

# Prilog optimizaciji sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa

---

**Mišura, Antonija**

**Doctoral thesis / Disertacija**

**2023**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:637481>

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

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



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

*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**Antonija Mišura**

**PRILOG OPTIMIZACIJI SUSTAVA  
OBALNOG LINIJSKOG  
POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA**

**DOKTORSKA DISERTACIJA**

Rijeka, svibanj 2023.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**Antonija Mišura**

**PRILOG OPTIMIZACIJI SUSTAVA  
OBALNOG LINIJSKOG  
POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA**

**DOKTORSKA DISERTACIJA**

Mentor: izv. prof. dr. sc. Ana Perić Hadžić

Komentor: doc. dr. sc. Marko Gulić

Rijeka, svibanj 2023.

**UNIVERSITY OF RIJEKA**  
**FACULTY OF MARITIME STUDIES**

**Antonija Mišura**

**CONTRIBUTION TO OPTIMIZATION  
OF THE COASTAL LINER MARITIME  
PASSENGER TRANSPORT SYSTEM**

DOCTORAL DISSERTATION

Mentor: Assoc. prof. Ana Perić Hadžić

Co-mentor: Assis. prof. Marko Gulić

Rijeka, May 2023.

Mentor doktorske disertacije: izv. prof. dr. sc. Ana Perić Hadžić

Komentor: doc. dr. sc. Marko Gulić

Doktorska disertacija obranjena je dana 27. 6. 2023. na Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci pred povjerenstvom u sastavu:

1. prof. dr. sc. Alen Jugović, predsjednik
2. doc. dr. sc. Dražen Žgaljić, član
3. prof. dr. sc. Anita Gudelj, član

## ZAHVALA

Zahvaljujem mentorici izv. prof. dr. sc. Ani Perić Hadžić na podršci te na konstruktivnim primjedbama, prijedlozima i smjernicama bez kojih bi tijekom izrade ove doktorske radnje izgledao drukčije, a rezultati bi zasigurno bili skromniji. Također, zahvaljujem komentoru doc. dr. sc. Marku Guliću koji mi je pomogao korisnim savjetima u definiranju istraživačke metodologije kao polazne pozicije u izradi disertacije te oblikovanju i tumačenju rezultata istraživanja. Njihovi savjeti, znanje i motivacija su uvelike utjecali na realizaciju ovog rada.

Hvala svima koji su mi pomagali u provedbi istraživanja, osobito prof. dr. sc. Damiru Vukičeviću čiji su me savjeti doveli do rješenja brojnih nedoumica i pitanja.

Zahvaljujem Pomorskomu fakultetu u Splitu i njegovu dekanu, prof. dr. sc. Peri Vidanu što su me podržavali tijekom poslijediplomskog studija i u radu na doktorskoj disertaciji.

Velika hvala izv. prof. dr. sc. Ivanu Komaru na razumijevanju i na očinskoj brizi za moju doktorsku disertaciju i budućnost. Njegovo često pitanje *Što je s tim doktoratom?* bi me pokatkad nasmijalo, pokatkad potaknulo na razmišljanje, a nekad naljutilo. No, uvijek sam znala da se radi samo o njegovoj želji da pravovremeno i što odgovornije ispunjavam svoje obveze.

Veliku zahvalu upućujem roditeljima i obitelji koji su oduvijek moje sigurno utočište, izvor snage i inspiracije.

I nakraju, veliko hvala Teu na podršci koju mi je bezrezervno iskazivao tijekom rada na ovome zahtjevnom poslu.

## SAŽETAK

Temeljni uvjet za uspješan gospodarski razvoj svake suvremene države je učinkovit prometni sustav. Pomorske države, u okviru učinkovitoga prometnog sustava, suočavaju se i sa složenim pitanjem prometne povezanosti otoka s kopnom i otoka međusobno. Pitanje prometne povezanosti otoka s kopnom i otoka međusobno je izraženije što je veći koeficijent razvedenosti obale i što je razina naseljenosti otoka izraženija. Prometnu povezanost otoka s kopnom i otoka međusobno, njihov utjecaj na gospodarski razvoj i demografsku sliku otoka te na kvalitetu života otočnog stanovništva su obrađivali brojni znanstvenici, ali tema optimizacije u pomorskoputničkom prometu, s naglaskom na optimalnu iskoristivost postojećih resursa sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa nije dovoljno istražena. Ova doktorska disertacija je doprinos za promišljanje mogućnosti optimizacije u pomorskoputničkom prometu. Glavni cilj istraživanja je bio oblikovati model za optimizaciju sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa. S modelom koji se koristio odgovarajućim Edmondsovim algoritmom i metodama teorije grafova određuje se optimalan raspored brodova s aspekta potrošnje pogonskog goriva i dostupnosti brodova, odnosno ravnotežom ovih dvaju ciljeva unutar postojeće mreže brodskih linija. Njegovom primjenom se postiže veća učinkovitost postojeće prometne povezanosti otoka s kopnom i otoka međusobno te se stvaraju preduvjeti za unaprjeđenje i dugoročnu održivost sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa s ekološkoga, društvenog i ekonomskog aspekta. Od ove doktorske disertacije se očekuje da znanstveno doprinosi sustavnoj analizi obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa te analizi prometne i pomorske politike na području Europske unije, definiranju baznih kriterija u sparivanju broda i brodske linije te izradi i primjeni modela optimizacije sustava radi unaprjeđenja i stvaranja preduvjeta za njegov održivi razvoj. Razvijeni model optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa primjenjiv je u pomorskom prometu za subjekte koji kreiraju politiku održivoga prometnog razvitka, kao što su država i brodari. Država ovaj model može koristiti u odabiru optimalnijeg broda za određenu brodsku liniju što utječe na racionalnije financiranje državnih brodskih linija i daljnje ulaganje u razvoj sustava, a brodari s pomoću ovog modela mogu efikasnije koristiti svoje resurse radi boljšeg tržišnog pozicioniranja.

Ključne riječi: pomorskoputnički promet, prometna povezanost, optimizacija, dugoročno održivi razvitak

## ABSTRACT

A fundamental requirement for the successful economic development of any modern country is an efficient transport system. Within the framework of an efficient transport system, maritime countries additionally face the complex problem of transport connection between islands and the mainland as well as between islands. The higher the coast indentation index and population density, the more pronounced the problem of the traffic connection between the islands and the mainland. The transport connection of the island with the mainland and between the islands, its influence on the economic development and demographic profile of the island, and the quality of life of the island population is a topic that has been addressed by numerous scientists. However, the field of optimization in maritime passenger transport, with an emphasis on the optimal utilization of the existing resources of the coastal liner maritime passenger transport system, has not been sufficiently researched. This doctoral dissertation gives a contribution to the optimization of maritime passenger transport. The main goal of the research is to create a model for the optimization of the coastal liner maritime passenger transport system. Using the appropriate Edmonds algorithm and graph theory methods, the model determines the optimal arrangement and distribution of ships, from the aspect of fuel consumption and from the aspect of ship availability, i.e., the balance between these two goals, within the existing liner network. In this way, a higher efficiency of the existing transport connection between the island and the mainland and between the islands will be achieved, and conditions for the improvement and long-term sustainability of the coastal liner maritime passenger transport system from an ecological, a social, and an economic point of view will be created. Therefore, the expected scientific contribution of this doctoral dissertation is the systematic analysis of the coastal liner maritime passenger transport system, the analysis of the transport and maritime policies in the European Union, the definition of basic criteria for matching a ship with a shipping line, and the creation and application of a system optimization model with the aim of improving and creating preconditions for the sustainable development of the coastal liner maritime passenger transport system. The developed optimization model for the coastal liner passenger transport system is applicable in maritime transport for entities that create a policy of sustainable transport development, such as the state and shipping companies. The state can use this model in the selection of the optimal ship for a given shipping line, which has an impact on more rational financing of the state shipping lines and further investment in the development of the



system, while the shippers using this model can use their resources more efficiently to better position themselves in the market.

Keywords: maritime passenger traffic, transport connection, optimization, long-term sustainable development

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA .....	2
1.2. ZNANSTVENA HIPOTEZA I POMOĆNE HIPOTEZE .....	3
1.3. SVRHA I CILJ ISTRAŽIVANJA.....	4
1.4. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA.....	5
1.5. ZNANSTVENE METODE ISTRAŽIVANJA .....	8
1.6. OBRAZLOŽENJE STRUKTURE RADA .....	10
1.7. OČEKIVANI ZNANSTVENI DOPRINOS I PRIMJENA REZULTATA.....	11
<b>2. ZNAČAJKE POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA</b> .....	<b>13</b>
2.1. POJAM POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA .....	13
2.2. VRSTE POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA.....	15
2.2.1. Linijski pomorskoputnički promet .....	16
2.2.2. Turistički pomorskoputnički promet.....	18
2.2.3. Pomorskoputnički promet prema zemljopisnom obuhvatu.....	19
2.3. POVIJESNI RAZVOJ POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA .....	19
<b>3. TRENDVI U RAZVOJU SUSTAVA OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA</b> .....	<b>21</b>
3.1. PROMETNA I POMORSKA POLITIKA.....	22
3.1.1. Prometna i pomorska politika Europske unije .....	24
3.1.2. Pomorska kabotaža u Europskoj uniji.....	30
3.1.3. Javne subvencije kao naknada za obveze javne usluge.....	31
3.2. ANALIZA OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA NA PODRUČJU EUROPSKE UNIJE .....	32
3.2.1. Obalni linijski pomorskoputnički promet u Italiji.....	34
3.2.2. Obalni linijski pomorskoputnički promet u Grčkoj .....	38

3.2.3. Obalni linijski pomorskoputnički promet u Hrvatskoj.....	41
<b>4. ODRŽIVI RAZVOJ OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA .....</b>	<b>45</b>
4.1. POJAM ODRŽIVOG RAZVOJA U PROMETU.....	45
4.2. ELEMENTI ODRŽIVOSTI OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA.....	47
4.2.1. Društvena održivost obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa.....	47
4.2.2. Ekološka održivost obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa .....	48
4.2.3. Ekonomska održivost obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa .....	52
<b>5. PRIJEDLOG OPĆEG MODELA OPTIMIZACIJE SUSTAVA OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA.....</b>	<b>54</b>
5.1. CILJ OPTIMIZACIJE SUSTAVA OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA .....	54
5.2. FUNKCIJE CILJA OPTIMIZACIJE SUSTAVA OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA .....	59
5.2.1. Prva funkcija cilja optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa - potrošnja pogonske energije .....	60
5.2.2. Druga funkcija cilja optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa – dostupnost brodova .....	60
5.3. TEORIJSKE ODREDNICE ZA IZRADU MODELA OPTIMIZACIJE OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA .....	61
5.3.1. Važnije značajke modela i modeliranja .....	61
5.3.2. Metodologija za izradu modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa.....	67
5.4. RAZINE OBLIKOVANJA MODELA OPTIMIZACIJE SUSTAVA OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA .....	77
5.4.1. Prva razina oblikovanja modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa - s aspekta potrošnje pogonske energije.....	77

5.4.2. Druga razina oblikovanja modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa – s aspekta dostupnosti brodova.....	83
5.4.3. Treća razina oblikovanja modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa – kompromisni pristup .....	87
<b>6. TESTIRANJE MODELA OPTIMIZACIJE SUSTAVA OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA NA PRIMJERU REPUBLIKE HRVATSKE</b>	<b>93</b>
6.1. ZNAČAJKE I CILJEVI PROMETNE I POMORSKE POLITIKE REPUBLIKE HRVATSKE.....	93
6.2. ANALIZA SUSTAVA OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA U REPUBLICI HRVATSKOJ .....	97
6.2.1. Pravni okvir sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa u Republici Hrvatskoj .....	104
6.2.2. Organizacija sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa u Republici Hrvatskoj .....	121
6.2.3. Analiza i ocjena stanja sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa u Republici Hrvatskoj.....	123
6.3. OBLIKOVANJE MODELA OPTIMIZACIJE SUSTAVA OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA NA PRIMJERU REPUBLIKE HRVATSKE ..	138
6.3.1. Optimalan raspored brodova s posljedicom manje potrošnje energije.....	140
6.3.2. Optimalan raspored brodova s aspekta dostupnosti brodova .....	159
6.3.3. Kompromisni pristup optimalnomu rasporedu brodova unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa.....	166
<b>7. PRIJEDLOG AKTIVNOSTI ZA IMPLEMENTACIJU PREDLOŽENOG MODELA OPTIMIZACIJE SUSTAVA OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA .....</b>	<b>179</b>
<b>8. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>184</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>191</b>
<b>POPIS TABLICA.....</b>	<b>205</b>
<b>POPIS GRAFOVA.....</b>	<b>208</b>

<b>POPIS SHEMA .....</b>	<b>211</b>
<b>POPIS SLIKA.....</b>	<b>211</b>
<b>ŽIVOTOPIS.....</b>	<b>212</b>

# 1. UVOD

Obalni linijski pomorskoputnički promet je sustav od izrazite važnosti za sve pomorske države. Osnova sustava je da je prometna povezanost otoka s kopnom i otoka međusobno učestala i pouzdana, što je osnovni uvjet demografskih, ekonomskih i gospodarskih kretanja u smjeru održivog razvoja i života na otocima. Život na otoku ima mnoge prednosti, ali i brojne ograničavajuće čimbenike zbog fizičke odvojenosti od kopna. Otočno stanovništvo na raspolaganju mora imati učestalu i pouzdanu prometnu povezanost kako bi se u najvećoj mogućoj mjeri umanjili nedostaci života na otoku. Prometna povezanost otoka s kopnom i otoka međusobno je složeno pitanje te se s njime suočavaju sve pomorske države. Odgovarajućom zakonskom regulativom, strategijom gospodarskog razvoja i državnim programima se potiče učinkovit i održiv razvoj prometnog povezivanja otoka s kopnom te otoka međusobno, a učinkovit prometni sustav temeljni je uvjet za uspješan gospodarski razvoj svake moderne države. Upravo ovom segmentu doprinosi primjena modela učinkovitijeg korištenja postojećih resursa u okviru obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa jer se njime racionalizira iskoristivost postojećih resursa te se smanjuje potrošnja pogonske energije, što podrazumijeva smanjenu emisiju štetnih plinova i financijsko rasterećenje. Primjena modela učinkovitijeg korištenja postojećih resursa u okviru obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa omogućuje dugoročnu održivost s ekološkoga, društvenog i ekonomskog aspekta.

Slijedom navedenog, ova doktorska disertacija doprinosi stvaranju koncepta za efikasniji sustav obalnog linijskog pomorskog prometa optimalnijim rasporedom brodova radi manje potrošnje energije, odnosno manje emisije štetnih plinova u atmosferu, nižih operativnih varijabilnih troškova te maksimiziranja dostupnosti i što adekvatnijeg brodogovlja.

Uvodni dio doktorske disertacije sadržava sljedeće cjeline:

- 1) Problem, predmet i objekti istraživanja,
- 2) Znanstvena hipoteza i pomoćne hipoteze,
- 3) Svrha i cilj istraživanja,
- 4) Pregled dosadašnjih istraživanja,
- 5) Znanstvene metode istraživanja,
- 6) Obrazloženje strukture rada te
- 7) Očekivani znanstveni doprinos i primjena rezultata istraživanja.

