

# Označavanje kanala i regulacija plovidbe u kanalima

---

**Franić, Mateo**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:164:445348>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-12**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository - Faculty of Maritime Studies - Split -  
Repository - Faculty of Maritime Studies Split for  
permanent storage and preservation of digital  
resources of the institution](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POMORSKI FAKULTET**

**MATEO FRANIĆ**

**OZNAČAVANJE KANALA I REGULACIJA  
PLOVIDBE U KANALIMA**

**DIPLOMSKI RAD**

**SPLIT, 2024.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POMORSKI FAKULTET**

**STUDIJ: POMORSKA NAUTIKA**

**OZNAČAVANJE KANALA I REGULACIJA  
PLOVIDBE U KANALIMA**

**DIPLOMSKI RAD**

**KOMENTOR:**

**doc. dr. sc. Ivica Skoko**

**MENTOR:**

**doc. dr. sc. Danijel Pušić**

**STUDENT:**

**Mateo Franić (MB: 0171265379)**

**SPLIT, 2024.**

*supruzi Jeleni i sinu Anti*

## SAŽETAK

U radu se analizira označavanje pomorskih kanala i regulaciju plovidbe kroz kanale te kroz dva primjera, Kanal sv. Ante i prolaz Mali Ždrelac, razmatra se uspostava nove regulacije prometa i postavljanje semaforske signalizacije u prolazu Mali Ždrelac. Uvodni dio rada definira pojam kanala i opisuje ključne elemente koji čine kanal. Zatim se razmatra utjecaj vanjskih čimbenika kao što su vjetar, valovi, morske struje i plitka voda na manevriranje brodom u kanalima. Također se istražuje modeliranje kanala, uključujući temeljne kriterije dizajna, razmatranje idejnih rješenja i glavnih projekata te vijek trajanja kanala. Rad ukazuje na standardizaciju označavanja kako pomorskih putova tako i pomorskih kanala te na posljednje trendove i tendencije razvoja označavanja pomorskih kanala. Bavi se regulacijom plovidbe kanalima kroz propise i pravila koja se primjenjuju na plovila, a kako bi se osigurala sigurna plovidba i zaštita okoliša. Kroz analizu različitih studija i primjera dobre prakse, istraživanje ukazuje na važnost pravilnog označavanja kanala i učinkovite regulacije plovidbe s ciljem osiguranja sigurne i efikasne plovidbe morskim putovima kao ključnih elemenata sigurnog i učinkovitog plovidbenog sustava.

Unaprjeđenje sigurnosti plovidbe svakodnevna je zadaća svih dionika pomorskog prometa. Označavanje kanala i regulacija plovidbe u kanalima primarno su usmjereni na sigurnost plovidbe. Pregledom trenutne prakse označavanja kanala i regulacije plovidbe u kanalima analiziramo kako se različiti pristupi mogu primijeniti za optimizaciju sigurnosti u kanalima. U radu je dan prikaz pomorskih oznaka međunarodne udruge svjetioničarskih službi odnosno sustava IALA (engl. *International Association of Lighthouse Authorities*). Pošto su objekti pomorske signalizacije sastavni dio svakog kanala, prikazan je i opis objekta pomorske signalizacije prema sustav IALA A.

Komparacijom dvaju morskih prolaza, Kanala Sv. Ante i prolaza Mali Ždrelac, analizira se regulacija plovidbe, specifične naredbe, sustav nadzora i upravljanja te upotreba semaforskih svjetala za regulaciju prometa – PTL (engl. *Port Traffic Lights*).

**Ključne riječi:** pomorski kanali, objekti pomorske signalizacije, sigurnost plovidbe, regulacija plovidbe

## ABSTRACT

This paper analyzes the marking of maritime channels and the regulation of navigation through the channels and through two examples, Kanal sv. Ante and the Mali Ždrelac passage are considering the establishment of new traffic regulation and the installation of traffic signals in the Mali Ždrelac passage. The introductory part of the paper defines the term channel and describes the key elements that make up the channel. Then the influence of external factors such as wind, waves, sea currents and shallow water on the maneuvering of the ship in the channels is considered. The paper also addresses channel modeling, including fundamental design criteria, consideration of concept solutions and major designs, and channel lifetime. The work points to the standardization of the marking of both sea routes and sea channels, as well as the latest trends and tendencies in the development of the marking of sea channels, and is in the works. Also, the work deals with the regulation of navigation channels through regulations and rules that apply to vessels, in order to ensure safe navigation and environmental protection. Through the analysis of various studies and examples of good practice, the research points to the importance of proper marking of channels and effective regulation of navigation in order to ensure safe and efficient navigation on sea routes as key elements of a safe and efficient navigation system.

Improving the safety of navigation is the daily task of all maritime traffic stakeholders. The marking of canals and the regulation of navigation in canals are primarily aimed at the safety of navigation. By reviewing the current practice of canal marking and canal navigation regulation, we analyze how different approaches can be applied to optimize canal safety. The paper presents the maritime markings of the International Association of Lighthouse Authorities, i.e. the IALA system. Since maritime signaling facilities are an integral part of each channel in operation, there is one description of the maritime signaling facility according to the IALA A system.

The paper analyzes the regulation of navigation in the Channels of Sv. Ante and through the passage of Mali Ždrelac, including specific commands, a monitoring and management system and the use of Port Traffic Lights – PTL. The paper compares the two mentioned sea passages.

**Keywords:** *maritime channels, maritime signaling facilities, navigation safety, navigation regulation*

# SADRŽAJ

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. UVOD .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2. POJAM KANALA I OSNOVNI ELEMENTI KANALA.....</b>                            | <b>2</b>  |
| 2.1. POJAM KANALA.....   | 2         |
| 2.2. ELEMENTI KANALA.....  | 3         |
| <b>3. UTJECAJ VANJSKIH ČIMBENIKA NA MANEVRIRANJE<br/>BRODOM U KANALIMA .....</b> | <b>5</b>  |
| 3.1. UTJECAJ VJETRA NA BROD U PLOVIDBI .....                                     | 5         |
| 3.2. UTJECAJ VALOVA NA BROD U PLOVIDBI.....                                      | 6         |
| 3.3. UTJECAJ MORSKIH STRUJA .....  | 6         |
| 3.4. UTJECAJ PLITKE VODE .....   | 7         |
| <b>4. MODELIRANJE KANALA.....</b>  | <b>9</b>  |
| 4.1. DIZAJN KANALA .....   | 9         |
| 4.2. VIJEK TRAJANJA KANALA.....  | 11        |
| 4.3. PODATCI O FIZIČKOM OKRUŽENJU .....  | 12        |
| 4.4. SHEMA PROCESA IZGRADNJE KANALA.....   | 13        |
| <b>5. OZNAČAVANJE POMORSKIH KANALA.....</b>                                      | <b>15</b> |
| 5.1. OBILJEŽAVANJE MORSKIH KANALA .....  | 15        |
| 5.1.1. Lateralni (bočni) sustav .....  | 17        |
| 5.1.2. Kardinalni (osnovni) sustav .....   | 18        |
| 5.1.3. Oznaka usamljene opasnosti.....   | 19        |
| 5.1.4. Oznaka sigurne vode.....  | 20        |
| 5.1.5. Posebne oznake.....   | 21        |
| 5.1.6. Signalne oznake pokrivenog smjera .....                                   | 21        |
| 5.1.7. Oznaka zabranjenog sidrenja.....  | 22        |
| 5.1.8. Označavanje mostova .....   | 22        |
| 5.1.9. Oznaka ograničenja brzine.....  | 23        |
| 5.2. SIGNALNE POSTAJE.....   | 24        |
| 5.3. ELEKTRONIČKI OBJEKTI SIGURNOSTI PLOVIDBE .....                              | 24        |
| 5.3.1. AIS AtoN .....  | 24        |
| 5.3.2. Radarski kutni reflektor i radarski far .....                             | 25        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>6. REGULACIJA PLOVIDBE KANALIMA.....</b>   | <b>26</b> |
| 6.1. OPĆA PRAVILA PLOVIDBE KANALIMA .....   | 27        |
| 6.2. SUSTAVI USMJERAVANJA POMORSKOG PROMETA U POMORSKIM<br>KANALIMA.....                    | 28        |
| 6.3. ODRŽAVANJE KANALA.....   | 29        |
| <b>7. REGULACIJA PLOVIDBE KANALOM SV. ANTE I PROLAZOM<br/>MALI ŽDRELAC .....</b>            | <b>30</b> |
| 7.1. KANAL SV. ANTE.....  | 30        |
| 7.1.1. Naredba o plovidbi Kanalom sv. Ante .....  | 32        |
| 7.1.2. Sustav za nadzor i upravljanje plovidbom Kanalom sv. Ante .....                      | 34        |
| 7.2. PROLAZ MALI ŽDRELAC .....  | 35        |
| 7.2.1. Regulacija plovidbe prolazom Mali Ždrelac .....                                      | 37        |
| 7.2.2. Analiza potrebe uvođenja semaforских svjetala u prolaz Mali Ždrelac.....             | 37        |
| <b>8. PRIJEDLOG REGULACIJE PLOVIDBE PROLAZOM MALI<br/>ŽDRELAC .....</b>                     | <b>41</b> |
| 8.1. ANALIZA PROMETA U PROLAZU MALI ŽDRELAC .....   | 41        |
| 8.2. IZGRADNJA SEMAFORSKIH SVJETALA U PROLAZU MALI<br>ŽDRELAC.....                          | 42        |
| 8.3. PROCJENA UČINKA UVOĐENJA SEMAFORSKE REGULACIJE<br>PROMETA U PROLAZU MALI ŽDRELAC ..... | 43        |
| <b>9. ZAKLJUČAK .....</b>   | <b>44</b> |
| <b>LITERATURA .....</b>   | <b>45</b> |
| <b>POPIS SLIKA .....</b>  | <b>47</b> |
| <b>POPIS TABLICA.....</b>   | <b>48</b> |
| <b>POPIS KRATICA .....</b>  | <b>49</b> |



## 1. UVOD

Mnogi pomorski kanali omogućavaju brodovima skraćivanje vremena putovanja između dviju luka (ili točaka na moru). Osim što teret i putnici mogu brže stizati do svojih odredišta, skraćivanje vremena putovanja ključno je za trgovinu i prijevoz robe jer smanjuje troškove prijevoza. Predmet istraživanja ovoga rada jesu pomorski kanali (u daljnjem tekstu: kanali) s naglaskom na označavanje kanala i regulaciju plovidbe kanalima. Područje rada svrstava se u znanstveno polje tehnologija prometa i transporta te je obuhvaćeno znanstvenim granama pomorskog prometa, inteligentnih transportnih sustava i logistike.

Globalni pomorski promet od početka 20. stoljeća doživio je veliku ekspanziju na tržištu zahvaljujući upravo kanalima te naglom razvoju tehnoloških inovacija. Kao najznačajniji događaj izdvaja se otvaranje Panamskog kanala 1914. godine, čime se značajno smanjilo i vrijeme i troškovi putovanja između Atlantskog i Tihog oceana. Brojni kanali su prošireni i produbljeni, čime je omogućen prolaz većih brodova i povećanje ukupnih kapaciteta. Upravo uspješna implementacija tehnoloških inovacija pri izgradnji i modernizaciji kanala učinila je kanale ključnim dijelom pomorske infrastrukture [1]. Perspektiva na kojoj se temelji rad je prilagođavanje kanala globalnoj pomorskoj trgovini. U ovom radu postavlja se pitanje koliko se uz trenutna tehnološka dostignuća može unaprijediti sigurnost plovidbe kanalima tako da kanali ostanu prilagodljivi zahtjevima pomorske industrije. Glavni cilj je proučiti kanal kao pojam te elemente kanala, odrediti prednosti označavanja kanala i regulacije plovidbe kanalima i potvrditi kako su kanali kao gusta i uska čvorišta pomorskog prometa sigurni za plovidbu uz standardizaciju regulacije plovidbe kanalima.

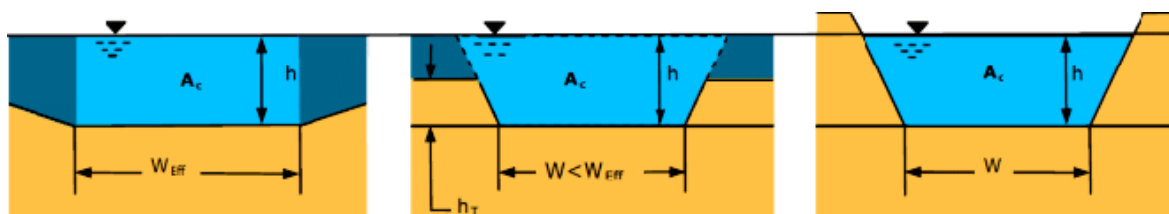
Zadatak ovog rada je deskriptivnom analizom upoznati čitatelja s definicijom, osnovnim elementima kanala te metodom kompilacije – korištenjem već poznatih spoznaja i zaključaka istražiti kako se regulira plovidba kanalima.

Opisati će se Kanal sv. Ante sa svojim sustavom za nadzor i upravljanje te prolaz Mali Ždrelac. Postoji li potreba uvođenja sustava za nadzor i upravljanje plovidbom kroz prolaz Mali Ždrelac po uzoru na sustav za nadzor i upravljanje plovidbom Kanalom sv. Ante, hipoteza je ovog rada.

## 2. POJAM KANALA I OSNOVNI ELEMENTI KANALA

### 2.1. POJAM KANALA

Kanal, kao geografski pojam, označava duguljast pojas mora između dviju kopnenih površina [2]. Kao pojam u pomorstvu, kanal je umjetni pomorski put izgrađen s ciljem skraćivanja pomorskog putovanja. Razlikujemo neplovne i plovne kanale. Neplovni kanali izgrađuju se za potrebe industrije kao dovodni kanali za kanalizaciju, struju itd. Plovni kanali neizostavan su dio pomorskog prometa. Plovni kanali koji povezuju dva mora (Sueski, Panamski, Kielski i Korintski), skraćujući pomorski put, klasificiraju se kao spojni kanali. Penetracijski i prilazni kanali (Manchester, Amsterdam, Rotterdam i dr.), kanali su kojima brodovi plove do luka [3]. U pomorstvu, pomorski kanal je jasno definirana ruta unutar koje se uspostavlja plovni promet te je prvenstveno namijenjen plovidbi. Plovni put, ovisno o raspoloživoj dubini i širini, dijelimo na plovni put neograničen za plovidbu (plovni put ograničen dubinom, neograničen širinom), ograničeni plovni put (plovni put ograničen dubinom i širinom) te na kanale (umjetne plovne putove ograničene dubinom i širinom). Na slici 1. vidljive su tri sheme koje prikazuju podjelu plovnog put ovisno o raspoloživoj dubini i širini ( $A_c$  = presjek kanala ili plovnog puta;  $h$  = dubina;  $h_T$  = dubina iskopanog podvodnog rova;  $W$  = širina na dnu kanala;  $W_{\text{Eff}}$  = efektivna širina) [4].



Slika 1. Podjela plovnog put ovisno o raspoloživoj dubini i širini [4]

Morski kanali ponajprije se razlikuju prema dimenzijama. Dužina, širina, dubina i najmanja visina za siguran prolazak nadvodnog dijela broda ubrajaju se u osnovne dimenzije kanala. Brodovi namijenjeni plovidbi kanalima često su dimezijama, a posebice dužinom, širinom i gazom prilagođeni za plovidbu određenim kanalom. Jedan od najpoznatijih primjera svakako je vezan uz Panamski kanal. Tako *Pomorska enciklopedija* navodi: „Brodovi koji mogu pristati u stare ustave čine kategoriju 'Panamax' (brodovi duljine do 294,1 m, širine do 32,3 m i gaza do 12,04 m), a s proširenjem kanala 2016. i s većim novim ustavama uvedena je kategorija 'New Panamax' (brodovi duljine do 366 m, širine do 49 m i

gaza do 15,2 m)“. Iz toga zaključujemo kako svi brodovi ne mogu ploviti kroz sve kanale na svijetu zbog dimenzija kanala i vlastitih dimenzija. Djelovanjem vjetra, valova i morskih struja morsko dno umjetno prokopanih kanala često biva zatrpano raznim nanosima, čime dolazi do smanjenja dubine u kanalu i smanjuju sigurnosti plovidbe, a povećava se mogućnost nasukanja broda ili nekog drugog štetnog događaja. Plovidba pojedinim morskim kanalima odvija se kroz sustav ustava (npr. Panamski kanal) tako što brodovi prolaze kanal prelaskom iz jedne ustave u drugu [5] [6].

