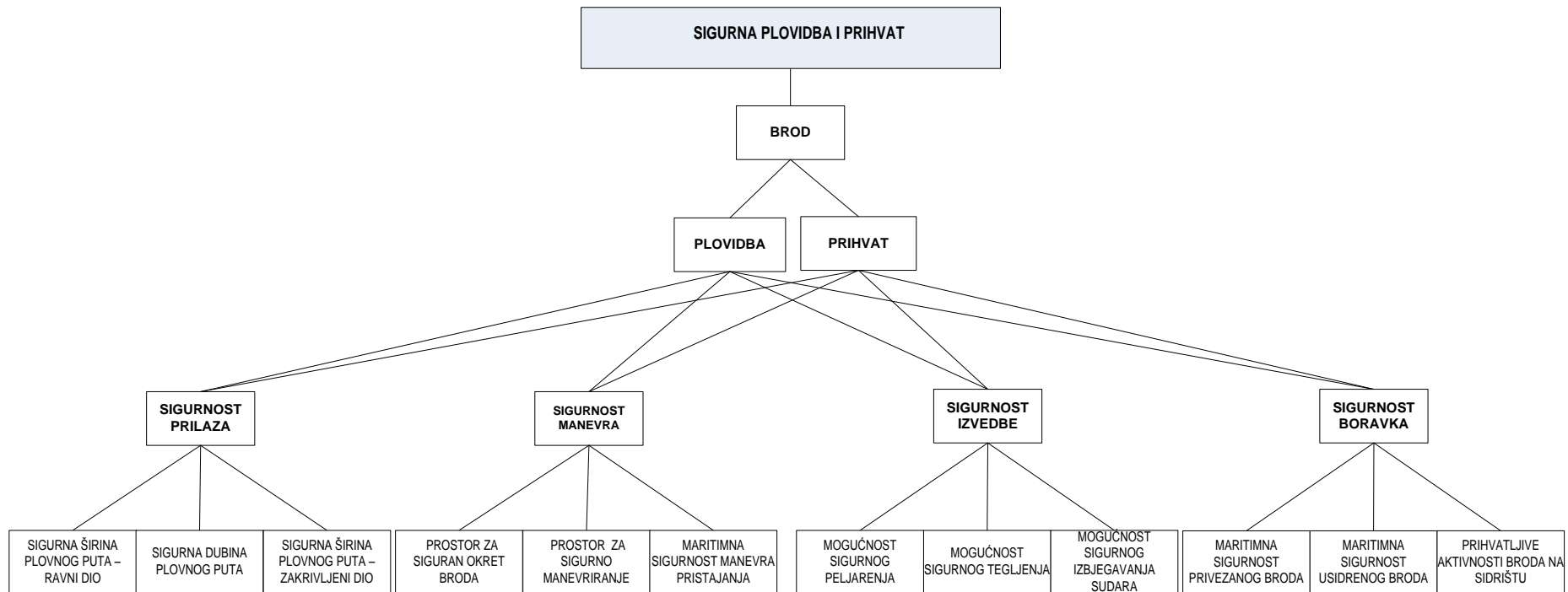
Za usidren brod potrebno je utvrditi omjer dovoljnog odnosno potrebnog laznoг kruga i raspoloživog laznoг prostora. Za privezan brod potrebno je odrediti potrebnu duljinu pristana



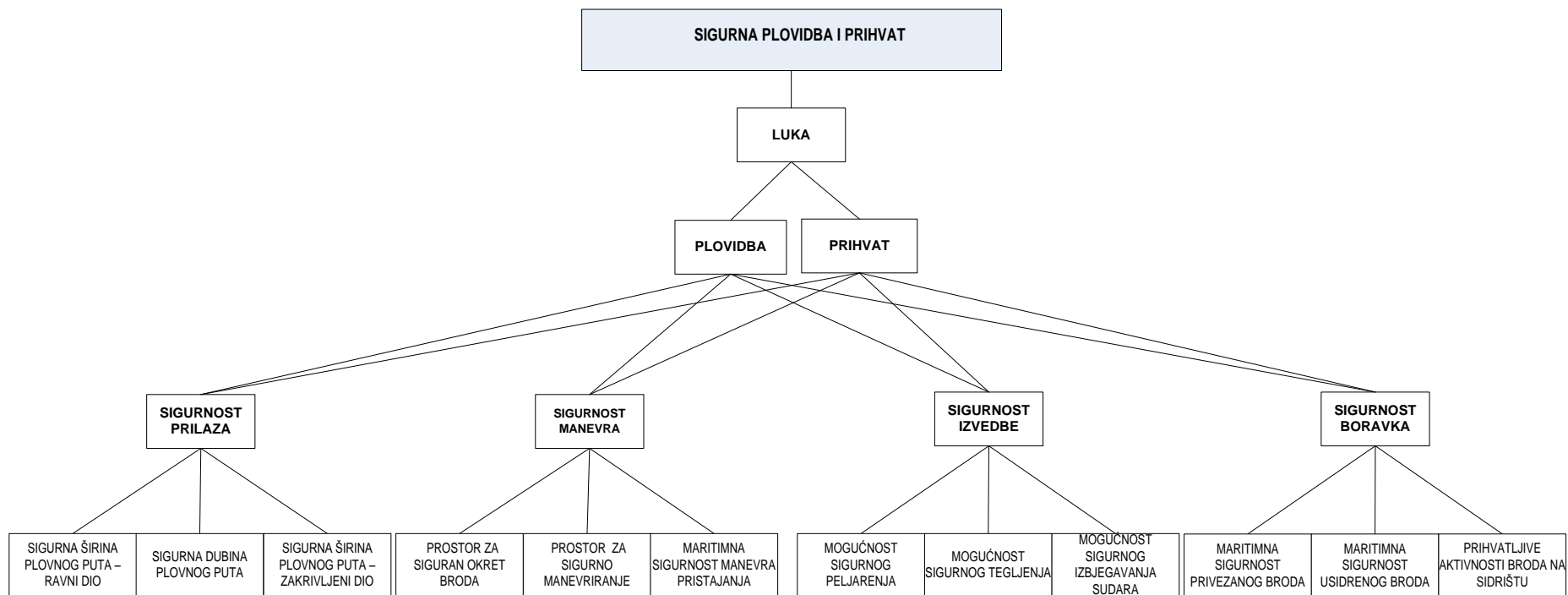
i dubinu na mjestu priveza. Prihvatljive aktivnosti na sidrištu se odnose na mogućnost korištenja brodske marine, prijevoza putnika na obalu (*tendering*) i sl.



Slika 22. Dio modela procjene sigurnosti plovidbe koji se odnosi na OM



Slika 23. Dio modela procjene sigurnosti plovidbe koji se odnosi na BROD



Slika 24. Dio modela procjene sigurnosti plovidbe koji se odnosi na LUKU

Nove okolnosti određuju koji će se dio hijerarhijske strukture primijeniti. Ako su nove okolnosti povezane s oceanološkim i meteorološkim uvjetima, koristit će se samo dijelom modela ispod kriterija OM (slika 22.). Ako su uzroci povezani s brodom potrebno je uzeti dio modela s kriterijima BROD (slika 23.). Ako su povezani s lukom, potrebno je izračunati vektore prioriteta tog dijela modela (slika 24.). Model je prilagodljiv pa se njegov dio za koji nama novih okolnosti ne primjenjuje, a s druge strane, ako se pojave nove okolnosti, povezane sa OM-om, brodom i lukom, primijenit će se cijeli model (slika 36).

#### 5.4.3 Određivanje najznačajnijih kriterija/alternativa

Predloženi model procjene sigurnosti plovidbe brodova za kružna putovanja u lukama koristeći se AHP metodom omogućava donošenje odluke temeljem kvantificiranja. Potrebno je odrediti intenzitet odnosa kriterija određene razine prema razini iznad i, u konačnici, s obzirom na cilj. Intenzitet važnosti kriterija s obzirom na cilj definira donositelj odluke (stručnjak ili skupina stručnjaka) unutar Saatyjeve skale od devet podjela. Omjer relativne važnosti označava se sa  $a_{ij} = w_i/w_j$ , gdje je  $a_{ij}$  relativna važnost kriterija  $i$  u odnosu na kriterij  $j$ . Od omjera relativnih važnosti  $a_{ij}$  formira se matrica relativne važnosti (matrica odlučivanja)  $A$ . Donositelj odluke mora utvrditi intenzitet važnosti  $a_{ij} = \{9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8, 1/9\}$  temeljem kojih se formira matrica odlučivanja. Da bi se izračunao vektor prioriteta, sumiraju se redovi matrice i normaliziraju sume redova. Za točniji rezultat rade se višestruka ponavljanja množenja matrice same sobom ( $AA$ ), dok iznos razlike vektora prioriteta ne bude zanemariv.

Izračunom vektora prioriteta definirana je relativna važnost kriterija/alternativa prema cilju.

#### **Određivanje najznačajnijeg kriterija**

Donositelj odluke određuje najznačajniji kriterij na prvoj razini hijerarhijske strukture uspoređujući u parovima kriterije *OM*, *BROD* i *LUKA* unutar Saatyjeve skale od devet podjela s obzirom na konačni cilj. Nakon toga formira se matrica odlučivanja (slika 25.).

Tablica 6. Definiranje matrice odlučivanja najznačajnijeg kriterija

KRITERIJ ( $w_i$ )	OMJER RELATIVNE VAŽNOSTI ( $a_{ij}$ )	KRITERIJ ( $w_j$ )
OM (1)	$a_{ij} = \{9,8,7,6,5,4,3,2,1,1/2,1/3,1/4,1/5,1/6,1/7,1/8,1/9\}$	BROD (2)
OM (1)	$a_{ij} = \{9,8,7,6,5,4,3,2,1,1/2,1/3,1/4,1/5,1/6,1/7,1/8,1/9\}$	LUKA (3)
BROD (2)	$a_{ij} = \{9,8,7,6,5,4,3,2,1,1/2,1/3,1/4,1/5,1/6,1/7,1/8,1/9\}$	LUKA (3)

	OM	brod	luka
OM	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$
brod	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$
luka	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$

Slika 25. Matrica odlučivanja najznačajnijeg kriterija

### Određivanje najznačajnijeg potkriterija

Na drugoj razini hijerarhijske strukture potkriteriji su OCEAN i METEO u dijelu kriterija OM. PLOVIDBA i PRIHVAT u dijelu kriterija BROD i LUKA. Ako je uzrok povezan samo s jednim od potkriterija nije potrebno računati lokalne vektore prioriteta ove razine.

### Određivanje najznačajnijeg potkriterija – OCEAN i METEO za kriterij OM

U ovom dijelu računaju se lokalni i globalni vektori prioriteta potkriterija OCEAN i METEO. Množeći lokalne vektore prioriteta globalnim vrijednostima vektora prioriteta kriterija razine iznad dobije se globalna vrijednost vektora prioriteta potkriterijske razine.

Tablica 7. Definiranje matrice odlučivanja najznačajnijeg potkriterija – OCEAN i METEO za kriterij OM

KRITERIJ ( $w_i$ )	OMJER RELATIVNE VAŽNOSTI ( $a_{ij}$ )	KRITERIJ ( $w_j$ )
OCEAN (1)	$a_{ij} = \{9,8,7,6,5,4,3,2,1,1/2,1/3,1/4,1/5,1/6,1/7,1/8,1/9\}$	METEO (2)

	ocean	meteo
ocean	$a_{11}$	$a_{12}$
meteo	$a_{21}$	$a_{22}$

Slika 26. Matrica odlučivanja najznačajnijeg potkriterija

### Određivanje najznačajnijeg potkriterija – PLOVIDBA i PRIHVAT za kriterij BOD

U ovom dijelu modela računaju se lokalni i globalni vektori prioriteta potkriterija za kriterij BOD. Množeći lokalne vrijednosti vektora prioriteta globalnim vrijednostima vektora prioriteta kriterija razine iznad, dobiva se globalna vrijednost vektora prioriteta potkriterijske razine.

Tablica 8. Definiranje matrice odlučivanja najznačajnijeg potkriterija – PLOVIDBA i PRIHVAT za kriterij BOD

KRITERIJ ( $w_i$ )	OMJER RELATIVNE VAŽNOSTI ( $a_{ij}$ )	KRITERIJ ( $w_j$ )
PLOVIDBA (1)	$a_{ij} = \{9,8,7,6,5,4,3,2,1,1/2,1/3,1/4,1/5,1/6,1/7,1/8,1/9\}$	PRIHVAT (2)

	plovidba	prihvat
plovidba	$a_{11}$	$a_{12}$
prihvat	$a_{21}$	$a_{22}$

Slika 27. Matrica odlučivanja najznačajnijeg kriterija

## Određivanje najznačajnijeg potkriterija – PLOVIDBA i PRIHVAT za kriterij LUKA

U ovom dijelu modela računaju se lokalni i globalni vektori prioriteta potkriterija za kriterij luka. Množeći lokalne vrijednosti vektora prioriteta globalnim vrijednostima vektora prioriteta kriterija razine iznad, dobiva se globalna vrijednost vektora prioriteta potkriterijske razine.

Tablica 9. Definiranje matrice odlučivanja najznačajnijeg potkriterija – PLOVIDBA i PRIHVAT za kriterij LUKA

KRITERIJ ( $w_i$ )	OMJER RELATIVNE VAŽNOSTI ( $a_{ij}$ )	KRITERIJ ( $w_j$ )
PLOVIDBA	$a_{ij} = \{9,8,7,6,5,4,3,2,1,1/2,1/3,1/4,1/5,1/6,1/7,1/8,1/9\}$	PRIHVAT

	plovidba	prihvat
plovidba	$a_{11}$	$a_{12}$
prihvat	$a_{21}$	$a_{22}$

Slika 28. Matrica odlučivanja najznačajnijeg kriterija

## Određivanje najznačajnijeg podpotkriterija

Na trećoj razini hijerarhijske strukture podpotkriteriji su sigurnost prilaza, sigurnost manevra, sigurnost izvedbe i sigurnost boravka.

U ovom dijelu modela računaju se vektori prioriteta podpotkriterija SIGURNOST PRILAZA, SIGURNOST MANEVRA, SIGURNOST IZVEDBE i SIGURNOST BORAVKA za potkriterije OCEAN i METEO u dijelu modela OM, PLOVIDBA i PRIHVAT u dijelu modela BROD te PLOVIDBA i PRIHVAT u dijelu modela LUKA kao što je prikazano na slici 21.

Donositelj odluke utvrđuje relativnu važnosti uspoređujući kriterije i formira matricu odlučivanja. Za četiri kriterija radi se šest usporedba.



Tablica 10. Definiranje matrice odlučivanja za podpotkriterij SIGURNOST PRILAZA, SIGURNOST MANEVRA, SIGURNOST IZVEDBE i SIGURNOST BORAVKA

KRITERIJ ( $w_i$ )	OMJER RELATIVNE VAŽNOSTI ( $a_{ij}$ )	KRITERIJ ( $w_j$ )
SIGURNOST PRILAZA (1)	$a_{ij} = \{9,8,7,6,5,4,3,2,1,1/2,1/3,1/4,1/5,1/6,1/7,1/8,1/9\}$	SIGURNOST MANEVRA (2)
SIGURNOST PRILAZA (1)	$a_{ij} = \{9,8,7,6,5,4,3,2,1,1/2,1/3,1/4,1/5,1/6,1/7,1/8,1/9\}$	SIGURNOST IZVEDBE (3)
SIGURNOST PRILAZA (1)	$a_{ij} = \{9,8,7,6,5,4,3,2,1,1/2,1/3,1/4,1/5,1/6,1/7,1/8,1/9\}$	SIGURNOST BORAVKA (4)
SIGURNOST MANEVRA (2)	$a_{ij} = \{9,8,7,6,5,4,3,2,1,1/2,1/3,1/4,1/5,1/6,1/7,1/8,1/9\}$	SIGURNOST IZVEDBE (3)
SIGURNOST MANEVRA (2)	$a_{ij} = \{9,8,7,6,5,4,3,2,1,1/2,1/3,1/4,1/5,1/6,1/7,1/8,1/9\}$	SIGURNOST BORAVKA (4)
SIGURNOST IZVEDBE (3)	$a_{ij} = \{9,8,7,6,5,4,3,2,1,1/2,1/3,1/4,1/5,1/6,1/7,1/8,1/9\}$	SIGURNOST BORAVKA (4)

	sigurnost prilaza	sigurnost izvedbe		
		sigurnost manevra	sigurnost boravka	
sigurnost prilaza	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	$a_{14}$
sigurnost manevra	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$	$a_{24}$
sigurnost izvedbe	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$	$a_{34}$
sigurnost boravka	$a_{41}$	$a_{42}$	$a_{43}$	$a_{44}$

Slika 29. Matrica odlučivanja najznačajnijeg podpotkriterija

### Određivanje najznačajnijeg podpotkriterija

Na četvrtoj razini hijerarhijske strukture pridruženi su podpotkriteriji su SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – RAVNI DIO, SIGURNA DUBINA PLOVNOG PUTA, SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – ZAKRIVLJENI DIO, u dijelu hijerarhijske strukture SIGURNOST PRILAZA, PROSTOR ZA SIGURAN OKRET BRODA, PROSTOR ZA SIGURNO MANEVRIRANJE, MARITIMNA SIGURNOST MANEVRA PRISTAJANJA u dijelu hijerarhijske strukture SIGURNOST MANEVRA, MOGUĆNOST SIGURNOG PELJARENJA, MOGUĆNOST SIGURNOG TEGLJENJA i MOGUĆNOST

SIGURNOST IZBJEGAVANJA SUDARA u dijelu hijerarhijske strukture SIGURNOST IZVEDBE I MARITIMNA SIGURNOST PRIVEZANOG BRODA, MARITIMNA SIGURNOST USIDRENOG BRODA i PRIHVATLJIVE AKTIVNOSTI BRODA NA SIDRIŠTU u dijelu hijerarhijske strukture SIGURNOST BORAVKA.



Slika 30. Elementi sigurnosti plovidbe najniže razine

U ovom dijelu modela određuju se težinske vrijednosti lokalnog i globalnog vektora prioriteta podpotkriterija.

## Određivanje najznačajnijeg podpotpotkriterija za dio modela SIGURNOST PRILAZA

Donositelj odluke utvrđuje omjere relativne važnosti, formira matricu odlučivanja i računa lokalne i globalne vektore prioriteta za dio modela sigurnost prilaza.

Tablica 11. Definiranje matrice odlučivanja najznačajnijeg podpotpotkriterija za dio modela  
*SIGURNOST PRILAZA*

KRITERIJ ( $w_i$ )	OMJER RELATIVNE VAŽNOSTI ( $a_{ij}$ )	KRITERIJ ( $w_j$ )
SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – RAVNI DIO (1)	$a_{ij} = \{9,8,7,6,5,4,3,2,1,1/2,1/3,1/4,1/5,1/6,1/7,1/8,1/9\}$	SIGURNA DUBINA PLOVNOG PUTA (2)
SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – RAVNI DIO (1)	$a_{ij} = \{9,8,7,6,5,4,3,2,1,1/2,1/3,1/4,1/5,1/6,1/7,1/8,1/9\}$	SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – ZAKRIVLJENI DIO (3)
SIGURNA DUBINA PLOVNOG PUTA (2)	$a_{ij} = \{9,8,7,6,5,4,3,2,1,1/2,1/3,1/4,1/5,1/6,1/7,1/8,1/9\}$	SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – ZAKRIVLJENI DIO (3)

	sigurna širina plovnog puta ravni dio	sigurna dubina plovnog puta	sigurna širina plovnog puta zakrivljeni dio
sigurna širina plovnog puta ravni dio	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$
sigurna dubina plovnog puta	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$
sigurna širina plovnog puta zakrivljeni dio	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$

Slika 31. Matrica odlučivanja najznačajnijeg podpotpotkriterija za dio modela sigurnost prilaza

**Određivanje najznačajnijeg podpotpotkriterija za dio modela *SIGURNOST MANEVRA***

Donositelj odluke utvrđuje omjere relativne važnosti, formira matricu odlučivanja i računa lokalne i globalne vektore prioriteta za dio modela sigurnost manevra.