## 1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA

Svaka pomorska država koja u svome teritorijalnom sastavu ima otoke, teži uspostaviti funkcionalnoga pomorskog sustava kako bi osigurala što bolju prometnu povezanost otoka s kopnom i otoka međusobno. Što je obala razvedenija, problem prometne povezanosti otoka s kopnom i otoka međusobno je izraženiji. Sustavom obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa se pokušava osigurati stalna i čvrsta prometna povezanost otoka s kopnom i otoka međusobno. Obalnim linijskim pomorskoputničkim prometom upravlja država, jer je prometna povezanost otoka s kopnom te otoka međusobno osnovni preduvjet zadržavanja otočkog stanovništva te ostvarenja njegova održiva razvoja. Država ima obvezu svakomu svomu stanovniku, tako i otočanima, osigurati određeni životni standard što je zbog geografskih karakteristika teže realizirati na otocima. S druge strane, otočani ne smiju biti diskriminirani zbog života na određenu prostoru, a njihova kvaliteta života uvelike ovisi o prometnoj povezanosti s kopnom i otocima međusobno, jer jedino dobrom prometnom povezanošću mogu zadovoljiti svoje životne potrebe. Bez sigurne i dobre prometne povezanosti otoka s kopnom i otoka međusobno nije moguće razvijati gospodarske i društvene aktivnosti, što utječe na naseljenost, životni standard, stopu nataliteta i razvijenost otoka. Dugoročnim planiranjem i razvojnim strategijama te prometnom i pomorskom politikom država kreira sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa odgovarajućom skrbi, kako o naseljenim otocima izražene gospodarske i društvene aktivnosti, tako i o onima s niskom stopom naseljenosti, s tek jednim ili dva stanovnika. Bez potpore države razvoj nije moguć jer brodari bez financijske isplativosti ne mogu održavati brodske linije. Zato država sufinancira neprofitabilne brodske linije koje su dio sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa, ali i određuje vrste brodskih linija i njihovu učestalost. Također, državni aparat može utjecati na nezadovoljavajuću razinu pomorskoprometne povezanosti kopna i otoka te otoka međusobno, izraženu sezonalnost, nedostatak brodskih kapacitet te zastarjelu i neracionalnu flotu. Ulaganjem u sve oblike pomorskoputničkog prometa i u infrastrukturu, ne pogoduje se samo razvoju otoka, već se utječe i na bolje pozicioniranje u odnosu na druge pomorske države. Iako je oblikovanje i realiziranje sustava prometnog povezivanja otoka s kopnom i otoka međusobno od izuzetne važnosti, ono nije jednoznačno jer uvelike ovisi o tradiciji, standardu države, pravnim okvirima te o prometnoj i pomorskoj politici. Kolikogod pristup u realiziranju kvalitetne prometne povezanosti pojedinih pomorskih država bio različit, potreba za unaprijeđenjem sustava je kod svake izražena. Radi unaprijeđenja sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa u ovoj doktorskoj disertaciji se obrazlaže jedan od modela njegove optimizacije. Predloženim

modelom se može učinkovitije gospodariti postojećim resursima s aspekta njihove maksimalne iskoristivosti i s aspekta smanjenja potrošnje pogonske energije, odnosno može se postići ravnoteža između obaju postavljenih ciljeva. Na ovaj se način stvaraju preduvjeti za ostvarenje dugoročne održivosti sustava s ekološkoga, društvenog i ekonomskog aspekta. Model optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa će se testirati na primjeru Republike Hrvatske zbog njezine izrazite obalne razvedenosti.

U kontekstu iznesene problematike se definira **znanstveni problem istraživanja**.

Sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa od ključne je važnosti za svaku pomorsku državu jer se njime objedinjuje prometna povezanost otoka s kopnom i otoka međusobno, što direktno utječe na održivost života na otocima i na gospodarski razvoj otoka. Bez optimalnog rasporeda brodova, odnosno bez optimizacije po ključnim parametrima sustava, nije moguće postići efikasniji sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa s aspekta manje potrošnje pogonske energije, odnosno manje emisije štetnih plinova u atmosferu i nižih operativnih varijabilnih troškova te s aspekta maksimalne dostupnosti i adekvatnosti brodova.

Slijedom navedenog, definira se **predmet znanstvenog istraživanja**.

Potrebno je istražiti i utvrditi čimbenike važne za sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa te znanstveno utemeljeno formulirati rezultate istraživanja s prijedlogom modela za optimalno korištenje postojećih resursa unutar sustava. S pomoću matematičkih metoda (algoritam, teorija grafova) predlažu se mjere za efikasniji sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa s aspekta potrošnje energije i dostupnosti brodova u kojem ravnoteža obaju čimbenika daje optimalno rješenje.

Znanstveni problem te predmet znanstvenog istraživanja odnosi se na sljedeće **objekte znanstvenog istraživanja**: sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa, brodske linije i brodovi.

## **1.2. ZNANSTVENA HIPOTEZA I POMOĆNE HIPOTEZE**

Na temelju definiranoga znanstvenog problema, predmeta i objekata istraživanja postavljena je sljedeća osnovna znanstvena hipoteza istraživanja:



*Znanstveno utemeljenim spoznajama o sustavu obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa, a vodeći računa o obilježjima plovila i potrebama brodskih linija, moguće je predložiti model učinkovitijeg korištenja postojećih resursa unutar samog sustava. Primjenom modela učinkovitijeg korištenja postojećih resursa omogućila bi se dugoročna održivosti s ekološkoga, društvenog i ekonomskog aspekta.*

*Postavljena temeljna znanstvena hipoteza implicira više pomoćnih hipoteza:*

- PH 1. Optimalnim rasporedom brodova unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa smanjuje se potrošnja energije.*
- PH 2. Optimalnim rasporedom brodova unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa smanjuje se emisija štetnih plinova.*
- PH 3. Optimalnim rasporedom brodova unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa smanjuju se operativni troškovi unutar sustava.*
- PH 4. Optimalnim rasporedom brodova unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa postiže se veći stupanj dostupnosti brodova korisnicima usluga.*

### **1.3. SVRHA I CILJ ISTRAŽIVANJA**

Učinkovit prometni sustav je temeljni uvjet za uspješan gospodarski razvoj svake moderne države. Pomorske države suočavaju se i sa složenim pitanjem prometne povezanost otoka s kopnom i otoka međusobno. Što je koeficijent razvedenosti obale i naseljenost otočnih prostora izraženiji, zahtijeva se veća angažiranost svih sudionika, ponajviše države. Ulaganje u sve vidove pomorskoputničkog prometa i u pripadajuću infrastrukturu ne pogoduje samo razvoju otoka, već aktivno utječe i na bolje gospodarsko pozicioniranje pomorskih država. Sustavom obalnog linijskog pomorskog prometa pokušava se osigurati stalna i čvrsta prometna povezanost otoka s kopnom i otoka međusobno pa je nužno stvoriti preduvjete za dugoročnu održivost sustava. Osim ulaganja u nove brodove i razvoj luka i lučke infrastrukture, što su dugoročni planovi, nužna je racionalizacija sustava koja bi se postigla optimalnim korištenjem postojećih resursa, uz uvjet zadržavanja razine kvalitete usluge. Osnovna funkcija optimizacije je dugoročna održivost sustava s ekološkoga, društvenog i ekonomskog aspekta. Slijedom navedenog, ova doktorska disertacija će predstaviti jedan od načina optimizacije obalnog linijskog pomorskoputničkog sustava. Oblikovat će se model za optimizaciju sustava obalnog

linijskog pomorskoputničkog prometa koji će s pomoću odgovarajućeg diskretnog algoritma i metoda teorije grafova rasporediti brodove na optimalan način u odnosu na zahtjeve brodskih linija s aspekta potrošnje energije i tehničkih kriterija, odnosno optimalno rješenje rezultira uspostavom ravnoteže oba postavljena cilja.

**Svrha istraživanja** je da analizira sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa i odredi model optimizacije dostupnosti i korištenja brodova kako bi se smanjila potrošnja energije, što direktno utječe na smanjenje emisije štetnih plinova u atmosferu i operativnih troškova. Predloženi model optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa će se testirati na primjeru Republike Hrvatske s obzirom na to da je koeficijent razvedenosti obale znatan te iznosi 11,1 [1]. Hrvatsko otočje je drugo otočje po veličini u Sredozemlju, u kojem prema posljednjem popisu stanovništva iz 2021. živi 3,3 % od ukupnog stanovništva Republike Hrvatske [2]. S obzirom na izrazito razvedenu obalu i znatan broj naseljenih otoka, sustav prometnoga povezivanja otoka s kopnom i otoka međusobno unutar Republike Hrvatske je od izuzetne važnosti pa je prikaz prijedloga modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa na primjeru Republike Hrvatske izrazito reprezentativan odabir.

**Glavni cilj** ovoga istraživanja je definirati opći model za optimiziranje korištenja postojećih resursa unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa. Postavljeni model će odgovarajućim Edmondsovim algoritmom i metodama teorije grafova na optimalan način upariti brodove i brodske linije s aspekta potrošnje energije i dostupnosti brodova, odnosno uspostaviti će se ravnotežom obaju ciljeva. Takvim rasporedom brodova na državnim linijama se postiže učinkovitija prometna povezanost otoka s kopnom i otoka međusobno te se stvaraju preduvjeti za unaprjeđenje i dugoročnu održivost sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa s aspekta potrošnje energije odnosno pogonskog goriva, optimalne iskoristivosti brodova i financijske učinkovitosti.

## **1.4. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA**

Analizom i pregledom dosadašnjih istraživanja uočavaju se razna istraživanja koja su tematski vezana uz temu ove doktorske disertacije. Brojni znanstvenici su s različitih stajališta istraživali važnost prometne povezanosti otoka s kopnom i otoka međusobno. U svim znanstvenim radovima koji se bave ovom problematikom, posebno se naglašava sama važnost prometnog povezivanja otoka s kopnom i otoka međusobno pa su tako Chlomoudis et al. (2011) [3]

istaknuli da je za realizaciju kvalitetnoga prometnog povezivanja otoka nužno sudjelovanje svih dionika pomorskog prometa te maksimalno povezivanje javnog i privatnog sektora. Stupalo et al. (2016) [4] su u svom znanstvenom radu ukazali na važnost pomorskoputničkog prometa u Europi te koristili kvantitativnu analizu u određivanju lidera u pomorskoputničkom prometu Europe, a zaključili su da realizacija pomorskoputničkog prometa nije jednoznačna kategorija. Rajsamn et al. (2007) [5] su u svom znanstvenom članku predložili korištenje matematičkog prognostičkog trenda za praćenje i predviđanje dinamike razvoja pomorskoputničkog prometa. Znanstveno istraživanje utjecaja prometne povezanosti otoka s kopnom i otoka međusobno na demografsku sliku otoka su proveli Mišura et al. (2020) [6] i zaključili da prometna povezanost otoka s kopnom i otoka međusobno pozitivno utječe na gospodarske i socijalne aktivnosti čime se stvaraju preduvjeti za održivi razvoj otoka i podizanje kvalitete života na otocima, što potvrđuje i rast otočnog stanovništva na premošćenim otocima te opadanje broja stanovnika na malim i nepremošćenim otocima. Pomorskoputnički promet izravno utječe na razvoj otoka potičući razvoj turizma, jednu od glavnih gospodarskih djelatnosti otočnog prostora, uz uvjet da se pomorskoputnički promet prilagodi u najvećoj mjeri korisnicima, a o čemu su u svom znanstvenom radu pisali Alexopoulos et al. (2000) [7]. Održivi razvoj pomorskoputničkog prometa mora se osigurati na kvalitetan način uključujući sve dionike uz dobro poznavanje stanja sustava i njegovih mogućnosti. Chlomoudis et al. (2007) [8] su u svom znanstvenom istraživanju zaključili da razvoju pomorskog tržišta i razvoju otoka doprinosi liberalizacija pomorskog tržišta, dok su Rathman et al. (2016) [9] u svome radu istaknuli da je obvezna adaptacija samog sustava obalnog linijskog pomorskog prometa s ciljem veće funkcionalnosti i razvoja upravljačkih alata implementacijom informacijskih sistema u postojeće standardne sisteme. Autori Mrvica et al. (2015) [10] su istaknuli značaj prometnog povezivanja otoka s kopnom i otoka međusobno, ali s napomenom da luke i lučka infrastruktura često ne prate stalno rastući pomorskoputnički promet pa je za samu realizaciju istog bitno odrediti odgovarajući tip i veličinu broda po svakoj liniji. Jedan od najvažnijih čimbenika prometnog povezivanja otoka s kopnom i otoka međusobno je trajektni promet koji je često financijski neodrživ s obzirom na to da su postojeće brodske linije nerentabilne. Yu et al. (2018) [11] su proveli istraživanje financijskog opstanka trajektnih linija te su oblikovali metodu kojom bi se pomoglo vladama u raspodjeli financijskih sredstva pri sufinanciranju nerentabilnih trajektnih linija.

Kako se ovom doktorskom disertacijom želi doprinijeti optimizaciji sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa, analizirala su se znanstvena istraživanja vezana uz suodnos optimizacije i brodarstva.

Zhou et al. (2021) [12] su u svome radu dali opsežan pregled literature o primjeni simulacija i optimizacije za rješavanje problema u pomorskoj logistici te zaključuju da je integracija simulacija i optimizacije neophodna radi kvalitetnije primjene obaju alata sa znanstvenog i praktičnog aspekta. Kako raste složenost sustava, tako je sve izraženija potreba za integracijom simulacija i optimizacije u rješavanju izazovnih problema. Lisowski (2018) [13] je u svom znanstvenom članku prikazao ciljeve optimizacije u transportnom i logističkom procesu pomorskog prometa slijedeći pregled literature iz ovog istraživačkog polja, potom je predstavio metode optimizacije u pomorskom prometu i zaključio da se u praksi češće koriste numeričke metode statičke i dinamičke optimizacije. Mulder et al. (2016) [14] su prikazali određene probleme sa strateškoga, taktičkog i operativnog stajališta glede odlučivanja u linijskom brodarstvu i nastojali su svojim istraživanjem pomoći proces optimizacije u linijskom brodarstvu, što se prema njima može postići kraćim plovidbenim rutama i izbjegavanjem otežanih pomorskih pravaca. Istraživanje Trana et al. (2013) [15] je obuhvatilo pregled znanstvene literature o optimizaciji u linijskom brodarstvu pa se zaključilo da je problematika optimizacije u linijskom brodarstvu interesantna brojnim znanstvenicima već dugo vremena te da je cilj većine istraživanja pokazati da se optimizacijom smanjuju troškovi i negativni učinci linijskog brodarstva na okoliš. Autori su istaknuli važnost oblikovanja plovidbenih mreža kretanja brodova o čemu ovisi uspjeh svih operatera. Noshokaty (2021) [16] je u svom radu predstavio modificirani model za oblikovanje pomorskih ruta i rasporeda plovidbe u linijskom brodarstvu u odnosu na vremenske rokove transporta s ciljem ostvarenja što veće bruto dobiti po danu. Istraživanje je pokazalo da se predstavljanim stohastičkim metodama ostvaruje veća brutodobit određenoga teretnog broda s obzirom na to da se ovim načinom sugerira brzina plovidbe radi pravovremene isporuke robe. Istraživanjem Wanga et al. (2012) [17] se oblikovao model mješovitoga cjelobrojnog nelinearnog programiranja u cilju optimiziranja brzine plovidbe kontejnerskih brodova. U znanstvenome radu Wanga et al. (2013) [18] se dao kritički pregled literature o matematičkim metodama u optimizaciji potrošnje goriva na brodovima s obzirom na to da su za brodarske kompanije pitanja potrošnje pogonskog goriva i emisija štetnih plinova u atmosferu ključna. Autori su istražili nekoliko metoda koje mogu biti pomoćni alati u optimizaciji brzine, odnosno potrošnje pogonskog goriva, smanjenju emisija štetnih plinova i planiranju lučkih i transportnih operacija. Benghalia et al. (2014) [19] su predložili simulacijski model za analizu sustava rukovanja i prijenosa kontejnera u teretnom brodarstvu kako bi se postigao efikasan i financijski isplativ radni proces. Xia et al. (2015) [20] su svojim istraživanjem dali doprinos za donošenje poslovnih odluka u linijskom brodarstvu tako što su predstavili sveobuhvatni model za proces odlučivanja u odnosu na raspored flote, optimizaciju

brzine, raspodjelu tereta i učestalost plovidbe, a potrošnju goriva su promatrali kroz dva ključna čimbenika: brzinu i opterećenje teretom. Osnovni cilj rada je bio oblikovanje modela čija bi primjena rezultirala ostvarenjem maksimalne dobiti. Mrvica et al. (2017) [21] su s pomoću različitih metoda odredili tip i veličinu broda kojim se postiže optimalna prometna povezanost otoka s kopnom i otoka međusobno.