## 2.2. ELEMENTI KANALA

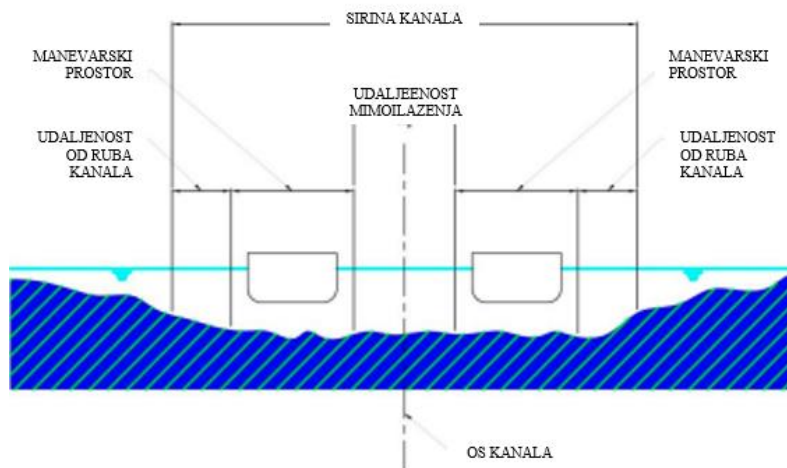
Trasu, poprečni presjek, uzdužni profil dna i razina vode ubrajamo u osnovne elemente kanala. Podložnost zasipanja kanala smatra se karakteristikom kanala koja zavisi o vrsti dna morskog kanala, ogradnih objekata i utjecaja struja [6].

Trasa pomorskog kanala odnosi se na putanju ili koridor kroz koji kanal prolazi te predstavlja ključan element u planiranju, izgradnji i održavanju plovnog puta. Smjer i veličina krivina određuju trasu kanala. Poželjno je da kanal ima što ravniji smjer, čime je plovidba kanalom najsigurnija. Trasa mora omogućiti dovoljno prostora za sigurno manevriranje brodova, posebno u kritičnim točkama poput krivina i uskih prolaza. „Krivine su obično kružni lukovi. Polumjer krivine određuje se prema veličini najvećih brodova koji će prolaziti kanalom, njihovoj brzini, brzini strujanja vode u kanalu, širini kanala u ravnim dijelovima i dužini luka“ (*Pomorska enciklopedija*, 1954–64). Trasa pomorskog kanala uključuje niz tehničkih, ekonomskih i sigurnosnih čimbenika koji moraju biti pažljivo razmotreni kako bi se osigurao optimalan i siguran promet brodova [6].

Poprečni presjek kanala odnosi se na vertikalni profil kanala prikazan okomito na njegovu os. Ovaj presjek daje važne informacije o obliku i dimenzijama kanala, uključujući širinu, dubinu, nagib bočnih strana te eventualne promjene u obliku dna. Širina kanala sastoji se od manevarskog prostora za plovila, sigurne udaljenosti od ruba kanala te sigurne udaljenosti za mimoilaženje plovila (slika 2.). Poprečni presjek može biti različitih oblika, poput pravokutnog, trapeznog ili kružnog, ovisno o obliku kanala. Poprečni presjek mora biti prilagođen za omogućavanje sigurne navigacije brodova. To uključuje dovoljnu širinu i dubinu te minimiziranje rizika od nasukavanja. S gledišta sigurnosti plovidbe, kanal treba biti što širi kako bi brodovi mogli neometano i sigurno ploviti. Naspram tome, s ekonomskog gledišta kanal treba biti što uži kako bi bio što jeftiniji. Širina kanala ovisi o načinu regulacije plovidbe kanalom, ovisno o tome je li kanal namijenjen za dvosmjernu ili jednosmjernu

plovidbu. Svakako, održavanje adekvatnog razmaka između brodova u pomorskim kanalima ključno je za odvijanje sigurne plovidbe kanalima te je preporučeni razmak između dva broda u plovidbi 2–3 širine većeg broda.

Poprečni presjek morskog kanala može se izrađivati pomoću različitih metoda, uključujući topografska mjerenja, sonar i druge tehnologije skeniranja. Ti podatci su ključni za dizajn, izgradnju i održavanje kanala te za upravljanje vodnim resursima [4][6].



**Slika 2. Elementi širine kanala [4]**

Uzdužni profil dna kanala predstavlja vertikalni presjek kanala duž njegove osi, pružajući detaljan uvid u varijacije dubine i oblik dna duž cijele trase. Ovaj profil je ključan za planiranje i izgradnju kanala jer omogućuje identificiranje kritičnih točaka gdje je potrebno iskopavanje ili stabilizacija dna. Uzdužni profil također pomaže u određivanju optimalnih nagiba dna, što je važno za kontrolu brzine protoka vode i sprječavanje erozije. Uključuje podatke o promjenama dubine, nagibu dna te lokacijama prirodnih i umjetnih prepreka. Prikazuje kako se dno kanala prilagođava topografiji terena i geološkim uvjetima. Kontinuirano praćenje i održavanje uzdužnog profila ključno je za osiguranje sigurnog i učinkovitog plovidbenog puta, posebno u kanalima s visokim prometom. Korištenje modernih tehnologija kao što su sonar i GPS omogućuje precizno mapiranje i održavanje uzdužnog profila, što doprinosi dugoročnom održavanju kanala.

### **3. UTJECAJ VANJSKIH ČIMBENIKA NA MANEVRIRANJE BRODOM U KANALIMA**

Ponašanje broda za vrijeme izvođenja manevriranja u kanalu ovisi ponajprije o karakteristikama samoga broda. Na manevriranje u kanalima utječu sljedeći čimbenici:

- kormilo broda, njegove karakteristike djelovanje i okretljivost broda,
- vijak, njegove karakteristike i djelovanje,
- zaustavljanje i zalet broda,
- vrijeme prebacivanja stroja iz vožnje naprijed u vožnju krmom,
- utjecaj trima i nagiba na brzinu i okretljivost broda i
- poznavanje i korištenje ostalih sredstava i uređaja potrebnih prilikom manevriranja brodom.

Osim poznavanja karakteristika broda, za uspješno manevriranje brodom bitno je poznavanje utjecaja vanjskih čimbenika: utjecaj vjetra, valova, struje i plitke vode [7].

#### **3.1. UTJECAJ VJETRA NA BROD U PLOVIDBI**

Sila koju proizvodi vjetar na brod u kanalu može se definirati kao rezultat interakcije vjetra s površinom broda izloženom vjetru, poznat kao bočni profil. Ova sila je proporcionalna kvadratu brzine vjetra, površini broda koja je izložena vjetru, i koeficijentu otpora koji ovisi o obliku i orijentaciji broda. Pri plovidbi kanalima za vjetrovitog vremena najveći utjecaj na plovidbu stvaraju bočni vjetrovi.

Bočni vjetar djelovat će na brod pri svim brzinama, ali će najveći učinak imati pri malim brzinama broda. On uzrokuje bočno zanošenje udesno ili ulijevo, ovisno iz kojeg smjera vjetar dolazi, a što povećava potrebnu širinu kanala za manevriranje. Malo je vjerojatno kako brod može održati stabilan kurs pri malim brzinama pri bočnom vjetru. Djelovanjem bočnog vjetra, potrebno je kurs broda lagano usmjeravati prema vjetru, što će rezultirati suzbijanjem kuta zanošenja.

Učinci bočnog vjetra ovise o:

- brzini broda,
- nadvodnom dijelu broda (što je veći nadvodni dio broda djelovanje vjetra je intenzivnije),
- gazu broda (djelovanje vjetra je jače što je manji gaz broda – prazan brod) i
- brzini i smjeru vjetra u odnosu na brod.

Uvijek je potrebno poznavanje podatak o brzinama i smjerovima vjetra za područja koja se razmatraju za plovidbenu rutu. Uz to, treba uzeti u obzir sezonske varijacije vjetra i moguće ekstremne uvjete, kako bi se osiguralo sigurno i učinkovito upravljanje brodom u svim vremenskim uvjetima. Kod intenzivnog utjecaja vjetra na brod u plovidbi poželjno je manevre izvoditi odlučno i brzo, sa snažnom vožnjom stroja i velikim otklonom kormila. Što se manevar neodlučnije i sporije izvodi, duže smo izloženi utjecaju vjetra [4][7].

### **3.2. UTJECAJ VALOVA NA BROD U PLOVIDBI**

Na dizajn dubine kanala prirodno će utjecati valovi kao rezultat okomitih gibanja broda (poniranja, posrtanja i ljuljanja). Također, valovi utječu na dizajn širine kanala. Brod se općenito zaošijava na valovima zbog sila nestabilnih valova. Uslijed takvog gibanja broda kanal treba biti dovoljno širok kako se ne bi ugrozila sigurnost plovidbe. Osim nestacionarnih valnih sila, postoje stacionarne sile zanošenja valova drugog reda, koje su slične silama vjetra. Kod takvih valova može doći do nestabilnosti kursa (što može rezultirati probijanjem) u slučaju dugih valova i relativno malih plovila. Unutarnji kanali koji su smješteni u relativno zaštićenim vodama nisu podložni valovima od bilo kakvog značaja za velike brodove [4].

Kako bi se osigurala sigurna plovidba, uzimajući u obzir utjecaje vanjskih sila zbog poprečnih vjetrova, strujanja i valova, kanal mora imati dovoljnu širinu. Prema načinu izgradnje razlikuju se otvoreni kanali, ograđeni kanali i kanali s ustavama. Otvoreni kanali su iskopani u moru bez nadmorskih građevina i umjetnih objekata. Njihova glavna karakteristika je izloženost valovima i morskim strujama u uzdužnom i poprečnom smjeru, što ih čini podložnima nanosima koji mogu dovesti do zasipanja kanala. Ograđeni kanali imaju izgrađene nadvodne obale, nasipe i druge ogradne strukture. U njima prevladava prvenstveno uzdužno strujanje, uzrokovano razlikama u vodostaju ili riječnom strujom. Kanali s ustavama koriste se za savladavanje visinskih razlika ili sprečavanje prejakih strujanja. U takvim kanalima gotovo je potpuno onemogućeno strujanje vode [6].

### **3.3. UTJECAJ MORSKIH STRUJA**

Utjecaj morskih struja varira ovisno o području plovidbe. Prilikom manevriranja brodom u luci, plovidbe kroz uske kanale ili na otvorenom moru, struja neće jednako djelovati na brod u svim tim područjima. U uskim predjelima, kao što su plovidbeni kanali i

lučki akvatoriji, morske struje imaju najveći utjecaj na upravljanje brodom. Na otvorenom moru utjecaj struja je obično manje izražen, ali može biti značajan kod određenih vremenskih uvjeta ili u područjima s jakim oceanografskim strujama. Prilikom plovidbe kroz uske kanale i lučke akvatorije precizno upravljanje je ključno zbog ograničenog prostora za manevar.

Poprečne struje utječu na sposobnost broda da održi kurs, dok uzdužne struje utječu na njegovu sposobnost manevriranja i zaustavljanja. Manevarske sposobnosti broda se mijenjaju kako se njegov omjer dubine i gaza približava broju jedan. Kao rezultat toga, sposobnost broda da se nosi sa strujama će se promijeniti kako se dubina mora smanjuje.

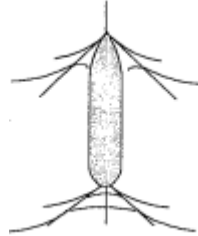
U pojedinim kanalima struje mogu biti prejake u određenim fazama plime, što onemogućuje nekim brodovima sigurnu plovidbu. Rezultat toga je ograničenost prolazaka, tj. plovidbe kanalima u određenim vremenskim razdobljima čime morske struje uvelike utječu na sigurnost plovidbe i ekonomsku isplativost kanala i korisnika kanala.

Poprečne struje utječu na kurs utječući na gibanje broda slično utjecaju bočnih vjetrova. Kako bi zadržao željeni (stalni) kurs pod poprečnim strujama, brod treba voziti koso u odnosu na struju, s kormilom u sredini, kako bi se kompenzirala trenutna brzina okomita na željeni kurs broda (tj. liniju kanala). Iz tog razloga brzina broda i trenutna brzina okomito na željeni kurs broda ključni su parametri u dizajnu širine kanala. Uvijek treba imati na umu kako struja može značajno promijeniti smjer i snagu tijekom relativno kratke udaljenosti i vremenskog intervala tijekom plimnog ciklusa [4].

### **3.4. UTJECAJ PLITKE VODE**

Kad brodovi plove otvorenim morem, voda koju brod siječe i potiskuje slobodno se širi u svim smjerovima. Prilikom plovidbe kanalima, voda se ne može slobodno kretati zbog ograničenosti prostora. Ova ograničenost bitno mijenja strujanje oko i ispod broda, što znatno utječe na otpor broda i njegovu brzinu. Stupanj ograničenosti dubine određuje se odnosom dubine kanala i uronjenog dijela broda, tj. gaza broda. U plitkoj vodi, otpor trenja povećava se za više od 20 %. Plitka voda posebno utječe na veličinu i otpor valova, koji se znatno povećavaju pri velikim brzinama, što dovodi do povećanja pramčanog i krmenog vala. To se događa jer čestice vode ne mogu napraviti pravilnu i cjelovitu orbitalnu putanju te se nagomilavaju pred pramcem. Osim toga, čestice vode potisnute brodskim trupom nastoje izaći s povećanom brzinom iza krme.

Na taj način formiraju se valovi u obliku pramčanih i krmenih brkova (slika 3.). Kada je odnos dubine vode prema gazu broda nepovoljan (1:1,2 – 1:1,5), pramčani i krmeni brkovi stvaraju po jedan veliki poprečni val pramca i krme duž broda.



**Slika 3. Oblik valova pri plovidbi brodom u plitkoj vodi [7]**

Kako se kretanje čestica vode koje brod potiskuje i vuče za sobom prenosi na susjedne čestice, povećava se otpor trenja na morskom dnu i obalama kanala. To uzrokuje smanjenje brzine broda i pad broja okretaja vijka. Brod „gura“ veliki pramčani val ispred sebe, dok iza sebe „vuče“ veliki poprečni krmeni val čime dolazi do čučnja broda (eng. *squat effect*). Čučanj broda može dovesti do privlačenja trupa broda prema morskom dnu, što povećava rizik od udara u morsko dno.



## 4. MODELIRANJE KANALA

Početni proces izgradnje kanala je modeliranje kanala. Modeliranje kanala označava stvaranje matematičkih, fizičkih i računalnih modela koji simuliraju fizička svojstva i dinamiku pomorskog kanala. Ovaj proces uključuje analizu različitih informacija kao što su:

- prirodne karakteristike kanala, tj. položaj kanala i utjecaj vanjskih čimbenika, čime se identificiraju potencijalni problemi poput poplava, erozije obala i promjena u sedimentaciji,
- dimenzioniranje kanala, tj. opredjeljivanje za vrstu prometa uvelike određuje glavne dimenzije kanala radi prilagodbe kanala plovilima za koje je namijenjen,
- regulacija plovidbe kanalom, tj. određivanje načina odvijanja plovidbe kanalom kao što je jednosmjerna ili dvosmjerna plovidba, cjelodnevna ili samo dnevna plovidba, slobodna plovidba plovila na vlastiti pogon ili korištenje tegljača te određivanje brzine plovidbe kanalom,
- simulacija broskog ponašanja, tj. modeliranje kanala može uključivati simulaciju ponašanja brodova tijekom plovidbe kroz kanal što uključuje analizu manevarskih sposobnosti brodova, utjecaj vjetra, struje i drugih čimbenika na navigaciju te identifikaciju područja s potencijalnim rizicima ili ograničenjima za plovidbu,
- ekonomska isplativost kao omjer planirane investicije i planiranog prihoda,
- sigurnost kanala, tj. razvoj preventivnih mjera i postupaka za minimiziranje rizika i osiguravanje sigurnosti plovidbe te na identifikaciju potencijalnih sigurnosnih prijetnji i rizika koji uključuju sudare, havarije, terorističke prijetnje i druge incidente te
- utjecaj na okoliš, tj. proučavanje utjecaja kanala na okoliš, uključujući bioraznolikost, kvalitetu vode, habitatne uvjete i druge ekološke parametre.

Modeliranje kanala omogućava bolje razumijevanje kompleksnih interakcija između različitih faktora koji utječu na plovnost i funkcionalnost kanala, pružajući temelj za informirane odluke i upravljanje pomorskim infrastrukturama [8].