Tablica 12. Definiranje matrice odlučivanja najznačajnijeg podpotpotkriterija za dio modela

*SIGURNOST MANEVRA*

KRITERIJ ( $w_i$ )	OMJER RELATIVNE VAŽNOSTI ( $a_{ij}$ )	KRITERIJ ( $w_j$ )
PROSTOR ZA SIGURAN OKRET BRODA (1)	$a_{ij} = \{9,8,7,6,5,4,3,2,1,1/2,1/3,1/4,1/5,1/6,1/7,1/8,1/9\}$	PROSTOR ZA SIGURNO MANEVRIRANJE (2)
PROSTOR ZA SIGURAN OKRET BRODA (1)	$a_{ij} = \{9,8,7,6,5,4,3,2,1,1/2,1/3,1/4,1/5,1/6,1/7,1/8,1/9\}$	MARITIMNA SIGURNOST MANEVRA PRISTAJANJA (3)
PROSTOR ZA SIGURNO MANEVRIRANJE (2)	$a_{ij} = \{9,8,7,6,5,4,3,2,1,1/2,1/3,1/4,1/5,1/6,1/7,1/8,1/9\}$	MARITIMNA SIGURNOST MANEVRA PRISTAJANJA (3)

	prostor za siguran okret	prostor za sigurno manevriranje	maritimna sigurnost manevra pristajanja
prostor za siguran okret	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$
prostor za sigurno manevriranje	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$
maritimna sigurnost manevra pristajanja	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$

Slika 32. Matrica odlučivanja najznačajnijeg podpotpotkriterija za dio modela sigurnost manevra

**Određivanje najznačajnijeg podpotpotkriterija za dio modela SIGURNOST IZVEDBE**

Donositelj odluke utvrđuje omjere relativne važnosti, formira matricu odlučivanja i računa lokalne i globalne vektore prioriteta za dio modela sigurnost izvedbe.

Tablica 13. Definiranje matrice odlučivanja najznačajnijeg podpotpotkriterija za dio modela SIGURNOST IZVEDBE

KRITERIJ ( $w_i$ )	OMJER RELATIVNE VAŽNOSTI ( $a_{ij}$ )	KRITERIJ ( $w_j$ )
MOGUĆNOST SIGURNOG PELJARENJA (1)	$a_{ij} = \{9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8, 1/9\}$	MOGUĆNOST SIGURNOG TEGLJENJA (2)
MOGUĆNOST SIGURNOG PELJARENJA (1)	$a_{ij} = \{9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8, 1/9\}$	MOGUĆNOST SIGURNOG IZBJEGAVANJA SUDARA (3)
MOGUĆNOST SIGURNOG TEGLJENJA (2)	$a_{ij} = \{9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8, 1/9\}$	MOGUĆNOST SIGURNOG IZBJEGAVANJA SUDARA (3)

	mogućnost sigurnog peljarenja	mogućnost sigurnog tegljenja	mogućnost sigurnog izbjegavanja sudara
mogućnost sigurnog peljarenja	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$
mogućnost sigurnog tegljenja	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$
mogućnost sigurnog izbjegavanja sudara	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$

Slika 33. Matrica odlučivanja najznačajnijeg podpotpotkriterija za dio modela sigurnost izvedbe

## Određivanje najznačajnijeg podpotpotkriterija za dio modela *SIGURNOST BORAVKA*

Donositelj odluke utvrđuje omjere relativne važnosti, formira matricu odlučivanja i računa lokalne i globalne vektore prioriteta za dio modela sigurnost boravka.

Tablica 14. Definiranje matrice odlučivanja najznačajnijeg podpotpotkriterija za dio modela *SIGURNOST BORAVKA*

KRITERIJ ( $w_i$ )	OMJER RELATIVNE VAŽNOSTI ( $a_{ij}$ )	KRITERIJ ( $w_j$ )
MARITIMNA SIGURNOST PRIVEZANOG BRODA (1)	$a_{ij} =$ $\{9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8, 1/9\}$	MARITIMNA SIGURNOST USIDRENOG BRODA (2)
MARITIMNA SIGURNOST PRIVEZANOG BRODA (1)	$a_{ij} =$ $\{9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8, 1/9\}$	PRIHVATLJIVE AKTIVNOSTI BRODA NA SIDRIŠTU (3)
MARITIMNA SIGURNOST USIDRENOG BRODA (2)	$a_{ij} =$ $\{9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8, 1/9\}$	PRIHVATLJIVE AKTIVNOSTI BRODA NA SIDRIŠTU (3)

	maritimna sigurnost privezanog broda	maritimna sigurnost usidrenog broda	prihvatljive aktivnosti broda na sidrištu
maritimna sigurnost privezanog broda	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$
maritimna sigurnost usidrenog broda	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$
prihvatljive aktivnosti broda na sidrištu	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$

Slika 34. Matrica odlučivanja najznačajnijeg podpotpotkriterija za dio modela sigurnost boravka

## Određivanje najznačajnije alternative

Donositelj odluke, za sve elemente procjene sigurnosti plovidbe predzadnje razine, utvrđuje omjere relativne važnosti za alternative *DA (UPLOVITI)* i *NE (NE UPLOVITI)*.

Tablica 15. Definiranje matrice odlučivanja najznačajnije alternative

KRITERIJ ( $w_i$ )	OMJER RELATIVNE VAŽNOSTI ( $a_{ij}$ )	KRITERIJ ( $w_j$ )
DA (UPLOVITI) (1)	$a_{ij} = \{9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8, 1/9\}$	NE (NE UPLOVITI) (2)

	DA uploviti	NE ne uploviti
DA uploviti	$a_{11}$	$a_{12}$
NE ne uploviti	$a_{21}$	$a_{22}$

Slika 35. Matrica odlučivanja najznačajnije alternative

### 5.4.4 Donošenje odluke

Pri donošenju odluke zbrajaju se vektori prioriteta za alternative *DA (UPLOVITI)* i *NE (NE UPLOVITI)*.

U prilagođenoj AHP metodi težinska vrijednost vektora prioriteta pojedinog kriterija predzadnje razine može se dodijeliti alternativni bez uspoređivanja u parovima. Ukupni vektori prioriteta kriterija predzadnje razine i njihov utjecaj na uplovljavanje broda za kružna putovanja mogu se rangirati kao što je prikazano u tablicama 16. i 17. Potrebno je izračunane vektore prioriteta rangirati prema veličini. Najveći vektor prioriteta pojedinog kriterija znači i najveći utjecaj tog elementa na cilj, sigurnu plovidbu i prihvata broda za kružna putovanja u luci. Donositelj odluke mora odlučiti treba li dopustiti uplovljavanje s obzirom na utjecaj pojedinog kriterija. Na taj način ističu se kriteriji procjene sigurnosti s najvećim težinskim vrijednostima koji olakšavaju donošenje odluke.

Za sve kriterije procjene sigurnosti plovidbe predzadnje razine radi se usporedba alternativa *DA (UPLOVITI)* i *NE (NE UPLOVITI)*. Zbrajaju se vektori prioriteta za alternative *DA (UPLOVITI)* i *NE (NE UPLOVITI)* i donosi se odluka. Donositelj odluke mora odlučiti treba li dopustiti uplovljavanje na temelju rezultata proračuna.

Tablica 16. Rangiranje težinskih vrijednosti prioriteta kriterija procjene sigurnosti

Broj	KRITERIJI PROCJENE SIGURNOSTI PLOVIDBE	VEKTORI PRIORITETA	RANG
1	SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – RAVNI DIO	$\sum_{i=1}^{12} \frac{w_i}{w_j} = w_i \left( \sum_{i=1}^{12} \frac{1}{w_j} \right) \quad i = 1, \dots, 12$	$r = \{1, 2, 3, \dots, 12\}$
2	SIGURNA DUBINA PLOVNOG PUTA		
3	SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – ZAKRIVLJENI DIO		
4	PROSTOR ZA SIGURAN OKRET BRODA		
5	PROSTOR ZA SIGURNO MANEVRIRANJE		
6	MARITIMNA SIGURNOST MANEVRA PRISTAJANJA		
7	MOGUĆNOST SIGURNOG PELJARENJA		
8	MOGUĆNOST SIGURNOG TEGLJENJA		
9	MOGUĆNOST SIGURNOG IZBJEGAVANJA SUDARA		
10	MARITIMNA SIGURNOST PRIVEZANOG BRODA		
11	MARITIMNA SIGURNOST USIDRENOG BRODA		
12	PRIHVATLJIVE AKTIVNOSTI BRODA NA SIDRIŠTU		

*Intenzitet važnosti alternativa u odnosu prema kriterijima razine iznad i s obzirom na cilj definira donositelj odluke (stručnjak ili skupina stručnjaka) prema Saatyjevoj skali relativne važnosti.*

Referentne vrijednosti po kojima donositelj odluke dava apsolutni prioritet alternativni *NE (NE UPLOVITI)* za pojedini kriterij sigurnosti plovidbe mogu se odrediti na slijedeći način:

1. sigurna širina plovnog puta – ravni dio
  - ako je omjer očekivane širine staze broda za kružna putovanja i raspoložive širine ravnog dijela plovnog puta veći od određene vrijednosti (u radu je korištena vrijednost od 80%),
2. sigurna dubina plovnog puta
  - ako je dubina mora na plovnom putu manja od gaza broda za kružna putovanja uvećanog za određeni postotak (u radu je korištena vrijednost od  $T_{max} + 15\%$ ),
3. sigurna širina plovnog puta – zakrivljeni dio



- ako je omjer očekivane širine staze broda za kružna putovanja pri okretu i raspoložive širine zakrivljenog dijela plovnog puta veći od određene vrijednosti (u radu je korištena vrijednost od 80%),
- 4. prostor za siguran okret broda
  - ako je omjer prostora za okret broda za kružna putovanja i promjera raspoloživog prostora za okret veći od određene vrijednosti (u radu je korištena vrijednost od 80%),
- 5. prostor za sigurno manevriranje
  - ako je omjer prostora za manevriranje broda za kružna putovanja i raspoloživog prostora za manevriranje veći od određene vrijednosti (u radu je korištena vrijednost od 90%),
- 6. maritimna sigurnost manevra pristajanja (*docking*)
  - ako je omjer porivne sile propulzije i potisnika broda za kružna putovanja i sile vjetra i/ili morske struje veći od određene vrijednosti (u radu je korištena vrijednost od 80%), poznate su maksimalne brzine vjetra i morskih struja koje brod može savladati;
  - potrebna pomoć tegljača,
  - privezni sustav broda/luke nedostatan,
- 7. mogućnost sigurnog peljarenja
  - ako nema peljara, peljar se zbog vremenskih uvjeta ne može ukrcati ili nepouzdan peljar,
- 8. mogućnost sigurnog tegljenja
  - ako nema tegljača ili tegljači nemaju potrebnu snagu,
- 9. mogućnost sigurnog izbjegavanja sudara
  - ustroj plovidbe u luci; ako se na plovnom putu nalaze brodovi kojima se brod za kružna putovanja, prema pravilu 18 PISM<sup>66</sup>-a, mora uklanjati s puta,
- 10. maritimna sigurnost privezanog broda
  - ako je duljina veza koja je na raspolaganju brodu za kružna putovanja manja od duljine broda uvećane za određeni postotak (u radu je korištena vrijednost  $L + 10\%$ ;  $L + 20\%$  za loše vremenske uvjete),
  - ako je raspoloživa dubina manja od gaza uvećanog za određeni postotak (u radu je korištena vrijednost od  $T_{max} + 10\%$ ),

---

<sup>66</sup> Pravila o izbjegavanju sudara na moru

11. maritimna sigurnost usidrenog broda

- ako je omjer laznog kruga i raspoloživog laznog prostora broda za kružna putovanja veći od određene vrijednosti (u radu je korištena vrijednost od 90%),

12. prihvatljive aktivnosti broda na sidrištu

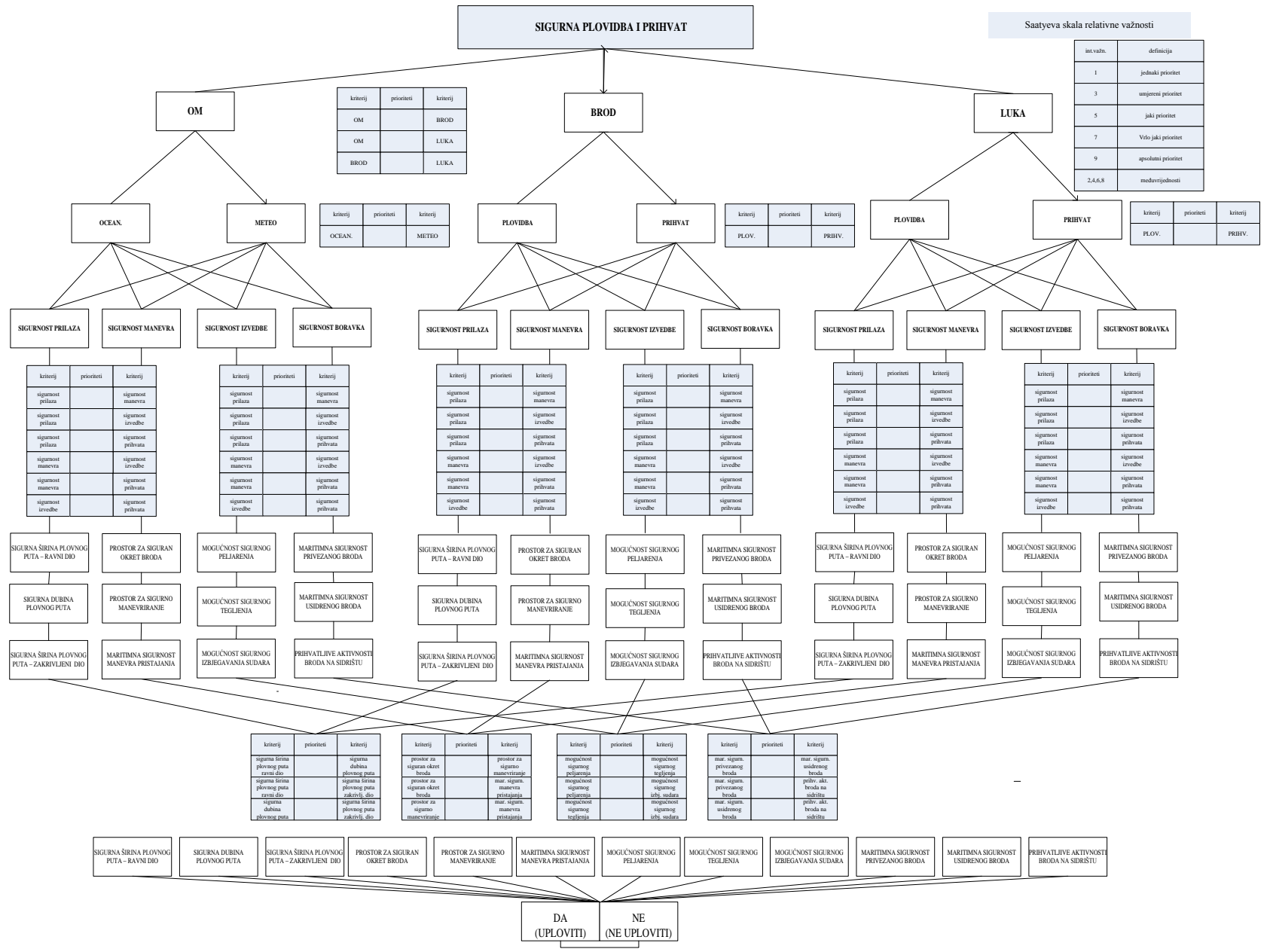
- otežane brodske aktivnosti na sidrištu, *tendering*, korištenje brodske marine i sl.

Prostor za okret broda, prostor za manevriranje i lazni krug određeni su po pravilima struke. Ove referentne vrijednosti su određene za brodove za kružna putovanja sa potisnicima i usmjerenom propulzijom.

Ovako utvrđene referentne vrijednosti su napravljene za potrebe izrade doktorske disertacije i poradi lakšeg razumjevanja primjene modela. Pri korištenju prikazanog modela referentne vrijednosti mogu biti i modificirane, a mogu ih utvrđivati brodar, brod (zapovjednik) ili lučke vlasti.

Tablica 17. Vektori prioriteta kriterija modela procjene predzadnje razine

Broj	KRITERIJI PROCJENE SIGURNOSTI PLOVIDBE		VEKTORI PRIORITETI							
			OM		BROD		LUKA		UKUPNO	RANG
			OCEAN.	METEO	PLOVIDBA	PRIHVAT	PLOVIDBA	PRIHVAT		
1	SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – RAVNI DIO	SIGURNOST PRILAZA								
2	SIGURNA DUBINA PLOVNOG PUTA									
3	SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – ZAKRIVLJENI DIO									
4	PROSTOR ZA SIGURAN OKRET BRODA	SIGURNOST MANEVRA								
5	PROSTOR ZA SIGURNO MANEVRIRANJE									
6	MARITIMNA SIGURNOST MANEVRA PRISTAJANJA									
7	MOGUĆNOST SIGURNOG	SIGURNOST IZVEDBE.								
8	MOGUĆNOST SIGURNOG TEGLJENJA									
9	MOGUĆNOST SIGURNOG IZBJEGAVANJA									
10	MARITIMNA SIGURNOST PRIVEZANOG BRODA	SIGURNOST BORAVKA.								
11	MARITIMNA SIGURNOST USIDRENOG BRODA									
12	PRIHVATLJIVE AKTIVNOSTI BRODA NA SIDRIŠTU									



Slika 36. Hijerarhijska struktura modela procjene sigurnosti plovidbe s alternativama

Tablica 18. Usporedba alternativa *DA (UPLOVITI)* i *NE (NE UPLOVITI)* za kriterije modela procjene sigurnosti plovidbe predzadnje razine

KRITERIJI PROCJENE SIGURNOSTI PLOVIDBE		SIGURNA PLOVIDBA I PRIHVAT																	
		OM						BROD						LUKA					
		OCEAN.			METEO			PLOVIDBA			PRIHVAT			PLOVIDBA			PRIHVAT		
		PRIOR.	DA	NE	PRIOR.	DA	NE	PRIOR.	DA	NE	PRIOR.	DA	NE	PRIOR.	DA	NE	PRIOR.	DA	NE
SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – RAVNI DIO	SIGURNOST PRILAZA																		
SIGURNA DUBINA PLOVNOG PUTA																			
SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – ZAKRIVLJENI D.																			
PROSTOR ZA SIGURAN OKRET BRODA	SIGURNOST MANEVRA																		
PROSTOR ZA SIGURNO MANEVRIRANJE																			
MARITIMNA SIGURNOST MANEVRA PRISTAJANJA																			
MOGUĆNOST SIGURNOG PELJARENJA	SIGURNOST IZVEDBE																		
MOGUĆNOST SIGURNOG TEGLJENJA																			
MOGUĆNOST SIGURNOG IZBJEGAVANJA SUDARA																			
MARITIMNA SIGURNOST PRIVEZANOG BRODA	SIGURNOST BORAVKA																		
MARITIMNA SIGURNOST USIDRENOG BRODA																			
PRIHVATLJIVE AKTIVNOSTI BRODA NA SIDRIŠTU																			
UKUPNO																			

Na slici 36. prikazana je hijerarhijska struktura modela procjene sigurnosti plovidbe sa kriterijima/alternativama za koje se proračunavaju vektori prioriteta s usporedbom u parovima. Rezultate usporedbe u parovima potrebno je prikazati kvadratnom matricom, nakon čega se računaju vektori prioriteta pojedine razine. Stručnjak mora usporediti dva kriterija s obzirom na neko svojstvo ne obazirući se na druge kriterije. Prema hijerarhijskoj strukturi potrebno je utvrditi relativnu važnost kriterija OM, BROD i LUKA i odrediti najznačajniji kriterij. Nakon toga se, na drugoj razini, određuje najznačajniji potkriterij u ovisnosti o dominantnom utjecaju. Potrebno je utvrditi i lokalne i globalne vektore prioriteta pojedinog potkriterija ovisno o kriterijima, pa je tako za potkriterije OCEAN i METEO u dijelu hijerarhijske strukture OM potrebno odrediti vektor prioriteta koristeći se samo usporedbom jednog para. Isto vrijedi i za potkriterije PLOVIDBA i PRIHVAT u dijelu hijerarhijske strukture kriterija BROD i LUKA. Prema ovoj hijerarhijskoj strukturi na sljedećoj razini su podpotkriteriji SIGURNOST PRILAZA, SIGURNOST MANEVRA, SIGURNOST IZVEDBE i SIGURNOST BORAVKA za koje stručnjak mora odrediti utjecaj s obzirom na pojedini kriterij razine iznad. Na ovoj razini hijerarhijske strukture, s obzirom da ima četiri elementa koji se uspoređuju, potrebno je napraviti šest usporedbi.