Iz navedene literature se zaključuje da područje optimizacije u pomorskoputničkom prometu s naglaskom na sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa nije dovoljno istraženo. Pojam optimizacije u pomorskom prometu je najzastupljeniji u istraživanjima o linijskom brodarstvu te o transportnim i logističkim procesima u pomorstvu. Uočava se mnoštvo metodologija i modela optimizacije u kreiranju ruta putovanja i rasporeda brodova, određivanju optimalne brzine putovanja i energetske učinkovitosti brodova. Optimizacija se uglavnom provodi radi smanjenja troškova poslovanja, potrošnje pogonske energije i reduciranja emisija štetnih plinova u atmosferu uz uvjet da se ugovorene usluge izvršavaju u definiranim rokovima i da se što veće dobiti ostvaruju za brodarske kompanije.

Tema optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa s aspekta što veće iskoristivosti postojećih resursa, a koji je prihvatljiv svim dionicima, je djelomično istražena i javnosti je nedovoljno prezentirana pa je predloženo istraživanje teorijski i praktično opravdano. Upravo ovom doktorskom disertacijom se žele obuhvatiti čimbenici koji utječu na optimizaciju sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa s aspekta iskoristivosti resursa u najvećoj mogućoj mjeri te s aspekta potrošnje pogonskog goriva, čime se smanjuje emisija štetnih plinova u atmosferu i visina operativnih troškova.

## **1.5. ZNANSTVENE METODE ISTRAŽIVANJA**

U ovoj disertaciji će se koristiti: metoda analize, metoda sinteze, metoda deskripcije, metoda komparacije, metoda kompilacije, metoda klasifikacije, statistička metoda, metoda generalizacije, metoda konkretizacije, metoda dokazivanja, metoda uzoraka, metoda mišljenja stručnjaka, metoda modeliranja i matematičke metode. Također, važna je metoda sustavne analize s pomoću koje se sustav identificirao u cjelini, a zatim su se analizirali njegovi pojedini dijelovi.

U izradi disertacije se konzultirala relevantna znanstvena i stručna domaća i inozemna literatura. Navedena literatura i dokumentacija je korištena za analizu i utvrđivanje spoznaja i činjenica o recentnome stanju sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa.

Radi oblikovanja modela optimizacije sustava, što je i osnovni zadatak ove doktorske disertacije, koristit će se odgovarajući algoritam, metode iz teorije grafova te metoda mišljenja stručnjaka.

Algoritam se najopćenitije definira kao postupak za rješavanje nekog konkretnog problema ili skupa problema. Drugim riječima, algoritam je konačan niz propisanih postupaka, pravila ili naredbi potrebnih za rješavanje nekog zadatka koje se izvršavaju po točno određenu redosljedu [22]. Da bi se određeni problem riješio algoritmom, potrebno je odrediti svaki segment postavljenog problema i rješenje svakog segmenta postavljenog problema uz obvezu ispravnog postupka. S druge strane, teorija grafova je grana diskretne matematike i ima široku primjenu u različitim disciplinama jer se grafovima vrlo jednostavno mogu modelirati složeni problemi. Teorija grafova ima važnu primjenu na područje kompleksnih sustava i mreža, uključujući i prometne mreže. Metoda mišljenja stručnjaka je važna za područje prognoziranja te pripada kvalitativnim intuitivnim metodama iza kojih stoji stručnost, znanje i iskustvo stručnjaka [23]. Svrha joj je prikupljanje stručnih znanja, iskustava i ideja kako bi se dobio bolji uvid u određeni problem i omogućila daljnja istraživanja pa je, zbog specifičnosti područja istraživanja, usredotočenost na manji broj stručnjaka potpuno opravdana [24].

Radi što objektivnije analize brodova i brodskih linija, odnosno njihove međusobne podudarnosti koristit će se metoda mišljenja stručnjaka. Na temelju određenih parametara, pridruživanje brodova i brodskih linija obaviti će pomorski stručnjaci za obalni linijski pomorskoputnički promet radi otklanjanja mogućih neprilagođenosti brodova određenim brodskim linijama. Odgovarajućim diskretnim algoritmom i metodama teorije grafova rasporedit će se brodovi na optimalan način u odnosu na zahtjeve brodskih linija s aspekta potrošnje energije i tehničkih kriterija (brzina broda u odnosu na zahtjeve brodske linije, raspon kapaciteta u odnosu na zahtjeve brodske linije, mogućnost ukrcanja/iskrcanja putnika na više od jednog ulaza/izlaza, protočnost broda, širina ukrcajne rampe, pristup za osobe s ograničenjem u kretanju, starost broda, mogućnost prijevoza kućnih ljubimaca). U radu se pretpostavlja da će tek uravnoteženost obaju postavljenih ciljeva rezultirati optimalnim rješenjem. Implementacijski programski model je izrađen u programskome jeziku C#. Mogući optimalni model će se testirati na primjeru cjelovita sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog

prometa Republike Hrvatske na brzim putničkim brodovima (katamaranima) i trajektima. Kako je resursima unutar promatranih skupina zajednička karakteristika brzina, u obzir se uzimaju brzi putnički brodovi ekonomske brzine od 25 čvorova i trajekti ekonomske brzine od 9 čvorova.

## 1.6. OBRAZLOŽENJE STRUKTURE RADA

Rezultati istraživanja prezentirani su u osam međusobno povezanih dijelova.

U uvodnome dijelu rada se obrazlaže tema s obzirom na osnovne ciljeve, svrhu i zadatke istraživanja. Definirani su kao: problem istraživanja, objekti, znanstvena hipoteza, pregled dosadašnjih istraživanja te potencijalni doprinos istraživanja u teorijskom i aplikativnom smislu.

U drugome poglavlju *ZNAČAJKE POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA* definira se pojam i vrste pomorskoputničkog prometa te se prezentira povijesni razvoj pomorskoputničkog prometa.

U trećem poglavlju *TRENDOVI U RAZVOJU SUSTAVA OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA* je prikaz osnovnih značajki, ciljeva i djelovanja prometne i pomorske politike Europske unije te analiza obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa na području Europske unije.

U četvrtome poglavlju *ODRŽIVI RAZVOJ OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA* se objašnjava pojam održivog razvoja u prometu te se iznose elementi održivosti predmetnog sustava.

Peto poglavlje *PRIJEDLOG OPĆEG MODELA OPTIMIZACIJE SUSTAVA OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA* središnji je dio doktorske disertacije jer se u njemu definira model za optimiziranje postojećih resursa sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa. Odgovarajućim diskretnim algoritmom i metodama teorije grafova na optimalan način se raspoređuju brodovi po određenim brodskim linijama s aspekta potrošnje energije i dostupnosti brodova, odnosno kombiniranjem obaju čimbenika, čime se stvaraju preduvjeti za unaprjeđenje i dugoročnu održivost sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa s aspekta potrošnje pogonske energije, optimalne iskoristivosti brodova i financijske učinkovitosti. U ovome dijelu rada se predstavlja opći model optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa. Nadalje, objašnjava se važnost

optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa i ciljeva koji se njome ostvaruju te se predstavlja teorijska odrednica za izradu modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa.

U šestome poglavlju *TESTIRANJE MODELA OPTIMIZACIJE SUSTAVA OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA NA PRIMJERU REPUBLIKE HRVATSKE* prikazuju se značajke i ciljevi prometne i pomorske politike Republike Hrvatske te se sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa analizira kroz prizmu pravnog okvira i zakonskih odredbi te kategorizacije otoka i državnih poticaja za razvoj otoka. Potom slijedi prikaz organizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa u Republici Hrvatskoj te njegoa analiza i ocjena. Poglavlje završava prikazom prijedloga modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa na primjeru Republike Hrvatske. Testiranje je provedeno na primjeru Republike Hrvatske zbog izrazite razvedenosti njezine obale i postojećeg sustava koji omogućuje povezanost otoka s kopnom i otoka međusobno.

Sedmo poglavlje povezuje prethodna dva poglavlja te sadržava prijedloge aktivnosti za implementaciju predloženog modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa.

U završnome dijelu, odnosno u *ZAKLJUČKU* se iznose saznanja do kojih se došlo, a nakon što je imenovan problem te nakon što je definirana svrha, ali i cilj ovog rada. Sustavno su prezentirani rezultati znanstvenog istraživanja koji su prethodno opisani i koji dokazuju hipoteze na kojima rad počiva.

## **1.7. OČEKIVANI ZNANSTVENI DOPRINOS I PRIMJENA REZULTATA**

Istraživanje provedeno za potrebe ovog rada doprinosi znanstvenomu području tehničkih znanosti, polju tehnologije prometa i transporta.

Prometno povezivanje otoka i kopna te otoka međusobno je složeno pitanje koje se pokušava riješiti učinkovitijim sustavom obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa. Osnovi cilj ove pomorske djelatnosti je da se uspostavi dugoročno održiv sustav dobre prometne povezanosti, češćih brodskih linija, modernizacije flote s minimiziranim emisijama štetnih plinova te da se



kvaliteta prometne usluge podigne na višu razinu, da se implementiraju nove tehnologije i da se eliminiraju nepotrebni troškovi racionalnijim korištenjem postojećih resursa. Prometna povezanost otoka s kopnom i otoka međusobno i utjecaj prometne povezanosti na gospodarski razvoj, demografsku sliku i kvalitetu života na otoku je tema kojom su se bavili brojni znanstvenici. Međutim, tema optimizacije sustava pomorskoputničkog prometa s aspekta što bolje iskoristivosti postojećih resursa u stručnoj i znanstvenoj literaturi nije dovoljno obrađivana. Stoga je očekivani znanstveni doprinos ove doktorske disertacije da se u sustavnoj analizi obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa te prometne i pomorske politike Europske unije definiraju bazni kriteriji za sparivanje brodova i brodskih linija, da se izradi primjenjiv model optimizacije sustava radi unaprjeđenja i stvaranja preduvjeta za održivi razvoj istog, a čime se bavi i ovaj rad.

Osobito važan znanstveni doprinos ovog rada je što nudi model optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa s aspekta očuvanja okoliša, dostupnosti brodova na temelju njihovih tehničkih performansi i financijske učinkovitosti.

Rezultati istraživanja su primjenjivi u pomorskom prometu. Također, dokazat će se da je u procesu optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa nužno vrjednovati postojeće brodove i državne brodske linije kako bi se brodove optimalnije rasporedilo po brodskim linijama. Istraživanje je pokazalo da se također može razviti učinkovit model koji je primjenjiv i za sve subjekte koji kreiraju politiku održivog prometnog razvitka, kao što su država i brodari. Država se ovim modelom može koristiti u odabiru optimalnijeg broda za određenu liniju, što će rezultirati racionalnijim gospodarenjem s državnim brodskim linijama, te pri ulaganju u razvoj sustava koji teži zadovoljenju potreba svojih korisnika na najvišoj razini. S druge strane, brodari s pomoću ovog modela mogu efikasnije koristiti svoje resurse i tako se mogu tržišno bolje pozicionirati.

## 2. ZNAČAJKE POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA

Učinkovit prometni sustav je preduvjet gospodarskog razvoja te ima aktivnu ulogu u oblikovanju prostora i života ljudi [25]. S druge strane, razvoj prometa kao gospodarska djelatnost odvija se sukladno općem razvoju gospodarstva [26]. U širem smislu promet može značiti promet roba, novca, kapitala, itd., a u užem prijenos ili prijevoz ljudi, dobara, slika, vijesti, informacija, energije i sl. s jednog na drugo mjesto [27]. Ako se promet u cjelini promatra kao složen dinamički sustav kojim se prevoze ljudi, dobra i vijesti s jednog mjesta na drugo svladavajući tako prostornu udaljenost, onda se pojedine prometne grane promatraju kao njegovi podsustavi [28] s tim da svaka prometna grana ima svoje specifičnosti.

Jedan od njegovih podsustava je pomorski promet, a odnosi se na prijevoz morem robe i putnika brodovima i na sve operacije i komunikacije koje se obavljaju u morskom brodarstvu [29]. Zbog specifičnosti i jakosti elemenata vertikalne strukture i interakcijskog odnosa prema okruženju, pomorski promet može se promatrati kao složeni sustav sa svojim podsustavima [28].

Podsustav pomorskog prometa je pomorskoputnički promet koji se može definirati kao posebna vrsta morskog brodarstva gdje se posebnim brodovima obavlja pomorski prijevoz putnika, a isto se prema tehnološkim, organizacijskim i ekonomskim kriterijima dijeli na linijsko i turističko, odnosno po geografskom obuhvatu na prekomorsko i kabotažno brodarstvo [30].

Ova se doktorska disertacija bavi istraživanjem pomorskoputničkog prometa i njegovom optimizacijom pa se u ovom dijelu objašnjavaju obilježja pomorskoputničkog prometa kroz obradu sljedećih tema:

- 1) Pojam pomorskoputničkog prometa,
- 2) Vrste pomorskoputničkog prometa i
- 3) Povijesni razvoj pomorskoputničkog prometa.

### 2.1. POJAM POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA

**Pomorstvo** podrazumijeva sve djelatnosti i vještine na moru i u svezi s morem, a sastoji se od iskorištavanja mora kao plovnog puta (moreplovstvo i brodarstvo), eksploatacije morskih bogatstava (ribarstvo, ribolov, marikultura, eksploatacija nafte i plina) i eksploatacije luka, brodogradnje, pomorske privrede, pomorskog športa i slično [31].

**Pomorski promet** obuhvaća prijevoz robe i putnika brodovima morem, kao i sve operacije i komunikacije u morskom brodarstvu [29]. Glavni elementi pomorskog prijevoza su [32]:

- 1) more kao prometni put,
- 2) brodovi kao prijevozna sredstva morem,
- 3) pomorci i ostali kvalificirani radnici,
- 4) ljudi (putnici) i/ili stvari (roba) kao osnovni predmet pomorskog prijevoza.

**Morsko brodarstvo** se može promatrati kao cjelokupna djelatnost ili kao pojedine vrste te djelatnosti. Kriteriji prema kojima se može podijeliti morsko brodarstvo su: tipovi brodova, predmet prijevoza, načini iskorištavanja brodova, prostor djelovanja, tržište i formiranju cijene vozarina.

Slijedom navedenog, morsko brodarstvo se dijeli na slijedeći način [32]:

- Administrativna podjela brodarstva
  - duge plovidbe,
  - obalne plovidbe,
  - male obalne plovidbe,
  - nacionalne obalne plovidbe,
  - lokalne plovidbe,
    - Podjela prema zemljopisnom kriteriju
      - prekomorsko (oceansko),
      - obalno,
        - Podjela prema predmetu prijevoza
          - teretno (slobodno, linijsko, tankersko),
          - putničko.

Podsustav pomorskog prometa je pomorskoputnički promet koji se može definirati kao posebna vrsta morskog brodarstva gdje se posebnim brodovima obavlja pomorski prijevoz putnika. Pomorskoputnički promet se prema određenim kriterijima klasificira na određene vrste pomorskoputničkog prometa koje se elaboriraju u nastavku ovog dijela doktorske disertacije.