### 4.1. DIZAJN KANALA

Temeljni kriterij za definiranje i dimenzioniranje elemenata koji tvore plovni kanal je sigurnost u manevriranju i operacijama koje se izvode u njemu. U tu svrhu, bez obzira na

opće i propisane sigurnosne kriterije, kriteriji rizika/sigurnosti razmatraju se u skladu s okolnostima i karakteristikama pojedinog kanala.

Nakon što se postave sigurnosni kriteriji, može se napraviti ekonomska analiza kako bi se odredilo najprikladnije rješenje za slučaj koji se razmatra, uz razumijevanje da će svaka analizirana alternativa minimalno poštivati prethodno definirane sigurnosne čimbenike.

Ekonomska analiza i moguće smanjenje (ili povećanje) ulaganja koja iz toga proizlaze ne smiju ni u kojem slučaju dovesti do smanjenja sigurnosti, već do smanjenja (ili povećanja) operativnog vremena područja koje se razmatra. Svako tijelo ili osoba odgovorna za kanal može odlučiti na koju će se dubinu iskopati kanal na temelju ekonomskih ili komercijalnih razmatranja, ali posljedica ove odluke ne smije biti da plovila uplovljavaju u kanal s većim rizikom dodirivanja morskog dna. Ekonomska analiza stoga postavlja ulaganje u odnosu na operativnost, ali ne ulaganje u odnosu na rizik; budući da su sigurnosni zahtjevi preporučeni, moraju se održavati u svakom slučaju [9].

Metodologija dizajna kanala se temelji na dizajnu brodova, a sastoji se od dva dijela, idejnog rješenja i glavnog projekta. Kod nadogradnje i poboljšanja postojećeg kanala postoji više ograničenja zbog postojeće infrastrukture, aktivnosti i prakse. Jednako tako, postoji i više informacija i podataka o plovidbi i uvjetima [9].

Faza izrade idejnog rješenja uključuje idejno rješenje širine, dubine i poravnanja kanala pomoću podataka i formula danih u smjernicama za projektiranje uz druge bitne čimbenike koji se odnose na brodove i okoliš. Uključuje grube procjene ali i detaljne i točne planove.

U ovoj fazi se ne koriste nikakvi određeni projektni alati ili metode (npr. simulatori), ali se mogu koristiti povratne informacije iskusnih korisnika (pilota, pomoraca, itd.). Može postojati veliki broj alternativa. Iako se koriste samo približne metode dimenzioniranja i izrađuju grube procjene troškova, mogu se identificirati najnepovoljniji prijedlozi. To omogućava minimalan broj mogućnosti tako da se u narednim fazama razmatraju samo najučinkovitija rješenja.

Nakon prvih procjena i nacрта, može biti potrebna detaljnija izvedba za poravnanje, širinu i dubinu te oznake kanala. Dimenzioniranje se izvodi u skladu s međunarodno prihvaćenim standardima i smjernicama. Prikupljaju se svi raspoloživi podatci i provode se potrebna terenska istraživanja [9].

Detaljan dizajn je rigorozniji proces čija je svrha potvrditi, razviti i usavršiti idejno rješenje. Metode korištene u izradi detaljnog dizajna se oslanjaju na numeričke i fizičke modele te zbog toga zahtijevaju opsežniji i detaljniji unos.

Koriste se analize pomorskog prometa, analize rizika i procjene troškova i dobiti. Drugi aspekti uključuju broj, vrstu i pozicioniranje pomagala za navigaciju, razmatranje detaljnih navigacijskih aspekata (npr. navigacija ispod mostova) te pitanja koja se odnose na noćnu ili zimsku plovidbu.

U ovoj fazi se provjeravaju operativna pravila koja se odnose na vremenske uvjete, veličinu i svojstva broda, pomoć pri plovidbi i sl. Često su potrebne simulacijske studije za definiranje tih pravila, ali i numerička i fizička ispitivanja.

Ako su uvjeti navigacijskih, tehničkih, ekoloških i ekonomskih aspekata relativno jednostavni, i svi kriteriji dizajna ispunjeni, nema potrebe za značajnijim prilagodbama idejnog rješenja.

Glavna svrha procesa detaljnog dizajna je odrediti optimalan dizajn koji će biti siguran i upotrebljiv bez nepotrebnih troškova [9].

#### **4.2. VIJEK TRAJANJA KANALA**

Projektirani životni vijek plovidbenog kanala definiran je kao vremenski period koji je protekao od početka njegove izgradnje do stavljanja izvan pogona, napuštanja ili promjene namjene. Dijeli se u dvije faze, fazu izgradnje i fazu usluge. Faza izgradnje obuhvaća razdoblje od početka izgradnje plovnog kanala do njegova puštanja u rad. Faza usluge obuhvaća razdoblje koje protekne od trenutka kada je cijeli kanal pušten u rad do stavljanja izvan pogona, napuštanja ili promjene namjene. Ovo razdoblje odgovara korisnom životnom vijeku kanala.

Zbog nasumične prirode priličnog broja parametara koji utječu na uvjete korištenja kanala, nije realno striktno odrediti trajanje kanala. José Luis Estrada i sur. u knjizi *Recommendations for the Design of the Maritime Configuration of Ports, Approach Channels and Harbor Basins* (2007) definirali su vrijednosti dane u tablici 1. Oni su usvojili minimalni vijek trajanja za kanale ovisno o vrsti namjene i potrebnoj razini sigurnosti za opće plovne kanale i industrijske kanale. Općim plovnim kanalima smatraju kanale koji nisu povezani s iskorištavanjem industrijskog postrojenja ili nekog specifičnog terminala. Plovni kanali u službi industrijskog pogona ili jednog određenog terminala su ili povezani s iskorištavanjem resursa ili ležišta prolazne prirode (naprimjer, servisna luka za industriju, utovarivač rude pričvršćen za određeno ležište, naftna platforma itd.) [9].

Također, u svom istraživanju razdijelili su kanal u tri razine s obzirom na rizik od gubitaka ljudskih života ili oštećenja okoliša u slučaju nesreće. U Razinu 1, s malim rizikom,

svrstavaju manje kanale u kojima nema prometa plovila koja prevoze zagađujuće, zapaljive ili opasne proizvode, marine, pomoćne luke za radnu građevinsku opremu ili za brodove koji ne moraju raditi pod uvjetima lošijima od onih projektiranih u pomoćnoj luci, itd. Veliki kanali u kojima nema prometa zagađujućim, zapaljivim ili opasnim proizvodima ili manji kanali koji se, ako imaju takav promet, pridržavaju sigurnosne udaljenosti od urbanih središta ili područja visoke ekološke vrijednosti utvrđene njihovim posebnim propisima itd., svrstani su u Razinu 2 za koju je karakterističan umjereni rizik od gubitaka ljudskih života ili oštećenja okoliša u slučaju nesreće. Veliki kanali s prometom koji uključuje zagađujuće, zapaljive ili opasne proizvode, svrstani su u Razinu 3 za koju je karakterističan visok rizik od gubitaka ljudskih života ili oštećenja okoliša u slučaju nesreće [9].

**Tablica 1. Minimalni korisni životni vijek za plovne kanale u godinama [9]**

|                                     | Potrebna razina sigurnosti |          |          |
|-------------------------------------|----------------------------|----------|----------|
|                                     | Razina 1                   | Razina 2 | Razina 3 |
| Opća infrastruktura                 | 25                         | 50       | 100      |
| Posebna industrijska infrastruktura | 15                         | 25       | 50       |

#### 4.3. PODATCI O FIZIČKOM OKRUŽENJU

Važno je prikupiti što je više moguće informacija o okolini u kojoj će se kanal nalaziti kako bi se njegova trasa, poprečni presjek i uzdužni profil mogli odgovarajuće odrediti. Potrebno je i razmotriti promjene koje se mogu dogoditi u okolišu i koje je potrebno stalno nadzirati. Iako postoje poznati podatci o fizičkom okruženju, često su potrebna dodatna istraživanja.

Za dizajn kanala i područja navigacije potrebni su podatci o vjetru, valovima, strujama i plimnim tokovima (obrađeno u poglavlju 3) te batimetrijski podatci o morskom dnu, geotehnici morskog dna, zasipavanju kanala, učincima morske vode, vidljivosti i ledu.

Sile vjetra koje djeluju na brod variraju ovisno o veličini i obliku broda. Njegovi učinci su jako bitni jer brodovi često nastavljaju s pomičnim kutom pod njegovim djelovanjem. Valovi uzrokuju kretanje broda kao što su poniranje, posrtanje i ljuljanje te zaošijanje, kao i horizontalni pomak zbog valova i plovila u prolazu. Uzdužni tokovi ili poprečne struje značajno utječu na upravljanje brodovima te kanali trebaju biti sigurni za provođenje manevara. Brzine i smjerovi se mogu mijenjati duž duljine kanala, posebno na

krivinama i raskrižjima. Posebna pažnja se treba obratiti na osiguranje odgovarajuće širine kanala gdje brodovi upravljaju malom brzinom pod poprečnom strujom. Plima utječe na dubinu vode u kanalu. Brodovi mogu ploviti i tijekom oseke i tijekom plime, u skladu s dubinom vode i gazom. Plima se mora uzeti u obzir kada brodovi plove ispod mostova i nadzemnih kanala [4].

Geotehnički uvjeti utječu na potreban razmak ispod kobilice, jer su posljedice plovila koje dodiruju morsko dno mnogo veće ako je dno tvrdo. Također, prisutnost blata utječe na manevriranje plovila i otežava identifikacijuorskog dna. Dinamički obalni procesi utječu na stabilnost i oblik obale te na sedimentaciju i eroziju, a također su pod utjecajem plovidbenih kanala. Razvoj novog ili modificiranog kanala može dovesti do promjene obilježja mjesta, uključujući promjene u protoku vode, taloženju sedimenta i obrascima erozije, što sve može imati dalekosežne posljedice na lokalni ekosustav i navigacijske uvjete. Potrebno je razmotriti stope siltacije (zasipavanja) radi održavanja. Promet kanalima često se zaustavlja u slučaju slabe vidljivosti. Prisutnost leda može značajno utjecati na okretnost plovila ili čak i spriječiti navigaciju. Podatci o učestalosti i inzenzitetu ledenog pokrivača potrebni su gdje god je to moguće [4].

#### **4.4. SHEMA PROCESA IZGRADNJE KANALA**

Na slici 4. prikazana je shema izgradnje kanala. Iz sheme je vidljivo kako potrebe, potražnja i zahtjevi pomorske industrije, s naglaskom na brodarske kompanije kao korisnike kanala, imaju najveći utjecaj na postanak i dizajn kanala te na potrebe za poboljšanjem ili promjenama kanala. Kanali se tehnički moraju prilagoditi geografskom položaju i utjecaju vanjskih čimbenika. Prilikom izgradnje i za vrijeme korištenja kanala, glavni fokus mora biti usmjeren na sigurnost plovidbe i na ekološke zahtjeve [4].



Slika 4. Shema procesa izgradnje kanala [4]

## 5. OZNAČAVANJE POMORSKIH KANALA

Morski kanali izdvajaju se kao kritični dijelovi pomorske infrastrukture. Regulacija plovidbe morskim kanalima obuhvaća širok niz aktivnosti i mjera usmjerenih na sigurno i učinkovito odvijanje plovidbe. Kao ključni aspekti regulacije plovidbe morskim kanalima izdvaja se: pridržavanje pravila plovidbe, označavanje kanala, kontrola brzine, ograničenje prometa, usluga pratnje za vrijeme plovidbe kanalima, održavanje kanala te sigurnosni propisi.

Prva pisana pravila o regulaciji plovidbe na međunarodnoj razini donesena su između Francuske i Engleske 1863. godine. Neka od općih pravila plovidbe kanalima su:

- u širokim kanalima se plovi desnom stranom,
- u uskim kanalima se plovi sredinom,
- po mogućnosti se treba ploviti u smjeru barem jednog markantnog objekta ili po nekom pokrivenom smjeru i
- kada je na djelovanju neka bočna struja, plovi se po određenom zadanom kursu.

*Međunarodna pravila o izbjegavanju sudara na moru* (1972.) prihvatila je i objavila Međunarodna pomorska organizacija (IMO, engl. *International Maritime Organization*). Ona predstavljaju skup međunarodnih pravnih normi kojima se regulira pomorski promet. Pravilo 9 – „Uski kanali“ *Međunarodnih pravila o izbjegavanju sudara na moru* (1972.) odnosi se na regulaciju plovidbe uskim kanalima [10].

### 5.1. OBILJEŽAVANJE MORSKIH KANALA

Svrha obilježavanja plovni putova je navigatoru omogućiti točno određivanje pozicije za vrijeme plovidbe te omogućiti održavanje željenog kursa. Obilježavanje morskih kanala vrši se pomoću objekata pomorske signalizacije kojima se vrši obilježavanje plovni putova. „Objekti pomorske signalizacije su objekti sigurnosti plovidbe izgrađeni na obali uz more ili morskom dnu te plutajući objekti postavljeni na moru, s namjenom da omoguće navigatoru određivanje pozicije i sigurnu plovidbu, obilježavaju granice kanala i/ili upozoravaju na opasnosti za plovidbu. Sastoje se u pravilu od nosive konstrukcije (stalni objekti) ili uzgonskog tijela (plutače i zglobo – elastične oznake), obojani prema nautičkim karakteristikama, a mogu imati karakteristiku svjetla u skladu sa značajem, znak na vrhu, radarski reflektor, RACON, AIS AtoN ili signal za maglu“ (*Narodne novine*, br. 181/04, 76/07, 146/08, 61/11, 56/13, 26/15, 17/19) [11].

Kod obilježavanja plovnih putova koristimo vizualne, zvučne te elektroničke objekte sigurnosti plovidbe. U vizualne objekte pomorske signalizacije svrstavamo: pomorske svjetionike, obalna svjetla, svjetleće i/ili signalne oznake, signalne postaje, svjetleće i/ili signalne plutače, svjetleće i/ili signalne oznake pokrivenog smjera te lučka svjetla. Elektronički objekti sigurnosti plovidbe su: radar reflektor, RACON – radarski far odgovarač i AIS AtoN. Signali za maglu su zvučni objekti pomorske signalizacije [11].

Za standardizaciju označavanja plovnih putova brine se IALA (engl. IALA – *International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities*), međunarodno udruženje uprava pomorske signalizacije i sredstava za pomorsku navigaciju. U skladu s međunarodnim IALA sustavom označavanja, razlikuju se sustav IALA A i sustav IALA B. Sustav A prihvaćen od strane države u zoni A, prihvaćaju sve države Europe i Afrike, Australija, Novi Zeland i većina azijskih zemalja, dok je sustav B prihvaćen od strane država u zoni B, svih država Sjeverne i Južne Amerike, Japana, Koreje i Filipina. Glavna razlika između dvaju sustava je boja lateralnih (bočnih) oznaka koje se koriste za obilježavanje lijevih i desnih strana sigurnog plovnog puta i ulaza u luke. Crvena boja u zoni A označava lijevu stranu, dok u zoni B označava desnu stranu plovnog puta. Zelena boja u zoni A označava desnu stranu, a u zoni B lijevu stranu plovnog puta. Danju značenje oznaka ovisi o obliku, znaku na vrhu i boji, dok noću značenje oznaka ovisi o svjetlu postavljenom na oznaci, tj. o njegovoj boji, sektoru vidljivosti i ritmu svjetla [12].

„Sektorskim svjetlima označava se: usmjeravanje plovidbe u kanalima, označavanje točke promjene kursa, spojni dijelovi plovnih kanala, područje sigurne plovidbe i opasnosti ili opasno područje plovidbe koje treba izbjegavati. Sektorska svjetla označavaju se bijelom i/ili crvenom i/ili zelenom bojom“ (*Narodne novine*, br. 181/04, 76/07, 146/08, 61/11, 56/13, 26/15, 17/19) [11].

Sustav obilježavanja na moru sastoji se od različitih vrsta oznaka koje se mogu koristiti samostalno ili u kombinaciji:

- lateralne (bočne) oznake koje označavaju lijevu i desnu stranu sigurnog plovnog puta, kao i ulaze u luke,
- kardinalne (osnovne) oznake koje označavaju sigurnu stranu plovnog puta,
- oznake usamljene opasnosti koje označavaju opasne objekte oko kojih se nalazi siguran plovni put,
- oznake sigurnih voda koje označavaju siguran plovni put sredinom kanala,
- posebne oznake koje označavaju određena područja, objekte ili zahvate koji su ucrtani i opisani u službenim pomorskim navigacijskim kartama i publikacijama,

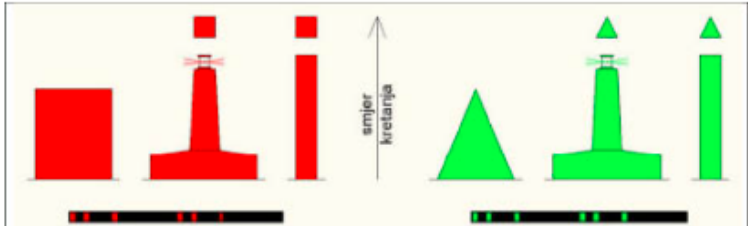


- oznake nove opasnosti za plovidbu i
- ostale oznake, uključujući označavanje mostova, zabranjenog sidrenja, ograničenja brzine, signalne oznake pokrivenog smjera, sektorska svjetla i pomoćne oznake koje se koriste za označavanje lokalnih ili lučkih objekata [11].