Konačno, svaki od podpotkriterija ima još i tri podpotpotkriterija (4. razina) koje treba usporediti i odrediti najznačajniji utjecaj. S obzirom na to da ima tri kriterija potrebno je napraviti tri usporedbe. Na posljednjoj razini određuju se vektori prioriteta alternativa. Temeljem toga donosi se odluka o uplovljavanju broda za kružna putovanja u luku.

Može se unaprijed odrediti vrijednost najznačajnije alternative za koju će procjenitelj donijeti odluku o uplovljavanju u luku, ne uplovljavanju ili odgađanju uplovljavanja. U ovom radu, s obzirom da se radi o dvije alternative, odluka o uplovljavanju temelji se na vrijednostima najznačajnije alternative većima od 0,5.

## 6 PRIMJENA MODELA PROCJENE SIGURNOSTI PLOVIDBE

Prethodno opisani model procjene sigurnosti plovidbe primjenom AHP metode u nastavku je objašnjen oglednim primjerima procjene mogućnosti uplovljavanja broda za kružna putovanja u luci. Izabrani su primjeri primjene modela na brod za kružna putovanja pri različitim vanjskim utjecajima. U prvom primjeru model je primijenjen na brod za kružna putovanja pod utjecajem vjetra. U drugom primjeru prikazan je proračun za isti brod u istoj luci pod utjecajem vjetra i s neispravnim potisnikom. Prikazan je način primjene modela s dva različita vanjska utjecaja. Izabrana su ova dva primjera za koje se razlikuju odluke o uplovljavanju. Odluka u prvom primjeru je uploviti, a u drugom je donesena odluka da se ne uplovi u luku. Primjeri u nastavku su grupno odlučivanje kod kojeg su se stručnjaci usuglasili oko kriterija i omjera relativne važnosti s pomoću kojih su se definirale matrice odlučivanja. Skupinu stručnjaka čine zapovjednik broda blizanca, autor rada i pomorski peljar.

Planiranje putovanja je napravljeno na navigacijskom simulatoru Polaris proizvođača Kongsberg, na K-bridge ECDIS-u s matematičkim modelom broda za kružna putovanja *Freedom of the Seas*<sup>67</sup> za luku Southampton. Korišteni brod je duljine preko svega od 338,7 m, širine od 38,6 m i s maksimalnim gazom od 8,5m.<sup>68</sup>

U primjerima su sigurnosne postavke dubine na karti određene na sljedeći način (slika 36.):

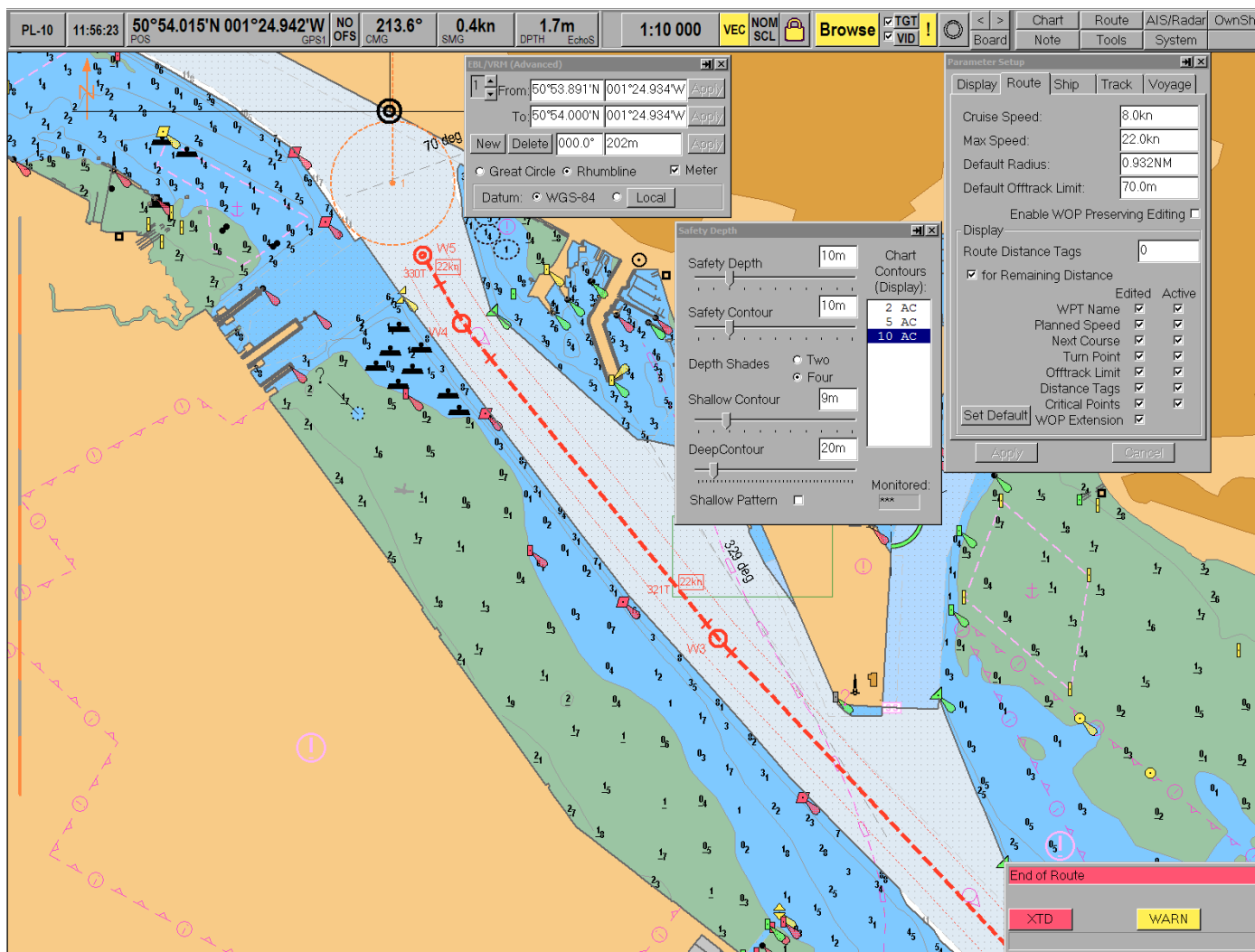
- granica plitkog mora (engl. *Shallow Water Contour*) 9 m,
- granica sigurne dubine (engl. *Safety Contour*) 10 m,
- granica dubokog mora (engl. *Deep Water Contour*) 20 m,
- sigurna dubina (engl. *Safety Depth*) 10m,

Plovni kanal je izjaražan na dubinu od 12,6 m. Maksimalno dopuštene granice odstupanja od rute su 70 m sa svake strane rute (ukupno 140 m). Polumjer kružnice okreta broda iznosi 0,932 M. Prostor u luci za okret broda iznosi 404 m (polumjer prikazane kružnice je 202 m).

---

<sup>67</sup> Model, *CRUIS09L Cruise Liner, POLARIS Ship's Bridge Simulator, Kongsberg Maritime, 2011*

<sup>68</sup> Ibid.



Slika 37. Prikaz dijela rute sa sigurnosnim postavkama za dubinu i širinu i sa promjerom kružnice okreta



Određene su sigurna granica dubine more na plovnom putu (vertikalno ograničenje) koje uključuju statički gaz broda i povećanje gaza broda u plovidbi kao i sigurna granica širine ravnog i zakrivljenog dijela plovnog puta (horizontalno ograničenje) povezane sa brodom u plovidbi pod utjecajem vanjskih sila. Planiranje putovanja pokazalo je da ovaj brod može sigurno uploviti u luku Southampton s obzirom na očekivane uvjete u luci.

Na brodu, treći korak procjene obavlja zapovjednik broda uz konzultaciju sa ostalim iskusnim časnicima na zapovjedničkom mostu (*staff captain, safety officer, chief officer...*) neposredno pred uplovljavanje uz pomoć stvarnih podataka o stanju okoline koristeći se modelom procjene. Na temelju ove procjene zapovjednik broda odlučuje da li uploviti u luku, odgoditi uplovljavanje ili ne uploviti.

U sljedećim primjerima radna je skupina primijenila model procjene za vjetar brzine od 30 čv u prvom primjeru i za neispravan potisnik i vjetar brzine od 30 čv u drugom primjeru.

Provedena je procjena mogućnosti uplovljavanja pri graničnim uvjetima sigurnosti.

## 6.1 Uplovljavanja pod utjecajem vjetra

Vjetar brzine 30 čv zahtjeva dodatnu procjenu sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja broda Freedom of the Seas u luci Southampton. Vjetar brzine 30 čv i smanjena brzina broda u ograničenom lučkom području omogućuju zanos koji brod dovodi do graničnih uvjeta.

U ovom primjeru nije potrebno računati vektore prioriteta prve i druge razine hijerarhijske struktura jer nema uspoređivanja u parovima.

Računaju se vektori prioriteta podpotkriterija SIGURNOST PRILAZA, SIGURNOST MANEVRA, SIGURNOST IZVEDBE i SIGURNOST BORAVKA za potkriterije METEO u dijelu modela OM. Donositelji odluke (skupina stručnjaka) su utvrdili relativnu važnosti uspoređujući navedene podpotkriterije kao što je prikazano u tablici 19.

Tablica 19. Definiranje matrice odlučivanja za potkriterij *METEO*

KRITERIJ ( $w_i$ )	OMJER RELATIVNE VAŽNOSTI ( $a_{ij}$ )	KRITERIJ ( $w_j$ )
SIGURNOST PRILAZA (1)	1/5	SIGURNOST MANEVRA (2)
SIGURNOST PRILAZA (1)	9	SIGURNOST IZVEDBE (3)
SIGURNOST PRILAZA (1)	9	SIGURNOST BORAVKA (4)

SIGURNOST MANEVRA (2)	9	SIGURNOST IZVEDBE (3)
SIGURNOST MANEVRA (2)	5	SIGURNOST BORAVKA (4)
SIGURNOST IZVEDBE (3)	7	SIGURNOST BORAVKA (4)

Nakon toga utvrđena je relativna važnost uspoređujući podpotkriterije za podpotkriterij SIGURNOST PRILAZA, SIGURNOST MANEVRA, SIGURNOST IZVEDBE i SIGURNOST BORAVKA. Procjenitelji su na temelju svoje ekspertize odredili omjere relativne važnosti kao što je naznačeno u tablicama 20., 21., 22. i 23.

Tablica 20. Matrica odlučivanja za podpotkriterij *SIGURNOST PRILAZA*

KRITERIJ ( $w_i$ )	OMJER RELATIVNE VAŽNOSTI ( $a_{ij}$ )	KRITERIJ ( $w_j$ )
SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – RAVNI DIO (1)	9	SIGURNA DUBINA PLOVNOG PUTA (2)
SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – RAVNI DIO (1)	1/7	SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – ZAKRIVLJENI DIO (3)
SIGURNA DUBINA PLOVNOG PUTA (2)	1/9	SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – ZAKRIVLJENI DIO (3)

Tablica 21. Matrica odlučivanja za podpotkriterij *SIGURNOST MANEVRA*

KRITERIJ ( $w_i$ )	OMJER RELATIVNE VAŽNOSTI ( $a_{ij}$ )	KRITERIJ ( $w_j$ )
PROSTOR ZA SIGURAN OKRET BRODA (1)	7	PROSTOR ZA SIGURNO MANEVRIRANJE (2)
PROSTOR ZA SIGURAN OKRET BRODA (1)	1	MARITIMNA SIGURNOST MANEVRA PRISTAJANJA (3)
PROSTOR ZA SIGURNO MANEVRIRANJE (2)	5	MARITIMNA SIGURNOST MANEVRA PRISTAJANJA (3)

Tablica 22. Matrica odlučivanja za podpotkriterij *SIGURNOST IZVEDBE*

KRITERIJ ( $w_i$ )	OMJER RELATIVNE VAŽNOSTI ( $a_{ij}$ )	KRITERIJ ( $w_j$ )
MOGUĆNOST SIGURNOG PELJARENJA (1)	3	MOGUĆNOST SIGURNOG TEGLJENJA (2)
MOGUĆNOST SIGURNOG PELJARENJA (1)	$\frac{1}{4}$	MOGUĆNOST SIGURNOG IZBJEGAVANJA SUDARA (3)
MOGUĆNOST SIGURNOG TEGLJENJA (2)	$\frac{1}{3}$	MOGUĆNOST SIGURNOG IZBJEGAVANJA SUDARA (3)

Tablica 23. Matrica odlučivanja za podpotkriterij *SIGURNOST BORA VKA*

KRITERIJ ( $w_i$ )	OMJER RELATIVNE VAŽNOSTI ( $a_{ij}$ )	KRITERIJ ( $w_j$ )
MARITIMNA SIGURNOST PRIVEZANOG BRODA (1)	1	MARITIMNA SIGURNOST USIDRENOG BRODA (2)
MARITIMNA SIGURNOST PRIVEZANOG BRODA (1)	1	PRIHVATLJIVE AKTIVNOSTI BRODA NA SIDRIŠTU (3)
MARITIMNA SIGURNOST USIDRENOG BRODA (2)	1	PRIHVATLJIVE AKTIVNOSTI BRODA NA SIDRIŠTU (3)

Rezultati proračuna težinskih vrijednosti vektora prioriteta kriterija predzadnje razine prikazani su u prilogu 1., na slikama 39. - 42. Dodijeljivanje vrijednosti alternativama *DA (UPLOVITI)* i *NE (NE UPLOVITI)* prikazano je u tablici 24. Proračun je napravljen prema jednadžbama u 5. poglavlju koristeći se Microsoft Excel tabličnim kalkulatorom. U tablici 24. vektori prioriteta kriterija predzadnje razine hijerarhijske strukture modela su se dodijelili alternativama *DA (UPLOVITI)* i *NE (NE UPLOVITI)*, bez uspoređivanja u parovima.

U ovom primjeru donositelji odluke su apsolutni prioritet dali alternativu *DA (UPLOVITI)* bez usporedbe u parovima za alternative. Na ovaj način ukupan zbroj za alternativu *DA (UPLOVITI)* iznosi 1,000.

Tablica 24. Dodijeljivanje vektora prioriteta kriterija predzadnje razine alternativama za uplovljavanje pod utjecajem vjetra u prilagođenoj AHP metodi

KRITERIJI	OM L 1,000 G 1,000				
	METEO L 1,000 G 1,000				
	VEKTORI PRIORITETA KRITERIJA			VEKTORI PRIORITETA ALTERNATIVA	
		L	G	DA.	NE
<b>SIGURNOST PRILAZA</b>	<b>L 0,272 G 0,272</b>				
SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – RAVNI DIO		0,205	0,056	0,056	
SIGURNOSNA DUBINA PLOVNOG PUTA		0,044	0,012	0,012	
SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – ZAKRIVLJENI DIO		0,751	0,204	0,204	
<b>ukupno</b>		<b>1,000</b>	<b>0,272</b>		
<b>SIGURNOST MANEVRA</b>	<b>L 0,619 G 0,619</b>				
PROSTOR ZA SIGURAN OKRET BRODA		0,564	0,349	0,349	
PROSTOR ZA SIGURNO MANEVRIRANJE		0,264	0,163	0,163	
MARITIMNA SIGURNOST MANEVRA PRISTAJANJA		0,171	0,107	0,107	
<b>ukupno</b>		<b>1,000</b>	<b>0,619</b>		
<b>SIGURNOST IZVEDBE</b>	<b>L 0,084 G 0,084</b>				
MOGUĆNOST SIGURNOG PELJARENJA		0,247	0,021	0,021	
MOGUĆNOST SIGURNOG TEGLJENJA		0,131	0,011	0,011	
MOGUĆNOST SIGURNOG IZBJEGAVANJA SUDARA		0,622	0,052	0,052	
<b>ukupno</b>		<b>1,000</b>	<b>0,084</b>		
<b>SIGURNOST BORAVKA</b>	<b>L 0,025 G 0,025</b>				
MARITIMNA SIGURNOST PRIVEZANOG BRODA		0,333	0,008	0,008	
MARITIMNA SIGURNOST USIDRENOG BRODA		0,333	0,008	0,008	
PRIHVATLJIVE AKTIVNOSTI BRODA NA SIDRIŠTU		0,333	0,008	0,008	
<b>ukupno</b>		<b>1,000</b>	<b>0,025</b>		
<b>UKUPNO</b>				<b>1,000</b>	

Tablica 25. Rangiranje kriterija prema izračunanim vektorima prioriteta za uplovljavanje pod utjecajem vjetra

No,	KRITERIJI PROCJENE SIGURNOSTI PLOVIDBE	VEKTORI PRIORITETA	RANG
1	SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – RAVNI DIO	<b>0,056</b>	<b>5</b>
2	SIGURNA DUBINA PLOVNOG PUTA	<b>0,012</b>	<b>8</b>
3	SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – ZAKRIVLJENI DIO	<b>0,204</b>	<b>2</b>
4	PROSTOR ZA SIGURAN OKRET BRODA	<b>0,349</b>	<b>1</b>
5	PROSTOR ZA SIGURNO MANEVRIRANJE	<b>0,163</b>	<b>3</b>
6	MARITIMNA SIGURNOST MANEVRA PRISTAJANJA	<b>0,107</b>	<b>4</b>
7	MOGUĆNOST SIGURNOG PELJARENJA	<b>0,021</b>	<b>7</b>
8	MOGUĆNOST SIGURNOG TEGLJENJA	<b>0,011</b>	<b>9</b>
9	MOGUĆNOST SIGURNOG IZBJEGAVANJA SUDARA	<b>0,052</b>	<b>6</b>
10	MARITIMNA SIGURNOST PRIVEZANOG BRODA	<b>0,008</b>	<b>10</b>
11	MARITIMNA SIGURNOST USIDRENOG BRODA	<b>0,008</b>	<b>11</b>
12	PRIHVATLJIVE AKTIVNOSTI BRODA NA SIDRIŠTU	<b>0,008</b>	<b>12</b>

Kritični kriteriji procjene sigurnosti plovidbe, u ovom primjeru, su prostor za siguran okret broda (0,349), sigurna širina plovnog puta – zakrivljeni dio (0,204) i prostor za sigurno manevriranje (0,163). To su tri kritična dijela planirane rute. U ovom primjeru donositelji odluke su apsolutni prioritet dodijelili alternativu *DA (UPLOVITI)* za sve razmatrane kriterije i rezultat je procjene, sa stajališta struke, logičan jer je zbog snage propulzora i potisnika broda, uploviti razumna odluka. Apsolutni prioritet za alternativu *DA* je određen prema referentnim vrijednostima za pojedini kriterij sigurnosti plovidbe kao što je navedeno u poglavlju 5.4.4.

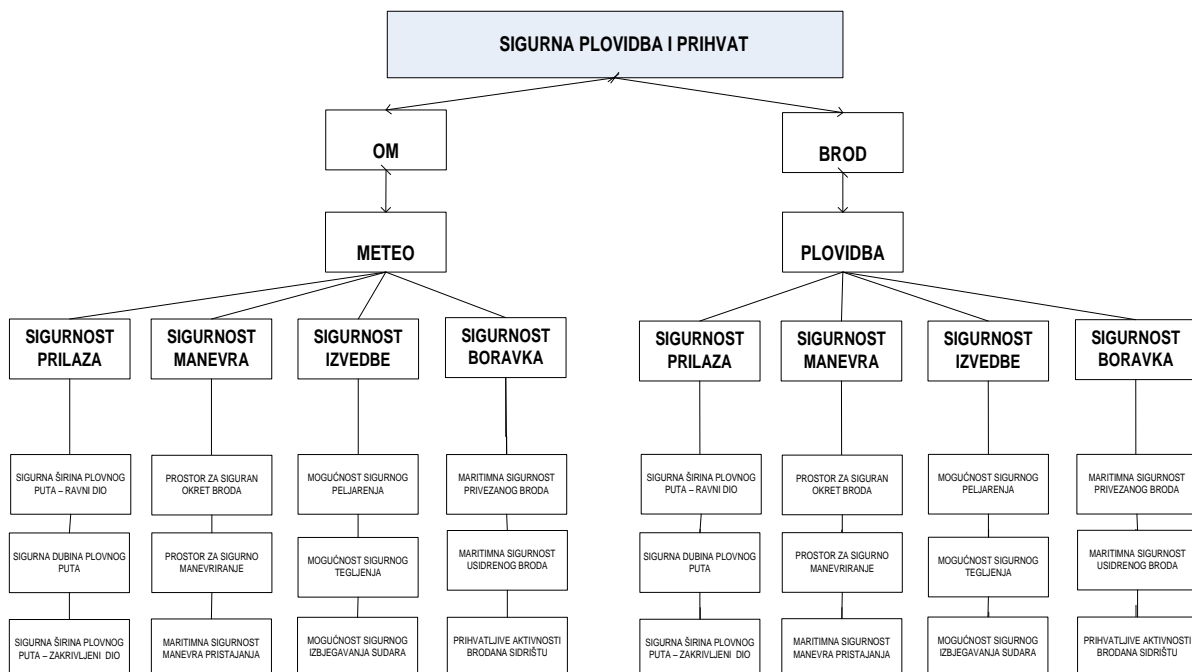
S obzirom na utjecaj vjetra od 30 čv brzine na brod *Freedom of the Seas* u luci Southampton odluka skupine stručnjaka, temeljem izračunanih vrijednosti, je da se uplovi u luku.