## 2.2. VRSTE POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA

Prema ekonomskom i organizacijskom kriteriju pomorskoputnički promet se može razgraničiti na linijski i turistički pomorskoputnički promet [33]. Pod turističkim putničkim brodarstvom smatraju se kružna putovanja.

Tablica 1. prikazuje osnovna obilježja linijskoga pomorskoputničkog prometa i turističkoga pomorskoputničkog prometa kako bi se ukazalo na njihove razlike i to na svim razinama (pravna, ekološka, ekonomska, organizacijska, tehnološka i tehnička).

**Tablica 1. Razine / podsustavi pomorskoputničkog prometa**

	POMORSKOPUTNIČKI PROMET	
	LINIJSKI	TURISTIČKI
<b>PРАВNA RAZINA</b>	međunarodne konvencije, državni zakoni	međunarodne konvencije, državni zakoni
<b>EKOLOŠKA RAZINA</b>	međunarodne konvencije i zakoni o zaštiti morskog okoliša	međunarodne konvencije i zakoni o zaštiti morskog okoliša
<b>EKONOMSKA RAZINA</b>	tarife, investicije	cijene turističkih putovanja, investicije
<b>ORGANIZACIJSKA RAZINA</b>	linijski brodari	brodari u turističkom brodarstvu
<b>TEHNOLOŠKA RAZINA</b>	proces prijevoza putnika i vozila	proces prijevoza putnika
<b>TEHNIČKA RAZINA</b>	linijski brodovi za prijevoz putnika	brodovi za kružna putovanja

Izvor: Izradila doktorandica prema Dundović, Č., Pomorski sustavi i pomorska politika, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, 2003., str. 80.

Uvjet za ostvarivanje optimalnih učinaka u pomorskoputničkom prometu je usklađenost na svim razinama kako se objašnjava u nastavku [31]:

- 1) **Pravna razina** podrazumijeva usklađenost zakona i propisa u pomorskoputničkom prometu na nacionalnoj i europskoj razini, primjeni nacionalnih zakona i propisa te europskih direktiva i bilateralnih sporazuma i sl.
- 2) **Ekološka razina** usklađenosti je sve važnija, ali i nužna za ostvarenje održivosti pomorskoputničkog prometa, a podrazumijeva podizanje svijesti svih dionika pomorskoputničkog prometa o očuvanju okoliša te poštivanje svih konvencija i protokola o zaštiti okoliša kao i brojnih drugih pravnih propisa.

- 3) **Ekonomska razina** odnosi se na ekonomsku efikasnost broдача koja ovisi prije svega o konkurentnosti broдача na tržištu te spremnosti države da subvencionira usluge u pomorskoputničkom prometu. Spremnost države, ali i svih država Europske unije, da ekonomskim mjerama podupiru iskorištavanje pomorskoputničkog prometa ne smije biti dovedena u pitanje.
- 4) **Organizacijska razina podrazumijeva** usklađenost organizacije pravnih subjekata – sudionika u pomorskom prijevozu te usklađenost dijelova tehnološkog procesa.
- 5) **Tehnološka razina** ima za zadaću brođarima u pomorskoputničkom prometu osigurati nesmetani prihvat i iskrcaj putnika, te nesmetanu provedbu pomorskoputničkog prometa.
- 6) **Tehnička razina** odnosi se na usklađenost vrste i tehničkih obilježja brođova, sredstava sigurnosti plovidbe te tehnička obilježja plovniх putova.

### 2.2.1. Linijski pomorskoputnički promet

Najvažnija karakteristika linijskoga pomorskoputničkog prometa je da se prijevoz, prenošenje i prometovanje prtljage, automobila i putnika obavlja između početne i završne luke prema unaprijed utvrđenom i objavljenom redu plovidbe te može biti direktan ili sa zaustavljanjem na usputnim stanicama [34]. Važna odrednica linijskoga pomorskoputničkog prometa je upravo plovidbeni red kojeg definira prijevoznik, a u pravilu ga čine sljedeći elementi: ruta ili linija, vrsta linije, mjesto polaska, usputna mjesta, mjesto dolaska, udaljenost između pojediniх mjesta, vrijeme polaska i vrijeme dolaska, razdoblje važenja voznog reda itd. Linijski putnički promet obavlja se prema važećim nacionalnim i međunarodnim pravilima i propisima, a može biti javni, nacionalni i međunarodni [35].

Ekspanzija automobilske industrije u prošlom stoljeću prouzročila je zamjenu klasičnih putničkih brođova trajektima kojima se prevoze i automobili te katamaranima, odnosno brzim putničkim brođovima. Trajekti omogućuju određeni komoditet jer putnici mogu putovati sa svojim automobilima koje koriste nakon iskrcaja u luci odredišta, što je utjecalo na porast potražnje za brođskim putovanjima sve većeg broja ljudi [36]. Danas suvremeni trajekti obiluju i raznim sadržajima pa tako postaju dio turističke ponude destinacije, a putovanje brođom se kombinira s drugim oblicima prijevoza.

Dionici ovoga složenog procesa su prvenstveno putnici kao korisnici takvih usluga, brođari kao pružatelji prometnih usluga, ali i ostali dionici koji pružanjem različitih usluga sudjeluju u

procesu proizvodnje prometnih usluga. Radi zadovoljenja zahtjeva cijelog sustava linijskoga pomorskoputničkog prometa nužno je poznavanje, ali i implementiranje brojnih specifičnosti za ovu vrstu prometa. Specifična organizacija rada i upravljanja, odnosno specifična ponuda i potražnja, specifične tarife unutar sustava linijskoga pomorskoputničkog prometa te specifično preventivno i investicijsko održavanje prijevoznih kapaciteta itd., ukazuju na složenost linijskoga pomorskoputničkog prometa [35].

Linijski pomorskoputnički promet može se podijeliti na javni, nacionalni i međunarodni. Javni prijevoz u linijskome obalnom pomorskom prometu obuhvaća prijevoz putnika, tereta i vozila u unutarnjim morskim vodama i teritorijalnom moru određene države, a obavlja se na unaprijed utvrđenim linijama prema javno objavljenim uvjetima reda plovidbe i cjenikom usluga [37].

Sustav javnoga pomorskoputničkog prometa temelji se na načelima [37]:

- poticanja gospodarskog razvoja otoka,
- kontinuiteta i redovitosti prijevoza s brodovima određenog kapaciteta i vrste te osiguravanja odgovarajuće kvalitete prijevoza,
- usluge prijevoza s unaprijed određenim cijenama i drugim uvjetima, i to posebno za određene kategorije putnika i za određene linije,
- davanja potpore brodarima bez koje nije moguće osigurati kontinuitet i redovitost,
- javnog prijevoza na određenim linijama,
- prilagodbe javnog prijevoza stvarnim zahtjevima,
- osiguravanja dodatnih prijevoznih usluga.

U javnom linijskom pomorskoputničkom prijevozu uobičajena je državna intervencija, primjenom verificiranih mjera pomorske politike (primjerice subvencioniranje), kojima se stvaraju uvjeti ne samo za održavanje života na otocima, već i za razvitak turizma tamo gdje to, bez prometne povezanosti, ne bi bilo moguće [36].

Nacionalni linijski pomorskoputnički promet obuhvaća linije koje unutar određene pomorske države povezuju obalu s naseljenim otocima i otoke međusobno, kao i duž obalne linije, a odvijaju se po važećim nacionalnim i međunarodnim zakonima i propisima.

Međunarodni linijski pomorski promet podrazumijeva putničke RO-RO i brzobrodске linije koje povezuju luke jedne države s inozemnim lukama.

Brodovi u linijskome pomorskoputničkom prometu su:

- klasični putnički brodovi,
- trajekti i
- putnički brodovi velikih brzina.

Trajekti su najzastupljeniji zbog mogućnosti prijevoza vozila koje putnik koristi tijekom putovanja. S obzirom na to da se vrijeme putovanja pokušava smanjiti, sve češći su brzi brodovi (brzina od 30 do 50 čvorova), npr. katamarani i hidrogliiseri iako takva plovila zahtijevaju veća ulaganja i odgovarajuću organizaciju pomorsko-prijevoznog procesa.

### **2.2.2. Turistički pomorskoputnički promet**

Turistički pomorskoputnički promet je drugi podsustav putničkog brodarstava, a obuhvaća kružna putovanja (*eng. cruising*) te je istodobno turistička i prijevozna usluga. Krstarenje, odnosno kružno putovanje se prvenstveno povezuje sa slobodom, bijegom od svakodnevnog života i opuštanjem što su osnovni motivi korištenja ovog oblika turizma, a ujedno se na taj način i promovira [38]. Kružna putovanja podrazumijevaju prijevoz ljudi brodom po unaprijed određenom voznom redu i programu uz razne sportske, zabavne, zdravstvene i druge aktivnosti i usluge koje se pružaju putnicima na turističkom putovanju u svrhu odmora, zabave i rekreacije [39]. Putnici na brodovima za kružna putovanja nisu konvencionalni turisti već ih karakterizira specifična potražnja za proizvodima i uslugama na brodu te za plovidbenom rutom putovanja [40].

Kružna putovanja mogu se odvijati po međunarodnim vodama ili teritorijalnim vodama. Ovaj oblik turizma postaje sve zastupljeniji na međunarodnom turističkom tržištu pa je tako flota brodova za kružna putovanja od 1981. do 2001. godine narasla s 1,7 milijuna brutotona na približno 10 milijuna brutotona [32]. Brodove namijenjene međunarodnim kružnim putovanjima karakterizira fini trup, brzina i veliki kapacitet (do 3 000 putnika). Takva putovanja s lučkog stajališta najčešće predstavljaju jednodnevne posjete iako brod ponekad ostaje u luci i po nekoliko dana. Prema rastućim trendovima potražnje za krstarenjima, proporcionalno raste i kvaliteta usluge uvođenjem novih ruta, destinacija i pojavom sve većih i boljih brodova, a u odabiru odredišta važnu ulogu ima zemljopisni položaj, vremenski uvjeti, prirodne ljepote te povijesne i kulturne atrakcije na određenom području [41]. U turistička (kružna) putovanja spadaju i izletnički brodovi koji predstavljaju značajan turistički proizvod primorskih destinacija [36].

### **2.2.3. Pomorskoputnički promet prema zemljopisnom obuhvatu**

Prema kriteriju zemljopisnog obuhvata razlikuje se kabotažni pomorskoputnički promet i prekomorski pomorskoputnički promet. Osnovna razlika između prekomorskog putničkog brodarstva i kabotažnih putovanja je u tome što prekomorsko putničko brodarstvo predstavlja plovidbu oceanima, dok su kabotažna putovanja zapravo putovanja duž obale [42].

Prekomorsko putničko brodarstvo je organizirana pomorsko prijevozna djelatnost u kojoj brodovi mogu ploviti svim morima svijeta te rijekama pristupačnima morem [42], a zahtijeva najviše standarde poslovanja djelujući na najširem geografskom području. Kabotažno brodarstvo ili morsko brodarstvo male obalne plovidbe, s druge strane, odvija se na području određene pomorske države unutar granica teritorijalnog mora i njegovih luka [43].

## **2.3. POVIJESNI RAZVOJ POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA**

Iako je brodarstvo specifična prijevozna djelatnost čiji početci sežu daleko u prošlost, pomorskoputnički promet je bio sporedna djelatnost sve do pojave prvih parobroda.

Do kraja 19. stoljeća svjetskim morima vladali su jedrenjaci, ali usavršavanje parnog stroja i gradnja željeznih brodova, kao i otvaranje Sueskog kanala, u vrlo kratkom vremenu smanjuje udio jedrenjaka u ukupnoj svjetskoj trgovačkoj floti gotovo na zanemarivi dio [32] pa je 1850. udio parobroda u svjetskoj trgovačkoj mornarici bio samo 6 %, 1892. već 50 %, a 1901. čak 76 % [44]. Pojavom parobroda otvorile su se mogućnosti redovite brodske linije u prekomorskoj plovidbi i kabotaži te se počinju razvijati i posebni brodovi za prijevoz putnika.

Zlatnim razdobljem pomorskoputničkog prometa smatra se razdoblje između dva svjetska rata kada su putnički brodovi kontinuirano prometovali na međukontinentalnim relacijama. Uslijed značajne potražnje za prijevozom između Europe i Amerike uzrokovano europskom imigracijom u Sjedinjene Države i Kanadu, brodarske tvrtke nadmetale su se izgradnjom sve većih, bržih i udobnijih brodova. Prijevoz putnika na međukontinentalnim relacijama vršio se i kombiniranim teretnim brodovima koji su slijedili koncepciju standardnog broda za prijevoz tereta, ali su raspolagali i određenim brojem putničkih kabina i zajedničkim prostorima za putnike. Poslovanje većine brodarskih tvrtki do 1920-ih godina uglavnom se baziralo na prijevozu iseljenika. Zato su iste tvrtke bile teško pogođene kada je američki kongres zakonom ograničio imigraciju u Sjedinjene Države [45] te su mnogi brodovi preusmjereni na krstarenja.



Također, velika gospodarska kriza mnoge je brodarske kompanije dovela do bankrota. Unatoč teškim ekonomskim prilikama, nekoliko brodarskih kompanija je nastavilo graditi veće i brže brodove. U to je vrijeme zračni putnički promet preko Atlantika bio u začetku, a razvijene pomorske zemlje borile su se za prestiž u povezivanju Europe i Amerike pa je na toj međukontinentalnoj relaciji Velika Britanija imala velike i brze putničke brodove, Queen Mary i Queen Elisabeth, Njemačka putničke brodove Europa i Bremen, a Francusku su predstavljali Normandie i Ile de France [46]. Brzina ovih brodova, a koji su značajno skratili putovanje između dva kontinenta, unaprijedili su međukontinentalnu mobilnost uzrokujući pojavu linijskog putničkog i linijskog teretnog brodarstva. Razdoblje nakon Drugog svjetskog rata donijelo je velike promjene u putničkom brodarstvu, jer se napuštaju klasični linijski brodovi, a daljnji razvoj usmjeren je na gradnju brodova za kružna putovanja i brodova za kabotažnu plovidbu (trajekti i brzi hidrokrilci) [32]. Iz tog doba ističe se najbrži preoceanski brod do sada, United States koji je 1952. godine oborio rekord transatlantika Queen Mary i osvojio Plavu vrpcu koju nosi i danas [47].

U razdoblju od 1959. do 1970. godine bilježi se pad broja linijskih putničkih brodova s 236 na 145, a razlog tome je jačanje konkurencije drugih prometnih grana [48]. Tako je, primjerice, 1970. godine svega 3 % putnika preko sjevernog Atlantika prevezeno morem [49]. U to vrijeme počinje dominirati zračni prijevoz u prometu putnika u preoceanskoj i međukontinentalnoj plovidbi dok u kabotaži, pomorskoputničkom prijevozu konkurira cestovni i željeznički promet. Danas se pomorskoputnički promet odvija uglavnom brodovima za kružna putovanja (*eng. Cruise ships*), trajektima (*eng. Ferry boat*) i brzim putničkim brodovima, osobito u državama s visokim koeficijentom razvedenosti morske obale, npr. Hrvatska, Grčka, Karibi, Filipini, Indonezija. Uvođenje brodova velikih brzina označava novo razdoblje u pomorskoputničkom prometu. Iako se, globalno promatrano, može ustvrditi da je danas najzastupljeniji zračni promet u prijevozu putnika.

Razvoj pomorskoputničkog prometa prati i razvoj luka pa se postepeno putničke luke transformiraju u terminale čija funkcija nije samo prihvat broda, već se proširuje na dodatne sadržaje. Porast prosječne veličine putničkog broda i ukupne veličine putničke mornarice odrazio se na nastanak suvremenih putničkih terminala koji moraju zadovoljiti potrebe i brodara i putnika, a čija se funkcija ne iscrpljuje samo u prijehu broda, već se proširuje na kvalitetan prihvat putnika, udobnost za vrijeme boravka putnika na terminalu te efikasan prihvat sredstava drugih prometnih grana [50].