### 5.1.1. Lateralni (bočni) sustav

Oznakom lateralnog ili bočnog sustava (slika 5.) označava se lijeva ili desna strana, odnosno obje strane kanala ili prolaza kojim plovni objekt mora ploviti te ulazi u luke. Oznaka na desnoj, odnosno lijevoj strani utvrđuje da plovni objekt mora proći uz oznaku smjerom da mu ona ostaje s desne, odnosno s lijeve strane. Desna ili lijeva strana određuje se po smjeru koji plovni objekt uzima kad se približava luci, rijeci, ušću ili plovnom putu dolazeći s otvorenog mora. U kanalima koji se protežu usporedo s općim smjerom obale kopna, a pristupačni su s dviju strana, desna odnosno lijeva strana određuje se prema smjeru kretanja kazaljke na satu. Ako uzduž obale kanala postoji više istovjetnih oznaka, one mogu biti obilježene rednim brojevima bijelom bojom, počinjući od otvorenog mora ili početka plovnog puta, s tim da se na oznakama s desne strane postave neparni, a s lijeve strane parni brojevi. Na rijekama se desna i lijeva strana označavaju u odnosu prema uzvodnoj plovidbi.

U sustavu IALA A oznake lateralnog (bočnog) sustava imaju oblik stošca, valjka, stupa ili motke. Oznake desne strane kanala imaju obliku stošca, stupa ili motke obojene zelenom bojom, a mogu imati znak na vrhu u obliku stošca s vrhom prema gore obojen zelenom bojom. Oznake lijeve strane kanala imaju oblik valjka, stupa ili motke obojene crvenom bojom, a mogu imati znak na vrhu u obliku valjka obojen crvenom bojom [12].



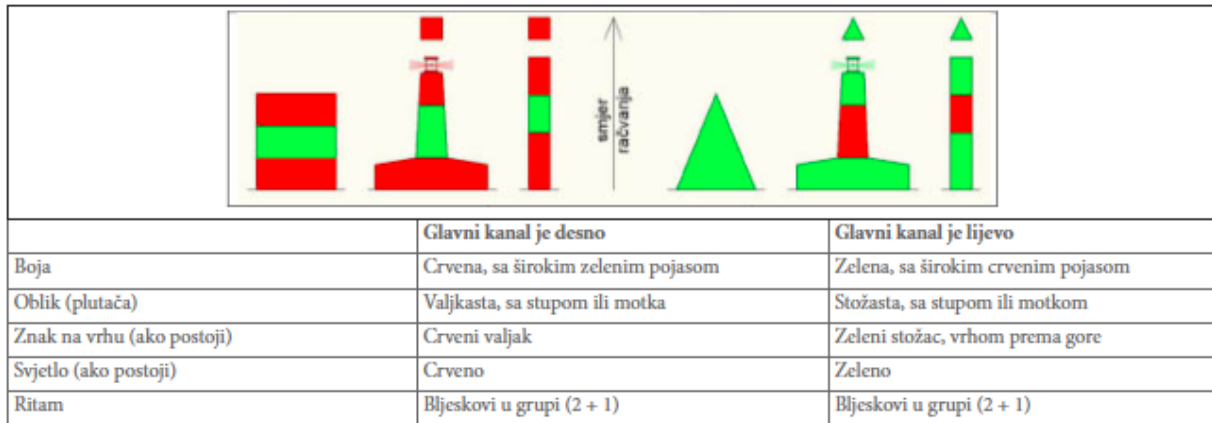
|                            | Lijeva strana                             | Desna strana                              |
|----------------------------|---|---|
| Boja                       | Crvena                                    | Zelena                                    |
| Oblik (plutača)            | Valjkasta, sa stupom ili motka            | Stožasta, sa stupom ili motkom            |
| Znak na vrhu (ako postoji) | Crveni valjak                             | Zeleni stožac, vrhom prema gore           |
| Svjetlo (ako postoji)      | Crveno                                    | Zeleno                                    |
| Ritam                      | Bilo koji, osim bljeskova u grupi (2 + 1) | Bilo koji, osim bljeskova u grupi (2 + 1) |

Slika 5. Lateralne (bočne) oznake [11]

Modificiranim lateralnim oznakama (slika 6.) označava se račvanje plovnog kanala, kojima se označava glavni kanal kao povoljniji plovidbeni put, i to:

1. glavni kanal desno: valjkom, stupom ili motkom obojonom crvenom bojom sa širokim zelenim pojasom. Znak na vrhu može biti crveni valjak.

2. glavni kanal lijevo: stošcem, stupom ili motkom obojonom zelenom bojom sa širokim crvenim pojasom. Znak na vrhu može biti zeleni stožac s vrhom prema gore.



**Slika 6. Modificirane lateralne oznake [11]**

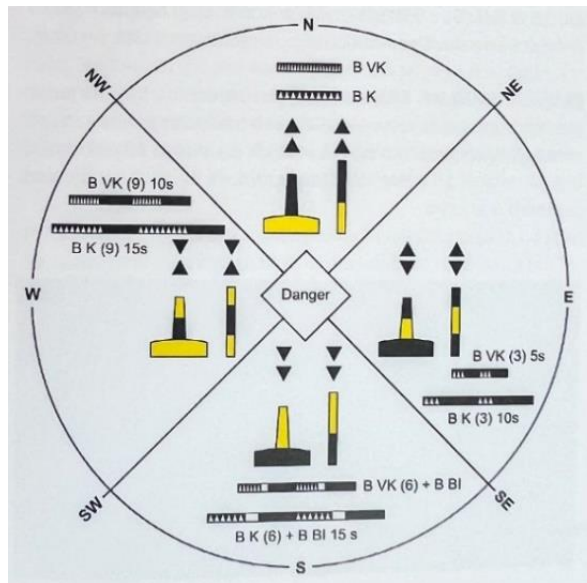
Svjetla kojima se označavaju strane kanala jesu:

1. na desnoj strani: zeleno svjetlo bilo koje karakteristike
2. na lijevoj strani: crveno svjetlo bilo koje karakteristike
3. modificirane lateralne oznake za označavanje glavnog kanala desno: crveno svjetlo s bljeskovima u grupi (2+1)
4. modificirane lateralne oznake za označavanje glavnog kanala lijevo: zeleno svjetlo s bljeskovima u grupi (2+1) [11].

### 5.1.2. Kardinalni (osnovni) sustav

U kardinalnom (osnovnom) sustavu utvrđuju se sjeverni (N), istočni (E), južni (S) i zapadni (W) kvadrant, koji su ograničeni smjerovima NE, SE, SW, NW računajući od središta opasnosti. Kvadrant na koji se odnosi oznaka kardinalnog sustava određuje naziv oznake (slika 7.) te označava kako treba proći po imenovanoj strani oznake. Oznakom kardinalnog sustava označavaju se najdublje vode u području na strani koja je obilježena oznakom te sigurna strana kojom treba proći pored opasnosti. Također, oznakom

kardinalnog sustava može se obilježiti i važnije mjesto u kanalu, primjerice zavoj, spajanje, račvanje ili završetak neke pličine [13].

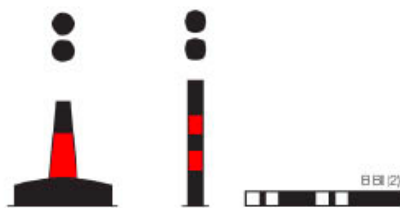


**Slika 7. Kardinalne oznake [13]**

Kardinalne oznake su crnožute boje, imaju oblik stupa ili motke te su prepoznatljive po dva crna stošca, jedan iznad drugoga i bijelim svjetlom. Razlikuju se po obojanosti, položaju stožaca i karakteristikama svjetla. Znak na vrhu treba biti odgovarajuće uočljive veličine, a stošci moraju biti jedan od drugoga vidljivo odijeljeni [11].

### 5.1.3. Oznaka usamljene opasnosti

Oznaka usamljene opasnosti (slika 8.) ima oblik stupa ili motke obojene crnom bojom, s jednim ili više širokih vodoravnih crvenih pojaseva s vrhom na kojem se nalaze dvije crne kugle. Oznaka usamljene opasnosti postavlja se u kanalima za označavanje hridi, grebena, pličine i drugih opasnosti uz mogućnost zaobilaženja oznake sa svih strana [11].



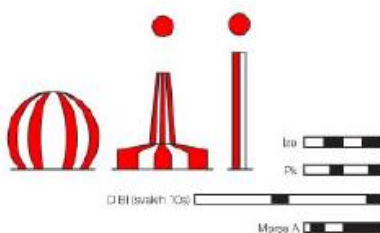
|                       |  |
|-----------------------|--|
| Znak na vrhu          | 2 crne kugle, jedna iznad druge  |
| Boja                  | Crna, s jednim ili više širokih pojasa                                       |
| Oblik                 | Bilo koji, ali različit od lateralnih oznaka (preporučuje se stup ili motka) |
| Svjetlo (ako postoji) | Bijelo   |
| Ritam                 | Bljeskovi po 2 u grupi   |

**Slika 8. Oznaka usamljene opasnosti [11]**

#### 5.1.4. Oznaka sigurne vode

Oznaka sigurne vode (slika 9.) ima oblik kugle, stupa ili motke, obojene okomitim crvenim i bijelim prugama. U slučajevima kada je oznaka sigurne vode u obliku stupa ili motke, znak na vrhu mora biti kugla crvene boje. Svjetlo oznake sigurne vode je bijelo izofazno svjetlo s pravilnim prekidima ili bijelo svjetlo s jednim dugim bljeskom svakih 10 sekundi ili Morse oznaka A (-.).

Oznakom sigurne vode označava se: sigurna voda oko oznake, središnja linija ili sredina kanala, ulaz u kanal, odnosno prilaz kanalu te prilaz ušću, luci ili obali. Oznakom sigurne vode može se zamijeniti lateralna (bočna) ili kardinalna (osnovna) oznaka radi označavanja prilaza obali [11].

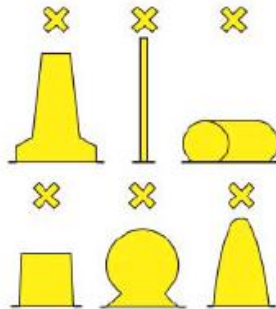


|                            |                                       |
|----------------------------|---------------------------------------|
| Boja                       | Crvene i bijele pruge                 |
| Oblik                      | Okrugao, plutača sa stupom ili motkom |
| Znak na vrhu (ako postoji) | Crvena kugla                          |
| Svjetlo (ako postoji)      | Bijelo                                |
| Ritam                      | Izo, Pk + D Bl 10s ili Morse A        |

**Slika 9. Oznaka sigurne vode [11]**

### 5.1.5. Posebne oznake

Posebne oznake (slika 10.) označavaju specifična područja, objekte ili zahvate koji su precizno ucrtani i opisani u službenim pomorskim navigacijskim kartama i publikacijama te objavljeni u *Oglasu za pomorce*. One se koriste za označavanje različitih mjesta i situacija na moru, kao što su sustavi za prikupljanje hidrometeoroloških i oceanografskih podataka, odvajanja prometa, istovarišta materijala, zone vojnih vježbi, podmorski kabeli, cjevovodi i ispusti, područja sportskih aktivnosti, polja za marikulturu, granice sidrišta i odobalni objekti. Ove oznake su obojene žutom bojom, mogu imati žuti znak X na vrhu i moraju se razlikovati po obliku od ostalih oznaka kako ne bi dovele navigatora u zabludu. Svjetlo koje se koristi na ovim oznakama žute je boje, s različitim karakteristikama od oznaka kardinalnog sustava, oznaka usamljenih opasnosti i oznaka sigurnih voda, kako bi se jasno razlikovale po noći i u uvjetima smanjene vidljivosti [11].



|                            |  |
|----------------------------|--|
| Boja                       | Žuta   |
| Oblik                      | Bilo koji, ali različit od ostalih oblika navigacijskih oznaka                             |
| Znak na vrhu (ako postoji) | Znak »X« žute boje   |
| Svjetlo (ako postoji)      | žuto   |
| Ritam                      | Bilo koji, osim ritam kardinalnih oznaka za usamljenu opasnost ili za oznake sigurnih voda |

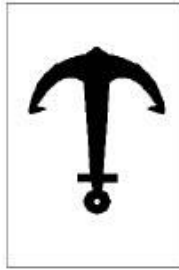
Slika 10. Posebna oznaka [11]

### 5.1.6. Signalne oznake pokrivenog smjera

Signalna oznaka pokrivenog smjera ima pravokutni ili trokutasti oblik i može biti bilo koje boje, pod uvjetom da su svjetla sinkronizirana i uočljiva. Karakteristiku svjetla, ako je oznaka opremljena svjetlima, određuje lučka kapetanija tako da se kontrastno ističe u odnosu na okolišnu pozadinu [11].

### 5.1.7. Oznaka zabranjenog sidrenja

U većini kanala, osobito u uskim kanalima, vrijede odredbe koje zabranjuju sidrenje. Oznaka zabranjenog sidrenja prikazuje se kao obrnuto sidro crne boje na bijeloj podlozi (slika 11.). U kanalima, prolazima i rijekama, ova oznaka postavlja se s obje strane, označavajući mjesta ulaza podmorskih kabela, cjevovoda i ispusta u more duž obale. Za označavanje krajnje točke podmorskih ispusta koriste se posebne oznake, koje su detaljno opisane u odlomku 5.1.5. [11].



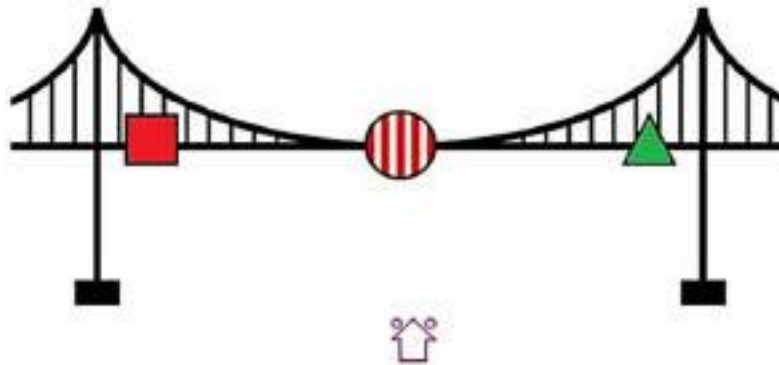
**Slika 11. Oznaka zabranjenog sidrenja [11]**

### 5.1.8. Označavanje mostova

Mostovi kao građevinske konstrukcije često se nalaze na plovnim putovima. Prema IALA A sustavu, mostovi se označavaju oznakama za dnevnu plovidbu – zelenom bojom s desne strane i crvenom bojom s lijeve strane. Ako je plovidba moguća kroz puni raspon mosta, oznake se postavljaju na stupovima mosta. U slučaju da je plovidba moguća samo kroz određeni dio raspona mosta, oznake se postavljaju iznad ili na plovnom kanalu, kako bi označile sigurne granice plovnog puta. Na desnoj strani postavlja se panel oblika istostraničnog trokuta obojen zelenom bojom s vrhom prema gore, dok se na lijevoj strani postavlja panel oblika kvadrata obojen crveno. Najsigurniji pravac plovnog puta određuje se ovisno o visini i širini mosta, dubini mora te režimu plovidbe u jednom ili oba smjera. Danju se najsigurniji pravac plovnog puta dodatno označava okruglim panelom s naizmjeničnim crvenim i bijelim okomitim prugama [11].

Mostovi se označuju noću specifičnim oznakama (slika 12.) koje uključuju zelena ritmička svjetla s desne strane i crvena ritmička svjetla s lijeve strane radi označavanja strana plovnog kanala. Najsigurniji pravac plovnog puta noću se označava bijelim svjetlom ili svjetlima smještenim ispod otvora mosta, što je u skladu s propisanim karakteristikama za označavanje sigurnih voda. U iznimnim slučajevima kapetanija može odobriti upotrebu

reflektirajućih materijala na dnevnim navigacijskim oznakama ili osvjetljavanje stupova mosta reflektorskim svjetlima [11].