## 6.2 Uplovljavanje s neispravnim potisnikom i pod utjecajem vjetra

Kao i u prethodnom primjeru, planiranje putovanja je napravljeno na ECDIS K-Bridge na navigacijskom simulatoru Kongsberg a procjenu je i u ovom primjeru napravila navedena skupina stručnjaka. Nove okolnosti su uz vjetar brzine od 30 čv i neispravan potisnik.

U ovom primjeru je vidljivo da neispravan potisnik i brzina vjetra od 30 čv imaju znatno veći utjecaj na manevriranje nego na plovidbu broda plovnim kanalom.

U ovom primjeru koristi se dijelom modela za kriterije OM i BROD, potkriterij METEO kriterija OM i potkriterij PLOVIDBA kriterija BROD (slika 38.).



Slika 38. Dio modela za utjecaj vjetra i neispravan potisnik

U ovom primjeru potrebno je računati vektore prioriteta prve razine hijerarhijske strukture. Računaju se vektori prioriteta kriterija prve razine uspoređujući kriterije OM i BROD. Donositelji odluke su utvrdili da kriteriji OM i BROD i njihov utjecaj na sigurnu plovidbu imaju jednako značenje, i u omjeru relativne važnosti dodijeljen im je broj 1.

Tablica 26. Definiranje matrice odlučivanja za kriterij OM i BROD

KRITERIJ ( $w_i$ )	OMJER RELATIVNE VAŽNOSTI ( $a_{ij}$ )	KRITERIJ ( $w_j$ )
OM (1)	1	BROD (2)

Na drugoj razini nije potrebno računati relativnu važnost potkriterija jer se i u jednom i u drugom dijelu modela radi o samo jednom potkriteriju (METEO u dijelu modela OM i PLOVIDBA u dijelu modela BROD).

Nadalje, računaju se vektori prioriteta podpotkriterija SIGURNOST PRILAZA, SIGURNOST MANEVRA, SIGURNOST IZVEDBE i SIGURNOST BORAVKA za potkriterije METEO u dijelu modela OM i za potkriterije PLOVIDBA u dijelu modela BROD.

U dijelu modela OM računaju se vektori prioriteta podpotkriterija za potkriterij METEO prema omjeru relativne važnosti kao što je prikazano u tablici 27.

Tablica 27. Matrica odlučivanja za potkriterij METEO kriterija OM

KRITERIJ ( $w_i$ )	OMJER RELATIVNE VAŽNOSTI ( $a_{ij}$ )	KRITERIJ ( $w_j$ )
SIGURNOST PRILAZA (1)	1/5	SIGURNOST MANEVRA (2)
SIGURNOST PRILAZA (1)	9	SIGURNOST IZVEDBE (3)
SIGURNOST PRILAZA (1)	9	SIGURNOST BORAVKA (4)
SIGURNOST MANEVRA (2)	9	SIGURNOST IZVEDBE (3)
SIGURNOST MANEVRA (2)	5	SIGURNOST BORAVKA (4)
SIGURNOST IZVEDBE (3)	7	SIGURNOST BORAVKA (4)

Nakon toga utvrđena je relativna važnost uspoređivanjem podpotkriterija za podpotkriterij SIGURNOST PRILAZA, SIGURNOST MANEVRA, SIGURNOST IZVEDBE i SIGURNOST BORAVKA potkriterija METEO. Procjenitelji su na temelju svoje ekspertize odredili omjere relativne važnosti (tablice 28. - 31.).

Tablica 28. Matrica odlučivanja za podpotkriterij SIGURNOST PRILAZA potkriterija METEO

KRITERIJ ( $w_i$ )	OMJER RELATIVNE VAŽNOSTI ( $a_{ij}$ )	KRITERIJ ( $w_j$ )
SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – RAVNI DIO (1)	9	SIGURNA DUBINA PLOVNOG PUTA (2)
SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – RAVNI DIO (1)	1/7	SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – ZAKRIVLJENI DIO (3)
SIGURNA DUBINA PLOVNOG PUTA (2)	1/9	SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – ZAKRIVLJENI DIO (3)

Tablica 29. Matrica odlučivanja za podpotkriterij SIGURNOST MANEVRA potkriterija METEO

KRITERIJ ( $w_i$ )	OMJER RELATIVNE VAŽNOSTI ( $a_{ij}$ )	KRITERIJ ( $w_j$ )
PROSTOR ZA SIGURAN OKRET BRODA (1)	7	PROSTOR ZA SIGURNO MANEVRIRANJE (2)
PROSTOR ZA SIGURAN OKRET BRODA (1)	1	MARITIMNA SIGURNOST MANEVRA PRISTAJANJA (3)
PROSTOR ZA SIGURNO MANEVRIRANJE (2)	5	MARITIMNA SIGURNOST MANEVRA PRISTAJANJA (3)

Tablica 30. Matrica odlučivanja za podpotkriterij SIGURNOST IZVEDBE potkriterija METEO

KRITERIJ ( $w_i$ )	OMJER RELATIVNE VAŽNOSTI ( $a_{ij}$ )	KRITERIJ ( $w_j$ )
MOGUĆNOST SIGURNOG PELJARENJA (1)	3	MOGUĆNOST SIGURNOG TEGLJENJA (2)
MOGUĆNOST SIGURNOG PELJARENJA (1)	1/4	MOGUĆNOST SIGURNOG IZBJEGAVANJA SUDARA (3)
MOGUĆNOST SIGURNOG TEGLJENJA (2)	1/3	MOGUĆNOST SIGURNOG IZBJEGAVANJA SUDARA (3)



Tablica 31. Matrica odlučivanja za podpotkriterij SIGURNOST BORAVKA potkriterija METEO

KRITERIJ ( $w_i$ )	OMJER RELATIVNE VAŽNOSTI ( $a_{ij}$ )	KRITERIJ ( $w_j$ )
MARITIMNA SIGURNOST PRIVEZANOG BRODA (1)	1	MARITIMNA SIGURNOST USIDRENOG BRODA (2)
MARITIMNA SIGURNOST PRIVEZANOG BRODA(1)	1	PRIHVATLJIVE AKTIVNOSTI BRODA NA SIDRIŠTU (3)
MARITIMNA SIGURNOST USIDRENOG BRODA (2)	1	PRIHVATLJIVE AKTIVNOSTI BRODA NA SIDRIŠTU (3)

U dijelu modela BROD računaju se vektori prioriteta prema omjeru relativne važnosti podpotkriterija za kriterij PLOVIDBA, kao što je prikazano u tablici 32.

Tablica 32. Matrica odlučivanja za potkriterij PLOVIDBA kriterija BROD

KRITERIJ ( $w_i$ )	OMJER RELATIVNE VAŽNOSTI ( $a_{ij}$ )	KRITERIJ ( $w_j$ )
SIGURNOST PRILAZA (1)	1/5	SIGURNOST MANEVRA (2)
SIGURNOST PRILAZA (1)	9	SIGURNOST IZVEDBE (3)
SIGURNOST PRILAZA (1)	9	SIGURNOST BORAVKA (4)
SIGURNOST MANEVRA (2)	9	SIGURNOST IZVEDBE (3)
SIGURNOST MANEVRA (2)	9	SIGURNOST BORAVKA (4)
SIGURNOST IZVEDBE (3)	1	SIGURNOST BORAVKA (4)

Nakon toga utvrđena je relativna važnost uspoređivanjem podpotkriterija za podpotkriterij SIGURNOST PRILAZA, SIGURNOST MANEVRA, SIGURNOST IZVEDBE i SIGURNOST BORAVKA potkriterija PLOVIDBA. Donositelji odluke su na temelju svoje ekspertize odredili omjere relativne važnosti (tablice 33. - 36.).

Tablica 33. Matrica odlučivanja za podpotkriterij SIGURNOST PRILAZA potkriterija PLOVIDBA

KRITERIJ ( $w_i$ )	OMJER RELATIVNE VAŽNOSTI ( $a_{ij}$ )	KRITERIJ ( $w_j$ )
SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – RAVNI DIO (1)	9	SIGURNA DUBINA PLOVNOG PUTA (2)
SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – RAVNI DIO (1)	1/5	SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – ZAKRIVLJENI DIO (3)
SIGURNA DUBINA PLOVNOG PUTA (2)	1/9	SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – ZAKRIVLJENI DIO (3)

Tablica 34. Matrica odlučivanja za podpotkriterij SIGURNOST MANEVRA potkriterija PLOVIDBA

KRITERIJ ( $w_i$ )	OMJER RELATIVNE VAŽNOSTI ( $a_{ij}$ )	KRITERIJ ( $w_j$ )
PROSTOR ZA SIGURAN OKRET BRODA (1)	1/5	PROSTOR ZA SIGURNO MANEVRIRANJE (2)
PROSTOR ZA SIGURAN OKRET BRODA (1)	9	MARITIMNA SIGURNOST MANEVRA PRISTAJANJA (3)
PROSTOR ZA SIGURNO MANEVRIRANJE (2)	9	MARITIMNA SIGURNOST MANEVRA PRISTAJANJA (3)

Tablica 35. Matrica odlučivanja za podpotkriterij SIGURNOST IZVEDBE potkriterija PLOVIDBA

KRITERIJ ( $w_i$ )	OMJER RELATIVNE VAŽNOSTI ( $a_{ij}$ )	KRITERIJ ( $w_j$ )
MOGUĆNOST SIGURNOG PELJARENJA (1)	1	MOGUĆNOST SIGURNOG TEGLJENJA (2)
MOGUĆNOST SIGURNOG PELJARENJA (1)	1	MOGUĆNOST SIGURNOG IZBJEGAVANJA SUDARA (3)
MOGUĆNOST SIGURNOG TEGLJENJA (2)	1	MOGUĆNOST SIGURNOG IZBJEGAVANJA SUDARA (3)

Tablica 36. Matrica odlučivanja za podpotkriterij SIGURNOST BORAVKA potkriterija PLOVIDBA

KRITERIJ ( $w_i$ )	OMJER RELATIVNE VAŽNOSTI ( $a_{ij}$ )	KRITERIJ ( $w_j$ )
MARITIMNA SIGURNOST PRIVEZANOG BRODA (1)	1	MARITIMNA SIGURNOST USIDRENOG BRODA (2)
MARITIMNA SIGURNOST PRIVEZANOG BRODA(1)	1	PRIHVATLJIVE AKTIVNOSTI BRODA NA SIDRIŠTU (3)
MARITIMNA SIGURNOST USIDRENOG BRODA (2)	1	PRIHVATLJIVE AKTIVNOSTI BRODA NA SIDRIŠTU (3)

U tablici 36. alternative *DA (UPLOVITI)* ili *NE (NE UPLOVITI)* usporedile su se u parovima tako da su se međusobno ocijenile po intenzitetu važnosti 9 (ekstremna važnost, apsolutni prioritet). U ovom primjeru donositelji odluke su izračunali vektore prioriteta koristeći se programom Expert choice (prilog 3.).

Tablica 37. Rezultati proračuna vektora prioriteta kriterija/alternativa za uplovljavanje s neispravnim potisnikom i pod utjecajem vjetra

KRITERIJI	OM L 0,500 G 0,500					BROD L 0,500 G 0,500				
	METEO L 1,000 G 0,500					PLOVIDBA L 1,000 G 0,500				
	VEKTORI PRIORITETA KRITERIJA			VEKTORI PRIORITETA ALTERNATIVA		VEKTORI PRIORITETA KRITERIJA			VEKTORI PRIORITETA ALTERNATIVA	
		L	G	DA.	NE		L	G	DA	NE.
<b>SIGURNOST PRILAZA</b>	<b>L 0,295</b> <b>G 0,147</b>					<b>L 0,272</b> <b>G 0,136</b>				
SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – RAVNI DIO		0,205	0,030	0,027	0,003		0,243	0,033	0,030	0,003
SIGURNOSNA DUBINA PLOVNOG PUTA		0,044	0,006	0,005	0,001		0,046	0,006	0,005	0,001
SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – ZAKRIVLJENI DIO		0,751	0,111	0,100	0,011		0,711	0,097	0,087	0,010
<b>ukupno</b>		<b>1,000</b>	<b>0,147</b>				<b>1,000</b>	<b>0,136</b>		
<b>SIGURNOST MANEVRA</b>	<b>L 0,580</b> <b>G 0,290</b>					<b>L 0,641</b> <b>G 0,321</b>				
PROSTOR ZA SIGURAN OKRET BRODA		0,564	0,164	0,016	0,148		0,243	0,078	0,008	0,070
PROSTOR ZA SIGURNO MANEVRIRANJE		0,264	0,076	0,008	0,068		0,046	0,228	0,023	0,205
MARITIMNA SIGURNOST MANEVRA PRISTAJANJA		0,171	0,050	0,045	0,005		0,711	0,015	0,013	0,002
<b>ukupno</b>		<b>1,000</b>	<b>0,290</b>				<b>1,000</b>	<b>0,321</b>		
<b>SIGURNOST IZVEDBE</b>	<b>L 0,087</b> <b>G 0,043</b>					<b>L 0,043</b> <b>G 0,022</b>				
MOGUĆNOST SIGURNOG PELJARENJA		0,247	0,011	0,010	0,001		0,333	0,007	0,006	0,001
MOGUĆNOST SIGURNOG TEGLJENJA		0,131	0,006	0,005	0,001		0,333	0,007	0,006	0,001
MOGUĆNOST SIGURNOG IZBJEGAVANJA SUDARA		0,622	0,027	0,024	0,003		0,333	0,007	0,006	0,001
<b>ukupno</b>		<b>1,000</b>	<b>0,043</b>				<b>1,000</b>	<b>0,022</b>		
<b>SIGURNOST BORAVKA</b>	<b>L 0,038</b> <b>G 0,019</b>					<b>L 0,043</b> <b>G 0,022</b>				
MARITIMNA SIGURNOST PRIVEZANOG BRODA		0,333	0,006	0,005	0,001		0,333	0,007	0,006	0,001
MARITIMNA SIGURNOST USIDRENOG BRODA		0,333	0,006	0,005	0,001		0,333	0,007	0,006	0,001
PRIHVATLJIVE AKTIVNOSTI BRODA NA SIDRIŠTU		0,333	0,006	0,005	0,001		0,333	0,007	0,006	0,001
<b>ukupno</b>		<b>1,000</b>	<b>0,019</b>				<b>1,000</b>	<b>0,022</b>		
<b>UKUPNO</b>				0,255	0,244				0,202	0,297

Tablica 38. Rangiranje kriterija prema izračunanim vektorima prioriteta za uplovljavanje s neispravnim potisnikom i pod utjecajem vjetra

Broj	KRITERIJI PROCJENE SIGURNOSTI PLOVIDBE	VEKTORI PRIORITETA <b>OM/BROD</b>	RANG
1	SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – RAVNI DIO	<b>0,063</b>	<b>4</b>
2	SIGURNA DUBINA PLOVNOG PUTA	<b>0,012</b>	<b>12</b>
3	SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – ZAKRIVLJENI DIO	<b>0,208</b>	<b>3</b>
4	PROSTOR ZA SIGURAN OKRET BRODA	<b>0,242</b>	<b>2</b>
5	PROSTOR ZA SIGURNO MANEVRIRANJE	<b>0,304</b>	<b>1</b>
6	MARITIMNA SIGURNOST MANEVRA PRISTAJANJA	<b>0,065</b>	<b>5</b>
7	MOGUĆNOST SIGURNOG PELJARENJA	<b>0,018</b>	<b>7</b>
8	MOGUĆNOST SIGURNOG TEGLJENJA	<b>0,013</b>	<b>11</b>
9	MOGUĆNOST SIGURNOG IZBJEGAVANJA SUDARA	<b>0,034</b>	<b>6</b>
10	MARITIMNA SIGURNOST PRIVEZANOG BRODA	<b>0,013</b>	<b>8</b>
11	MARITIMNA SIGURNOST USIDRENOG BRODA	<b>0,013</b>	<b>9</b>
12	PRIHVATLJIVE AKTIVNOSTI BRODA NA SIDRIŠTU	<b>0,013</b>	<b>10</b>

Rangiranje kriterija prema izračunanim prioritetima za uplovljavanje s neispravnim potisnikom i pod utjecajem vjetra prikazano je u tablici 38. Prema izračunanim prioritetima utvrđeno je da vjetar brzine od 30 čv i neispravan potisnik imaju najveći utjecaj na prostor za sigurno manevriranje (0,304), na prostor za siguran okret broda (0,242) i na sigurnu širinu plovnog puta – zakrivljeni dio (0,208).

Procjenitelji su kriterijima predzadnje razine „prostor za sigurno manevriranje“ i „prostor za siguran okret broda“ dali apsolutnu važnost alternativu NE (alternativa NE ima apsolutnu važnost u odnosu prema alternativu DA). Apsolutni prioritet za alternativu NE je određen prema referentnim vrijednostima za pojedini kriterij sigurnosti plovidbe kao što je navedeno u poglavlju 5.4.4.

Rezultat proračuna za dio modela METEO kriterija OM za alternativu DA (*UPLOVITI*) iznosi 0,255 dok je za alternativu NE (*NE UPLOVITI*) 0,244. Rezultat proračuna za dio modela PLOVIDBA kriterija BROD za alternativu DA (*UPLOVITI*) iznosi 0,202 dok je za alternativu NE (*NE UPLOVITI*) 0,297. Ukupan zbroj za alternativu NE (*NE UPLOVITI*) iznosi 0,541 dok je za alternativu DA (*UPLOVITI*) 0,459 (tablica 37.). U ovom primjeru, odluka o uplovljavanju temelji se na vrijednostima najznačajnije alternative NE većima od 0,5.

Kritični su kriteriji sigurnosti plovidbe, u ovom primjeru, prostor za siguran okret i prostor za sigurno manevriranje. To su dva kritična prostora i rezultat je procjene, sa stajališta struke, logičan jer je zbog nedostatne snage potisnika odluka da brod ne uplovi u luku razumna odluka.

S obzirom na utjecaj vjetra od 30 čv brzine i neispravan potisnik na brodu *Freedom of the Seas* u luci Southampton skupina stručnjaka temeljem izračunanih vrijednosti za alternative DA (*UPLOVITI*) i NE (*NE UPLOVITI*), odlučila je da se ne uplovi u luku.

## 7 ZAKLJUČAK

Istraživanjem u doktorskoj disertaciji predložen je model procjene sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja brodova za kružna putovanja u luku. U radu je napravljen prilagodljiv model procjene koji omogućava vrednovanje kriterija sigurnosti plovidbe i olakšava proces donošenja odluke o mogućnosti uplovljavanja ovih brodova u luku. Model procjene temelji se na primjeni AHP metode.

U radu je dokazana potreba za dodatnom procjenom sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja broda za kružna putovanja u luku. Prvi korak obavlja brodar prije stavljanja luke u itinerar broda za kružna putovanja. On o tome odlučuje na temelju preliminarnе procjene. Drugi korak obavlja zapovjednik broda pred početak putovanja planiranjem putovanja za očekivane uvjete u luci. Pritom on odlučuje o ticanju luke. Treći korak procjene obavlja zapovjednik broda uz konzultaciju sa ostalim iskusnim časnicima na zapovjedničkom mostu (*staff captain, safety officer, chief officer...*) neposredno pred uplovljavanje uz pomoć stvarnih podataka o stanju okoline koristeći se modelom procjene. Na temelju ove procjene zapovjednik broda odlučuje da li uploviti u luku, odgoditi uplovljavanje ili ne uploviti.

Postojeća praksa procjene sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja brodova za kružna putovanja u luku obuhvaća preliminarnu procjenu koju obavlja brodar (kompanija) i planiranje putovanja koje obavlja zapovjednik broda. Načelno, takva je odluka kvalitativna i ne obuhvaća kvantificiranje elemenata sigurnosti plovidbe.