### **3. TRENDOWI U RAZVOJU SUSTAVA OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA**

Svaka pomorska država koja u svom teritorijalnom sastavu ima otoke, teži uspostavi kvalitetne i funkcionalne prometne povezanosti otoka s kopnom i otoka međusobno. Prometna povezanost otoka s kopnom te otoka međusobno, osnovni je preduvjet zadržavanja stanovništva na otocima i ostvarenja održivog razvoja otoka, a podrazumijeva pomorsko povezivanje kao tradicionalan način prometnog povezivanja kopnenih cjelina odvojenih morem. Oblikovanje i realizacija sustava prometnog povezivanja otoka s kopnom i otoka međusobno u različitim pomorskim državama ovisi o tradiciji, standardu, pravnim okvirima te o njihovoj prometnoj i pomorskoj politici. Pomorska politika, kao sastavnica prometne politike, treba osigurati učinkovitu realizaciju pomorskog sustava određene pomorske države, a optimalnom prometnom politikom može se ostvariti stalan razvoj prometnog sustava s tehničkoga, tehnološkog, organizacijskog, ekonomskog, društvenog, ekološkog i pravnog aspekta.

Ovoj zahtjevnoj i važnoj problematici se ne pristupa jednoznačno, ali cilj svih pomorskih država je isti – stvaranje održiva sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa koji će kvalitetnom uslugom udovoljavati zahtjevima svih dionika sustava.

Promatrajući brodarstvo po regijama u svijetu, područje Europe zauzima prvo mjesto [32] pa je i sustav linijskog pomorskoputničkog prometa značajno zastupljen na tom području. U državama s razvedenom obalom (npr. Hrvatska, Grčka, Italija itd.), kao i na razvedenim dijelovima kontinentskih cjelina (npr. Sjeverna Europa preko Baltičkog i Sjevernog mora), organiziran je linijski trajektni promet kao značajan dio prometnog povezivanja kopna i otoka te otoka međusobno, u funkciji produžetka cestovnoga prometa preko prirodnih morskih zapreka (duboko uvučeni zaljevi, morski prolazi itd.) [51]. Trajektni linijski promet je jedan od ključnih čimbenika razvoja mnogih perifernih područja Europe što se odnosi prvenstveno na otoke ili poluotoke s obzirom da nerijetko predstavlja jedini način prometnog povezivanja otoka s kopnom i otoka međusobno [51].

Kako je sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa od velike važnosti za većinu država Europske unije smještenih uz more, u ovom poglavlju se analizira prometna i pomorska politika Europske unije te se daje pregled obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa na njezinu području.

### 3.1. PROMETNA I POMORSKA POLITIKA

Prometna politika je sastavni dio gospodarske i razvojne politike države, a ovisi o [52]:

- prometnoj i ekonomskoj razvijenosti pojedine države,
- strukturi prometnog sustava,
- sposobnosti politike,
- ciljevima politike i
- raspoloživim sredstvima.

Zadatak prometne politike je da imenuje obilježja prometa, ocijeni njegov utjecaj na gospodarstvo u određenoj državi i da definira mjere za ostvarivanje postavljenih prometnih ciljeva u njoj.

Temeljni ciljevi prometne politike su da doprinese [53]:

- ekonomskom rastu i nacionalnomu blagostanju,
- efikasnosti i ekonomičnosti prometnog sustava,
- smanjenju, u najvećoj mogućoj mjeri, negativnih učinaka u prometnome sustavu,
- zadovoljenju društveno-prometnih potreba svojih korisnika.

Zaključuje se da su prometna politika i funkcioniranje gospodarstva neodvojive kategorije. U osmišljavanju čimbenika razvojne prometne politike, važno je uvažavati [34]:

- **Načelo povezanosti prometa i ekonomije** jer zagovara povezanost prometnih i proizvodnih djelatnosti, odnosno prometa s procesom proizvodnje robe čije se mjesto potrošnje ne podudara s mjestom proizvodnje.
- **Načelo alokacije ekonomskih resursa** koje se odnosi na alokaciju resursa cjelokupne prometne djelatnosti, alokaciju resursa po prometnim granama i alokaciju troškova na korisnike prijevoznih usluga.
- **Načelo društvene rentabilnosti** po kojem je promet kapitalno intenzivna djelatnost koja uzrokuje brojne i raznovrsne učinke. Stoga je u donošenju investicijske odluke korisno primijeniti načelo društvene, a ne individualne rentabilnosti, neovisno tko snosi troškove, a tko će imati koristi i tko uživa koristi.
- **Načelo usklađivanja djelovanja prometnog sustava** je osnova za određivanje mjera u odnosima različitih subjekata, odnosno nositelja prometne politike.

- **Načelo jedinstvenosti prometnog sustava** po kojem je promet jedinstveni tehnički, tehnološki, organizacijski, ekonomski i pravni sustav koji treba promatrati kao cjelinu.
- **Načelo ravnopravnosti vlasništva i jednakih mogućnosti rada** zahtijeva da bilo koji oblik vlasništva mora imati iste pravne, ekonomske i druge mogućnosti poslovanja i razvoja u prometnim djelatnostima.
- **Načelo racionalnog izbora prometne politike** zahtijeva prometnu politiku koja minimizira odstupanje od optimalnog razvoja i funkcioniranja prometnog sustava.
- **Načelo ostvarivosti prometne politike** po kojem određivanje okvira prometne politike jamči ostvarivost zadanih ciljeva.

Prometna politika je aplikativna interdisciplinarna znanost koja izučava i primjenjuje zakonitosti mjera, akcija, instrumenata, sredstava i pripadajućih resursa u područjima tehnike, tehnologije, organizacije i ekonomike prometa te prometnog prava. Istovremeno je evoluirajući proces koji proizlazi iz prethodnog razdoblje i tradicije te postojećih zakonitosti i odnosa [54]. Optimalnom prometnom politikom može se ostvariti stalan razvoj prometnog sustava s tehničkoga, tehnološkog, organizacijskog, ekonomskog, ekološkog i pravnog aspekta.

Sastavni dio prometne i ekonomske politike je pomorska politika, a čini je skup gospodarsko - političkih mjera koje poduzimaju pojedine države s ciljem unapređenja pomorske industrije odnosno morskog brodarstva, brodogradnje i luka [55]. Pomorska politika kao sastavni dio gospodarske, razvojne i prometne politike treba osigurati optimalno funkcioniranje pomorskog sustava određene pomorske države, a izravno utječe i na pomorskoputnički promet. Nositelji pomorske politike su svi subjekti koji utječu na utvrđivanje i ostvarivanje ciljeva pomorske politike, a to su najčešće razna državna, javnopravna i politička tijela, međunarodne organizacije te operativna i druga tijela. U osnovna načela pomorske politike ubraja se [56]:

- načelo povezivosti pomorskog sustava i gospodarskog razvoja,
- načelo usklađenog djelovanja pomorskog sustava,
- načelo slobodne ponude usluga i ravnopravne konkurencije,
- načelo društvene rentabilnosti,
- načelo jedinstva pomorskog sustava,
- načelo alokacije ekonomskih resursa,
- načelo ravnopravnosti vlasništva i slobodnog izbora,
- načelo ostvarivosti pomorske politike.

Pomorskom politikom se utvrđuju ciljevi i smjernice razvoja, određuje se sustav mjera za postizanje postavljenih ciljeva, utvrđuju se uvjeti poslovanja pomorskih poduzeća, mogućnosti njihova razvoja i razvoja pomorstva u cjelini. Radi ostvarivanja predviđenih ciljeva pomorske politike potrebno je uzeti u obzir geografske, ekonomske i druge specifičnosti promatranog područja te različitosti interesa koji iz toga proizlaze. Stoga, pomorska politika mora biti dostatno fleksibilna kako bi mogla obuhvatiti sve specifičnosti i razlike pojedinih obalnih područja.

### **3.1.1. Prometna i pomorska politika Europske unije**

Zakonodavstvo Europske unije otoke definira kao posebna područja budući da predstavljaju poseban izazov s obzirom na svoju prostornu odvojenost od kopna. Zbog raznolikosti i specifičnosti otoka, ne postoji jedinstvena strategija razvoja otoka na razini Europske unije. Mnogim otocima nedostaju realizirani osnovni uvjeti kao što su ceste, opskrba vodom i energijom, što otoke stalno drži između kategorija oporavka i održivosti [57].

Stvaranje prometne i pomorske politike Europske unije karakterizira nekoliko faza:

1. od 1958. do 1972. godine,
2. od 1972. do 1985. godine,
3. od 1985. do 1993. godine,
4. od 1994. godine.

Prometna te pomorska politike se stalno usavršavaju i prilagođavaju potrebama tržišta. Još od 1953., Europska konferencija ministara prometa se bavi problematikom željezničkoga, cestovnog, riječnog prometa i kratke obalne plovidbe, a Rimskim ugovorom iz 1957. definirana je jedinstvena prometna politika na području Europske unije [58]. S obzirom na važnost prometa i rasta broja članica Europske unije, 1980. se osniva poseban fond za modernizaciju i izgradnju prometne infrastrukture. Razdoblje od 1985. do 1993. je treća faza u formiranju prometne politike na području Europske unije. Značajan napredak u razvoju prometne politike na području Europske unije ostvaren je 1985. objavom Bijele knjige [59], a 1992. Europska komisija prvi put predstavlja zajednički prometnu politiku svih članica Europske unije [60]. Bijela knjiga iz 1992. definira budući razvoj zajedničke prometne politike, a glavni su joj ciljevi smanjenje neravnoteža unutar različitih segmenata prometa i što bolji rezultati ostvareni zajednički. Naime, neuravnotežen rast određenih prometnih segmenata rezultira prometnim

zagušenjem i zagađenjem okoliša [61]. Treću fazu razvojne prometne politike Europske unije karakterizira [54]:

- prihvaćanje zajedničkih standarda o tehničko-tehnološkim i eksploatacijskim elementima prijevoznih sredstva (npr. dimenzije i masa),
- mjere zaštite okoliša,
- povećanje količine goriva komercijalnih vozila u spremištima,
- uvođenje europske putovnice i vozačke dozvole,
- međusobno priznavanje diploma svih njezinih članica,
- donošenje mjera za bržu liberalizaciju prometnog tržišta.

Prema Bijeloj knjizi iz 1993., temeljni cilj europske prometne politike je objediniti sustav nacionalnih prometnih infrastruktura sa sustavom nacionalnih prometnih suprastruktura u jedinstveni europski prometni sustav [62]. Modernizirana, obnovljena i objedinjena prometna infrastruktura i suprastruktura trebala bi omogućiti brži razvoj prometnog sustava i veću primjenu suvremenih tehnologija transporta. Osim Bijele knjige, a koja je zapravo strateški plan prometnoga razvoja, važna je uloga i Zelene knjige [63]. Debata o negativnostima prometne industrije na okoliš u Europi otvorena je početkom devedesetih godina prošlog stoljeća i to donošenjem Zelene knjige o utjecaju prometa na okoliš [63]. Zelena knjiga iz 1995. je potaknula raspravu o uvođenju izravnih pristojbi za pokriće infrastrukturnih, operativnih i eksternih troškova u prometu jer se svi troškovi moraju uzeti u obzir pa tako infrastrukturni i eksterni (npr. troškovi zagađenja okoliša, raznih nesreća, zagušenja i sl.), koji se najčešće pokrivaju iz državnih proračuna [61]. Treću fazu razvoja prometne politike Europske unije karakterizira ulazak Austrije, Finske i Švedske kada počinje izgradnja sveeuropske prometne mreže i kada se intenzivira proces liberalizacije prometa roba, usluga, rada i kapitala. Temeljni dokument bitan za dugoročni razvoj prometne politike članica Europske unije je Bijela knjiga iz 2001. godine [64] kojim se definira prometna politika Europske unije. Glavni ciljevi Bijele knjige iz 2001. godine su sigurne, učinkovite i visokokvalitetne usluge u putničkom prometu, ostvarene u poštenome tržišnom natjecanju te da usluge u javnome putničkom prijevozu budu učinkovite i transparentne. Također, zalaže se za društveni i regionalni razvoj, čišći okoliš te da određene kategorije putnika ostvaruju povlaštene cijene prijevoza, ali i da prijevoznici iz svih njezinih država članica uživaju jednakopravan položaj [65]. Bijela knjiga Europske komisije je predložila paket od 60 specifičnih mjera prometne politike kao instrumenata za lakše implementiranje načelnih smjernica u: revitalizaciji željeznica, unaprjeđenju cestovnog

prometa, promociji vodnog prometa, afirmaciji prometne intermodalnosti, nadogradnji transeuropske prometne mreže, povećanju sigurnosti, učinkovitoj naplatnoj infrastrukturi, postuliranju korisničkih prava, povećanju kvalitete gradskog prometa, funkcionalnome istraživačkom i tehnologijskom razvoju, upravljanju globalizacijskim učincima i ostvarivanju ekoloških ciljeva održivoga prometnog sustava [64], a predložene mjere svrstava u četiri kategorije [61]:

- 1) promjena ravnoteže između prometnih grana poboljšanjem kvalitete cesta, optimalnim korištenjem infrastrukture i modernizacijom željezničkog prometa, modernizacijom i integracijom zračnog prometa, integracijom morskih i unutarnjih plovnih putova te razvojem intermodalnosti,
- 2) eliminiranje uskih grla investiranjem u multimodalne teretne koridore, brzim putničkim mrežama, financiranjem infrastrukture,
- 3) postavljanje korisnika u centar prometne politike poboljšanjem putničke intermodalnosti, razvojem sustava gradskog prometa, ujednačavajući porezno opterećenje na gorivo, usklađivanjem načela naplate korištenja infrastrukturnih objekata,
- 4) upravljanje globalizacijom transporta te jačanjem pozicije Europe na svjetskoj sceni, reprezentativnošću na internacionalnoj razini te eksternalnom dimenzijom zračnog prometa.

Proširenjem Europske unije dolazi do rasta prometnog opterećenja, osobito na cestovnim prometnicama. Predmetnim mjerama Europska unija nastoji zadovoljiti prometnu potražnju i osigurati ekonomski rast fokusirajući se na modele koji okoliš manje onečišćuju kao bitan čimbenik u postizanju održivoga razvoja prometnog sustava.

S obzirom na to da je Europska unija i svjetska pomorska sila, posebna pozornost se pridaje pomorskoj politici kao sastavnici prometne politike. U Parizu je 1972. održana Konferencija vođa država članica Europske unije, a na kojoj je postignut dogovor o vođenju liberalne pomorske politike s primjenom načela lojalne konkurencije, čime brodovlje država članica Europske unije na njezinu prostoru uživa isti status. Time su trgovačke flote i brodogradnja u funkciji korisnika pomorskih usluga Europske unije [61]. Nadležna tijela Europske unije aktivno kontroliraju subvencije koje države članice pružaju svojim brodarima i brodogradilištima te istražuju učinke takvih pomoći pa reagiraju odgovarajućim mjerama. Posebna pozornost se posvećuje modernizaciji i ustroju morskih luka, sigurnosti plovidbe i

zaštiti okoliša te modernizaciji trgovačkih flota, sukladno suvremenim transportnim tehnologijama.

Europska unija preko tijela koja provode instrumente njezine pomorske politike aktivno sudjeluje u radu brojnih međunarodnih organizacija, npr. u BIMCO-u (Baltička međunarodna pomorska konferencija – organizacija brodarka i brokera), IMCO-u (Međudržavna pomorska konzultativna organizacija UN), IMO-u (Međunarodna pomorska organizacija), UNCTAD-u (Konferencija UN za trgovinu i razvoj), ILO-u (Međunarodna organizacija rada), FONASBA-u (Savez nacionalnih udruženja pomorskih brokera i agenata) [61].