**Slika 12. Shema označavanja mostova [11]**

Ovaj sustav označavanja primjenjuje se i na ostale konstrukcije i građevine koje se nalaze na plovnom putu, uključujući mostove u izgradnji te druge konstrukcije i građevine u izgradnji na plovnom putu. Osim označavanja mostova, konstrukcija i građevina dnevnim i noćnim oznakama, kapetanija može rješenjem propisati obvezu postavljanja dodatnih objekata sigurnosti plovidbe. To uključuje radarske reflektore, RACON-e za označavanje najsigurnijeg pravca plovnog puta, AIS AtoN uređaje te signale za maglu [11].

### **5.1.9. Oznaka ograničenja brzine**

Zakonski se regulira brzina prolaska kanalom te se postavlja oznaka ograničenja brzine. „Oznaka ograničenja brzine je bijela podloga s rubom ukošenih crvenobijelih pojaseva te crnom bojom upisana najveća dozvoljena brzina plovidbe s tekstom u gornjem dijelu oznake 'Upozorenje/Ograničenje brzine', a u donjem dijelu oznake 'Warning/Speed Limit'“ (Narodne novine, br. 181/04, 76/07, 146/08, 61/11, 56/13, 26/15, 17/19) [11].

Svaki se brod mora uvijek kretati sigurnosnom brzinom kako bi mogao poduzeti pravilnu i djelotvornu radnju za izbjegavanje sudara te kako bi se brod mogao zaustaviti na odgovarajućoj udaljenosti, među ostalim, uzimajući u obzir:

- stanje vidljivosti,
- gustoću prometa, uključujući koncentracije ribarskih ili bilo kojih drugih brodova,
- manevarske osobine broda, uzimajući u obzir zaustavni put i sposobnost okretanja broda u prevladavajućim okolnostima,
- prisutnost pozadinskih svjetala noću, kao što su svjetla na obali i reflektivno raspršivanje vlastitih svjetala,

- stanje vjetra, mora i morske struje, te blizina opasnosti za navigaciju i
- gaz broda u odnosu prema raspoloživoj dubini vode [11].

Kod plovidbe brodom uskim kanalima treba uvijek uzimati u obzir što više činjenica. U uskim kanalima zbog neprilagođene brzine može doći do oštećenja obalnih objekata i drugih brodova privezanih, i do tzv. indirektnog sudara [7].

## **5.2. SIGNALNE POSTAJE**

Signalne postaje su ključni objekti u sustavu pomorske signalizacije, posebno važni za regulaciju plovidbe kroz uske ili prometne plovne kanale. Kao stalne instalacije, ove postaje strateški su smještene na ključnim lokacijama unutar kanala i opremljene su semaforiskim svjetlima i drugim navigacijskim oznakama koje pomažu u regulaciji i sigurnosti plovidbe. Semaforiska svjetla koriste standardizirane boje – zelena za slobodan prolaz i crvena za zabranu plovidbe – kako bi jasno signalizirala uvjete plovidbe. Signalne postaje upravljane su iz centralnih kontrolnih centara, gdje operateri prate promet u realnom vremenu i prilagođavaju signale kako bi osigurali sigurnost i efikasnost plovidbe. Ove postaje omogućuju regulaciju protoka brodova, koordinaciju prolaza, upozoravanje na opasnosti i osiguranje sigurnosti plovidbe pružanjem jasnih vizualnih signala. Njihova pravilna funkcija ključna je za održavanje reda i sigurnosti u plovničkim kanalima, omogućavajući nesmetan i siguran promet brodova, što je vitalno za trgovinu, putnički promet i opću sigurnost na moru [11].

## **5.3. ELEKTRONIČKI OBJEKTI SIGURNOSTI PLOVIDBE**

U skupinu elektroničkih objekata sigurnosti plovidbe ubrajamo AIS AtoN, radar reflektor i RACON – radarski far odgovarač.

### **5.3.1. AIS AtoN**

Osim odgovarajućih svjetala i znakova, na oznake se mogu postaviti i uređaji. Jedan takav uređaj je AIS AtoN (engl. AIS AtoN – *Automatic identification system Aid to Navigation*). AIS AtoN je stvarni ili virtualni objekt sigurnosti plovidbe koji je od značaja za sigurnost plovidbe i prikazuje se kao elektronička oznaka na integriranom brodskom grafičkom elektroničkom sustavu. Prilikom označavanja plovničkih putova, AIS AtoN može se koristiti za označavanje opasnosti ili sigurnih plovničkih putova.



Stvarni AIS AtoN je fizički uređaj koji je postavljen na postojećem objektu sigurnosti plovidbe i prikazuje se kao elektronička oznaka na integriranom brodskom grafičkom elektroničkom sustavu. Sintetički AIS AtoN je elektronička oznaka koja se prikazuje na integriranom brodskom grafičkom elektroničkom sustavu, a povezana je sa stvarnim objektom sigurnosti plovidbe. Virtualni AIS AtoN je elektronička oznaka koja označava opasnost za sigurnost plovidbe, a prikazuje se na integriranom brodskom grafičkom elektroničkom sustavu na mjestu koje nije označeno fizičkim objektima sigurnosti plovidbe.

Svi tipovi AIS AtoN, bilo stvarni, sintetički ili virtualni, moraju udovoljavati svim važećim tehničkim i tehnološkim standardima, propisanim dokumentima IMO (Međunarodna pomorska organizacija), IALA (Međunarodna asocijacija za svjetionike i znakove), ITU (Međunarodna telekomunikacijska unija) i IEC (Međunarodna elektrotehnička komisija) [11][13].

### **5.3.2. Radarski kutni reflektor i radarski far**

Radarski reflektor i radarski far po potrebi ugrađuju se na objekte pomorske signalizacije. Uočavaju se radarom te se nazivaju radarskim oznakama za označavanje pomorskih plovinih putova. Radar reflektor je pasivna radarska oznaka, radarski far odgovarač je aktivna radarska oznaka.

Radarski reflektor je metalna reflektirajuća konstrukcija koja se otkriva radarom. Dvije su osnovne vrste radarskih farova. Obični radarski far tipa „Ramark – RAdar MARKer“ neprekidno emitira elektromagnetske valove, što ih otkriva brodski radar. Drugi tip je radarski far tipa „Racon – RAdar beaCON“, tzv. radarski far odgovarač, koji emitira povratni signal, tek kada ga pobudi elektromagnetski val emitiran iz broskog radara.

Radarske oznake koriste se za označavanje polja za marikulturu, podrtina i drugih novih opasnosti koje plutaju neposredno na površini te za označavanje mostova, konstrukcija i građevina [6][11].

## 6. REGULACIJA PLOVIDBE KANALIMA

Regulacija plovidbe pomorskim kanalima ključan je aspekt pomorske sigurnosti i efikasnosti. Pomorski kanali često su uski i prometni prolazi koji povezuju različite vodene putove pa je pravilna regulacija nužna za sprječavanje sudara i drugih nesreća. Regulacija plovidbe kanalima obuhvaća niz pravila o plovidbi kanalima. Osim toga, zapovjednici brodova moraju biti dobro upoznati s lokalnim pravilima i propisima, kao i s upotrebom navigacijskih uređaja. Efikasna regulacija plovidbe osigurava siguran i nesmetan prolaz brodova, štiteći živote, okoliš i imovinu te omogućuje održivi razvoj pomorskog prometa.

Svi kanali na svijetu se razlikuju po svojim dimenzijama (trasa, poprečni presjek i uzdužni profil dna). Dimenzije kanala povezane su s veličinom brodova koji mogu proći kanalom, tj. dimenzije kao što su dužina, širina, visina nadvodnog dijela broda te visina uronjenog dijela broda. Tako brodove dijelimo u različite kategorije ovisno o njihovoj veličini za plovidbu određenim kanalom. Kako smo već naveli, brodovi koji zadovoljavaju uvjete za plovidbu Panamskim kanalom svrstavaju se u kategoriju Panamax brodova, što znači da ovi brodovi svojim dimenzijama udovoljavaju zahtjevima i propisima koje nalaže plovidba Panamskim kanalom. Prilikom planiranja brodskih putovanja, važno je voditi se činjenicom kako svi brodovi ne mogu koristiti sve kanale na svijetu jer su ograničeni svojim dimenzijama [5].

Kanali, budući su umjetno prokopani, često su zatrpani raznim nanosima na morskom dnu, što je posljedica djelovanja valova ili morskih struja. Plovidba ovakvim kanalima može izazvati nasukavanje broda, a u najgorem slučaju i prodor vode. Stoga, potrebno je stalno pratiti dubinu ispod kobilice kako ne bi došlo do prethodno spomenutih situacija [5].

Iako će plovidbom određenim plovnim kanalima dubina ispod kobilice ponekad iznositi 0 metara, to se zanemaruje iz razloga što se radi o muljevitom morskom dnu po kojemu brod samo klizi, bez stvaranja oštećenja na brodskoj oplati. Takvi plovidbeni kanali se stalno moraju prokopati jer se nalaze na području gdje vanjski utjecaji poput struje i valova konstantno zatrpavaju plovidbeni put. [5].

## 6.1. OPĆA PRAVILA PLOVIDBE KANALIMA

Pravila za plovidbu kanalima osmišljena su kako bi se osigurala sigurnost i učinkovitost plovidbe u ovim uskim i često prometnim vodenim putovima. U ovom odlomku navest će se pravila za sigurnu plovidbu kanalima:

- ograničenja brzine postavljena su kako bi se spriječili sudari i oštećenja kanala i obala. Brzinu je potrebno smanjiti u uskim dijelovima kanala, blizini zavoja te u područjima s velikim prometom. U uvjetima smanjene vidljivosti, poput magle ili noći, plovila moraju smanjiti brzinu i koristiti dodatne navigacijske svjetiljke,
- brodovi koji plove kanalima moraju se, koliko je to moguće, držati vanjskog ruba kanala koji im se nalazi s njihove desne strane,
- veći brodovi, zbog svoje ograničene manevarabilnosti, obično imaju prednost prolaska nad manjim plovilima, kao što i brodovi koji izlaze iz uskog prolaza imaju prednost nad onima koji ulaze,
- ribarski brodovi ne smiju ometati prolaz drugim brodovima koji plove unutar uskog kanala,
- semafora svjetla reguliraju prolazak brodova kroz uske i zavojite dijelove kanala. Crveno svjetlo znači zaustavljanje, dok zeleno svjetlo označava slobodan prolaz,
- kanali se označavaju objektima sigurnosti plovidbe koji označavaju sigurne plovne putove, plitke dijelove i podvodne prepreke. Plovila moraju pratiti ove oznake kako bi izbjegla opasnosti,
- centri za kontrolu prometa nadziru kretanje plovila u realnom vremenu i izdaju obavijesti i upute koje brodovi moraju slijediti s ciljem uspostave prometno-plovidbenih tijekova u kojem svi sudionici pomorskog prometa ostvaruju postavljene ciljeve. Brodovi su dužni održavati stalnu radiokomunikaciju s centrima za kontrolu prometa,
- sidrenje ili zaustavljanje plovila u uskim dijelovima kanala je zabranjeno osim u hitnim slučajevima,
- brodovi moraju održavati sigurnu udaljenost od drugih plovila kako bi se izbjegli sudari,
- brodovi moraju koristiti zvukovne signale (sirene) za komunikaciju svojih namjera kao npr. namjera pretjecanja te

- pretjecanje je dozvoljeno samo na sigurnim dijelovima kanala gdje postoji dovoljno prostora. Pretjecanje u uskim i zavojitim dijelovima kanala je obično zabranjeno.

Ova pravila mogu varirati ovisno o specifičnostima kanala i lokalnim propisima te je važno biti upoznat s pravilima koja se primjenjuju na području plovidbe [4][5][9][10].

## **6.2. SUSTAVI USMJERAVANJA POMORSKOG PROMETA U POMORSKIM KANALIMA**

Sustavi usmjeravanja pomorskog prometa imaju cilj poboljšanja sigurnosti plovidbe naročito u područjima konvergencije plovidbenih pravaca, područjima velike gustoće prometa i ograničenim manevarskim prostorima, dubinom ili drugim uvjetima. Čine ih: sustavi odvojenog prometa (sheme odvojene plovidbe), područja priobalnog prometa, područja povećanog opreza, kružni tokovi, dvosmjerni plovidbeni pravci, preporučeni plovidbeni pravci, područja za plovidbu brodova velikog gaza i područja koja treba izbjegavati. U nastavku je dan opis sustava usmjeravanja pomorskog prometa koji se najčešće susreće u pomorskim kanalima i ulazima-izlazima pomorskih kanala.

Sheme odvojenog prometa u pomorskim kanalima predstavljaju ključan sustav upravljanja pomorskim prometom. Sheme su dizajnirane za razdvajanje suprotno usmjerenih tokova brodova kako bi se povećala sigurnost i smanjio rizik od sudara. Sheme uključuju jasno definirane plovidbene putove za brodove koji se kreću u suprotnim smjerovima, uz primjenu razdjelnih zona koje fizički ili simbolično odvajaju te tokove.

Dvosmjerni plovidbeni pravci su definirani za promet u oba smjera i koriste se u širim područjima gdje je moguće osigurati siguran prolaz brodova koji idu u suprotnim smjerovima. Ovi pravci obično imaju dovoljno prostora za prolaz brodova u oba smjera bez ugrožavanja sigurnosti.

Preporučeni plovidbeni pravci su rute koje su označene kao optimalne za plovidbu zbog sigurnosti, ekonomske isplativosti ili drugih razloga. Oni su posebno korisni u područjima sa složenim plovidbenim uvjetima ili gdje su prisutni mnogi plovidbeni pravci.

Kružni tokovi koriste se u područjima gdje se presijeca više plovidbenih pravaca. Središte kružnog toka uvijek je obilježeno plutačom koja jasno označava centar. U kružnom toku smjer plovidbe uvijek je suprotan od smjera kazaljke na satu, čime se standardizira kretanje i smanjuje mogućnost nesporazuma među brodovima. Kružni tokovi osiguravaju sigurnost i efikasnost prometa, standardiziraju kretanje i omogućuju jasnu navigaciju kroz

složene prometne zone, čime se smanjuje rizik od sudara i osigurava nesmetan protok brodova [5][9][10].

### 6.3. ODRŽAVANJE KANALA

Izgradnja kanala složena je i skupa investicija. Zato redovno i preventivno održavanje kanala od velike je važnosti jer se time sprječavaju zastoji u radu (izmakla dobit) i pomorske nesreće. Održavanje kanala obuhvaća održavanje infrastrukture i opreme kanala, održavanje objekata pomorske signalizacije te održavanje sigurnosti plovidbe kanalom, a najveća pažnja u održavanju kanala je usmjerena održavanju dubine kanala zbog zasipanja dna kanala [4].

Pod zasipanjem kanala razumijeva se taloženje vanjskog nanosa na iskopanom poprečnom profilu kanala. Talozenje je u nekim slučajevima, osobito kod otvorenih kanala, jako veliko i može iznositi godišnje do 20 % volumena kanala. U tim slučajevima potrebno je trošiti velike svote za održavanje plovnosti, odnosno dubine kanala. Zasipanje kanala ovisi o sastavu tla kroz koje je kanal iskopan, a utječu i vjetrovi i struje, koji izazivaju kretanje nanosa. U prvim godinama nakon izgradnje kanala dolazi do prirodnog formiranja kosina, tako da pojedine čestice pokosa mijenjaju svoj položaj, dok ne dostignu svoj prirodni kut pokosa. Stoga dolazi do stanovitog smanjenja poprečnih mjera kanala i do zatrpavanja zbog neizrađenosti kosina [6].