Predloženi model procjene sigurnosti plovidbe brodova za kružna putovanja u lukama koristeći se AHP metodom omogućava donošenje odluke temeljem kvantificiranja. Model je razvijen i prikazan tako da su u prvom koraku analizirane luke i brodovi za kružna putovanja, a potom su određeni i klasificirani elementi sigurnosti plovidbe koji se odnose na brod, luku i oceanološke i meteorološke uvjete. Provedena je klasifikacija elemenata sigurnosti plovidbe radi izrade hijerarhijske strukture modela procjene sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja brodova za kružna putovanja u luku. Cilj je sigurna plovidba lučkim područjem i siguran prihvat broda. Na prvoj razini su kriteriji koji se odnose na oceanološke i meteorološke uvjete (OM), brod i luku. Na sljedećoj razini su potkriteriji a to su oceanološki i meteorološki elementi u dijelu OM, plovidba i prihvat broda u dijelovima modela brod i luka. Na sljedećoj razini su podpotkriteriji sigurnost prilaza, sigurnost manevra, sigurnost izvedbe i sigurnost boravka. Oni su određeni ovisno o vremenskom tijeku prihvaćanja broda. Na predzadnjoj razini se nalaze podpotkriteriji sigurna širina plovnog puta – ravni dio, sigurna dubina plovnog puta, sigurna širina plovnog puta – zakrivljeni dio, prostor za siguran okret

broda, prostor za sigurno manevriranje, maritimna sigurnost manevra pristajanja, mogućnost sigurnog peljarenja, mogućnost sigurnog tegljenja, mogućnost sigurnog izbjegavanja sudara, maritimna sigurnost usidrenog broda, maritimna sigurnost privezanog broda i prihvatljive aktivnosti broda na sidrištu. Na zadnjoj razini su alternative *DA (UPLOVITI)* i *NE (NE UPLOVITI)*.

U radu je objašnjen način vrednovanja predloženih kriterija sigurnosti plovidbe uz pomoć AHP metode. U ovom modelu donositelj odluke suočen je s izborom najbolje alternative, mora izabrati između dvije alternative, uzimajući u obzir sve pretpostavljene kriterije kako bi postigao zadani cilj a to je sigurna plovidba lučkim područjem i mogućnost uplovljavanja broda u luku. Potrebno je odrediti intenzitet odnosa kriterija određene razine prema kriterijima razine iznad i, u konačnici, s obzirom na cilj. Donositelj odluke (stručnjak ili skupina stručnjaka) mora utvrditi intenzitet važnosti kriterija unutar Saatyjeve skale od devet podjela temeljem kojih se formira matrica odlučivanja. Da bi se izračunao vektor prioriteta, sumiraju se redovi matrice i normaliziraju sume redova. Za točniji rezultat rade se višestruka ponavljanja množenja matrice same sobom (*AA*), dok iznos razlike vektora ne bude zanemariv. Izračunom vektora prioriteta definirana je relativna važnost kriterija/alternativa prema cilju.

U radu se kao primjer navode referentne vrijednosti po kojima donositelj odluke utvrđuje apsolutnu važnost za alternativu *NE (NE UPLOVITI)* za pojedini kriterij sigurnosti plovidbe predzadnje razine modela. Referentne vrijednosti koji se razlikuju od navedenih mogu odrediti i brodar i/ili brod (zapovjednik) i/ili lučke vlasti .

Model je izrađen da bi poslužio za utvrđivanje mogućnosti uplovljavanja i u onim okolnostima kad se uvjeti plovidbe razlikuju od onih koji su bili analizirani planiranjem putovanja. Uz pomoć ovoga modela odluka o uplovljavanju broda može se potvrditi proračunom bez obzira da li to radi sam brod, kompanija ili čak luka. Važno je naglasiti, rezultati primjene modela ovise o znanju i iskustvu stručnjaka (zapovjednika, osoba u kompaniji, ...), odnosno onih koji imaju na raspolaganju potrebnu opremu i dobro poznavanje manevarskih svojstva broda. U svakom slučaju, rezultati procjene dobiveni modelom pomažu ponajprije zapovjedniku pri donošenju konačne odluke o uplovljavanju u graničnim uvjetima.

Kod primjene od strane broda za kružna putovanja, zapovjednik broda uz konzultaciju sa ostalim iskusnim časnicima na zapovjedničkom mostu provodi grupno odlučivanja pomoću kojega se može napraviti objektivna procjena i donijeti odluka. Svrha modela je olakšati procjenu sigurnosti plovidbe ovih brodova koju treba obaviti neposredno prije uplovljavanja i



donošenje odluka s tim u vezi s obzirom na nove okolnosti. Utvrđivanje novih okolnosti mora se temeljiti na razmjerni informacija luke i broda.

Model je prilagodljiv pa se njegov dio za koji nama novih okolnosti ne primjenjuje, a s druge strane, ako se pojave nove okolnosti, povezane sa OM-om, brodom i lukom, primijenit će se cijeli model.

Najvažnija prednost modela je da se odluka o uplovljavanju može donijeti na temelju proračuna i da je primjenjiv na brodove za kružna putovanja različitih tehničko-tehnoloških obilježja na različitim plovnim lučkim područjima.

Dodatno, procjenu sigurnosti plovidbe u lukama i prilaznim plovnim putovima korištenjem ovim modelom mogu napraviti i druge vrste brodova. Zbog svojih manevarskih svojstava druge vrste brodova koriste tegljače i peljari imaju važnu ulogu pri manevriranju i zbog toga je zapovjedniku i ostalim časnicima na zapovjedničkom mostu teže napraviti objektivnu procjenu sigurnosti plovidbe i donijeti odluku.

Znanstveni doprinos posebno se očituje u modelu kojim se unaprijeđuje proces donošenja odluke o mogućnosti uplovljavanja brodova za kružna putovanja u luku. Znanstvena hipoteza je potvrđena u oglednim primjerima. Odluka o uplovljavanju je utemeljena na kvantificiranju kriterija sigurnosti plovidbe gdje se za kriterije procjene sigurnosti plovidbe predzadnje razine radi usporedba alternativa *DA (UPLOVITI)* i *NE (NE UPLOVITI)*. Zbrajaju se svi vektori prioriteta za alternative *DA (UPLOVITI)* i *NE (NE UPLOVITI)* i donosi se odluka. Može se unaprijed odrediti vrijednost najznačajnije alternative za koju će procjenitelj donijeti odluku o uplovljavanju u luku, ne uplovljavanju ili odgađanju uplovljavanja. U ovom radu, s obzirom da se radi o dvije alternative, odluka o uplovljavanju temelji se na vrijednostima najznačajnije alternative većima od 0,5.

Nedostatak modela je u tome što su stručnjaci pri vrednovanju elemenata procjene subjektivni u svojim stavovima, ukoliko se unaprijed ne odrede referentne vrijednosti.

Daljnje istraživanje treba provesti u dijelu klasifikacije elemenata sigurnosti plovidbe i mogućnosti da se model razvije i u drugom smjeru. Osim toga, istraživanje se može provesti u dijelu procjene i analize rezultata provedenih procjena koju rade različiti subjekti (skupine stručnjaka) jer bi se time povećala i sigurnost plovidbe brodova za kružna putovanja u lukama i na prilaznim plovnim putovima.

## LITERATURA

### ZNANSTVENI ČLANCI

1. A. Görener, K. Toker, K. Uluçay., Application of Combined SWOT and AHP: A Case Study for a Manufacturing Firm, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 58, 2012., str. 1525-1534.
2. Di Zhang, Challenges and New Developments in Maritime Risk Assessment, Probabilistic Safety Assessment and Management PSAM 12, Honolulu Hawaii, June 2012.
3. E. Bal Beşikçi, T. Kececi, O. Arslan, O. Turan, An application of fuzzy-AHP to ship operational energy efficiency measures, *Ocean Engineering*, Volume 121, 2016., str. 392-402.
4. Gray et al., Channel design and Vessel maneuverability: Next Steps, *Marine technology*, Vol. 40, No 2, April 2003. ., (str. 93-105).
5. Hristos Karahalios, The application of the AHP-TOPSIS for evaluating ballast water treatment systems by ship operators, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 52, Part A, 2017, str. 172-184.
6. Hsu, W., Assessing the Safety Factors of Ship Berthing Operations. *Journal of Navigation*, 2015., 68(3), (str. 576-588).
7. Hutchison et al., Maneuvering Simulations-An Application to Waterway Navigability, SNAME 2003. Annual Meeting Paper
8. Đani Mohović Đ., Ocjena prihvatljivosti pomorskih plovidbenih rizika, Doktorska disertacija, Pomorski fakultet Rijeka, 2010.
9. Mohović R., Model manevriranja brodom u ograničenim plovnim područjima u funkciji sigurnosti i zaštite morskog okoliša, Doktorska disertacija, Pomorski fakultet Rijeka, 2002.
10. Mohović, R. i Maglić, L. (2010). Methods of calculating the ship's squat and its prediction using AIS in VTS. *Pomorstvo*, 24 (2), 229-246. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/62892>
11. N. Ziyi, J. Zhonglian, C.Xiumin, Y. Zhen, Efficacy Evaluation of Maritime AtoN by Fuzzy AHP Approach, 5th International Conference on Transportation Information and Safety (ICTIS), 2019.

12. O. Arslan, O. Turan, Analytical investigation of marine casualties at the Strait of Istanbul with SWOT-AHP method, *Maritime policy and management*, Volume 36, 2009., str. 131-145.
13. O. Soner, E. Celik, E. Akyuz, Application of AHP and VIKOR methods under interval type 2 fuzzy environment in maritime transportation, *Ocean Engineering*, Volume 129, 2017., str 107-116.
14. Rajesh S Prahbu Gaonkar, Min Xie, Anil Kumar Varma, A New Method for Maritime Traffic Safety Index Appraisal, *IEEE International Technology Management Conference*, 2011.
15. Rosaria de F.S.M. Russo, R. Camanho, Criteria in AHP: A Systematic Review of Literature, *Procedia Computer Science*, Volume 55, 2015., str. 1123-1132.
16. Sahin, B., Senol, Y., A Novel Process Model for Marine Accident Analysis by using Generic Fuzzy-AHP Algorithm. *Journal of Navigation*, 2015., 68(1), (str. 162-183).
17. T. Xu, Q.Y. Hu, Z. Xiang & D.L. Wang, Marine Traffic Real-Time Safety Index, *TRANSNAV the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 2014.
18. Taylor Tae Hwee Lee, Jong Khil Han, Optimal Korea's Government Organization of Shipping and Shipbuilding, *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, Volume 34, Issue 3, 2018., str. 234-239.
19. Thomas L. Saaty, A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures, *Journal of Mathematical Psychology*, June 1977.
20. Thomas L. Saaty, Decision making with the analytic hierarchy process, *Int. J. Services Sciences*, Vol 1, No1, 2008.
21. Thomas L. Saaty, How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process, *European Journal of Operational Research* 48 (1990) 9-26, North Holland
22. Thomas L. Saaty, *Principia Mathematica Decemendi: Mathematical Principles of Decision Making*, RWS Publications, Pittsburg, USA, 2010.
23. Thomas L. Saaty, Relative Measurement and Its Generalization in Decision Making, Why Pairwise Comparison are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors, *The Analytic Hierarchy/Network Process RACSAM*, Vol 102(2), 2008., ppstr.251-318.
24. Wenyuan Wang, Yun Peng, Xiangqun Song and Yong Zhou , Impact of Navigational Safety Level on Seaport Fairway Capacity, *The Journal of Navigation* (2015), 68, 1120–1132.

25. Yuan Wu, Hao Hu, Channel Safety Assessment in Ship Navigation Based on Fuzzy Logic Model, Transportation Research Board 93rd Annual Meeting for Presentation and Publication, 2013.

#### KNJIGE I STUDIJE POZNATIH AUTORA

26. B. Barrass, Ship Design and Performance for Masters and Mates, Ed. Elsevier, London, 2004.
27. B. Kesić, A. Jugović: Menadžment pomorskoputničkih luka, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.
28. Bridge Procedures Guide, International Chamber of Shipping, 4th Edition, London , 2007.
29. D. R. Derret, Ship stability for masters and Mates, Butterworth and Heinemann, Oxford, 1999.
30. Đani Mohović, Ocjena prihvatljivosti pomorskih plovidbenih rizika, doktorska disertacija, Pomorski fakultet Rijeka, 2010.
31. Đurđević-Tomaš I., Brajović M., Kurtela Ž: DP anchoring of passenger ships in Dubrovnik area, POWA - Book of Abstracts, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2007.
32. Đurđević-Tomaš I., Geometric display of voyage plan, Naše more: znanstveno-stručni časopis za more i pomorstvo, Vol. 60 No. 3-4 , 2013., str. 49-54 (prethodno priopćenje, znanstveni), ISSN 0469-6255 (Tisak), ISSN 1848-6320 (Online)
33. Klaas van Dokkum: Ship knowledge, Dokmar, Enkhuizen, 2006.
34. Pomorska enciklopedija, JLZ, Zagreb 1978.( sv. IV, str. 367)
35. Pomorska enciklopedija, JLZ, Zagreb 1978.(sv. IV, str. 388)
36. Thomas L.Saaty, Principia Mathematica Decernendi, RWS Publications, Pittsburgh, 2010.
37. Tomić: Prometna tehnologija luka. Zagreb, Centar prometnih znanosti, 1986.

#### KONVENCIIJE, DIREKTIVE I REZOLUCIJE

38. Directive 2002/59/Ec Of The European Parliament And Of The Council of 27 June 2002 establishing a Community vessel traffic monitoring and information system and repealing Council Directive 93/75/EEC
39. Guidelines for vessel traffic services, Rezolucija IMO A.857(20)
40. IHO Special Publication 52 (S-52) Colour & Symbol Specifications For ECDIS
41. IHO Special Publication 57 (IHO S-57) IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data

42. IHO Special Publication 63 (S-63) IHO Data Protection Scheme
43. IHO Standards for Hydrographic Surveys, Special Publication No44, 5th Edition, International Hydrographic Bureau Monaco, February 2008.
44. IMO Resolution A.817 (19) Performance Standards For Electronic Chart Display And Information Systems (ECDIS)
45. IMO Resolution A.893(21), Guidelines for voyage planning
46. Pomorski zakonik republike Hrvatske, Narodne novine br. 181/04, 76/07, 146/08, 61/11, 56/13 i 26/15
47. Pravila za statutarnu certifikaciju pomorskih brodova, Dio.16 pomagala za navigaciju, HRB 2012.
48. Provision and display of manoeuvring information on board ships, Rezolucija IMO A.601(15)
49. Safety Of Life At Sea Convention – SOLAS consolidated edition 2009, International Maritime Organization, London
50. Zakon o pomorskom dobru i morskim lukama, Narodne novine br. 158/03, 100/04, 141/06, 38/09, 123/11, 56/16

#### IZVORI S INTERNETA I DRUGI IZVORI

51. Benković Martina, Keček Damira, Mundar Dušan (2016.) Matematičke osnove AHP metode odlučivanja, Hrvatski matematički elektronički časopis – broj 28, <http://e.math.hr/>
52. Channel, Maneuvring and Anchorage Guidelines –TP 743 E, Transport Canada, 2008.
53. Dragutin Lisjak, Primjena AHP metode kao alata za optimalni izbor opreme, Održavanje u sustavu gospodarenja fizičkom imovinom, HDO Hrvatsko društvo održavatelja, Zagreb, 2011., [https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/21\\_10\\_2011\\_\\_15692\\_Odrzavanje\\_AHP\\_Metoda\\_Izbor\\_Opreme.pdf](https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/21_10_2011__15692_Odrzavanje_AHP_Metoda_Izbor_Opreme.pdf)
54. ECDIS (Electronic Chart Display and Information System) K-Bridge manual, Polaris Ship Bridge Simulator, Kongsberg
55. Electronic Chart Display and Information System, MARIS ECDIS900, Navigation Simulator Poseidon
56. Expert\_Choice V.11.0\_Software
57. <http://doczz.net/doc/2091380/kobe-university-repository---thesis>
58. <http://people.revoledu.com/kardi/tutorial/AHP/>

59. <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/547c7001e5274a428d000063/CFLPerformerReport.pdf>
60. [https://en.wikipedia.org/wiki/Analytic\\_hierarchy\\_process\\_%E2%80%93\\_leader\\_example](https://en.wikipedia.org/wiki/Analytic_hierarchy_process_%E2%80%93_leader_example)
61. <https://itc.info>
62. <https://www.expertchoice.com>
63. <https://www.jstra.jp>
64. <https://www.sname.org>
65. <https://www.standard.no>
66. IEC 61174:2015, Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - Electronic chart display and information system (ECDIS) - Operational and performance requirements, methods of testing and required test results
67. Model, CRUIS09L Cruise Liner, POLARIS Ship's Bridge Simulator, Kongsberg Maritime, 2011.
68. Model, CRUIS09L Cruise Liner, POLARIS Ship's Bridge Simulator, Kongsberg Maritime, 2011
69. PIANC report N° 121, Maritime Navigation Commission, Harbour approach channels design guidelines, 2014.
70. POLARIS Ship's Bridge Simulator, Kongsberg Maritime, 2011
71. Problems and Opportunities in the Design of Entrances to Ports and Harbors, Proceedings of a Symposium, Marine Board Assembly of Engineering National Research Council, National Academy Press, Washington D.C. 1981.
72. Radan D., Uvod u hidrodinamiku broda, Sveučilište u Dubrovniku, Dubrovnik 2004.
73. Resolution MSC.137(76) (adopted on 4 December 2002) Standards For Ship Manoeuvrability
74. Robert Mohović, Tehnika rukovanja brodom – manevarska svojstva broda, autorizirana predavanja
75. Srdjević B., Jandrić Z., Studija AHP u strateškom gazdovanju šumama, Internet verzija, 2000., <http://bsrdjevic.tripod.com/download/ahp.htm>
76. Technical Manual, Section 5b – Instrumentation, POLARIS Ship's Bridge Simulator, 1997 - 2011 Kongsberg Maritime

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Pokusi manevarskih svojstava broda.....	17
Tablica 2. Broj usporedbi kriterija određene razine .....	56
Tablica 3. Interpretacija relativne važnosti dva kriterija .....	57
Tablica 4. Saatyjeva skala relativne važnosti.....	57
Tablica 5. Saatyjeva tablica slučajnih indeksa (RI) .....	62
Tablica 6. Definiranje matrice odlučivanja najznačajnijeg kriterija .....	85
Tablica 7. Definiranje matrice odlučivanja najznačajnijeg potkriterija – OCEAN i METEO za kriterij OM.....	86
Tablica 8. Definiranje matrice odlučivanja najznačajnijeg potkriterija – PLOVIDBA i PRIHVAT za kriterij BROD .....	86
Tablica 9. Definiranje matrice odlučivanja najznačajnijeg potkriterija – PLOVIDBA i PRIHVAT za kriterij LUKA .....	87
Tablica 10. Definiranje matrice odlučivanja za podpotkriterij SIGURNOST PRILAZA, SIGURNOST MANEVRA, SIGURNOST IZVEDBE i SIGURNOST BORAVKA .....	88
Tablica 11. Definiranje matrice odlučivanja najznačajnijeg podpotkriterija za dio modela <i>SIGURNOST PRILAZA</i> .....	90
Tablica 12. Definiranje matrice odlučivanja najznačajnijeg podpotkriterija za dio modela .....	91
Tablica 13. Definiranje matrice odlučivanja najznačajnijeg podpotkriterija za dio modela <i>SIGURNOST IZVEDBE</i> .....	92
Tablica 14. Definiranje matrice odlučivanja najznačajnijeg podpotkriterija za dio modela <i>SIGURNOST BORAVKA</i> .....	93
Tablica 15. Definiranje matrice odlučivanja najznačajnije alternative .....	94
Tablica 16. Rangiranje težinskih vrijednosti prioriteta kriterija procjene sigurnosti .....	95
Tablica 17. Vektori prioriteta kriterija modela procjene predzadnje razine.....	98
Tablica 18. Usporedba alternativa <i>DA (UPLOVITI)</i> i <i>NE (NE UPLOVITI)</i> za kriterije modela procjene sigurnosti plovidbe predzadnje razine .....	100
Tablica 19. Definiranje matrice odlučivanja za potkriterij <i>METEO</i> .....	104
Tablica 20. Matrica odlučivanja za podpotkriterij <i>SIGURNOST PRILAZA</i> .....	105
Tablica 21. Matrica odlučivanja za podpotkriterij <i>SIGURNOST MANEVRA</i> .....	105
Tablica 22. Matrica odlučivanja za podpotkriterij <i>SIGURNOST IZVEDBE</i> .....	106
Tablica 23. Matrica odlučivanja za podpotkriterij <i>SIGURNOST BORAVKA</i> .....	106
Tablica 24. Dodjeljivanje vektora prioriteta kriterija predzadnje razine alternativama za uplovljavanje pod utjecajem vjetrova u prilagođenoj AHP metodi .....	107
Tablica 25. Rangiranje kriterija prema izračunanim vektorima prioriteta za uplovljavanje pod utjecajem vjetrova .....	108
Tablica 26. Definiranje matrice odlučivanja za kriterij OM i BROD .....	110
Tablica 27. Matrica odlučivanja za potkriterij METEO kriterija OM .....	110
Tablica 28. Matrica odlučivanja za podpotkriterij SIGURNOST PRILAZA potkriterija METEO .....	111