Europska unija svojom pomorskom politikom potencira međuobalno prometno povezivanje (*eng. Short sea shipping*) i razvoj morskih autocesta (*eng. Motorways of the Sea*). Zalaganje za maksimalnije korištenja mora kao prometnog puta znači preusmjeravanje putničkog i teretnog prometa s kopna na more u što većoj mjeri. Kako bi se to realiziralo, nužno je odrediti strateške mjere i ciljeve učinkovite prometne i pomorske politike unutar svake države članice te uskladiti nacionalne politike s odrednicama pomorske i prometne politike Europske unije uz uvažavanje globalnih karakteristika svjetskog pomorskog tržišta [25]. Razvoj prometnog i pomorskog sustava zahtijeva odgovarajuću strategiju razvoja cjelokupnog gospodarstva u povezanosti s prometnim sustavom, odnosno pojedinim prometnim granama.

Danas se naglasak stavlja na integriranu pomorsku politiku Europske unije, a temelji se na ideji usklađivanja raznih povezanih aktivnosti EU u pogledu oceana, mora i obala kako bi se mogli ostvariti veći prinosi iz pomorskog sektora uz što manji negativni utjecaj na okoliš. Cilj integrirane pomorske politike je jačanje tzv. plavog gospodarstva koje obuhvaća sve pomorske gospodarske aktivnosti [66]. Europski parlament od samog početka aktivno podupire različite inicijative za uspostavu integrirane pomorske politike Unije. Stoga je Komisija o budućoj pomorskoj politici u svojim strateškim ciljevima za razdoblje 2005. – 2009. pozvala na integrirani pristup politici u području pomorstva, a u listopadu 2007. je pokrenula „Integriranu pomorsku politiku za Europsku uniju”. Integrirana pomorska politika politički je okvir usmjeren na poticanje održivog razvoja svih pomorskih aktivnosti i obalnih regija poboljšanjem usklađivanja politika kojima se utječe na oceane, mora, otoke, obalne i najudaljenije regije te pomorske sektore, a glavni ciljevi i odgovarajuća područja djelovanja integrirane pomorske politike su [66]:



- postizanje najvišeg stupnja održivog korištenja oceana i mora kako bi se omogućio rast pomorskih područja i priobalnih regija u području pomorskog prometa, morskih luka, brodogradnje, radnih mjesta u pomorskom sektoru, okoliša i upravljanja ribarstvom,
- izgradnja baze znanja i inovacija za pomorsku politiku s pomoću sveobuhvatne europske strategije za istraživanje mora i pomorstva,
- poboljšanje kvalitete života u obalnim područjima poticanjem obalnog i pomorskog turizma i izradom strategije Zajednice za sprječavanje katastrofa i razvojem pomorskog potencijala najudaljenijih regija i otoka EU,
- promicanje vodeće uloge EU u međunarodnim pomorskim pitanjima pojačanom suradnjom na razini međunarodnog upravljanja oceanima i na europskoj razini europskom politikom susjedstva i sjevernom dimenzijom,
- povećanje vidljivosti pomorske Europe s pomoću internetske aplikacije „Europski atlas mora” kao načina isticanja zajedničke europske pomorske baštine i obilježavanjem godišnjeg Europskog dana pomorstva 20. svibnja.

Europski parlament ima važnu ulogu u oblikovanju pomorske politike na području Europske unije pa se ističu sljedeće aktivnosti [66]:

- 2. srpnja 2013. je donesena Rezolucija o plavom rastu [67], čime se nastoji revitalizirati potpora integriranoj pomorskoj politici te se naglašava da će se strategijom plavog rasta kao komponentom integrirane pomorske politike poticati veću sinergiju u procesu usklađivanja politika, što je odlična platforma za stvaranje europske dodatne vrijednosti,
- 22. listopada 2013. je donesena Uredba br. 1052/2013 o uspostavi europskog sustava nadzora granica [68] kojom se nastoje otkriti, spriječiti i suzbiti prekogranična kaznena djela i osigurati zaštitu života migranata,
- 16. siječnja 2018. je donesena Rezolucija o međunarodnom upravljanju oceanima [69] odnosno plan za budućnost naših oceana u kontekstu ciljeva održivoga razvoja do 2030. godine,
- 27. ožujka 2019. je donesena Zakonodavna rezolucija o Prijedlogu direktive Europskog parlamenta i Vijeća o smanjenju utjecaja određenih plastičnih proizvoda na okoliš [70], a u kojoj se govori o nužnosti da korisnici ribolovnih alata koji sadržavaju plastiku razmotre alternative i sustave ponovne uporabe,
- 4. travnja 2019. je donesena Zakonodavna rezolucija o Prijedlogu direktive Europskog parlamenta i Vijeća o smanjenju utjecaja određenih plastičnih proizvoda na okoliš [71]

radi povećanja razine pomorske sigurnosti i onečišćenja mora s pomoću pomorskog osposobljavanja i certificiranja u skladu s međunarodnim pravilima i tehnološkim napretkom,

- 17. travnja 2019. je donesena Zakonodavna rezolucija o prijedlogu odluke Europskog parlamenta i Vijeća o uspostavi posebnog programa za provedbu Obzora Europa – okvirnog programa za istraživanja i inovacije [72],
- 28. studenog 2019. je donesena Rezolucija o Konferenciji UN-a o klimatskim promjenama [73] u Madridu u Španjolskoj, a poziva na globalne napore u borbi protiv klimatskih promjena,
- 15. siječnja 2020. je donesena Rezolucija o europskom zelenom planu [74] kojom se podržava prijedlog Komisije o globalno obvezujućem cilju zaštite i obnove biološke raznolikosti te se potiče Komisiju da morska dimenzija bude u potpunosti integrirana u zeleni plan i da se izradi svojevrsni akcijski plan za oceane i akvakulturu.

Osnovna karakteristika pomorskoputničkog prometa Europske unije je potpuno slobodno tržište. Iako oblikovanje i realizacija sustava prometnog povezivanja otoka s kopnom i otoka međusobno na prostoru Europske unije nije jednoznačno već uvelike ovisi o tradiciji, standardu države, pravnim okvirima te o prometnoj i pomorskoj politici, Europska unija potiče liberalizaciju pomorskog tržišta bez prisutnosti državnog protekcionizma, ograničenog protoka kapitala i kontrole konkurencije. U područje prometne politike Europske unije smješta se i problematika pomorske kabotaže kao zasebne horizontalne sektorske politike [75]. Tržište pomorske kabotaže u Europskoj uniji podrazumijeva da brodovi bilo koje države članice Europske unije mogu servisirati obalni linijski pomorskoputnički promet u bilo kojoj od država članica, uz zadovoljenje svih propisanih zakonskih okvira. U duhu navedenog, Europska unija ne dopušta ni subvencije za promet koje mogu narušiti tržišno natjecanje iako uredbe Zajednice dopuštaju javne subvencije za službe između kopna i otoka te one međuotočne, sve dok se one dodjeljuju transparentno i dok ne postoji diskriminacija među izvođačima usluga prijevoza [76]. Brojne brodske linije na području Europske unije bi se ukinule da ih ne sufinancira država, što bi ugrozilo životni standard otočnog stanovništva koje uvelike ovisi o tim brodskim linijama.

### 3.1.2. Pomorska kabotaža u Europskoj uniji

Pomorska kabotaža podrazumijeva prijevoz stvari i putnika između točaka koje se nalaze u istoj državi. Tradicionalno je tržište kabotaže bilo rezervirano samo za domaće brodare, a posebno je osjetljivo bilo pitanje otočne kabotaže, tj. pružanje usluge prijevoza između kopna i otoka te među otocima [75]. Osnovno pravo svih članica Europske unije je ravnopravnost u pružanja usluga i nemogućnost bilo kojeg oblika diskriminacije.

Slobodno tržište pomorskoputničkog prometa regulirano je Uredbom Vijeća Europske unije 3577/92, a obuhvaća tržišno natjecanje, državne potpore u brodarstvu i javnu nabavu. Njome se jamči sloboda pružanja usluga u pomorskoputničkome prometu svim državama članicama Europske unije i svim brodarima iz Zajednice čiji su brodovi registrirani na području Europske unije, a da pritom udovoljavaju svim propisima za obavljanje kabotaže.

Brodar iz Zajednice je [77]:

- 1) državljanin država članica koji ima poslovni nastan u jednoj od država članica u skladu s propisima te države članice, a bavi se brodarskom djelatnošću,
- 2) brodarsko trgovačko društvo osnovano u skladu s propisima država članica čije je glavno mjesto poslovanja u jednoj od država članica, a u kojoj se provodi djelotvorna kontrola,
- 3) državljanin države članice koji ima poslovni nastan izvan Zajednice ili brodarsko trgovačko društvo koje ima poslovni nastan izvan Zajednice nad kojim kontrolu obavljaju državljani države članice ako su njihovi brodovi registrirani u Zajednici i viju zastavu države članice u skladu s propisima države članice.

Uredba 3577/92 je važna jer uvodi načelo slobodnog pružanja usluga u sektor pomorske kabotaže, što znači da pružatelji usluga iz jedne države članice mogu obavljati pomorsku kabotažu u drugoj državi članici te pritom ne smiju biti izvrgnuti diskriminaciji s obzirom na domaće osobe koje pružaju usluge. No, slobodu pružanja usluga države članice mogu ograničiti, odnosno mogu [75]:

- 1) donijeti vlastite propise koji se odnose na posadu broda,
- 2) brodarima odrediti određene obveze javne usluge kako bi osigurale odgovarajuću uslugu prijevoza s otoka, do otoka i između otoka,

- 3) od Komisije zatražiti uvođenje zaštitnih mjera dođe li do ozbiljnog poremećaja na unutarnjem tržištu.

Propisi koji se odnose na posadu broda se razlikuju od države do države. Uobičajeno pravila o posadi broda donosi država zastave, iako Europska komisija smatra da prvenstveno treba voditi računa o očuvanju načela slobode pružanja usluga. Ipak, radi ograničenja konkurencije na najosjetljivijim linijama, Uredba 3577/92 određuje da kod otočne kabotaže, država članica u kojoj se obavlja kabotaža, može donijeti vlastita pravila glede posade broda koji obavlja otočnu kabotažu. Također, za kopnenu kabotažu i brodove za kružna putovanja, država članica u kojoj se kabotaža obavlja može donijeti vlastita pravila glede posade ako je riječ o brodu manjem od 650 BRT [77]. Komisija smatra da država članica u kojoj se obavlja kabotaža može u pogledu pravila o sigurnosti i obučenosti te pravila o jeziku kojim se govori na brodu zahtijevati samo ono što se traži prema propisima Zajednice ili međunarodnim propisima koji su na snazi (Konvencije STCW i SOLAS), jer bi u suprotnome nerazmjerno ograničavala slobodu pružanja usluga [75].

### **3.1.3. Javne subvencije kao naknada za obveze javne usluge**

Državna financijska potpora kao naknada za poticanje bilo kojeg oblika ili segmenta gospodarstva nije u skladu s tržišnim načelima koje Europska unija naglašava kroz svoju politiku održivog razvoja i rasta, ali postoje iznimke poput sustava državnih potpora za sektor pomorskog prometa na području Europske unije [78].

Ukoliko je određena država članica Europske unije dala državnu financijsku potporu kao naknadu za obvezu javne usluge, ona mora biti u skladu s propisima Zajednice, Uredbom 3577/92 i odredbama o državnim potporama Ugovora o osnivanju Europske zajednice [75]. U tom kontekstu je dopušteno sufinanciranje usluga od općega gospodarskog interesa pa tako i obavljanje javnog prijevoza na brodskim linijama s obvezom javne usluge. U pravilu, Europska komisija smatra da kompenzacija operativnih troškova što su nastali ispunjavanjem tih obveza, nije državna potpora [75].

Temeljem članka 4. Uredbe 3577/92 može se nametnuti obveza javne usluge ili sklopiti ugovor o javnoj usluzi kao uvjet za pružanje usluga kabotaže, brodarskim društvima koja sudjeluju u redovnoj usluzi za, od ili između otoka [77]. Ugovori se sklapaju na razumno vrijeme trajanja, što je prema smjernicama Europske komisije oko šest godina. Ugovori na dulja razdoblja mogu

dovesti do stvaranja privatnog monopola, što nikako nije dopušteno. Sklapanju ugovora o javnim uslugama prethodi raspisivanje javnih natječaja. Natječaj mora biti transparentan i ne smije sputavati razvijanje konkurencije, a poziv na javni natječaj mora biti javno oglašen [75].

Naknada koja se iz javnih sredstava daje kao kompenzacija brodaru za obavljanje javne usluge uzimajući u obzir gospodarski interes temeljen na tržišnim načelima, ne smatra se državnim potporom ako su ispunjeni sljedeći uvjeti [75]:

- 1) usluga koju obavlja brodar – primatelj potpore treba se smatrati javnom uslugom, a brodarove obveze trebaju biti jasno definirane,
- 2) kriteriji za izračun naknada moraju biti unaprijed određeni na objektivan i transparentan način kako bi se spriječilo ostvarivanje ekonomske prednosti i povlaštena položaja primatelja potpore u odnosu na konkurente,
- 3) naknada ne smije premašivati iznos potreban da bi se pokrili svi troškovi ili dio troškova obavljanja javne usluge,
- 4) visina naknade se utvrđuje prema troškovima koje bi tipični poduzetnik imao kada bi takvu uslugu obavljao ako brodar koji obavlja javnu uslugu u konkretnom slučaju nije odabran u postupku javne nabave.

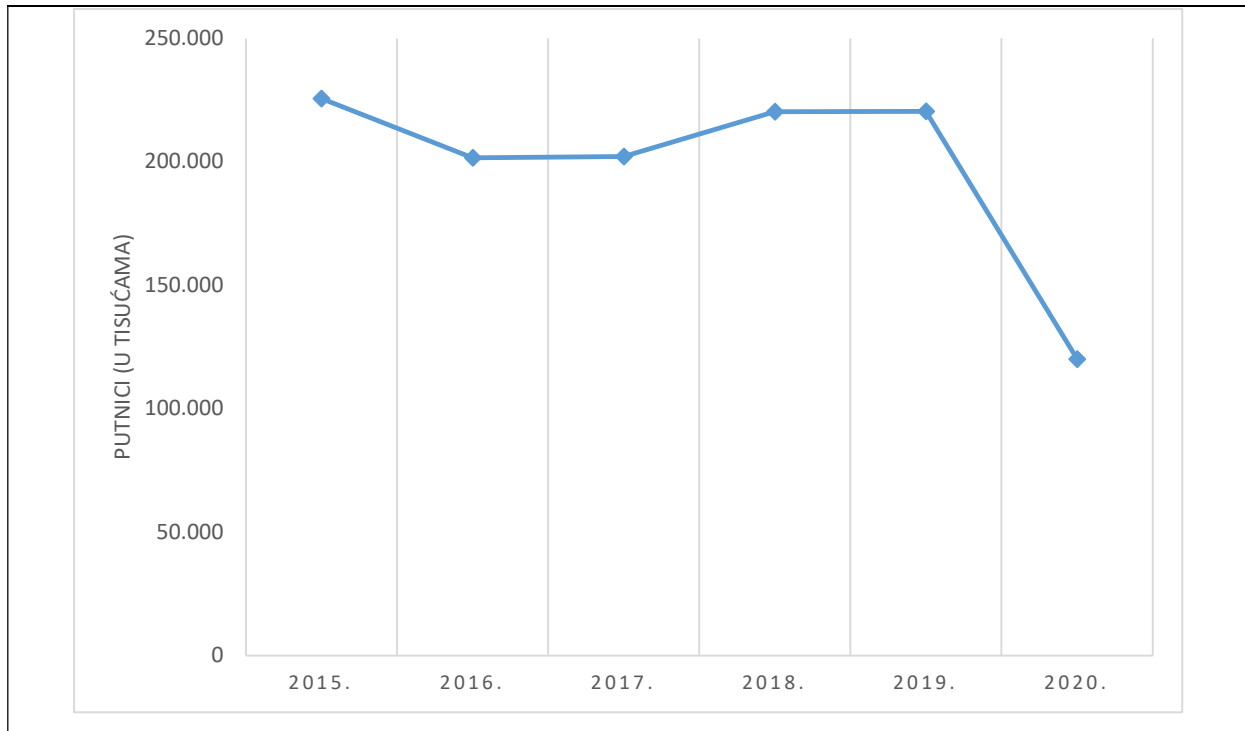
Iznos naknade ne smije premašivati iznos koji je nužan za pokrivanje troškova nastalih uslijed obveze pružanja javnih usluga prijevoza uzimajući u obzir čitav prihod ostvaren pružanjem usluge i razumnoj dobit [78]. Naknadom se pokrivaju svi troškovi nastali obavljanjem usluge, a odnose se na sve varijabilne troškove (troškovi goriva, lučke naknade i pristojbe, agencijski troškovi, osiguranje, porezi) i razmjerni udio fiksnih troškova (opći troškovi uprave i stručnih službi te operativni troškovi broda – plaće posade sa svim potrebnim davanjima, troškovi prehrane posade, održavanje i popravci, klasifikacijski pregledi, troškovi komunikacija broda s kopnom i slično) i odgovarajući prinos na vlastiti kapital koji je bio dodijeljen usluzi [78].