Dno kanala mora biti na sigurnoj udaljenosti od najdublje točke plovila. Dubina kanala se održava na sljedeće načine:

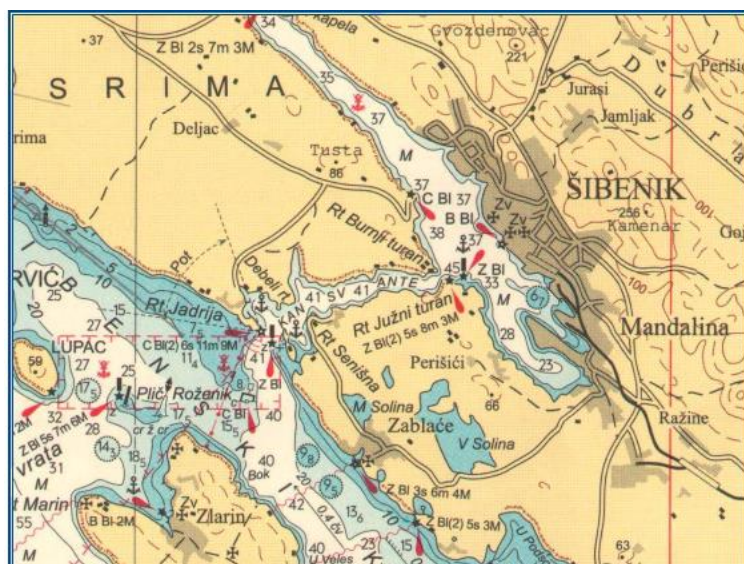
- poznavanjem djelovanja vanjskih čimbenika na dno kanala – pri projektiranju kanala jako je važno odrediti stupanj zasipanja, tj. odrediti količinu nanosa koji treba izjaružati svake godine jer od toga ovise troškovi eksploatacije kanala,
- jaružanjem na način da se izjaružana dubina iskopa dublje od potrebne dubine kako bi se stvorilo mjesta nanosima i povećalo vrijeme do novog jaružanja,
- provođenjem batimetrijskog mjerenja i
- postavljanjem opreme i izgradnjom infrastrukture koja reducira zasipanje.

Obalna infrastruktura podložna je oštećenjima od valova koja stvaraju plovila, pa ih treba popravljati. Brane i ustave traže pažljive i često veoma skupe popravke [4].

## 7. REGULACIJA PLOVIDBE KANALOM SV. ANTE I PROLAZOM MALI ŽDRELAC

### 7.1. KANAL SV. ANTE

Kanal sv. Ante predstavlja jedini ulaz u srednjodalmatinski grad Šibenik i za međunarodni promet otvorenu šibensku luku (slika 13.). Zbog svoje duljine od oko 1,4 nautičke milje koja ne ide pravocrtno, potrebno je često mijenjanje kursa u kraćim vremenskim intervalima. Širina kanala u najužem dijelu je 140 m. U sjeveroistočnom dijelu kanala obale su strme, a uz obalu su velike dubine, dok su dubine u kanalu preko 40 metara [14][15].



**Slika 13. Kartografski prikaz Kanala sv. Ante [15]**

Zbog morskih struja (na području sjeverno od ulaza u kanal prevladava izlazna struja brzine i do 3 čvora za jakog dotoka rijeke Krke) i povremeno jakog vjetrova (izloženost SW i NE vjetrovima, koji pušu duž kanala), kanal je s aspekta navigacije jako težak za plovību. Mimoilaženje brodova preko 50 BT-a unutar kanala je opasno za sigurnost plovību, zbog čega je uveden sustav nadzora i upravljanja plovībom kanalom [14][15].

Kroz Kanal sv. Ante prometuju brodovi u linijskoj nacionalnoj plovību (jedna trajektna, jedna brodska i jedna brzobrodska linija), teretni brodovi u međunarodnoj plovību (rasuti teret, fosfati i urea, generalni teret, aluminiј, uvoz i izvoz rezane drvene građe i proizvoda od drva), putnički brodovi za kružna putovanja, veliki broj jahti do 500 BT, manji

broj jahti većih od 500 BT, znatan broj manjih turističkih plovila i brodica, naročito tijekom ljetnih mjeseci [16].

Iz tablice 2. vidljivo je povećanje broja plovila od sredine proljeća do početka jeseni, tj. za vrijeme turističke sezone, pošto u tom razdoblju brodovi u linijskoj nacionalnoj plovidbi imaju povećan broj linija. U istom periodu povećan je i broj brodova na kružnim putovanjima kako u nacionalnoj tako i u međunarodnoj plovidbi. Ipak, najveće povećanje broja plovila odnosi se na manje jahte [17].

Usporedbom ukupnog godišnjeg broja prolazaka brodova preko 50 BT Kanalom sv. Ante za 2019. i 2022. godinu (2020. i 2021. godina nisu razmatrane zbog utjecaja pandemije COVID virusa) vidljiv je pad za oko 6 %. Ukupan mjesečni broj prolazaka brodova preko 50 BT Kanalom sv. Ante za 2018., 2019. i 2022. godinu je vrlo sličan za tri promatrane godine, s nešto većim brojem prolazaka u srpnju 2019. godine.

**Tablica 2. Prolazak brodova preko 50 BT Kanalom sv. Ante [17]**

|               | <b>2018</b>  | <b>2019</b>  | <b>2022</b>  |
|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Siječanj      | 512          | 520          | 530          |
| Veljača       | 520          | 492          | 502          |
| Ožujak        | 641          | 608          | 578          |
| Travanj       | 670          | 695          | 634          |
| Svibanj       | 1006         | 1028         | 943          |
| Lipanj        | 1290         | 1286         | 1236         |
| Srpanj        | 1447         | 2028         | 1478         |
| Kolovoz       | 1495         | 1349         | 1504         |
| Rujan         | 1151         | 1240         | 1185         |
| Listopad      | 696          | 787          | 768          |
| Studen        | 581          | 492          | 509          |
| Prosinac      | 547          | 593          | 540          |
| <b>Ukupno</b> | <b>10556</b> | <b>11118</b> | <b>10407</b> |

Ako se uzmu u obzir i manja plovila, ukupni pomorski promet značajno je veći u odnosu na onaj prikazan u tablici 2. Prema Carić, H., N. Cukrov i D. Omanović (2021), vidljivo je da je u zimskom periodu broj prolazaka oko dvije do tri tisuće mjesečno, dok je ljeti taj broj oko 25.000 mjesečno. Tako ukupni godišnji promet svih plovila kroz kanal iznosi oko 120.000, iz čega proizlazi kako brodovi veći od 50 BT čine do 10 % ukupnog prometa [18].

Nadzor plovidbe kroz Kanal sv. Ante obavljaju VTS (engl. *Vessel Traffic Service*) Hrvatska, Lučka kapetanija Šibenik i trgovačko društvo Plovput. VTS centar Split nadležan je za sektor upravljanja i sektor manevriranja luke Šibenik. VTS provodi posredni nadzor nad pomorskom plovidbom (radar, AIS, dvije kamere). Lučka kapetanija i trgovačko društvo Plovput provode neposredni nadzor nad pomorskom plovidbom u kanalu. Plovput provodi nadzor plovidbe u kanalu preko signalne postaje Jadrija koja regulira prolaz brodova većih od 50 BT [16].

Sustav za nadzor i upravljanje plovidbom Kanalom Sv. Ante sastoji se od Centra za nadzor i upravljanje i dvije signalne postaje sa semaforским svjetlima, Jadrija i Martinska (slika 14.), smještenim na ulazima u kanal. Veza između Centra i signalnih postaja, odnosno semaforских svjetala je žičana, odnosno putem UHF radijskog modema [15].



**Slika 14. Semaforска svjetla na signalnim postajama Jadrija i Martinska [15]**

#### **7.1.1. Naredba o plovidbi Kanalom sv. Ante**

Promet Kanalom sv. Ante reguliran je *posebnom Naredbom o plovidbi prolazom u šibensku luku (Narodne novine, br. 9/07), tj. Naredbom o plovidbi u prolazu u šibensku luku, u Pašmanskome tjesnacu, u prolazu Mali Ždrelac i Vela vrata, rijekama Neretvom i Zrmanjom, te o zabrani plovidbe Pelješkim, Koločepskim, Unijskim kanalom i kanalom Krušija, te dijelovima Srednjega kanala, Murterskoga mora i Žirjanskoga kanala* [20].

U naredbi se navodi sljedeće da brod preko 50 BT i svaki brod s tegljem može ploviti kanalom samo ako mu Centar za nadzor i upravljanje (u daljnjem tekstu Centar) na njegovo traženje dozvoli plovidbu kroz kanal i označi svjetlom da je plovidba kanalom slobodna.



Navedeni brod dozvolu za uplovljavanje u kanal traži putem VHF<sup>1</sup> radiotelefonske veze na kanalu 9. Dozvola se traži 10 minuta prije dolaska pred ulaz u kanal ili 10 min prije isplovljavanja iz luke Šibenik. Ako se navedeni brod namjerava zadržati u kanalu, dužan je o tome obavijestiti Centar. Kada brod započne plovidbu iz kanala, kanal mora biti zatvoren za plovidbu drugih brodova.

Brod do 50 BT, osim broda s tegljem, može ploviti kanalom uvijek i bez dozvole, ploveći desnom stranom kanala te za vrijeme plovidbe, dužan je sklanjati se s puta drugim brodovima te ih propuštati pri ulasku/izlasku iz kanala. Brod preko 20.000 DWT može ploviti kanalom samo uz pomoć dvaju tegljača, a brod preko 10.000 DWT nosivosti može ploviti kanalom samo uz pomoć jednoga tegljača. Ako brod prilikom plovidbe kroz kanal pretrpi nezgodu pa ne može nastaviti plovidbu, dužan je o tome obavijestiti Centar koji će o tome izvijestiti Lučku kapetaniju Šibenik radi poduzimanja radnji i/ili davanja odgovarajućih uputa.

Signale koji označuju da je plovidba kroz kanal slobodna, odnosno zabranjena, daje Centar koji se nalazi na objektu Jadrija s lijeve strane vanjskog ulaza u kanal. Stalno zeleno svjetlo smješteno na ulazima u kanal s jedne i druge strane, s vanjske strane na signalnoj kućici Centra objekta Jadrija, a s unutrašnje strane na poziciji rta Burnji, označava kako je plovidba slobodna danju i noću. Stalno crveno svjetlo na istim pozicijama kao i zelena svjetla označava, kako je plovidba zabranjena danju i noću. Domet svjetala je 1 NM. Također se smatra kako je plovidba kanalom zabranjena i kad na pozicijama svjetala nije istaknuto nikakvo svjetlo. Svjetla pokrivaju kut od 100° s jedne i druge strane ulaza u kanal. Prolazom broda subočice tim svjetlima, ista više nisu vidljiva u samom kanalu i brod tada koristi postojeća svjetla pomorske signalizacije.

Redoslijed plovidbe brodova kroz kanal određuje se prema vremenu traženja odobrenja za plovidbu. Prednost u redu plovidbe imaju hrvatski ratni brodovi, hrvatski javni brodovi, kao i brodovi koji obavljaju redovitu prugu s objavljenim redom plovidbe. Brod koji kanalom prolazi s vanjske strane kanala, prolaskom rta Burnji dužan je izvijestiti Centar kako je kanal slobodan pošto vanjska strana kanala nije vidljiva s Jadrije.

---

<sup>1</sup> VHF radijski kanal je kanal za radiotelefoniju u VHF valnom području (od 156 MHz do 174 MHz), kako su definirani Prilogom 18, Međunarodnog pravilnika o radiokomunikacijama Međunarodne telekomunikacijske unije (ITU). Za rad VHF pomorske radijske službe koristi se 56 VHF kanala, od kojih VHF kanal 16 (156.800 MHz) služi za pozivanje i komunikaciju u slučaju pogibelji te za pozivanje u svrhu ostale komunikacije; VHF kanal 70 (156.525 MHz) služi za DSC poziv, bez obzira na vrstu poziva, dok ostali VHF kanali služe za sve ostale vrste komunikacije [19].

Brod dok plovi kanalom ne smije, osim u slučaju nužde ili sigurnog manevriranja, pretjecati drugi brod ili ploviti brzinom koja može izazvati valove koji mogu nanijeti štetu brodovima i drugim objektima u kanalu. Brzina plovidbe kanalom ne smije biti veća od 10 čvorova.

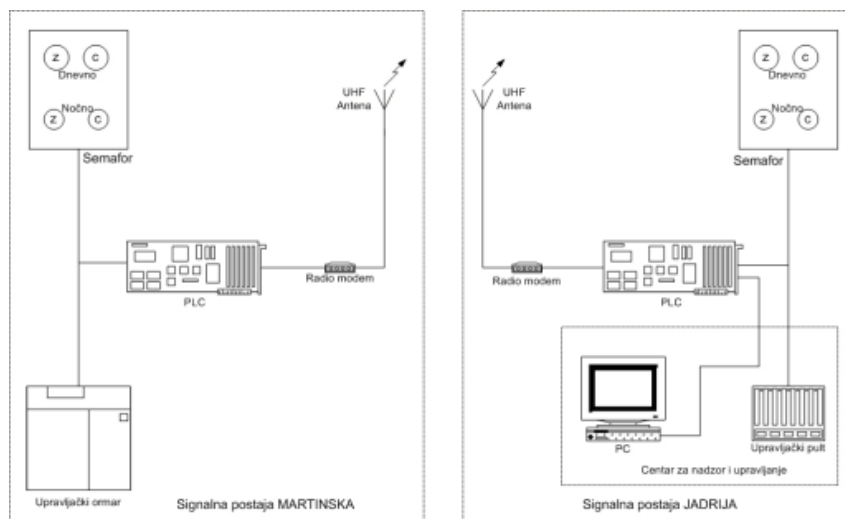
Zabranjeno je sidrenje broda u kanalu i pred vanjskim ulazom u kanal, na prostoru ograničenom paralelama koje prolaze kroz svjetla na Tvrđaci sv. Nikole i pličini Roženik, meridijanom koji prolazi kroz svjetla na Tvrđavu sv. Nikole te meridijanom koji dodiruje najistočniju točku obale otoka Lupac. Sidrenje brodica i kupanje dozvoljeno je samo u uvalama kanala do njihovoga vanjskog ruba [20]

### **7.1.2. Sustav za nadzor i upravljanje plovidbom Kanalom sv. Ante**

Centar za nadzor i upravljanje nalazi se u sklopu signalne postaje Jadrija i opremljen je računalom i pultom pomoću kojih se, uz danonoćnu službu (24 sata), nadzire i upravlja plovidbom kanalom. Sa semaforskim svjetlima povezan je putem žičane veze, odnosno putem UHF radijskog modema (slika 15.).

Osim što operator ima mogućnost upravljanja semaforskim svjetlima s jedne i druge strane kanala (paljenje i gašenje svjetla), on u svakom trenutku na ekranu ima podatke o:

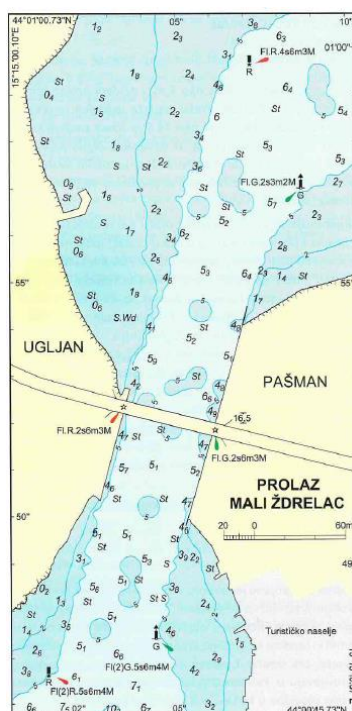
- svjetlima na obje strane kanala (crveno ili zeleno, dnevno ili noćno svjetlo, ispravnost pojedinog svjetla i žarulje),
- prethodnim i trenutnim alarmnim stanjima (vrijeme nastanka alarma i vrsta alarma),
- plovilima koja prolaze kanalom (ime plovila, pripadnost, BT, vrijeme njegovog ulaska i izlaska iz kanala, smjer plovidbe),
- stanju uređaja za upravljanje i komunikaciju (ispravnost radiomodema i automata),
- napajanju uređaja (glavno ili rezervno),
- stanju uređaja za napajanje (ispravnost punjača, pretvarača 12/24 V, pretvarača 12/220 V, sklopa za prebacivanje s glavnog na rezervno napajanje, napon akumulatorske baterije i struja punjenja),
- sigurnosno stanje objekta (u redu ili provaljeno) i
- ostalim podacima (kvarovima, popravku i izmjeni pojedinog uređaja) [15].



Slika 15. Shema sustava za nadzor i upravljanje plovidbom Kanalom Sv. Ante [15]

## 7.2. PROLAZ MALI ŽDRELAC

Mali Ždrelac je uski, produbljeni i ozidani prolaz između otoka Ugljana i Pašmana. Prolaz povezuje Srednji kanal i Zadarski kanal (kartografski prikaz na slici 16.). Otoci Ugljan i Pašman povezani su cestovnim mostom izgrađenim preko prolaza na stupovima visine oko 16,5 m iznad srednje razine mora [21].