Tablica 29. Matrica odlučivanja za podpotkriterij SIGURNOST MANEVRA potkriterija METEO .....	111
Tablica 30. Matrica odlučivanja za podpotkriterij SIGURNOST IZVEDBE potkriterija METEO .....	111
Tablica 31. Matrica odlučivanja za podpotkriterij SIGURNOST BORAVKA potkriterija METEO .....	112
Tablica 32. Matrica odlučivanja za potkriterij PLOVIDBA kriterija BROD .....	112
Tablica 33. Matrica odlučivanja za podpotkriterij SIGURNOST PRILAZA potkriterija PLOVIDBA.....	113
Tablica 34. Matrica odlučivanja za podpotkriterij SIGURNOST MANEVRA potkriterija PLOVIDBA.....	113
Tablica 35. Matrica odlučivanja za podpotkriterij SIGURNOST IZVEDBE potkriterija PLOVIDBA.....	113
Tablica 36. Matrica odlučivanja za podpotkriterij SIGURNOST BORAVKA potkriterija PLOVIDBA.....	114
Tablica 37. Rezultati proračuna vektora prioriteta kriterija/alternativa za uplovljavanje s neispravnim potisnikom i pod utjecajem vjetra .....	115
Tablica 38. Rangiranje kriterija prema izračunanim vektorima prioriteta za uplovljavanje s neispravnim potisnikom i pod utjecajem vjetra .....	116
Tablica 39. Omjer konzistentnosti za primjer uplovljavanja broda za kružna putovanja u luku pod utjecajem vjetra i neispravnog potisnika (Expert Choice) .....	143



## POPIS SLIKA

Slika 1. Sidrenje i izravno dinamičko pozicioniranje .....	12
Slika 2. Usporedba kružnica okretanja dva broda blizanca pri punoj brzini (broda s dva vijka i dva lista kormila i broda s usmjerenom propulzijom).....	21
Slika 3. Kombinacija djelovanja azimutalnih propulzora i pramčanih potisnika.....	22
Slika 4. Zanos broda.....	23
Slika 5. Veličina staze ili traga (engl. <i>Swept Path</i> ) koja ovisi o kutu zanošenja.....	24
Slika 6. Čimbenici koji utječu na dubinu plovnog puta .....	26
Slika 7. Algoritam procjene sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja koju obavlja brodar .....	34
Slika 8. Pregledavanje i odobravanje plana plovidbe koristeći se ECDIS-om .....	41
Slika 9. Postavljanje nadzornog vektora u luci Singapur .....	42
Slika 10. Postavljane sigurnosnih postavki elektroničke karte u luci Singapur.....	44
Slika 11. Standardi Međunarodne hidrografske organizacije izmjera, pozicioniranja i označavanja dubina .....	46
Slika 12. Predviđanje kretanja broda.....	48
Slika 13. Izbor veličine polumjera kružnice okreta u međutočki.....	49
Slika 14. Kombinacija kružnica okreta za polumjere različite veličine .....	50
Slika 15. Algoritam procjene sigurnosti plovidbe i mogućnosti uplovljavanja broda za kružna putovanja .....	52
Slika 16. Pojednostavljena hijerarhijska struktura AHP metode .....	54
Slika 17. Hijerarhijska struktura AHP metode .....	56
Slika 18. Usporedba kriterija Saatyevom skalom .....	63
Slika 19. Ishikawa-dijagram elemenata procjene sigurnosti plovidbe broda za kružna putovanja u luci .....	68
Slika 20. Hijerarhijska struktura AHP metode elemenata koji utječu na sigurnost plovidbe u lukama i na prilaznim plovnim putovima .....	73
Slika 21. Model procjene sigurnosti plovidbe.....	77
Slika 22. Dio modela procjene sigurnosti plovidbe koji se odnosi na OM.....	81
Slika 23. Dio modela procjene sigurnosti plovidbe koji se odnosi na BROD .....	82
Slika 24. Dio modela procjene sigurnosti plovidbe koji se odnosi na LUKU .....	83
Slika 25. Matrica odlučivanja najznačajnijeg kriterija.....	85
Slika 26. Matrica odlučivanja najznačajnijeg potkriterija.....	86
Slika 27. Matrica odlučivanja najznačajnijeg kriterija.....	86
Slika 28. Matrica odlučivanja najznačajnijeg kriterija.....	87
Slika 29. Matrica odlučivanja najznačajnijeg podpotkriterija.....	88
Slika 30. Elementi sigurnosti plovidbe najniže razine .....	89
Slika 31. Matrica odlučivanja najznačajnijeg podpotpotkriterija za dio modela sigurnost prilaza .....	90
Slika 32. Matrica odlučivanja najznačajnijeg podpotpotkriterija za dio modela sigurnost manevra .....	91

Slika 33. Matrica odlučivanja najznačajnijeg podpotpotkriterija za dio modela sigurnost izvedbe .....	92
Slika 34. Matrica odlučivanja najznačajnijeg podpotpotkriterija za dio modela sigurnost boravka .....	93
Slika 35. Matrica odlučivanja najznačajnije alternative.....	94
Slika 36. Hijerarhijska struktura modela procjene sigurnosti plovidbe s alternativama .....	100
Slika 37. Prikaz dijela rute sa sigurnosnim postavkama za dubinu i širinu i sa promjerom kružnice okreta .....	103
Slika 38. Dio modela za utjecaj vjetra i neispravan potisnik .....	109
Slika 39. Računanje vektora prioriteta za dio modela METEO .....	136
Slika 40. Računanje vektora prioriteta za SIGURNOST PRILAZA .....	137
Slika 41. Računanje vektora prioriteta za SIGURNOST MANEVRA .....	138
Slika 42. Računanje vektora prioriteta za SIGURNOST IZVEDBE .....	139
Slika 43. Računanje vektora prioriteta za SIGURNOST BORAVKA .....	140
Slika 44. Proračun vektora prioriteta kriterija za primjer uplovljavanja broda za kružna putovanja u luku pod utjecajem vjetra i neispravnog potisnika .....	142

# PRILOZI

## PRILOG 1.

### PRAVILO 19. GLAVE V. SOLAS KONVENCIJE

Navigacijski sustavi i oprema koju brod mora imati obuhvaća sljedeće zahtjeve:

#### *1. Primjena i zahtjevi*

Prema odredbama pravila 1.4.:

1.1. Brodovi građeni od 1. srpnja 2002. moraju biti opremljeni navigacijskim sustavima i opremom koja u potpunosti odgovara zahtjevima opisanima u člancima 2.1. do 2.9.

1.2. Brodovi izgrađeni prije 1. srpnja 2002. moraju:

1.2.1. prema odredbama stavaka 1.2.2. i 1.2.3., ako u potpunosti ne udovoljavaju ovom članku, i dalje zadržavaju opremu koja udovoljava zahtjevima opisanima u pravilima V/11, V/12 i V/20 SOLAS - 74 Konvencije koja je bila na snazi do 1. srpnja 2002.,

1.2.2. moraju imati ugrađenu opremu ili sustave u skladu sa zahtjevima stavka 2.1.6. ne kasnije od prvog pregleda nakon 1. srpnja 2002., od kada radiogoniometar, prema odredbi V/12 (p) SOLAS - 74 Konvencije, na snazi prije 1. srpnja 2002., više nije dio obvezne opreme,

1.2.3. brod mora biti opremljen sustavom prema stavku 2.4. ne kasnije od datuma u stavcima 2.4.2. i 2.4.3.

#### *2. Brodski navigacijski sustavi i oprema*

2.1. Svi brodovi bez obzira na veličinu moraju imati:

2.1.1. kompenziran magnetski kompas ili koje drugo sredstvo za utvrđivanje kursa broda, neovisno o izvoru energije, s pokazivačem kursa na glavnom kormilarskom mjestu,

2.1.2. smjernu ploču ili azimutalni krug (smjeralo), neovisno o izvoru energije, za određivanje smjera po luku horizonta od 360°,

2.1.3. stalnu mogućnost ispravljanja kompasnog kursa i azimuta u pravi,

2.1.4. nautičke karte i publikacije za planiranje i ucrtavanje rute planiranog putovanja te mogućnost ucrtavanja i kontrole pozicije broda za vrijeme trajanja putovanja; u smislu ove alineje ECDIS ispunjava navedene zahtjeve,

2.1.5. pričuvne uređaje, u svezi s alinejom 4, ukoliko je brod opremljen elektroničkom opremom (ECDIS),

- 2.1.6. prijemnik globalnog navigacijskog satelitskog sustava ili terestričke radionavigacije, ili drugo sredstvo prikladno za korištenje tijekom planiranog putovanja, koje omogućava automatsko određivanje i ucrtavanje brodske pozicije,
- 2.1.7. ako je manji od 150 BT, i ako je izvedivo, radar reflektor ili bilo koje drugo sredstvo koje omogućuje otkrivanje broda radarom na 3 ili 9 GHz,
- 2.1.8. kad je zapovjednički most potpuno zatvoren, i ako vlada ne odredi drugačije, sustav primanja zvučnih signala ili neka druga sredstva koja omogućuju časniku plovidbene straže čujnost i utvrđivanje smjera dolaska zvučnog signala,
- 2.1.9. brzoglas, ili druga dojavna sredstva do mjesta kormilarenja u nuždi, ukoliko postoji.
- 2.2. Svi brodovi od 150 BT i veći te putnički brodovi bez obzira na veličinu, uz zahtjeve stavka 2.1. moraju imati:
- 2.2.1. rezervni magnetski kompas, zamjenljiv magnetskim kompasom koji udovoljava stavku 2.1.1. ili druga sredstva zamjene ili dvojnost opreme,
- 2.2.2. dnevno signalno svjetlo, ili drugo sredstvo, za komuniciranje svjetlom danju i noću koje se koristi izvorom električne energije ne samo iz brodske mreže.
- 2.3 Svi brodovi od 300 BT i veći te putnički brodovi bez obzira na veličinu, uz zahtjeve stavka 2.2. moraju imati:
- 2.3.1. zvučni dubinomjer, ili druga elektronička sredstva, koji mjeri i prikazuje raspoloživu dubinu mora,
- 2.3.2. devet GHz radar (9 GHz) ili drugo sredstvo radi utvrđivanja i prikazivanja smjera i udaljenosti SART-a (*Search And Rescue Transponder*) i drugih površinskih plovila, prepreka, plutača, obalne crte i navigacijskih oznaka u svrhu određivanja pozicije i izbjegavanja sudara,
- 2.3.3. uređaj za elektroničko radarsko ucrtavanje, ili neko drugo sredstvo, za ucrtavanje udaljenosti i smjera objekta radi utvrđivanja rizika sudara,
- 2.3.4. uređaj za mjerenje brzine i udaljenosti, ili drugo sredstvo, za prikaz brzine i prevaljenog puta kroz vodu,
- 2.3.5. ispravno ugođen uređaj koji šalje smjer kretanja, ili drugo sredstvo za slanje informacije o kretanju uređajima naznačenim u stavcima 2.3.2., 2.3.3. i 2.4.
- 2.4. Svi brodovi od 300 BT i veći u međunarodnoj plovidbi, teretni brodovi od 500 BT i veći koji nisu u međunarodnoj plovidbi i putnički brodovi bez obzira na veličinu, moraju biti opremljeni sa AIS (*Automatic Identification System*) kako slijedi:
- 2.4.1. brodovi izgrađeni na dan 1. srpnja 2002. i nakon toga,

2.4.2. brodovi u međunarodnoj plovidbi izgrađeni prije 1. srpnja 2002.,

2.4.2.1. za putničke brodove, prije 1. srpnja 2003.

2.4.2.2. za tankere, s prvim pregledom sigurnosne opreme od 1. srpnja 2003.,

2.4.2.3. za sve brodove, osim putničkih i tankera, većih od 50.000 BT ne kasnije od 1. srpnja 2004.

2.4.3. brodovi koji nisu u međunarodnoj plovidbi, izgrađeni prije 1. srpnja 2002., ne kasnije od 1. srpnja 2008.,

2.4.4. vlada može izuzeti brodove od primjene zahtjeva ovog stavka kad su izvan službe unutar 2 godine od primjene stavaka 2. i 3.,

2.4.5. AIS mora:

2.4.5.1. automatski predati informaciju, propisno opremljenim obalnim postajama, drugim brodovima ili zrakoplovima, koja uključuje identitet broda, vrstu broda, poziciju, kurs, brzinu, status plovidbe i druge informacije vezane za sigurnost,

2.4.5.2. primati informacije od AIS-om opremljenih brodova,

2.4.5.3. nadgledati i pratiti kretanje brodova,

2.4.5.4. izmijeniti podatke s obalnim postajama.

2.4.6. zahtjevi stavka 2.4.5. neće se primjeniti u slučajevima kada postoji međunarodni sporazum, pravilo ili standard koji zaštićuje navigacijske informacije.

2.4.7. AIS se koristiti prema uputama<sup>69</sup> koje je prihvatila organizacija.

2.5. Svi brodovi od 500 BT i veći moraju, uz zahtjeve iz stavka 2.3. s izuzetkom stavaka 2.3.3. i 2.3.5., te 2.4., imati:

2.5.1. zvrčni kompas, ili drugo sredstvo, za određivanje i prikazivanje smjera kretanja ne-magnetskim načinom uz slanje podatka opremi iz stavaka 2.3.2., 2.4. i 2.5.5.,

2.5.2. ponavljač zvrčnog kompasa, ili drugo sredstvo, za predaju vidljivog podatka o smjeru kretanja na mjestu kormilarenja u slučaju nužde, ukoliko postoji,

2.5.3. smjeralo na ponavljaču žiro-kompasa, ili drugo sredstvo, za snimanja smjera u luku horizonta od 360°, upotrebom žiro-kompasa ili drugih sredstava spomenutih u alineji 1. Brodovi manji od 1600 bt moraju udovoljiti ovom zahtjevu koliko je moguće,

2.5.4. pokazivač otklona lista kormila, okreta vijka, smjera i jakosti potiskivača, bočni potisak i uzgon vijka, te prikaz svih podataka na upravljačkom mjestu,

---

<sup>69</sup> Refer to the Guidelines for the on-board operational use of shipborne Automatic Identification Systems (AIS) adopted by the Organization by resolution A.917(22), as amended by resolution A.956(23).

2.5.5. uređaj za automatsko praćenje, ili drugo sredstvo, za automatsko ucrtavanje smjera i udaljenosti objekta u svrhu utvrđivanja rizika sudara.

2.6. Na svim brodovima od 500 BT i većim, kvar jednog uređaja ne smije umanjiti sposobnost broda udovoljiti zahtjevima stavaka 2.1.1., 2.1.2. i 2.1.4.

2.7. Svi brodovi od 3.000 BT i veći moraju, uz zahtjeve iz stavka 2.5. imati:

2.7.1. radar 3 GHz, ako vlada smatra prikladnim, i 9 GHz radar, ili druga sredstva, za utvrđivanje i prikazivanje udaljenosti i smjera drugih površinskih plovila, prepreka, plutača, obalne crte i navigacijskih oznaka kao pomoć u određivanju pozicije i izbjegavanju sudara, koji su neovisni o uređajima na koje se odnosi stavak 2.3.2.,

2.7.2. dodatni uređaj za automatsko praćenje, ili drugo sredstvo, za automatsko ucrtavanje smjera i udaljenosti objekta u svrhu utvrđivanja rizika sudara neovisno o uređajima na koje se odnosi stavak 2.5.5.

2.8. Svi brodovi od 10.000 BT i veći moraju, uz zahtjeve stavka 2.7., izuzev stavka 2.7.2., imati:

2.8.1. uređaj za automatsko praćenje (ARPA), ili drugo sredstvo, za automatsko ucrtavanje smjera i udaljenosti najmanje 20 objekata, spojenih sa sredstvom za prikaz brzine i prevaljenog puta kroz vodu, u svrhu utvrđivanja rizika sudara i simulacije pokusnog manevra,

2.8.2. sustav kontrole kursa kroz vodu i kursa preko dna, ili drugo sredstvo, za automatsko kontrolu i održavanje kursa kroz vodu i/ili kursa preko dna.

2.9. Svi brodovi od 50.000 BT i veći moraju, uz zahtjeve iz stavka 2.8., imati:

2.9.1. pokazivač kutne brzine zakretanja broda (ROT), ili drugo sredstvo, za prikazivanje vrijednosti brzine promjene kursa,

2.9.2. uređaj za mjerenje brzine i prevaljenog puta, ili drugo sredstvo, za prikazivanje brzine i prevaljenog puta preko dna u uzdužnom i poprečnom smjeru,

2.9.3. kada je dopušteno „drugo sredstvo“ prema ovim pravilima takvo sredstvo (prema pravilu 18.) mora odobriti vlada,

2.9.4. navigacijski uređaji i sustavi na koja se ova pravila odnose moraju biti tako ugrađeni, testirani i održavani da minimaliziraju kvarove,

2.9.5. navigacijski uređaji i sustavi s različitim načinima rada moraju naznačiti o kojem se načinu radi,

2.9.6. sustav integriranog mosta (IBS) mora biti napravljen tako da kvar jednog podsustava odmah uzbuni časnika plovidbene straže audio i vizualno te ne utječe na

kvarove drugih podsustava. U slučaju kvara jednog dijela integriranog navigacijskog sustava (INS) treba omogućiti rad bilo kojeg dijela uređaja ili dijela sustava neovisno.

## PRILOG 2.

Proračun težinskih vrijednosti za primjer uplovljavanja broda za kružna putovanja u luku pod utjecajem vjetrova (potpoglavlje 6.1).

Na slikama 39. - 43. prikazano je određivanje najznačajnijeg kriterija, kao dio modeliranja AHP metodom, koristeći se Microsoft Excel tabličnim kalkulatorom:

1. korak Definiranje matrice odlučivanja
2. korak Množenje matrice odlučivanja
3. korak Određivanje 1. vektora prioriteta
4. korak 2. množenje matrice odlučivanja
5. korak Određivanje 2. vektora prioriteta (provodi se dok razlika vektora prioriteta ne bude zanemariva)
6. korak Izračunavanje razlike vektora prioriteta
7. korak Određivanje najznačajnijeg kriterija
8. korak Određivanje omjera konzistentnosti

Slika 39. Računanje vektora prioriteta za dio modela METEO

Slika 40. Računanje vektora prioriteta za SIGURNOST PRILAZA

Slika 41. Računanje vektora prioriteta za SIGURNOST MANEVRA

Slika 42. Računanje vektora prioriteta za SIGURNOST IZVEDBE

Slika 43. Računanje vektora prioriteta za SIGURNOST BORAVKA



**1.KORAK DEFINIRANJE MATRICE ODLUČIVANJA**

SIG. PRIL.	1/5	SIG. MAN.	SIGURNOST PRILAZA (SIG.PRIL.)
SIG.PRIL.	9	SIG.IZV.	SIGURNOST MANEVRA (SIG.MAN.)
SIG.PRIL.	9	SIG.BOR.	SIGURNOST IZVEDBE (SIG.IZV.)
SIG.MAN.	9	SIG.IZV.	SIGURNOST BORA VKA (SIG.BOR.)
SIG.MAN.	5	SIG.BOR.	
SIG.IZV.	7	SIG.BOR.	