### **3.2. ANALIZA OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA NA PODRUČJU EUROPSKE UNIJE**

Prema podacima za 2019., gotovo petina ukupne svjetske flote se odnosi na brodove koji plove pod zastavama država članica Europske unije [79], a među njima značajan udio otpada na pomorskoputnički promet. O važnosti pomorskoputničkog prometa u Europi govori i činjenica da se od dvadeset najvećih svjetskih putničkih luka njih čak trinaest nalazi u Europi. [24] Više

od polovine pomorskih luka na području Europske unije su pomorskoputničke luke gdje se samo u 2018. ukrcao 437 milijuna putnika [79].

Graf 1. prikazuje kretanje broja ukrvanih putnika, isključujući putnike na kružnim putovanjima, u lukama Europske unije u razdoblju od 2015. godine do 2020. godine.



**Graf 1. Kretanje broja putnika u pomorskoputničkom prometu (bez putnika na kružnim putovanjima) Europske unije u razdoblju od 2015. do 2020.**

Izvor: Izradila doktorandica prema podacima Eurostata, [www.ec.europa.eu](http://www.ec.europa.eu) (pristupljeno 21. 8. 2021.)

Evidentno je da kroz luke Europske unije prođe znatan broj putnika, čak ako se izuzmu putnici na kružnim putovanjima.

Sjevernoeuropske luke su prvenstveno međunarodne morske luke, dok su južne, odnosno mediteranske prije svega nacionalne putničke luke [4]. Većina pomorskog prijevoza putnika, čak 63 %, izuzev putnika na krstarenju, na području Europske unije se odvija između luka u nacionalnim granicama [80], što ukazuje na dominaciju nacionalnih trajektnih usluga u pomorskoputničkom prijevozu Europske unije, a Italija i Grčka su lideri [80].

Upravo su one uz Hrvatsku, s obzirom na razvedenost obale i organizaciju povezivanja otoka s kopnom i otoka međusobno, reprezentativni primjeri pomorskoputničkog prometa na području Europske unije.

Tablica 2. daje pregled koeficijenata razvedenosti obale i broja prevezenih putnika u pomorskoputničkom prometu (bez putnika na kružnim putovanjima) u razdoblju od 2016. do 2020. za Italiju, Grčku i Hrvatsku.

**Tablica 2. Koeficijent razvedenosti obale i broj prevezenih putnika u pomorskoputničkom prometu (bez putnika na kružnim putovanjima) u razdoblju od 2016. do 2020. za Italiju, Grčku i Hrvatsku**

država	koeficijent razvedenosti obale	broj prevezenih putnika u pomorskoputničkom prometu (bez putnika na kružnim putovanjima) 2016. - 2020.
Italija	1,37	194.095.900
Grčka	3,84	158.628.300
Hrvatska	11,1	72.915.700
ukupno		425.639.900

Izvor: Izradila doktorandica prema podacima Eurostata, [www.ec.europa.eu](http://www.ec.europa.eu) (pristupljeno 21. 8. 2021.)

Na području Europske unije se u razdoblju od 2016. do 2020. prevezlo 1.189.899.000 putnika u pomorskoputničkom prometu (bez putnika na kružnim putovanjima) [80], a analizom Tablice 2. je razvidno da čak 425.639.900 putnika se referira na Italiju, Grčku i Hrvatsku, što ove države uz značajan koeficijent razvedenosti obale izdvaja kao reprezentativne primjere za pomorskoputnički promet na području Europske unije.

U ovome dijelu doktorske disertacije se analizira prometno povezivanje otoka s kopnom i otoka međusobno na području Italije, Grčke i Hrvatske radi prikaza funkcioniranja obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa na teritoriju Europske unije.

### **3.2.1. Obalni linijski pomorskoputnički promet u Italiji**

Talijanska obala je duga 7.375 km, a dotiču je Ligursko, Tirensko, Jadransko i Jonsko more. Njezini veliki poluotoci su Gargano, Kalabrija, Salentina, a najveći zaljevi Genovski, Tarantski i Venecijanski. Zapadni dio obale je razvedeniji s otocima Sicilijom (25 711 km<sup>2</sup>), Sardinijom (24 090 km<sup>2</sup>) i Elbom (223,5 km<sup>2</sup>), a potom slijede Sant'Antioco, Pantelleria, San Pietro, Asinara, Ischia, Lipari, Salina, Giglio, Vulcano, Lampedusa, La Maddalena, Favignana, Capri, Capraia, Caprera, Maréttimo, Montecristo, Stromboli [81]. Koeficijent razvedenosti obale za Italiju je 1,37 [1]. Slika 1. prikazuje Italiju i razvedenost njezine obale s položajem njezinih najvećih otoka.



**Slika 1. Karta Italije**

Izvor: <https://geology.com/world/italy-satellite-image.shtml> (pristupljeno 2. 11. 2022.)

Talijanski otoci su s kopnom i međusobno prometno povezani trajektnim i brzobrodskim linijama. Uredba 3577/92 o primjeni načela slobodnog pružanja usluga na pomorski promet u državama članicama primjenjuje se u Italiji od prvog dana stupanja na snagu 1. siječnja 1993., a o otočnoj kabotaži tek od 1. siječnja 1999. premda su inozemne kompanije i prije tog datuma mogle pružiti uslugu otočne kabotaže ako je servisiraju s brodom pod talijanskom zastavom [78]. Glavne i najprometnije talijanske luke, osobito za Siciliju i Sardiniju su: Genova, Livorno, Civitavecchia, Fiumicino, Napulj i Villa San Giovanni. Upravljanje lukama, njihova izgradnja, održavanje, ulaganje u lučku suprastrukturu i infrastrukturu je u nadležnosti državne administracije, odnosno Ministarstva transporta i infrastrukture [82]. Također, pod središnjom državnom upravom je odgovornost za nacionalni prometni sustav i infrastrukturu, dok je pod regionalnom nadležnošću sustav pomorskoputničkog prometa [82]. Vlada svake pomorske talijanske regije samostalno određuje brodske linije, njihovu učestalost i cijene punih karata na svakoj pojedinoj brodskoj liniji te iznose kojima sufinancira brodske linije. Regija Campania je prva osnovala sustav pomorskog povezivanja s devet brodskih linija pa je primjer ostalim talijanskim regijama. Sustav je zamišljen kao morski metrosustav, odnosno alternativa je cestovnom prometu radi unaprjeđenja javnog prometa, rasterećenja cestovnog prometa i smanjenja negativnog utjecaja prometa na okoliš [83]. Gotovo cjelokupni cjelogodišnji pomorskoputnički promet u Italiji održava državna tvrtka *Tirrenia group*, dok sezonske brodske

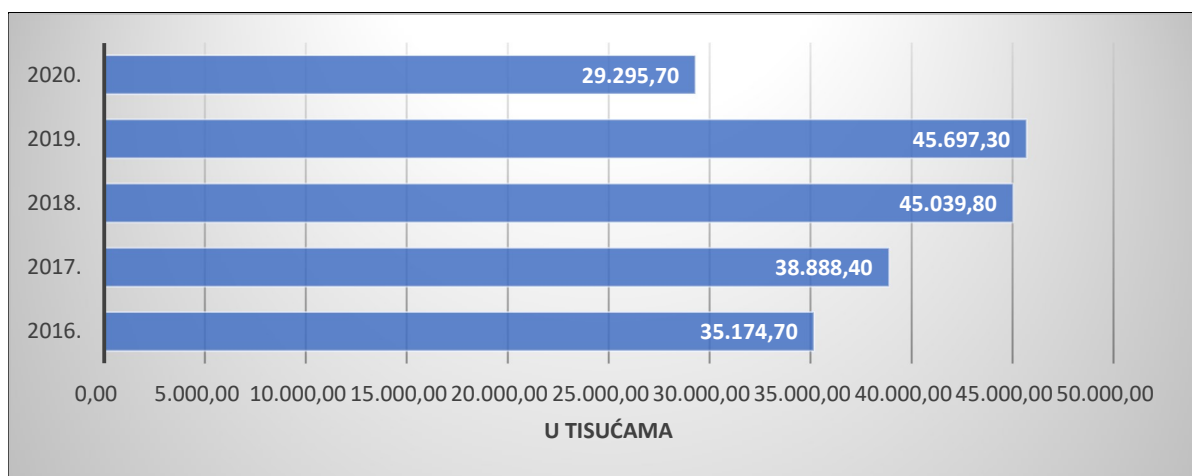


linije kojima se povezuje kopno sa Sicilijom, Sardinijom i sardinijskim otocima te otočjem iz neposredne blizini istočne talijanske obale su komercijalne linije [78].

Minimalni propisani zahtjevi kojima moraju udovoljavati operateri na linijama od javnog interesa su detaljno propisani javnim zakonskim aktima, a odnose se na učestalost usluge, red plovidbe, cijene prijevoza, karakteristike broda i visinu maksimalne potpore nužne za održavanje određene brodske linije [78]. Brodari se odabiru na javnim natječajima. Zainteresirani brodari šalju svoje ponude na natječaj, a odabire se brodar čije brodogovlje zadovoljava sve propisane tehničke uvjete i koji zahtijeva najnižu financijsku potporu. Iznos financijske potpore je fiksna i isplaćuje se kvartalno, dok regionalno tijelo nadležno za provođenje ugovora prikuplja sve priljeve novca od prodaje putnih karata. Ugovori se potpisuju na pet godina [78]. Cjelogodišnje državne linije uglavnom održava državni brodar *Gruppo Tirrenia*, a u ljetnim mjesecima s konkurencijom [78].

Važnost modernizacije flote na brodskim linijama od javnog interesa se očituje u zakonu kojim se regionalnim vlastima omogućuje sufinanciranje gradnje novih brodova i obnova postojećih desetogodišnjim programom vrijednim 250 milijuna eura [84], važnost obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa u Italiji definira se prometom putnika u nacionalnoj plovidbi. Na nacionalni pomorskoputnički promet otpada 87,73 % od ukupnoga pomorskoputničkog prometa na području Italije [4].

Kretanje broja putnika u pomorskoputničkom prometu (bez putnika na kružnim putovanjima) u Italiji u razdoblju od 2016. do 2020. prikazuje Graf 2.



**Graf 2. Kretanje broja putnika u pomorskoputničkom prometu (bez putnika na kružnim putovanjima) u Italiji u razdoblju od 2016. do 2020.**

Izvor: Izradila doktorandica prema podacima Eurostata, [www.ec.europa.eu](http://www.ec.europa.eu) (pristupljeno 21. 8. 2021.)

Neprofitabilne brodske linije koje su usmjerene na potrebe otočnog stanovništva sufinanciraju se javnim sredstvima. Javne natječaje na kojima se odabire brodar za održavanje određene brodske linije te visina financijske potpore provodi Vlada, a visina financijske potpore ovisi o iznosu troškova neophodnih za održavanje određene brodske linije [76].

U kategoriji troškova uzimaju u obzir sljedeći parametri [76]:

1. Godišnji trošak
  - a) vrijednost broda
  - b) opadanje vrijednosti i financijski troškovi broda
  - c) opadanje vrijednosti opreme
  - d) osiguranje
2. Mjesečni troškovi u aktivnom razdoblju
  - a) održavanje i inspekcije razreda
  - b) troškovi posade
3. Mjesečni troškovi u razdobljima mirovanja
  - a) održavanje
  - b) troškovi parkinga
4. Troškovi po nautičkoj milji
  - a) potrošnja goriva
  - b) potrošnja maziva
5. Troškovi u usputnim lukama
  - a) lučke naknade za ulazak i napuštanje luke
  - b) naknade za vez
  - c) sidrenje i isplovljavanje.

Naknada za obavljanje javne usluge u pomorskom prometu radi povezivanja otoka s kopnom i otoka međusobno u okviru države ovisi o odnosu prethodno navedenih troškova i ostvarenih prihoda od prodanih putnih karata. Kako iznos operativnih troškova održavanja određene brodske linije premašuje iznos ostvarenih prihoda za nerentabilne brodske linije, neophodna je financijska potpora države da bi se održavale.

Koncept kreiranja cijena karata u okviru talijanskoga linijskog pomorskoputničkog prometa počiva na podjeli na nisku, srednju i visoku sezonu koja je pojmovno vezana za visinu cijene

karata i za učestalost putovanja. Otočne cijene karata su povoljnije i praktičiraju se na linijama od javnog interesa, dok sezonske komercijalne linije imaju jedinstvenu cijenu putnih karata [78]. Odnosom ostvarenih prihoda od prodaje putnih karata i troškova za održavanje brodske linije se određuje iznos potrebne potpore za servisiranje nerentabilnih brodskih linija unutar sustava.

### 3.2.2. Obalni linijski pomorskoputnički promet u Grčkoj

Grčka se nalazi na strateškom geografskom položaju kao spona između Europe, Crnog mora i Bliskog istoka s izrazito razvedenom obalom dužine 13 676 km [81]. Ima oko 2.000 otoka koji čine 16 % ukupne površine Grčke, a svrstani su u tri skupine: Cikladi, Sporadi i Jonski otoci. Naseljenih otoka je 227. Veći otoci su: Kreta (8336 km<sup>2</sup>, najveći grčki otok), Eubeja (3670 km<sup>2</sup>), Lezbos (1632,8 km<sup>2</sup>), Rodos (1401 km<sup>2</sup>), Hios (842,7 km<sup>2</sup>), Kefalonija (734 km<sup>2</sup>), Krf (585,3 km<sup>2</sup>) [81]. Koeficijent razvedenosti obale za Grčku iznosi 3,84 [1]. Slika 2. prikazuje Grčku na kojoj je vidljiva razvedenost obale i položaj najvećih otoka.