Slika 16. Kartografski prikaz prolaza Mali Ždrelac [21]

U najužem dijelu prolaza, preko kojega je već spomenuti most, širina prolaza je 56 m, dok se širina plovnog puta kreće od 40 m. Dužina prolaza je oko 230 m, a najmanje dubine u prolazu su oko 5 m (najmanja dubina u kanalu iznosi 4,7 m od hidrografske nule). SW i NE vjetrovi uzrokuju valovito more u prolazu. Morske struje u prolazu su promjenjivog smjera, ovisno o morskim mijenama, brzine do 4 čvora između zidova. Izvan zidova brzina struje znatno je slabija [21].

26. srpnja 2012. godine dovršeno je zadnje proširenje prolaza, čime je omogućena dvosmjererna plovidba, odnosno mimoilaženje manjih plovila. Jedino ograničenje koje trenutno postoji je nemogućnost mimoilaženja dvaju većih plovila, zbog čega su brodari (Jadrolinija i G&V Line) prilagodili plovidbeni red.

Prolaz Mali Ždrelac označen je svjetlećim objektima pomorske signalizacije. Ploveći iz Srednjeg kanala, desna strana prolaza označena je zelenim kulama i zelenim bljeskajućim svjetlima, a lijeva crvenima. Sredina prolaza Mali Ždrelac označena je dvama svjetlima, crvenim s lijeve strane i zelenim s desne strane, postavljenima ispod mosta. U srednjem dijelu luke Ždrelac, u osi prolaza je crvena kula na bloku u moru s crvenim bljeskajućim svjetlom [21].

Prolaz koriste brodovi koji održavaju jednu redovnu trajktnu liniju, redovne brzobrodske linije, ribarski brodovi te razna plovila za razonodu. Zadar (Gaženica) – Bršanj (Iž) – Rava – Mala Rava, jedina je trajktna linija koja prolazi kroz prolaz Mali Ždrelac. Jadrolinijin trajekt *Mate Balota* (IMO 8619912) s gazom 2,9 metara i s visinom nadgrađa manjom od visine mosta iznad prolaza, primarni je trajekt za navedenu trajktnu liniju. Redovne brzobrodske linije kroz prolaz Mali Ždrelac također povezuju Zadar i otoke Dugi otok, Iž i Rava, što je ujedno i najkraći plovni put između Zadra i navedenih otoka. Prolaz je za ribarske brodove najkraći put između ribarske luke Gaženica i Srednjeg kanala [22].

Službeni podatci o ukupnom broju plovila kroz prolaz Mali Ždrelac ne postoje, iako je planirano uvođenje brojila prometa. Ukupan dnevni promet broja plovila kroz prolaz Mali Ždrelac je najveći za ljetnih mjeseci i iznosi oko 900 plovila s najvećim udjelom plovila od pet do deset metara<sup>2</sup>. Dnevni promet za vrijeme jeseni i proljeća procijenjen je na oko 200 plovila dnevno<sup>3</sup>. Usporedbom ovih poznatih podataka, može se pretpostaviti kako je ukupan dnevni promet u zimskom periodu oko 100 plovila dnevno. U konačnici, zbrojem svih

---

<sup>2</sup> Do broja od oko 900 plovila dnevno u prolazu Mali Ždrelac za vrijeme ljetnih mjeseci došao je kapetan Slavko Bačić koji je 17. srpnja 2010. godine brojao plovila.

<sup>3</sup> Dana 4. listopada 2023. godine autor rada, za potrebe istraživanja, izbrojao je ukupan promet od 68 plovila od 9 do 13 sati, iz čega je zaključeno kako za taj period godine ukupan promet plovila iznosi do 200 dnevno.

podataka, dolazimo do ukupnog godišnjeg broja plovila kroz prolaz u iznosu od oko 12.600 plovila s najvećim udjelom plovila za turističke izlete i ribolov<sup>4</sup>.

### **7.2.1. Regulacija plovidbe prolazom Mali Ždrelac**

Za plovidbu prolazom Mali Ždrelac vrijede posebni uvjeti sigurnosti pomorske plovidbe koji su doneseni od strane Ministarstva pomorstva, prometa i infrastrukture *Pravilnikom o izmjenama i dopunama Pravilnika o sigurnosti pomorske plovidbe u unutarnjim morskim vodama i teritorijalnom moru Republike Hrvatske* te načinu i uvjetima obavljanja nadzora i upravljanja pomorskim prometom. U Članku 50.ć navodi se sljedeće:

- prolaz Mali Ždrelac jest morski prostor na približno 44 00'52"N - 015 15'21.5"E,
- prednost u plovidbi prolazom Mali Ždrelac imaju brodovi, jahte i brodice koji uplovljavaju sa sjeveroistočne strane,
- iznimka su putnički brodovi u redovnoj liniji s objavljenim redom plovidbe te oni imaju prednost u odnosu na sve druge plovne objekte,
- brod i jahta dok plovi prolazom ne smije, osim u slučaju nužde ili sigurnog manevriranja, pretjecati drugi brod odnosno jahtu ili ploviti brzinom koja može izazvati valove koji mogu nanijeti štetu brodovima i drugim objektima u prolazu Mali Ždrelac te ne smije ploviti brzinom većom od 8 čvorova, i koliko god je to sigurno i izvedivo, mora se držati uz vanjski rub kanala odnosno plovnog puta koji se nalazi s njegove desne strane,
- brodice te jahte do 30 BT, bez obzira na smjer plovidbe, ne smiju ometati plovidbu broda,
- brod i jahta dužni su prije uplovljavanja u prolaz Mali Ždrelac dati dugi zvučni signal i najaviti prolazak na VHF radijskom kanalu VTS sektora i
- zabranjeno je sidrenje, jedrenje, zadržavanje i ribolov u prolazu Mali Ždrelac te neposredno pred ulazom i izlazom iz prolaza [23].

### **7.2.2. Analiza potrebe uvođenja semaforских svjetala u prolaz Mali Ždrelac**

Na postavljenu hipotezu rada, postoji li potreba uvođenja sustava za nadzor i upravljanje plovidbom prolazom Mali Ždrelac tj. semaforских svjetala po uzoru na sustav za nadzor i upravljanje plovidbom Kanalom sv. Ante, odgovor ćemo dobiti uz pomoć tablice 4.

---

<sup>4</sup> Tri zimska mjeseca s 100 prolazaka dnevno, tri proljetna i tri jesenska mjeseca sa po 200 prolazaka dnevno te tri mjeseca sa po 900 prolazaka dnevno ( $3 \times 30 \times 100 + 6 \times 30 \times 200 + 3 \times 30 \times 900 = 126000$ ).

Kanal sv. Ante jedini je plovidbeni put do grada Šibenika, luke Šibenik, područja rijeke Krke i Prokljanskog jezera, prvenstveno luke i marine Skradin. Prolaz Mali Ždrelac jedan je od tri značajna plovidbena puta prema luci Zadar, luci Gaženica i više marina u Zadru te marini Dalmacija, najvećoj marini u Hrvatskoj<sup>5</sup>. Glavni plovidbeni put za velike brodove koji idu s otvorenog mora prema luci Zadar vodi kroz Kvarnerička vrata odnosno između otoka Grujica i Lutrošnjak te kroz Silbanski kanal, odnosno između otoka Silbe i Premude [24].

Kanal sv. Ante koristi se za plovidbu svih vrsta plovila. Najveći brodovi koji prolaze kanalom su brodovi za kružna putovanja približne duljine do 220 metara. Navigacijska obilježja prolaza Mali Ždrelac, kao što su širina plovnog puta, dubina i cestovni most iznad prolaza, ograničavaju plovidbu prolazom. Najveći brod koji prolazi kroz prolaz Mali Ždrelac, trajekt je koji mora imati manju visinu nadgrađa od visine cestovnog mosta. Kroz prolaz prolaze manji brodovi, ponajprije plovila nautičkog turizma i ribarski brodovi.

Kroz Kanal sv. Ante i prolaz Mali Ždrelac promet plovila je vrlo intenzivan u ljetnim mjesecima, dok je tijekom zimskih mjeseci ograničen na putničke brodove u redovnoj liniji i manji broj teretnih brodova. Tijekom ljetnih mjeseci dolazi do znatnog povećanja prometa plovila zbog turizma odnosno plovidbe do otoka šibenskog te zadarskog arhipelaga.

I Kanal sv. Ante i prolaz Mali Ždrelac ne omogućuju dvosmjernu neometanu plovidbu dvaju većih plovila. Zbog toga je razvijen sustav za nadzor i upravljanje plovidbom Kanalom sv. Ante uz pomoć semaforских svjetala, dok je taj problem u prolazu Mali Ždrelac riješen usklađivanjem brodskih linija na relaciji grad Zadar i otoci Dugi otok, Iž i Rava.

Ukupan godišnji promet svih plovila kroz oba prolaza je sličan, s razlikom što kroz prolaz Mali Ždrelac ne prolaze brodovi za kružna putovanja i veći teretni brodovi [24].

Brzina je ograničena u oba prolaza. Isto tako se mora voditi računa o strujama u oba prolaza koje su izraženije u prolazu Mali Ždrelac. Također, u oba prolaza plovila moraju mijenjati smjer plovidbe [21].

Trenutno regulacijom plovidbe Kanalom sv. Ante upravlja trgovačko društvo Plovput s pet operatera kojima je radno mjesto u postojećim objektima, Jadrija i Martinska. Uzmemo li u obzir pet radnika s mjesečnom brutom plaćom oko 2.000,00 EUR te nadodamo li još 1.000,00 EUR mjesečno za održavanje opreme i objekata, godišnji trošak sustava za nadzor i upravljanje Kanalom sv. Ante iznosi oko 132.000,00 EUR. Uvođenje sustava za

---

<sup>5</sup> Marina Dalmacija sa svojih 1200 vezova u moru najveća je luka nautičkog turizma na istočnoj obali Jadranskog mora.

nadzor i upravljanje prolazom Mali Ždrelac iziskuje troškove, navedene u tablici 3, oko 222.000,00 EUR. Uvođenjem semaforne regulacije prometa u prolazu Mali Ždrelac došlo bi do potrebe zaposlenja više osoba, o čijem bi broju ovisio godišnji trošak održavanja.

**Tablica 3. Prolaz Mali Ždrelac – procjena troškova izgradnje sustava regulacije plovidbe – PTL (Port Traffic Lights)<sup>6</sup>**

| Opis radova  | Procjena vrijednosti |
|--|----------------------|
| Građevinski dio – izgradnja dva objekta sigurnosti plovidbe na prilazima kanalu. | 65.000,00 EUR        |
| Nabava i ugradnja dva LED semafora svjetla s dometom od jedne nautičke milje.    | 60.000,00 EUR        |
| Nabava i ugradnja sustava upravljanja svjetlima.                                 | 55.000,00 EUR        |
| Nabava i ugradnja kamera s brojačem plovila.                                     | 42.000,00 EUR        |
| UKUPNO:  | 222.000,00 EUR       |

U Kanalu sv. Ante nema većih nesreća, dok se u prolazu Mali Ždrelac za vrijeme turističke sezone ističe učestalo ponavljanje istog tipa nesreće, udara jedrilica u cestovni most<sup>7</sup>, što uzrokuje zatvaranje kanala i mogućnost oštećenja naponskog kabela na mostu. Kod procjene rizika promatranih pomorskih prolaza izdvaja se promet većih teretnih brodova odnosno promet većih brodova Kanalom sv. Ante u odnosu na prolaz Mali Ždrelac.

Iz usporedbe s Kanalom sv. Ante, i iz navedenih podataka o prolazu Mali Ždrelac, procjenjuje se kako je trenutno uređenje pomorskog prometa u prolazu Mali Ždrelac na granici zadovoljavajućeg. No, uzevši u obzir:

- nemogućnost odvijanja neometanog dvosmjernog prometa većih plovila,
- tendenciju rasta prometa kroz prolaz zbog sve većeg broja plovila u najmu,
- ograničenost prolaza visinom cestovnog mosta – nesreća, udara plovila o cestovni most,
- relativno malu širinu i dubinu prolaza,
- potrebu za promjenom smjera plovidbe kroz prolaz,

<sup>6</sup> Iznosi procjene vrijednosti iz Tablice 3 dobiveni su 22. srpnja 2024. godine od Plovputovog inspektora za nautičke poslove s napomenom kako nisu obuhvaćeni troškovi ishođenja lokacijske dozvole i koncesijskog odobrenja sukladno *Zakonu o pomorskom dobru i morskim lukama*.

<sup>7</sup> Prema dostavljenim podacima Lučke kapetanije Zadar, na dan 26. veljače 2024. godine, u zadnjih 8 godina zabilježeno je 13 pomorskih nesreća u kojima je došlo do udara jarbola jedrilica u cestovni most iznad prolaza Mali Ždrelac, što je rezultiralo privremenim zatvaranjem pomorskog prometa kroz prolaz.

- jako djelovanje morskih struja,
- stav ribara koji je „za“ uvođenje semaforne regulacije plovidbe i
- važnost i ekološku osjetljivost prolaza,

proizlazi zaključak kako bi uvođenje semaforne regulacije plovidbe prolazom doprinijelo sigurnosti plovidbe, najviše u korist onih koji redovno koriste prolaz, a to su ribarski brodovi i lokalno stanovništvo.

**Tablica 4. Usporedba Kanala sv. Ante i prolaza Mali Ždrelac [14]**

|  | Kanal sv. Ante  | Prolaz Mali Ždrelac                                   |
|--|---|---|
| Mogućnost neometanog dvosmjernog prometa             | Ne  | Ne  |
| Jedini prilaz većem gradu                            | Da  | Ne  |
| Ukupni godišnji promet svih plovila                  | ≈ 120.000   | ≈ 126.000   |
| Najveći dnevni promet plovila                        | ≈ 1400  | ≈ 900   |
| Minimalna širina plovnog puta                        | 140 m   | 40 m  |
| Dubina plovnog puta                                  | oko 40 m  | oko 5 m   |
| Ograničenost visine                                  | Ne  | Da  |
| Godišnji trošak održavanja regulacije plovidbe s PTL | Pet radnika + dvije zgrade + oprema<br>≈ 140.000,00 EUR | Pretpostavka od 3 radnika + oprema<br>≈ 76.000,00 EUR |
| Učestalost pomorskih nesreća                         | Ne  | Da (udar u cestovni most)                             |
| Promjena smjera plovidbe                             | Da  | Da  |
| Dopuštena brzina                                     | do 10 čv  | do 8 čv   |
| Utjecaj morskih struja                               | do 3 čv   | do 4 čv   |
| Usluge peljarenja                                    | Da  | Ne  |
| Promet većih teretnih brodova                        | Da  | Ne  |



## **8. PRIJEDLOG REGULACIJE PLOVIDBE PROLAZOM MALI ŽDRELAC**

Kao rezultat rada u, ovom odlomku iznesen je prijedlog uvođenja regulacije plovidbe kroz prolaz Mali Ždrelac uz korištenje semaforских svjetala. Prijedlog se temelji na uvođenju semaforских svjetala s daljinskom regulacijom, čime bi prolaz Mali Ždrelac postao moderni prolaz opremljen naprednim navigacijskim sustavima i centrom za kontrolu prometa s ciljem omogućavanja nadzora i upravljanja plovidbom prolazom u realnom vremenu.

### **8.1. ANALIZA PROMETA U PROLAZU MALI ŽDRELAC**

Prije uvođenja semaforске regulacije, potrebno je napraviti analizu prometa u samom prolazu uz pomoć brojila prometa, tj. plovila. Uvođenje brojila plovila predstavlja ključni korak u analizi pomorskog prometa prolazom s mogućnošću preciznog praćenja broja i vrste plovila te pruža mogućnost identificiranja rizika i izrade strategija za upravljanje regulacijom plovidbe u prolazu. Analizom podataka dobivenih (npr. nakon tri godine) uz pomoć brojača plovila dobiva se uvid u pomorski promet prolazom, tj. obrasci prometa tijekom određenih dana ili perioda dana, što pridonosi optimizaciji rasporeda prolaska brodova, smanjenju zagušenja i minimiziranju vremena čekanja. Također, podatci prikupljeni brojilom prometa mogu se koristiti za analizu utjecaja pomorskog prometa na morski ekosustav [4].

Implementacija brojila plovila nije samo tehničko pitanje, već uključuje i razvoj odgovarajućih algoritama za obradu i analizu podataka s mogućnošću modeliranja i simuliranja pomorskog prometa za predviđanje budućih trendova u prometu i otkrivanje anomalija koje bi mogle ukazivati na potencijalne sigurnosne incidente. Na taj način integracija brojila plovila u sustav upravljanja regulacije plovidbe kanalom prolazom Mali Ždrelac, predstavljala bi značajan napredak prema inteligentnijem i održivijem upravljanju [4][13].