**2. KORAK MNOŽENJE  
MATRICE ODLUČIVANJA-1.ITERACIJA**

	SIG.PRIL.	SIG.MAN.	SIG.IZV.	SIG.BOR.
SIG.PRIL.	1,000	0,200	9,000	9,000
SIG.MAN.	5,000	1,000	9,000	5,000
SIG.IZV.	0,111	0,111	1,000	7,000
SIG.BOR.	0,111	0,200	0,143	1,000
	6,222	1,511	19,143	22,000

1,000	5,000	3,000	3,000
0,200	1,000	3,000	3,000
0,333	0,333	1,000	3,000
0,333	0,333	0,333	1,000

7,040	11,200	15,600	39,600
9,867	30,667	28,667	50,000
2,800	3,333	4,000	10,667
0,532	1,137	1,410	2,362

**3. KORAK ODREĐIVANJE 1.VEKTORA PRIORITETA**

SUMIRANJE REDOVA MATRICE	NORMALIZACIJA SUME REDOVA
73,440	0,336
119,200	0,545
20,800	0,095
5,440	0,025
218,880	

**5.KORAK ODREĐIVANJE 2.VEKTORA PRIORITETA**

SUMIRANJE REDOVA MATRICE	NORMALIZACIJA SUME REDOVA
2391,962	0,278
5248,341	0,610
744,192	0,087
216,713	0,025
8601,208	
3910074,534	0,273
8876411,528	0,619
1202440,030	0,084
359614,881	0,025
14348540,972	1,000
10956277642559,200	0,272
24883913940044,800	0,619
3369013343016,420	0,084
1007874047711,710	0,025
4021708977332,200	

**4.KORAK 2.MNOŽENJE MATRICE ODLUČIVANJA- 2.ITERACIJA**

7,040	11,200	15,600	39,600
9,867	30,667	28,667	50,000
2,800	3,333	4,000	10,667
0,532	1,137	1,410	2,362

7,040	11,200	15,600	39,600
9,867	30,667	28,667	50,000
2,800	3,333	4,000	10,667
0,532	1,137	1,410	2,362

224,818	519,320	549,108	1098,715
478,909	1203,332	1218,174	2347,926
69,476	159,038	170,270	345,407
20,163	48,195	49,847	98,509

224,818	519,320	549,108	1098,715
478,909	1203,332	1218,174	2347,926
69,476	159,038	170,270	345,407
20,163	48,195	49,847	98,509

224,818	519,320	549,108	1098,715
478,909	1203,332	1218,174	2347,926
69,476	159,038	170,270	345,407
20,163	48,195	49,847	98,509

359553,230	881948,925	904336,769	1764235,610
815928,331	2003609,301	2053297,387	4003576,508
110578,437	271182,652	278095,922	542583,019
33063,218	81140,393	83178,976	162232,294

359553,230	881948,925	904336,769	1764235,610
815928,331	2003609,301	2053297,387	4003576,508
110578,437	271182,652	278095,922	542583,019
33063,218	81140,393	83178,976	162232,294

359553,230	881948,925	904336,769	1764235,610
815928,331	2003609,301	2053297,387	4003576,508
110578,437	271182,652	278095,922	542583,019
33063,218	81140,393	83178,976	162232,294

1007217093264,160	2472579867857,380	2534300308100,070	4942180373337,630
2287592799889,540	5615727747465,640	5755906756265,030	11224686640424,600
309715395867,426	760308806006,201	779287618318,964	1519701522823,830
92654455532,595	227454003925,321	233131691618,980	454633896634,812

**6. KORAK IZRAČUN RAZLIKE VEKTORA PRIORITETA**

0,273	0,272	0,001
0,619	0,619	0,000
0,084	0,084	0,000

**7.KORAK ODREĐIVANJE NAJZNAČAJNIJEG KRITERIJA**

	SIG.PRIL.	SIG.MAN.	SIG.IZV.	SIG.BOR.	LOKALNE TEŽINE
SIG.PRIL.	1,000	0,200	9,000	9,000	0,272
SIG.MAN.	5,000	1,000	9,000	5,000	0,619
SIG.IZV.	0,111	0,111	1,000	7,000	0,084
SIG.BOR.	0,111	0,200	0,143	1,000	0,025

METEO	1,000	0,272
		0,619
		0,084
		0,025

**GLOBALNE (UKUPNE) TEŽINE**

0,272	SIGURNOST PRILAZA
0,619	SIGURNOST MANEVRA
0,084	SIGURNOST IZVEDBE
0,025	SIGURNOST BORA VKA

**8.KORAK ODREĐIVANJE OMJERA KONZISTENCIJI**

$$\lambda_{max} = 0,000$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

$$CI = 0,464$$

$$CR = CI/RI$$

$$CR = 0,522$$

Slika 39. Računanje vektora prioriteta za dio modela METEO

**1.KORAK DEFINIRANJE MATRICE ODLUČIVANJA**

SIG.ŠIR.P.P. RAVNI DIO	9	SIG.DUB.P.P.	SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA - RAVNI DIO (SIG.ŠIR.P.P. RAVNI DIO)
SIG.ŠIR.P.P. RAVNI DIO	1/7	SIG.ŠIR.P.P. ZAKRIVLJENI DIO	SIGURNA DUBINA PLOVNOG PUTA (SIG.DUB.P.P.)
SIG.DUB.P.P.	1/9	SIG.ŠIR.P.P. ZAKRIVLJENI DIO	SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA - ZAKRIVLJENI DIO (SIG.ŠIR.P.P. ZAKR. DIO)

	SIG.ŠIR.		SIG.ŠIR.
	P.P.	SIG.DUB.	P.P.
	RAVNI DIO	P.P.	ZAKR. DIO
SIG.ŠIR.P.P. RAVNI DIO	1,000	9,000	0,143
SIG. DUB. P.P	0,111	1,000	0,111
SIG.ŠIR.P.P. ZAK. DIO	7,000	9,000	1,000

**2. KORAK MNOŽENJE MATRICE ODLUČIVANJA- 1. ITERACIJA**

1,000	9,000	0,143
0,111	1,000	0,111
7,000	9,000	1,000

3,000	19,286	1,286
1,000	3,000	0,238
15,000	81,000	3,000

**3. KORAK ODREĐIVANJE 1.VEKTORA PRIORITETA**

SUMIRANJE REDOVA MATRICE	NORMALIZACIJA SUME REDOVA
23,571	0,186
4,238	0,033
99,000	0,781
126,810	

**5.KORAK ODREĐIVANJE 2.VEKTORA PRIORITETA**

SUMIRANJE REDOVA MATRICE	NORMALIZACIJA SUME REDOVA
279,735	0,210
59,857	0,045
993,857	0,745
1333,449	
38697,927	0,205
8222,563	0,044
141520,224	0,751
188440,714	
751040852,154	0,205
159632139,386	0,044
2748288024,530	0,751
3658961016,069	

**4.KORAK 2.MNOŽENJE MATRICE ODLUČIVANJA- 2.ITERACIJA**

**2. ITERACIJA**

3,000	19,286	1,286
1,000	3,000	0,238
15,000	81,000	3,000

3,000	19,286	1,286
1,000	3,000	0,238
15,000	81,000	3,000

47,571	219,857	12,306
9,571	47,571	2,714
171,000	775,286	47,571

**3. ITERACIJA**

47,571	219,857	12,306
9,571	47,571	2,714
171,000	775,286	47,571

47,571	219,857	12,306
9,571	47,571	2,714
171,000	775,286	47,571

6471,735	30458,598	1767,595
1374,796	6471,735	376,032
23690,020	111358,469	6471,735

**4. ITERACIJA**

6471,735	30458,598	1767,595
1374,796	6471,735	376,032
23690,020	111358,469	6471,735

6471,735	30458,598	1767,595
1374,796	6471,735	376,032
23690,020	111358,469	6471,735

125632061,453	591076572,606	34332218,094
26702836,296	125632061,453	7297241,637
459726223,138	2162929739,938	125632061,453

**6. KORAK IZRAČUN RAZLIKE VEKTORA PRIORITETA**

0.205	0.205	0.000
0.044	0.044	0.000
0.751	0.751	0.000

$$\lambda_{max} = 0,000$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

$$CI = 0,218$$

**7.KORAK ODREĐIVANJE NAJZNAČAJNIJEG KRITERIJA**

	SIG.ŠIR.			LOKALNE TEŽINE
	P.P.	SIG.ŠIR. P.P.		
	RAVNI DIO	SIG.DUB. ZAKRIVLJE. DIO		
SIG.ŠIR.P.P. RAVNI DIO	1,000	9,000	0,143	0,205
SIG.DUB.P.P.	0,111	1,000	0,111	0,044
SIG.ŠIR.P.P. ZAKRIVLJENI DIO	7,000	9,000	1,000	0,751

**SIGURNOST PRILAZA 0,272**

**GLOBALNE (UKUPNE) TEŽINE**

0,205	<b>0,056</b>	<b>SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA RAVNI DIO</b>
0,044	<b>0,012</b>	<b>SIGURNA DUBINA PLOVNOG PUTA</b>
0,751	<b>0,204</b>	<b>SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA ZAKRIVLJENI DIO</b>

$$CR = CI/RI$$

$$CR = 0,419$$

Slika 40. Računanje vektora prioriteta za SIGURNOST PRILAZA

**1.KORAK DEFINIRANJE MATRICE ODLUČIVANJA**

PR.SIG.OKR.	7	PR.SIG.MAN.	PROSTOR ZA SIGURAN OKRET (PR.SIG.OKR.)
PR.SIG.OKR.	1	MAR.SIG.MAN.PRIST.	PROSTOR ZA SIGURNO MANEVRIRANJE (PR.SIG.MAN.)
PR.SIG.MAN.	5	MAR.SIG.MAN.PRIST.	MARITIMNA SIGURNOST MANEVRA PRISTAJANJA (MAR.SIG.MAN.PRIST.)

**2. KORAK MNOŽENJE**

**MATRICE ODLUČIVANJA-1.ITERACIJA**

	PR.SIG. OKR.	PR.SIG. MAN.	MAR.SIG. MAN.PRIST.
PR.SIG.OKR.	1,000	7,000	1,000
PR. SIG.MAN.	0,143	1,000	5,000
MAR.SIG.MAN.PRIST.	1,000	0,200	1,000

1,000	7,000	1,000
0,143	1,000	5,000
1,000	0,200	1,000

3,001	14,200	37,000
5,286	3,001	10,143
2,029	7,400	3,000

**3. KORAK ODREĐIVANJE 1.VEKTORA PRIORITETA**

SUMIRANJE REDOVA MATRICE	NORMALIZACIJA SUME REDOVA
54,201	0,637
18,430	0,217
12,429	0,146
85,060	

**5.KORAK ODREĐIVANJE 2.VEKTORA PRIORITETA**

**SUMIRANJE REDOVA  
MATRICE**

**2. ITERACIJA**

3,001	14,200	37,000
5,286	3,001	10,143
2,029	7,400	3,000

3,001	14,200	37,000
5,286	3,001	10,143
2,029	7,400	3,000

159,125	359,028	366,068
52,303	159,125	256,450
51,290	73,214	159,116

SUMIRANJE REDOVA MATRICE	NORMALIZACIJA SUME REDOVA
884,221	0,541
467,878	0,286
283,620	0,173
1635,720	

**3. ITERACIJA**

159,125	359,028	366,068
52,303	159,125	256,450
51,290	73,214	159,116

159,125	359,028	366,068
52,303	159,125	256,450
51,290	73,214	159,116

62874,652	141062,174	208570,897
29798,699	62874,652	100759,465
20151,893	41714,179	62869,264

412507,723	0,565
193432,816	0,265
124735,337	0,171
730675,875	

**4. ITERACIJA**

62874,652	141062,174	208570,897
29798,699	62874,652	100759,465
20151,893	41714,179	62869,264

62874,652	141062,174	208570,897
29798,699	62874,652	100759,465
20151,893	41714,179	62869,264

12359789547,999	26438833947,975	40439870529,388
5777659650,332	12359789547,999	18885031158,135
3777006231,627	8087974105,878	12358741180,925

79238494025,362	0,564
37022480356,466	0,264
24223721518,430	0,172
140484695900,257	

**6. KORAK IZRAČUN RAZLIKE VEKTORA PRIORITETA**

0,564	0,565	-0,001
0,264	0,265	-0,001
0,172	0,171	0,001

$\lambda_{max} = 0,000$

$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$

$CI = 0,788$

$CR = CI/RI$

$CR = 1,515$

**7.KORAK ODREĐIVANJE NAJZNAČAJNIJEG KRITERIJA**

	PR.SIG. OKR.	PR.SIG. MAN.	MAR.SIG. MAN.PRIST.	LOKALNE TEŽINE
PR.SIG.OKR.	1,000	7,000	1,000	0,564
PR. SIG.MAN.	0,143	1,000	5,000	0,264
MAR.SIG.MAN.PRIST.	1,000	0,200	1,000	0,172

**SIGURNOST MANEVRA 0,619**

**GLOBALNE (UKUPNE) TEŽINE**

<b>0,564</b>	<b>0,349</b>	<b>PROSTOR ZA SIGURAN OKRET</b>
<b>0,264</b>	<b>0,163</b>	<b>PROSTOR ZA SIGURNO MANEVRIRANJE</b>
<b>0,172</b>	<b>0,107</b>	<b>MARITIMNA SIGURNOST MANEVRA PRISTAJANJA</b>

Slika 41. Računanje vektora prioriteta za SIGURNOST MANEVRA

1.KORAK DEFINIRANJE MATRICE ODLUČIVANJA

MOG.SIG.PELJ.	3	MOG.SIG.TEGLJ.	MOGUĆNOST SIGURNOG PELJARENJA (MOG.SIG.PELJ.)
MOG.SIG.PELJ.	1/4	MOG.SIG.IZBJ.SUD.	MOGUĆNOST SIGURNOG TEGLJENJA (MOG.SIG.TEGLJ.)
MOG.SIG.TEGLJ.	1/3	MOG.SIG.IZBJ.SUD.	MOGUĆNOST SIGURNOG IZBJEGAVANJA SUDARA (MOG.SIG.IZBJ.SUD.)

2. KORAK MNOŽENJE  
MATRICE ODLUČIVANJA-  
1.ITERACIJA

	MOG. SIG.PELJ.	MOG. SIG.TEGLJ.	MOG.SIG. IZBJ.SUD.
MOG.SIG.PELJ.	1,000	3,000	0,250
MOG.SIG.TEGLJ.	0,333	1,000	0,333
MOG.SIG.IZBJ.SUD.	4,000	3,000	1,000

1,000	3,000	0,250
0,333	1,000	0,333
4,000	3,000	1,000

2,999	6,750	1,499
1,998	2,998	0,749
8,999	18,000	2,999

3. KORAK ODREĐIVANJE 1.VEKTORA PRIORITETA

SUMIRANJE REDOVA MATRICE	NORMALIZACIJA SUME REDOVA
11,248	0,239
5,745	0,122
29,998	0,638
46,991	

4.KORAK 2.MNOŽENJE MATRICE ODLUČIVANJA- 2.ITERACIJA

2. ITERACIJA

2,999	6,750	1,499
1,998	2,998	0,749
8,999	18,000	2,999

2,999	6,750	1,499
1,998	2,998	0,749
8,999	18,000	2,999

35,970	67,462	14,048
18,725	35,961	7,488
89,940	168,689	35,970

5.KORAK ODREĐIVANJE 2.VEKTORA PRIORITETA

SUMIRANJE REDOVA MATRICE	NORMALIZACIJA SUME REDOVA
117,480	0,248
62,174	0,131
294,599	0,621
474,253	
12558,774	0,247
6641,624	0,131
31650,950	0,622
50851,347	
143926915,125	0,247
76115646,585	0,131
362738663,215	0,622
582781224,924	

3. ITERACIJA

35,970	67,462	14,048
18,725	35,961	7,488
89,940	168,689	35,970

35,970	67,462	14,048
18,725	35,961	7,488
89,940	168,689	35,970

3820,546	7222,412	1515,816
2020,366	3819,570	801,688
9628,907	18201,497	3820,546

4. ITERACIJA

3820,546	7222,412	1515,816
2020,366	3819,570	801,688
9628,907	18201,497	3820,546

3820,546	7222,412	1515,816
2020,366	3819,570	801,688
9628,907	18201,497	3820,546

43784134,172	82770176,376	17372604,576
23155208,195	43772948,812	9187489,578
110349049,808	208605479,234	43784134,172

6. KORAK IZRAČUN RAZLIKE VEKTORA PRIORITETA

0,247	0,247 0.000
0,131	0,131 0.000
0,622	0,622 0.000

$$\lambda_{max} = 0,000$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

$$CI = 0,108$$

7.KORAK ODREĐIVANJE NAJZNAČAJNIJEG KRITERIJA

	MOG. SIG.PELJ.	MOG. SIG.TEGLJ.	MOG.SIG. IZBJ.SUD.	LOKALNE TEŽINE
MOG.SIG.PELJ.	1,000	3,000	0,250	0,247
MOG.SIG.TEGLJ.	0,333	1,000	0,333	0,131
MOG.SIG.IZBJ.SUD.	4,000	3,000	1,000	0,622

SIGURNOST IZVEDBE **0,084**

GLOBALNE (UKUPNE) TEŽINE

<b>0,247</b>	<b>0,021</b>	<b>MOGUĆNOST SIGURNOG PELJARENJA</b>
<b>0,131</b>	<b>0,011</b>	<b>MOGUĆNOST SIGURNOG TEGLJENJA</b>
<b>0,622</b>	<b>0,052</b>	<b>MOGUĆNOST SIGURNOG IZBJEGAVANJA SUDARA</b>

Slika 42. Računanje vektora prioriteta za SIGURNOST IZVEDBE

1.KORAK DEFINIRANJE MATRICE ODLUČIVANJA

MAR.SIG.PRIV.BR.	1	MAR.SIG.USID.BR.	MARITIMNA SIGURNOST PRIVEZANOG BRODA (MAR.SIG.PRIV.BR.)
MAR.SIG.PRIV.BR.	1	PRIHV.AKT.BR.SIDR.	MARITIMNA SIGURNOST USIDRENOG BRODA (MAR.SIG.USID.BR.)
MAR.SIG.USID.BR.	1	PRIHV.AKT.BR.SIDR.	PRIHVATLJIVE AKTIVNOSTI BRODA NA SIDRIŠTU (PRIHV.AKT.BR.SIDR.)

2. KORAK MNOŽENJE  
MATRICE ODLUČIVANJA-  
1.ITERACIJA

	MAG.SIG. PRIV.BR.	MAG.SIG. USID.BR.	PRIH.AKT. BR.SIDR.
MAR.SIG.PRIV.BR.	1,000	1,000	1,000
MAG.SIG.USID.BR.	1,000	1,000	1,000
PRIHV.AKT.BR.SIDR.	1,000	1,000	1,000

1,000	1,000	1,000
1,000	1,000	1,000
1,000	1,000	1,000

3,000	3,000	3,000
3,000	3,000	3,000
3,000	3,000	3,000

3. KORAK ODREĐIVANJE 1.VEKTORA PRIORITETA

SUMIRANJE REDOVA MATRICE	NORMALIZACIJA SUME REDOVA
9,000	0,333
9,000	0,333
9,000	0,333
27,000	

5.KORAK ODREĐIVANJE 2.VEKTORA PRIORITETA

SUMIRANJE REDOVA MATRICE	NORMALIZACIJA SUME REDOVA
81,000	0,333
81,000	0,333
81,000	0,333
243,000	
6561,000	0,333
6561,000	0,333
6561,000	0,333
19683,000	
43046721,000	0,333
43046721,000	0,333
43046721,000	0,333
129140163,000	

4.KORAK 2.MNOŽENJE MATRICE ODLUČIVANJA- 2.ITERACIJA

2. ITERACIJA

3,000	3,000	3,000
3,000	3,000	3,000
3,000	3,000	3,000

3,000	3,000	3,000
3,000	3,000	3,000
3,000	3,000	3,000

27,000	27,000	27,000
27,000	27,000	27,000
27,000	27,000	27,000

3. ITERACIJA

27,000	27,000	27,000
27,000	27,000	27,000
27,000	27,000	27,000

27,000	27,000	27,000
27,000	27,000	27,000
27,000	27,000	27,000

2187,000	2187,000	2187,000
2187,000	2187,000	2187,000
2187,000	2187,000	2187,000

4. ITERACIJA

2187,000	2187,000	2187,000
2187,000	2187,000	2187,000
2187,000	2187,000	2187,000

2187,000	2187,000	2187,000
2187,000	2187,000	2187,000
2187,000	2187,000	2187,000

14348907,000	14348907,000	14348907,000
14348907,000	14348907,000	14348907,000
14348907,000	14348907,000	14348907,000

6. KORAK IZRAČUN RAZLIKE VEKTORA PRIORITETA

0,333	0,333	0,000
0,333	0,333	0,000
0,333	0,333	0,000

7.KORAK ODREĐIVANJE NAJZNAČAJNIJEG KRITERIJA

	MAG.SIG. PRIV.BR.	MAG.SIG. USID.BR.	PRIH.AKT. BR.SIDR.	LOKALNE TEŽINE
MAR.SIG.PRIV.BR.	1,000	1,000	1,000	0,333
MAG.SIG.USID.BR.	1,000	1,000	1,000	0,333
PRIHV.AKT.BR.SIDR.	1,000	1,000	1,000	0,333

SIGURNOST BORAVKA 0,025

0,333
0,333
0,333

GLOBALNE (UKUPNE) TEŽINE

0,008	MARITIMNA SIGURNOST PRIVEZANOG BRODA
0,008	MARITIMNA SIGURNOST USIDRENOG BRODA
0,008	PRIHVATLJIVE AKTIVNOSTI BRODA NA SIDRIŠTU

$$\lambda_{max} = 0,000$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

$$CI = 0,000$$

$$CR = CI / RI$$

$$CR = 0,000$$

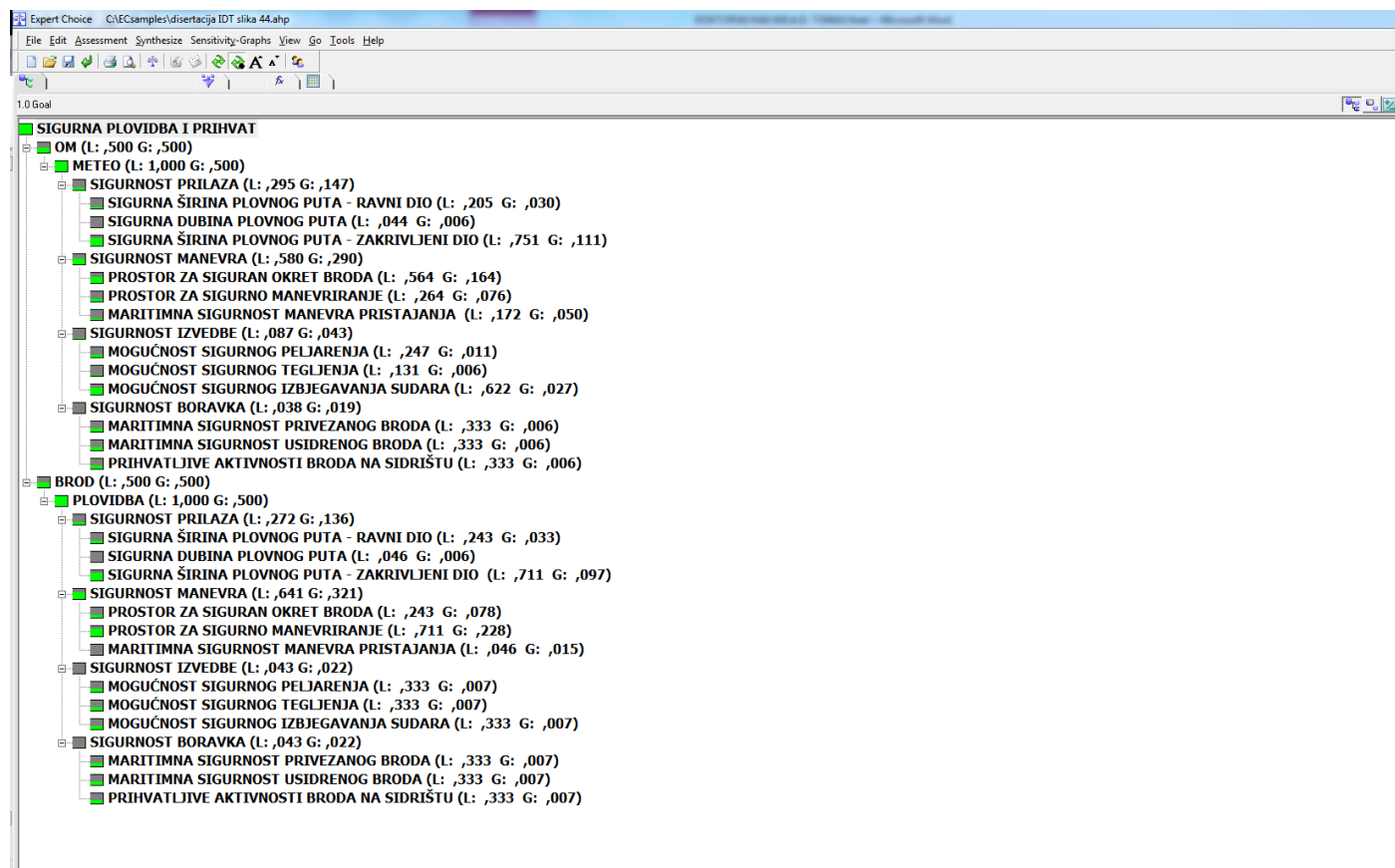
Slika 43. Računanje vektora prioriteta za SIGURNOST BORAVKA

### PRILOG 3.

Proračun vektora prioriteta za primjer uplovljavanja broda za kružna putovanja u luku pod utjecajem vjetra i neispravnog potisnika (potpoglavlje 6.2) napravljen pomoću programa Expert Choice - slika 44.

Omjer konzistentnosti za primjer uplovljavanja broda za kružna putovanja u luku pod utjecajem vjetra i neispravnog potisnika (Expert Choice ) – tablica 39.

Proračun vektora prioriteta za primjer uplovljavanja broda za kružna putovanja u luku pod utjecajem vjetra i neispravnog potisnika (potpoglavlje 6.2) napravljen pomoću programa Expert Choice.



Slika 44. Proračun vektora prioriteta kriterija za primjer uplovljavanja broda za kružna putovanja u luku pod utjecajem vjetra i neispravnog potisnika

Tablica 39. Omjer konzistentnosti za primjer uplovljavanja broda za kružna putovanja u luku pod utjecajem vjetra i neispravnog potisnika (Expert Choice)

Name	Overall	SIGURNA PLOVIDBA I PRIHVAT	OM (L:0,500 G: 0,500)	METEO (L:1,000 G: 0,500)	SIGURNOST PRILAZA (L:0,295 G: 0,147)	SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA - RAVNI DIO (L:0,205 G: 0,030)	SIGURNA DUBINA PLOVNOG PUTA (L:0,044 G: 0,006)
	#Factors	2	1	4	3	2 Alts	2 Alts
Facilitator	0,4194	0,0000	0,0000	0,4562	0,4151	0,0000	0,0000
Name	Overall	SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – ZAKRIVLJENI DIO (L:0,751 G: 0,111)	SIGURNOST MANEVRA (L:0,580 G: 0,290)	PROSTOR ZA SIGURAN OKRET BRODA (L:0,564 G: 0,164)	PROSTOR ZA SIGURNO MANEVRIRANJE (L:0,264 G: 0,076)	MARITIMNA SIGURNOST MANEVRA PRISTAJANJA (L:0,172 G: 0,050)	SIGURNOST IZVEDBE (L:0,087 G: 0,043)
	#Factors	2 Alts	3	2 Alts	2 Alts	2 Alts	3
Facilitator	0,4194	0,0000	1,5023	0,0000	0,0000	0,0000	0,2071
Name	Overall	MOGUĆNOST SIGURNOG PELJARENJA (L:0,247 G: 0,011)	MOGUĆNOST SIGURNOG TEGLJENJA (L:0,131 G: 0,006)	MOGUĆNOST SIGURNOG IZBJEGAVANJA SUDARA (L:0,622 G: 0,027)	SIGURNOST BORAVKA (L:0,038 G: 0,019)	MARITIMNA SIGURNOST PRIVEZANOG BRODA (L:0,333 G: 0,006)	MARITIMNA SIGURNOST USIDRENOG BRODA (L:0,333 G: 0,006)
	#Factors	2 Alts	2 Alts	2 Alts	3	2 Alts	2 Alts
Facilitator	0,4194	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Name	Overall	PRIHVATLJIVE AKTIVNOSTI BRODA NA SIDRIŠTU (L:0,333 G: 0,006)	BROD (L:0,500 G: 0,500)	PLOVIDBA (L:1,000 G: 0,500)	SIGURNOST PRILAZA (L:0,272 G: 0,136)	SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA - RAVNI DIO (L:0,243 G: 0,033)	SIGURNA DUBINA PLOVNOG PUTA (L:0,046 G: 0,006)
	#Factors	2 Alts	1	4	3	2 Alts	2 Alts
Facilitator	0,4194	0,0000	0,0000	0,1279	0,2809	0,0000	0,0000
Name	Overall	SIGURNA ŠIRINA PLOVNOG PUTA – ZAKRIVLJENI DIO (L:0,711 G: 0,097)	SIGURNOST MANEVRA (L:0,641 G: 0,321)	PROSTOR ZA SIGURAN OKRET BRODA (L:0,243 G: 0,078)	PROSTOR ZA SIGURNO MANEVRIRANJE (L:0,711 G: 0,228)	MARITIMNA SIGURNOST MANEVRA PRISTAJANJA (L:0,046 G: 0,015)	SIGURNOST IZVEDBE (L:0,043 G: 0,022)
	#Factors	2 Alts	3	2 Alts	2 Alts	2 Alts	3
Facilitator	0,4194	0,0000	0,2809	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Name	Overall	MOGUĆNOST SIGURNOG PELJARENJA (L:0,333 G: 0,007)	MOGUĆNOST SIGURNOG TEGLJENJA (L:0,333 G: 0,007)	MOGUĆNOST SIGURNOG IZBJEGAVANJA SUDARA (L:0,333 G: 0,007)	SIGURNOST BORAVKA (L:0,043 G: 0,022)	MARITIMNA SIGURNOST PRIVEZANOG BRODA (L:0,333 G: 0,007)	MARITIMNA SIGURNOST USIDRENOG BRODA (L:0,333 G: 0,007)
	#Factors	2 Alts	2 Alts	2 Alts	3	2 Alts	2 Alts
Facilitator	0,4194	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Name	Overall	PRIHVATLJIVE AKTIVNOSTI BRODA NA SIDRIŠTU (L:0,333 G: 0,007)					



## ŽIVOTOPIS

Ivica Đurđević-Tomaš rođen je u Dubrovniku, gdje je 1987. godine završio srednju Pomorsku školu nautičkog usmjerenja. Na Pomorskom fakultetu u Dubrovniku diplomirao je 1993. godine i stekao zvanje diplomiranog inženjera pomorskog prometa nautičkog smjera.

Od 1992. -1998. plovio je u svojstvu kadeta, trećeg, drugog i prvog časnika palube na brodovima za prijevoz hlađenog tereta.

Godine 1997. stječe zvanje zapovjednik broda od 3.000 BT ili većega (STCW II/2).

Godine 2001. godine plovi na brodu za prijevoz hlađenih tereta kao prvi časnik palube.

Godine 2004. plovi kao časnik palube na brodu za kružna putovanja.

Godine 2005. godine radi na Odjelu brodova za kružna putovanja putničke agencije Elite.

Godine 2007. i 2008. prvi je časnik palube na brodovima za kružna putovanja.

Godine 2006. - 2007. plovi kao zapovjednik školsko-istraživačkog broda Naše more.

Godine 1998. zapošljava se na Odjelu Nautika Veleučilišta u Dubrovniku, a zatim 2003. godine i na Pomorskom odjelu Sveučilišta u Dubrovniku. . U nastavno zvanje predavač izabran je 2003. godine. U nastavno zvanje višeg predavača izabran je tri puta, 2008. godine, 2013. godine i 2019. godine. U više mandata na Pomorskom odjelu Sveučilišta u Dubrovniku imenovan je voditeljem studija Nautika.

Bio je voditelj povjerenstva za izradbu nastavnog plana i programa sveučilišnog studija Nautika Pomorskog odjela Sveučilišta u Dubrovniku, koji je usklađen sa zahtjevima Bolonjske deklaracije i STCW konvencije.

Aktivno je sudjelovao u programima izobrazbe za pomorce (D2; D6A; D6B; D6C; D21-26; D27; D44; D45) a od 2011. godine i na Posebnom programu izobrazbe pomoraca (PPOP).

Član je Senata Sveučilišta u Dubrovniku kao predstavnik zaposlenika iz reda nastavnih zvanja. Član je Ispitnog povjerenstva Ministarstva mora, prometa i infrastrukture pri Lučkoj kapetaniji u Dubrovniku za stjecanje svjedodžbi o osposobljenosti pomoraca za radnu i upravljačku razinu. Član je Hrvatske komore inženjera tehnologije prometa i transporta, strukovni razred inženjera pomorskog prometa i inženjera prometa na plovnim putovima unutarnjih voda. Član je Uredništva znanstvenog časopisa za more i pomorstvo *Naše more*. Član je uprave Pomorsko-trgovačke akademije Ivo Račić.

Hrvatski je branitelj iz Domovinskog rata. Oženjen je i otac troje djece.

U dosadašnjem znanstveno-istraživačkom i stručnom radu objavio je 17 radova i 12 stručnih projekata i studija.

## **Znanstveni radovi**

Đurđević-Tomaš I., Brajović M., Kurtela Ž., DP anchoring of passenger ships in Dubrovnik area, International Scientific Conference Ports and Waterways (POWA 2007.), conference proceedings (in extenso), ISSN 1848-252X

Kurtela Ž., Jurjević N., Đurđević-Tomaš I., Optimal berth selection method, International Scientific Conference Ports and Waterways (POWA 2007.), conference proceedings (in extenso), ISSN 1848-252X

Jelavić V., Brajović M., Đurđević-Tomaš I., Analyses of State and Density of Traffic in the Port of Dubrovnik- Gruž, Promet-Traffic&Transportation-Scientific Journal on Traffic and Transportation Research, Vol. 20 No.3, 2008, str. 189-193. (ostalo), ISSN 0353-5320 (Tisak), ISSN 1848-4069 (Online)

Đurđević-Tomaš I., Brajović M., Kraljević M., Comparative analysis of safety elements related to anchoring and dynamical positioning of passenger vessels in Pelješac channel, 2. International Maritime Scientific Conference, IMSC 2008., conference proceedings (in extenso) str. 109-117, Croatian Association of Production Engineering (CAPE) , 2008. Str. 109.-117. ISBN: 978-953-7599-02-7

Đurđević-Tomaš I., Brajović M., Petrović M., Model of maritime traffic regulation in the port of Gruž area, International Scientific Conference Ports and Waterways (POWA 2008.), conference proceedings (in extenso), ISSN 1848-252X

Đurđević-Tomaš I., Brajović M., Sidrenje i dinamičko pozicioniranje putničkih brodova za kružna putovanja, Naše more: znanstveno-stručni časopis za more i pomorstvo, Vol. 56 No. 1-2 , 2009, str. 1-9 (prethodno priopćenje, znanstveni), ISSN 0469-6255 (Tisak), ISSN 1848-6320 (Online)

Đurđević-Tomaš I., Brajović M., Najpoznatiji brodolom starog vijeka pozicioniran na otoku Mljetu., Zbornik radova znanstvenog skupa „Ignjat Đurđević i dubrovačka tradicija svetopavlovskog brodoloma u vodama hrvatskog otoka Mljeta“, Zagreb 2009. str. 187. – 205., ISBN 953-97277-9-4 (objavljeno i kao SEPARAT)

Đurđević-Tomaš I., Brajović M., Petrović M., Navigation safety of cruise vessels, International Scientific Conference Ports and Waterways (POWA 2009), conference proceedings (in extenso), ISSN 1848-252X

Đurđević-Tomaš I., Hrdalo N., Brajović M., Effect of mandatory implementation of ECDIS on safety of navigation, International Scientific Conference Ports and Waterways (POWA 2010.), conference proceedings (in extenso), ISSN 1848-252X

Đurđević-Tomaš I., Brajović M., Kurtela Ž., Analiza rizika pomorskog prometa u dubrovačkom akvatoriju, Naše more: znanstveno-stručni časopis za more i pomorstvo, Vol. 57 No. 5-6 , 2010, str. 215-225 (prethodno priopćenje, znanstveni), ISSN 0469-6255 (Tisak), ISSN 1848-6320 (Online)

Đurđević-Tomaš I., Hrdalo N., Brajović M., Evaluation of the safety of cruise ship navigation and maneuvering in harbors, International Scientific Conference Ports and Waterways (POWA 2011.), conference proceedings (in extenso), ISSN 1848-252X

Đurđević-Tomaš I., Hrdalo N., Brajović M., VTS – Management of navigation, International Scientific Conference Ports and Waterways (POWA 2012.), conference proceedings (in extenso), ISSN 1848-252X

Đurđević-Tomaš I., Hrdalo N., Brajović M., Elements of construction of the geometrical presentation of the ship's route as a part of passage plan on an ECDIS, International Scientific Conference Ports and Waterways (POWA 2013.), conference proceedings (in extenso), ISSN 1848-252X

Đurđević-Tomaš I., Geometric display of voyage plan, Naše more: znanstveno-stručni časopis za more i pomorstvo, Vol. 60 No. 3-4 , 2013., str. 49-54 (prethodno priopćenje, znanstveni), ISSN 0469-6255 (Tisak), ISSN 1848-6320 (Online)

Đurđević-Tomaš I., Brajović M., Vujičić S., Plotting of manually obtained fixes on ECDIS, International Scientific Conference Ports and Waterways (POWA 2014.), conference proceedings (in extenso), ISSN 1848-252X

Vladimir A. Fetisov, Nikolaj N. Maiorov, Saint-Petersburg, Russia, Krile S., Đurđević-Tomaš I., Dubrovnik, Croatia, Some experiences of specialists in maritime transport education at SUAI (RUSSIA) and the University Of Dubrovnik (Croatia), Naše more: znanstveno-stručni časopis za more i pomorstvo, Vol. 62 No. 1 , 2015., str. 25-29 (izlaganje sa skupa), ISSN 0469-6255 (Tisak), ISSN 1848-6320 (Online)

Vujičić S., Mohović R., Đurđević-Tomaš I., Methodology for controlling the ship's path during the turn in confined waterway, Pomorstvo: Journal of maritime studies, 32 (2018), 1; 28-35 (međunarodna recenzija, članak, znanstveni)

## **Studije iz struke**

Jelavić V., Brajović M., Đurđević-Tomaš I., Mjere sigurnosti plovidbe, pristajanja, boravka i manevriranja u luci Dubrovnik-Gruž;  
Naručitelj: Lučka uprava Dubrovnik, 2007.

Jelavić V., Kurtela Ž., Jurjević N., Đurđević-Tomaš I., Studija za prihvat putnika s cruisera na području Komarde;  
Naručitelj: Grad Dubrovnik, 2007.

Brajović M., Đurđević-Tomaš I., Petrović M., Studija sigurnosti plovidbe i opterećenja plovnog puta u Gruškom zaljevu te simulacija sigurnosnih uvjeta sukladno planovima razvoja i izgradnje novih sadržaja u zaljevu  
Naručitelj: Lučka uprava Dubrovnik, 2008.

Đurđević-Tomaš I., Brajović M., Petrović M., Optimizacija pomorskog prometa pomorskoputničke luke Dubrovnik (evaluacija navigacijske sigurnosti broda)  
Naručitelj: Lučka uprava Dubrovnik, 2009.

Kurtela Ž., Jurjević N., Đurđević-Tomaš I., Dodatak studiji za prihvat putnika s cruisera na području Komarde  
Naručitelj: Grad Dubrovnik, 2009.

Brajović M., Đurđević-Tomaš I., Studija vjetrovalne klime za područje Batahovina  
Naručitelj: Lučka uprava Dubrovnik, 2012.

Brajović M., Đurđević-Tomaš I., Maritimna studija kao podloga za glavni projekt sustava navodnjavanja Opuzen u okviru nacionalnog projekta navodnjavanja Donja Neretva  
Naručitelj: Hrvatske vode 2013.

Đurđević-Tomaš I., Brajović M., Maritimna studija marine Slano  
Naručitelj: ACI d.d., 2013.

Brajović M., Đurđević-Tomaš I., Maritimna studija luke nautičkog turizma – Marina Bili dvori  
Naručitelj: Gradina d.o.o. 2014.

Đurđević-Tomaš I., Brajović M., Jurjević N., Maritimna studija pristana Batahovina  
Naručitelj: Lučka uprava Dubrovnik, 2014.

Voditelj projekta dr.sc. Damir Zec;  
Izrađivači dr. sc. Vlado Frančić, dr. sc. Igor Rudan, dipl. ing. Lovro Maglić, dr. sc. Zvonimir Lušić, dipl. ing. Ivica Đurđević-Tomaš, dipl. ing. Miloš Brajović, dipl. ing. Mate Vukić,  
Prometno-plovidbena studija – plovno područje Split, Ploče i Dubrovnik  
Naručitelj: Republika Hrvatska, Ministarstvo pomorstva, prometa i infrastrukture, 2014.

Brajović M., Đurđević-Tomaš I., Dopuna maritimne studija kao podloge za glavni projekt sustava navodnjavanja Opuzen u okviru nacionalnog projekta navodnjavanja Donja Neretva  
Naručitelj: Hrvatske vode, 2019.