Tijelo javne vlasti – u ovom primjeru Lučka kapetanija Zadar, ili Zadarska županija ili općine na predmetnom području – može samo postaviti brojilo plovila ili zadužiti nekog drugog za postavljanje istog i praćenje prometa prolazom. Nakon prikupljenih podataka o prometu prolazom te izvršene analize, ako se dokaže potreba uvođenja semaforске regulacije plovidbe prolazom, Lučka kapetnija Zadar (kao područna jedinica Ministarstva mora, prometa i infrastrukture u sastavu Uprave) dužana je aktualizirati predmetnu problematiku. Plovput d.o.o., kao državna tvrtka za održavanje pomorskih plovnih putova zadužena je za

sljedeći korak, izradu studije utjecaja na okoliš, idejnog projekta i glavnog projekta temeljem kojeg se ishodi rješenje o prihvatljivosti zahvata na okoliš, lokacijska dozvola i građevinska dozvola. Prije početka radova, potrebno je osigurati financijska sredstva [13].

## **8.2. IZGRADNJA SEMAFORSKIH SVJETALA U PROLAZU MALI ŽDRELAC**

Investicijski građevinski radovi obuhvaćaju izgradnju dvaju objekata sigurnosti plovidbe sa semaforiskim svjetlima. Potrebna je izgradnja objekata za svaki prilaz, ili na kopnu, ili na bloku u moru, ovisno o određenoj poziciji smještanja objekata tako da semaforiska svjetla budu vidljiva svim sudionicima u pomorskom prometu. Također je potrebno za oba ulaza odrediti pozicije za čekanje na prolazak prolazom. Potrebno je potom nabaviti opremu: svjetla, konstrukcije, sustav napajanja, ostalu opremu i opremu za daljinsko upravljanje. Semaforiska svjetla je potrebno opremiti LED svjetlima s podešenim dometom od jedne nautičke milje za dan i noć. Napajanje svjetala može se izvesti pomoću solarnih panela. Također je potrebno odrediti visinu na koju se postavljaju svjetla zbog pozadinskih osvjetljenja i osvjetljenja cestovnog mosta u prolazu. Nakon izgradnje objekata sa svom opremom, potrebno je provesti testiranja svjetala u svim uvjetima (dan-noć, sunačno-kišno-maglovito vrijeme). Operateri koji će upravljati i održavati sustav, trebaju proći kroz odgovarajuću obuku i upoznati se sa specifičnostima akvatorija u kojem se nalazi prolaz Mali Ždrelac. Naposljetku je potrebno informirati javnost kako bi se ažurirali informacijski sustavi s novim pravilima, a pomorci informirali o uvođenju novih semaforiskih svjetala i njihovom značenju. Svakako treba vršiti redovite preglede, redovna i preventivna održavanja semaforiskih svjetala kako bi se osigurao njihov neprekidan rad [4][13].

Raspored rada semaforiskih svjetala potrebno je uskladiti s potrebama najvećih brodova, a to su u ovom slučaju trajekti i brodovi za prijevoz putnika te ribarski brodovi. Uzmemo li u obzir kako se oko 65 % ukupnog prometa prolazom Mali Ždrelac odvija za vrijeme ljeta, a oko 79 % za vrijeme turističke sezone, svakako raspored rada semaforiskih svjetala treba uskladiti i sa zbivanjima tijekom turističke sezone. Predlaže se uvođenje brojila prometa i kamera, čime bi se nakon jedne godine dobili točniji podatci te se time omogućilo ažuriranje rasporeda rada semaforiskih svjetala [4][13].

### **8.3. PROCJENA UČINKA UVOĐENJA SEMAFORSKE REGULACIJE PROMETA U PROLAZU MALI ŽDRELAC**

Nakon određenog broja godina preporučljivo je provesti procjenu učinka uvođenja semaforne regulacije prometa u prolazu Mali Ždrelac. Potrebno je analizirati podatke o pomorskim incidentima, čime se pruža jasan pokazatelj uzroka incidenata. Praćenje prometa plovila, kako u broju tako i u vrstama plovila, omogućit će uvid u promjene u obrascima plovidbe. Mjerenje prosječnog vremena prolaska plovila kroz prolaz ukazat će na efikasnost novog sustava u smanjenju zagušenja i čekanja. Ekološki utjecaj može se pratiti kroz podatke o zagađenju i studije o promjenama u morskom ekosustavu. Povratne informacije prikupljene putem anketa među pomorcima, ribarima i lokalnim vlastima također će pružiti vrijedne kvalitativne uvide u percepciju poboljšanja sigurnosti [4][9].

Analiza performansi semaforne sustava, uključujući broj kvarova i učinkovitost održavanja također je ključna za ocjenu tehničke pouzdanosti sustava. Financijska analiza koja uključuje procjenu troškova i ušteda vezanih uz održavanje sustava i smanjenje broja nesreća, dodatno će osigurati cjelovitu procjenu učinka. Kombinacija ovih podataka omogućit će kvantitativnu i kvalitativnu procjenu poboljšanja sigurnosti plovidbe, pružajući temelj za daljnje prilagodbe i unaprjeđenja sustava u prolazu Mali Ždrelac [4][9].

## 9. ZAKLJUČAK

U ovom diplomskom radu obrađena je tema pomorskih kanala s naglaskom na označavanje i regulacije plovidbe pomorskim kanalima. Nadalje, u radu su istraženi ključni aspekti pomorskih kanala s ciljem razumijevanja njihove važnosti za globalnu trgovinu i sigurnost plovidbe. Poznavanje utjecaja vanjskih čimbenika na kanale i definiranje dimenzija glavnih elemenata kanala, preduvjet je uspješnog modeliranja kanala, čime se u konačnici omogućuje prvi preduvjet sigurnosti plovidbe te efikasniji i ekonomičniji prijevoz tereta i putnika. S obzirom na rastuće izazove kao što su klimatske promjene i porast prometa, daljnja istraživanja i inovacije bit će ključni za osiguranje održivosti i prosperiteta pomorske industrije u 21. stoljeću.

Uspoređena su dva pomorska kanala u Republici Hrvatskoj, Kanal sv. Ante i prolaz Mali Ždrelac. Usporedbom kanala može se uočiti niz sličnosti, kao i niz različitosti dvaju kanala. Glavna sličnost je nemogućnost odvijanja neometanog dvosmjernog prometa, dok su glavne razlike regulacija plovidbe i razlika prometa većih (teretnih) brodova. Kao rezultat usporedbe poznatih podataka o kanalima, odgovor na hipotezu rada je da trenutno postoji potreba za uvođenjem sustava za nadzor i upravljanje plovidbom prolazom Mali Ždrelac, po uzoru na sustav za nadzor i upravljanje plovidbom Kanalom sv. Ante. Potreba uvođenja sustava za nadzor i upravljanje plovidbom prolazom Mali Ždrelac najočitija je u ljetnim mjesecima za vrijeme trajanja turističke sezone.

Važno je napomenuti da su pomorski kanali vitalna infrastruktura globalne trgovine te je njihova sigurna i učinkovita regulacija ključna uloga u održavanju međunarodne povezanosti i prosperiteta. Stoga je nužno kontinuirano ulaganje u istraživanje, tehnološki razvoj i međunarodnu suradnju kako bi se osigurala stabilnost i održivost ovih ključnih prometnih arterija.

## LITERATURA

- [1] Bariche M.; Bernardi G.: *Lack of a genetic bottleneck in a recent Lessepsian bioinvader, the blue-barred parrotfish, *Scarus ghobban**, Mol Phylogenet Evol, 2009, 53, str. 592-595.
- [2] Hjp.hr – Hrvatski jezični portal: <https://hjp.znanje.hr/> (pristupljeno: 05.09.2023.).
- [3] kanali. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje (Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2013 – 2024. (pristupljeno 05.09.2023.).
- [4] PIANC: *Harbour Approach Channels Design Guidelines*. PIANC Report No 121. 2014. Permanent International Association of Navigational Congresses.
- [5] Blajić, M.: *Manevriranje i plovidba brodom u zonama odvojene plovidbe i uskim kanalima*, završni rad, Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet, Split, 2019.
- [6] *Pomorska enciklopedija, I. izdanje, sv. 1–8*, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb, 1954–64.
- [7] Radulić, R.: *Manevriranje brodom*, Profil International d.o.o., Zagreb, 2001.
- [8] Ship Channel Design and Operation [https://webstore.ansi.org/preview-pages/ASCE/preview\\_9780784471159.pdf](https://webstore.ansi.org/preview-pages/ASCE/preview_9780784471159.pdf) (pristupljeno: 15.10.2023.).
- [9] *Puertos del Estado. ROM 3.1-99: Recommendation for Design of the Maritime Configuration of Ports, Approach Channels and Harbour Basins*, Puertos del Estado [Ports of the State], Madrid, Spain. 1999.
- [10] Jašić, D.; Belamarić, G.; Gundić, A.: *Međunarodna pravila o izbjegavanju sudara na moru*, Sveučilište u Zadru - Pomorski odjel, Zadar, 2011.
- [11] Ministarstvo pomorstva, prometa i infrastrukture. Pravilnikom o sustavu obilježavanja plovnih putova i objektima sigurnosti plovidbe. URL: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2020\\_04\\_39\\_830.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2020_04_39_830.html) (pristupljeno 5.9.2023.) .
- [12] IALA – International Association Of Marine Aids To Navigation And Lighthouse Authorities. URL: <https://www.iala-aism.org/>. (pristupljeno 2.9.2023.).
- [13] Plovput d.o.o. trgovačko društvo s ograničenom odgovornošću za održavanje pomorskih plovnih putova i radijske službe. URL: <https://www.plovput.hr/> (pristupljeno 18.8.2023.).
- [14] *Peljar I, Jadransko more-istočna obala*, HHI, Split, 2012.
- [15] Plovput d.o.o. trgovačko društvo s ograničenom odgovornošću za održavanje pomorskih plovnih putova i radijske službe Sustav za nadzor i upravljanje plovidbom

- Kanalom Sv. Ante. URL:  
[https://www.plovput.hr/Portals/5/docs/hr/Kanal\\_Sv\\_Ante.pdf](https://www.plovput.hr/Portals/5/docs/hr/Kanal_Sv_Ante.pdf). (pristupljeno 20.8.2023.),
- [16] Lušić, Z.; Uhoda Š.: *Analiza prometa kroz kanal sv. Ante*, Kapetanov glasnik, 38-39, 2020, str. 20-28.
- [17] *Evidencija prometa kroz Kanal sv. Ante signalne postaje Jadrija*, Plovput Split, Plovno područje Šibenik, 2018, 2019, 2023.
- [18] Carić, H.; Cukrov, N.; Omanović, D.: *Nautical Tourism in Marine Protected Areas (MPAs): Evaluating an Impact of Copper Emission from Antifouling Coating, Sustainability*, 2021, 13, 11897. <https://doi.org/10.3390/su132111897>
- [19] Ministarstvo pomorstva, prometa i infrastrukture: *Pravilnik o sigurnosti pomorske plovidbe u unutarnjim morskim vodama i teritorijalnom moru Republike Hrvatske te načinu i uvjetima obavljanja nadzora i upravljanja pomorskim prometom*, datum tiskanog izdanja: 27.6.2013. URL: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013\\_06\\_79\\_1640.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_06_79_1640.html). (pristupljeno 31.8.2023.).
- [20] Ministarstvo mora, turizma, prometa i razvitka: *Naredba o plovidbi u prolazu u šibensku luku, u Paš-manskom tjesnacu, u prolazu Mali ždrelac i Vela vrata, rijekama Neretvom i Zrmanjom, te o zabrani plovidbe Pelješkim, Koločepskim, Unijskim kanalom i kanalom Krušija, te dijelovima Srednjega kanala, Murterskoga mora i Žirjanskoga kanala*, datum tiskanog izdanja: 24.1.2007. URL: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2007\\_01\\_9\\_386.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2007_01_9_386.html). (pristupljeno 2.9.2023.).
- [21] *Peljar za male brodove, II. Dio - Sedmovraće - Rt Oštra*, HHI, Split, 2020.
- [22] Magaš, D.; Faričić, J.: *Geografske osnove razvitka otoka Ugljana*. Geoadria, 2000, 5 No.1. 5. 10.15291/geoadria.154.
- [23] Ministarstvo mora, turizma, prometa i razvitka: *Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o sigurnosti pomorske plovidbe u unutarnjim morskim vodama i teritorijalnom moru Republike Hrvatske te načinu i uvjetima obavljanja nadzora i upravljanja pomorskim prometom*, datum tiskanog izdanja: 27.5.2015. URL: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015\\_05\\_57\\_1123.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_05_57_1123.html). (pristupljeno 2.9.2023.)
- [24] *Prometno-plovidbena studija – plovna područja Primorsko-goranske, Ličkosenjske, Zadarske i Šibensko-kninske županije*, 2015, Pomorski fakultet Rijeka.

## POPIS SLIKA

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Slika 1. Podjela plovnog put ovisno o raspoloživoj dubini i širini [4] .....</b>          | <b>2</b>  |
| <b>Slika 2. Elementi širine kanala [4] .....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>Slika 3. Oblik valova pri plovidbi brodom u plitkoj vodi [7] .....</b>                    | <b>8</b>  |
| <b>Slika 4. Shema procesa izgradnje kanala [4] .....</b>                                     | <b>14</b> |
| <b>Slika 5. Lateralne (bočne) oznake [11] .....</b>  | <b>17</b> |
| <b>Slika 6. Modificirane lateralne oznake [11] .....</b>                                     | <b>18</b> |
| <b>Slika 7. Kardinalne oznake [13] .....</b>   | <b>19</b> |
| <b>Slika 8. Oznaka usamljene opasnosti [11] .....</b>  | <b>20</b> |
| <b>Slika 9. Oznaka sigurne vode [11] .....</b>   | <b>20</b> |
| <b>Slika 10. Posebna oznaka [11] .....</b>   | <b>21</b> |
| <b>Slika 11. Oznaka zabranjenog sidrenja [11] .....</b>                                      | <b>22</b> |
| <b>Slika 12. Shema označavanja mostova [11] .....</b>  | <b>23</b> |
| <b>Slika 13. Kartografski prikaz Kanala sv. Ante [15] .....</b>                              | <b>30</b> |
| <b>Slika 14. Semaforska svjetla na signalnim postajama Jadrija i Martinska [15] .....</b>    | <b>32</b> |
| <b>Slika 15. Shema sustava za nadzor i upravljanje plovidbom Kanalom Sv. Ante [15] .....</b> | <b>35</b> |
| <b>Slika 16. Kartografski prikaz prolaza Mali Ždrelac [21] .....</b>                         | <b>35</b> |

## **POPIS TABLICA**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Tablica 1. Minimalni korisni životni vijek za plovne kanale u godinama [9] .....</b>   | <b>12</b> |
| <b>Tablica 2. Prolazak brodova preko 50 BT Kanalom sv. Ante [17].....</b>   | <b>31</b> |
| <b>Tablica 3. Prolaz Mali Ždrelac – procjena troškova izgradnje sustava regulacije<br/>plovidbe – PTL (Port Traffic Lights) .....</b> | <b>39</b> |
| <b>Tablica 4. Usporedba Kanala sv. Ante i prolaza Mali Ždrelac [14] .....</b>   | <b>40</b> |



## POPIS KRATICA

|  |  |
|--|--|
| AIS (engl. <i>Automatic Identification System</i> )  | Automatski identifikacijski sustav   |
| AtoN (engl. <i>Aid to Navigation</i> )   | Pomoć za navigaciju  |
| GPS (engl. <i>Global Positioning System</i> )  | Globalni sustav za pozicioniranje  |
| IALA (engl. <i>International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities</i> ) | Međunarodno udruženje uprava pomorske signalizacije i sredstava za pomorsku navigaciju |
| IMO (engl. <i>International Maritime Organization</i> )  | Međunarodna pomorska organizacija  |
| PIANC (engl. <i>World Association for Waterborne Transport Infrastructure</i> )                        | Svjetsko udruženje za infrastrukturu vodenog prometa                                   |
| PTL (engl. <i>Port Traffic Lights</i> )  | Pomorska semaforska svjetla  |
| UKC (engl. <i>Under Keel Clearance</i> )   | Dubina ispod kobilice  |
| UHF (engl. <i>Ultra High Frequencies</i> )   | Ultra visoke radijske frekvencije  |
| VHF (engl. <i>Very High Frequencies</i> )  | Vrlo visoke radijske frekvencije   |
| VTS (engl. <i>Vessel Traffic Service</i> )   | Služba nadzora pomorske plovidbe   |