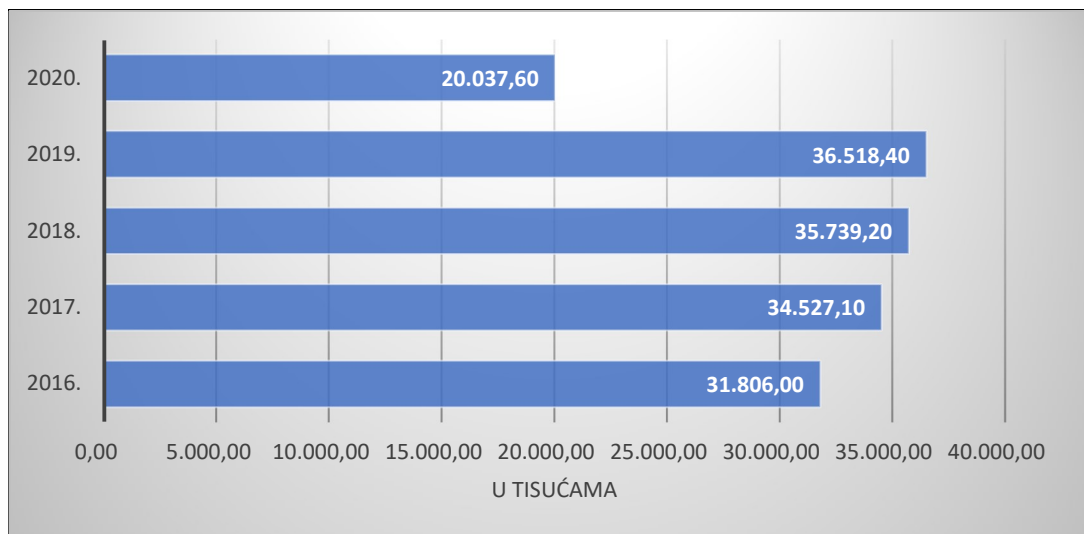


Slika 2. Karta Grčke

Izvor: <https://www.superjoden.nl/karta-grcke.html> (pristupljeno 2. 6. 2022.)

Pomorski promet ima veliko značenje u prometnom povezivanju otoka s kopnom i otoka međusobno u Grčkoj te je prisutna dobra povezanost brodskim i trajektnim linijama između mnogobrojnih otoka i kontinenta [81]. Kretanje broja putnika u pomorskoputničkom prometu

(bez putnika na kružnim putovanjima) u Grčkoj u razdoblju od 2016. do 2020. prikazuje Graf 3.



**Graf 3. Kretanje broja putnika u pomorskoputničkom prometu (bez putnika na kružnim putovanjima) u Grčkoj u razdoblju od 2016. do 2020.**

Izvor: Izradila doktorandica prema podacima Eurostata, [www.ec.europa.eu](http://www.ec.europa.eu) (pristupljeno 21. 8. 2021.)

Od ukupnog pomorskoputničkog prometa Grčke 95,48 % otpada na nacionalni pomorskoputnički promet, što također ukazuje na važnost sustava pomorskoputničkog prometa [4].

Trajektne linije unutar državnih granica povezuju 116 naseljenih otoka s kopnom na kojima živi 14,2 % ukupnog stanovništva [85]. Na području Grčke je oko 150 luka u kojima je dnevno oko 1.000 trajektnih ticanja u okviru sustava pomorskoputničkog prometa [86]. Glavne luke su Solun, Pirej, Igumenica, Patras i Iraklion. Lukama upravlja država kao većinski vlasnik [81].

Problemi glede lučke infrastrukture su [87]:

- nedostatak putničkih terminala,
- nedovoljna zaštita od vremenskih nepogoda,
- ograničena povezanost s cestovnom mrežom i stvaranje velikih gužvi,
- relativno niska uporaba informacijskih tehnologija,
- nedostatak sidrišta za brze brodove i trajekte.

Trajektni segment grčkoga pomorskog tržišta servisira 58 operatera koji opslužuju sedam regija, odnosno 356 brodskih linija različitih plovidbenih ruta, koje se mogu podijeliti na [86]:

- 84 subvencionirane linije,
- 30 kratkih brodskih linija i
- 242 komercijalne brodske linije.

Od ukupnoga obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa 70 % se odvija na Egejskome moru.

Brodske linije koje nisu isplative, odnosno neprofitabilne brodske linije sufinancira država kroz javne natječaje sa zadanim vrijednostima fiksnih prihoda, definiranim rutama i plovidbenome redu [86]. Vlada u natječajima iskazuje maksimalni iznos potpore za održavanje određene brodske linije i minimalne uvjete koji se moraju zadovoljiti, a odabire odgovarajućeg broдача i brod s najnižim zatraženim iznosom subvencije [86]. Minimalni zahtjevi koji moraju biti ispunjeni su [86]:

- plovidbena ruta,
- kapacitet broda,
- posjedovanje zamjenskog broda,
- vrijeme održavanja brodske linije tijekom godine (minimalno 10 mjeseci na godišnjoj razini),
- usklađenje s nacionalnim standardima o sigurnosti,
- jednakost među korisnicima i
- maksimalna starost broda 30 godina.

Neprofitabilne linije se sufinanciraju direktno preko profitabilnih linija tako da svaka putna karta na profitabilnim linijama sadržava doplatu u visini 3 % od cijene putne karte i što se preusmjerava na financiranje neprofitabilnih linija [86]. Inače, potpore za prometno povezivanje otoka s kopnom i otoka međusobno u 2021. su iznosile 130.808.000 eura [88].

Za sve državne trajektne linije u sustavu linijskoga pomorskoputničkog prometa je nadležno Ministarstvo trgovačke mornarice i Ministarstvo pomorstva i otočne politike te su odgovorni za regulaciju i nadzor cjelokupnog sektora.

Potražnja na ovome tržištu je izrazito sezonskog karaktera pa se u kolovozu preveze 23 % od ukupnog broja prevezenih putnika na godišnjoj razini, dok se u veljači preveze svega 2 % [86]. Razlog je povećani broj turista u sezoni, ali i znatnije kretanju otočkog stanovništva.

U posljednja dva desetljeća ulaganja u modernizaciju flote i u izgradnju novih i bržih brodova su znatna, a sve brodarske kompanije i brodovi su u privatnome vlasništvu [86].

Grčki obalni linijski pomorskoputnički promet teži modernizaciji svog sustava, smanjenju utjecaja sezonskog karaktera i podizanju razine kvalitete usluge pa je Vijeće za obalni promet tijekom 2022. odobrilo sufinanciranje triju novih cjelogodišnjih trajektnih linija (Tilos – Kos, Rodos – Chalki – Karpatos – Kassos – Sitia, Krfsko – Dijapontski otoci) radi podizanja kvalitete sustava, prvenstveno za otočno stanovništvo [89].

### 3.2.3. Obalni linijski pomorskoputnički promet u Hrvatskoj

Hrvatska obala s otocima spada u najrazvedenije obale na svijetu i čini drugo po veličini otočje Sredozemlja jer obuhvaća gotovo sve otoke obale istočnog i središnjeg dijela Jadrana. Otoka, otočića i hridi je 1.246 i zauzimaju 5,75 % površine hrvatskog kopna, ali im zbog naglašene razvedenosti pripada više obale od kopna, odnosno 69,5 % obale [90]. Razvedenost obale i brojnost otoka i otočića u Republici Hrvatskoj je razvidna iz Slike 3.



Slika 3. Karta Hrvatske

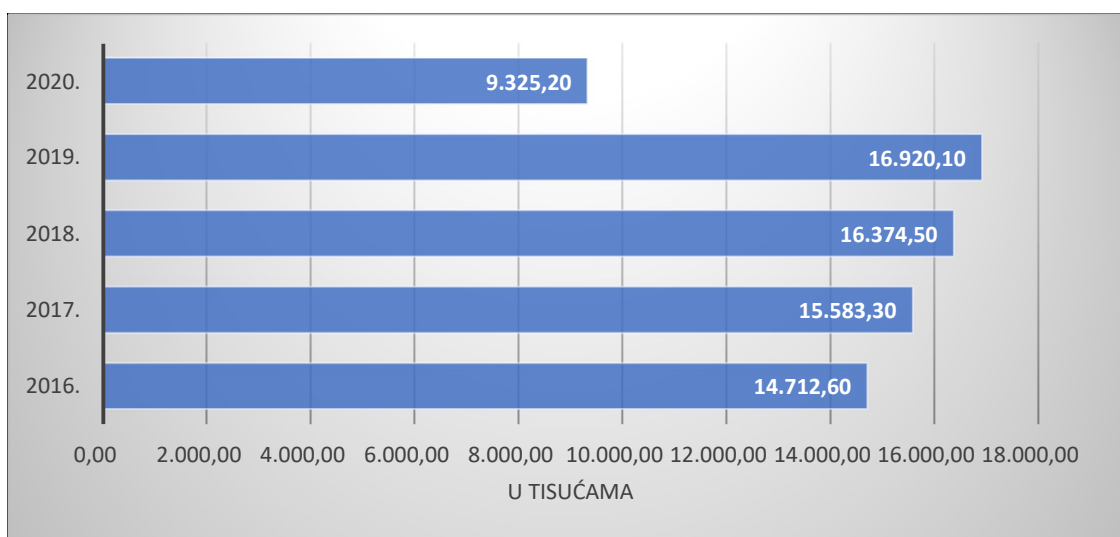
Izvor: <https://hsk.com.hr/geografске-karte/zidne-karte-2/republika-hrvatska-2/> (pristupljeno 6. 11. 2021.)

Koeficijent razvedenosti obale za Republiku Hrvatsku iznosi 11,1 [1]. Stalno je naseljeno 49 otoka [91], a prometna povezanost otoka s kopnom i otoka međusobno uređena je sustavom



obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa koji omogućuje redovitu prometnu povezanost 73 otočne i 22 kopnene luke [92]. Redoviti javni prijevoz u obalnome linijskom pomorskoputničkom prometu u Republici Hrvatskoj je uređen važećom Odlukom o određivanju državnih linija u javnome prijevozu u linijskome obalnom pomorskom prometu iz 2016. te izmjenom i dopunom Odluke iz 2020. kojom je obuhvaćena 51 državna linija, a održava ih 13 brodara s flotom od 82 broda [93].

Broj putnika u pomorskoputničkom prometu (bez putnika na kružnim putovanjima) Republike Hrvatske u razdoblju od 2016. do 2020. prikazuje Graf 4. iz kojeg je vidljivo da se znatan broj putnika preveze sustavom obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa.



**Graf 4. Kretanje broja putnika u pomorskoputničkom prometu (bez putnika na kružnim putovanjima) u Hrvatskoj u razdoblju od 2016. do 2020.**

Izvor: Izradila doktorandica prema podacima Eurostata, [www.ec.europa.eu](http://www.ec.europa.eu) (pristupljeno 21. 8. 2022.)

Analizom Graf 4. postaje razvidno je da je zbog Covid – 19 pandemije došlo do znatnog poremećaja na ovome tržištu. Republika Hrvatska nije izuzetak jer je sličan trend uočen i u drugim pomorskim državama.

Ulaskom u Europsku uniju, Republika Hrvatska se opredjeljuje za slobodan protok roba, kapitala i ljudi, odnosno za liberalizaciju pomorske kabotaže Uredbom Vijeća br. 3577/92 što ju je propisala Europska unija. Slijedom navedenog, Republika Hrvatska je prije negoli je ušla u Europsku uniju, a potom i nakon ulaska 1. srpnja 2013. svoje zakonodavstvo usklađivala sa EU zakonodavstvom glede sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa.

Regulatorno tijelo Republike Hrvatske za linijski putnički promet je Agencija za obalni linijski pomorski promet. Njezina najvažnija uloga je da osigura odabir brodara na državnim trajektnim, brodskim i brzobrodskim linijama u javnome obalnom linijskom pomorskom prometu na temelju javnih natječaja i sklapanje ugovora te nadzor nad njihovim izvršenjem [93]. U natječajnoj dokumentaciji se navodi plovidbeni red, najviša cijena prijevoza po svim kategorijama i najviši iznos naknade za javnu uslugu pomorskog povezivanja otoka s kopnom i otoka međusobno na državnim brodskim linijama [93]. Nerentabilnim brodskim linijama unutar sustava pripada naknada za održavanje javnih usluga od gospodarske važnosti, jer bez takva oblika sufinanciranja ne bi se mogle održavati. Naknadom, odnosno potporom se nadoknađuje razlika između ostvarenih prihoda i operativnih troškova s mogućnošću ostvarenja razumne dobiti. Agencija nadzire trošenje sredstava iz državnog proračuna za održavanje pomorskih veza s otocima. Država za naknade u održavanju sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa godišnje izdvaja cca 316 milijuna kuna [94].

Republika Hrvatska ima razrađenu Strategiju pomorskog razvitka i integralne pomorske politike kojom se želi pomoći tranziciji Republike Hrvatske u razvijenu i prepoznatljivu pomorsku državu. Također, to pokušava i svojim politikama i inicijativama za održivi rast gospodarske aktivnosti na moru i u priobalju, jačanjem utjecaja hrvatskoga pomorskog sektora na europskome i svjetskom tržištu, pravilnim vrjednovanjem svoga iznimna geografskog položaja, Jadranskog mora i njegovih ekoloških značajki, razvojem visokih tehnologija i usluga u pomorstvu utemeljenih na tradicionalnim znanjima i usvojenim vještinama, osobitom brigom za visoku dostupnost učinkovitih i modernih javnih usluga u pomorstvu, zaštitom morskog okoliša i sigurnosti plovidbe [92]. Zato su nužne promjene u zakonodavstvu, neophodno je otvoriti se tržištu, modernizirati flotu i transformirati stavove javnosti te veći angažman države [92].

Razrada organizacije i stanja obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske slijedi u šestome poglavlju.

Analizom sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa u Italiji, Grčkoj i Hrvatskoj se zaključuje da su one prihvatile propise Europske unije i da su pritom zadržale vlastito uređenje prometnog povezivanja otoka s kopnom i otoka međusobno kadgod je bilo moguće. Uzimajući u obzir tradiciju i određene specifičnosti u funkcioniranju i potrebama tržišta te potrebu zaštite vlastitog identiteta, zadržavanje određene razine samostalnog funkcioniranja, uz uvjet da se tržište liberalizira bez ičijeg monopola i neregularnih ograničenja, je očekivano.



Primjetno je da se operativni troškovi većine brodskih linija kojima se povezuju otoci s kopnom i otoci međusobno ne mogu ostvariti isključivo iz prihoda od pruženih usluge pa im je nužna državna naknada za njihovo održavanje. Naknade za obavljene javne usluge u pomorskom prometu se određuju na isti način u svim pomorskim državama Europske unije, putem javnih natječaja. Njihovo reguliranje je u skladu s odredbama Europske unije, što podrazumijeva transparentnost u raspisivanju javnih natječaja i u odabiru brodara. Naknade za brodare se nadziru, a eventualno preplaćeni iznos se mora vratiti. Zaključuje se da je obalni linijski pomorskoputnički promet problematika koja je u svim pomorskim zemljama složena, ali je svima cilj da ga se revitalizira i podigne kvaliteta usluga te da se udovolji potrebama prvenstveno otočnog stanovništva. Revitalizacija se postiže modernizacijom flote i luka, uvođenjem novih linija, racionalizacijom operativnih troškova čija je posljedica smanjenje potrošnje pogonske energije i emisije štetnih plinova u atmosferu, optimizacijom sustava i novim tehnologijama. Značaj sustava se očituje odnosom prevezenih putnika u promatranim pomorskim državama, iako je u 2020. uočen pad broja putnika zbog pandemije Covid-19. Analiza ukazuje na istovjetnu reakciju svih tržišta na ovu izvanrednu kriznu situaciju pa se zaključuje se da je tržište izrazito podložno utjecajima iz okruženja.

## **4. ODRŽIVI RAZVOJ OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA**

Sustavom obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa se povezuju otoci s kopnom i otoci međusobno pa je on izuzetno važan za funkcioniranje otoka i otočnog stanovništva. Da bi sustav u najvećoj mogućoj mjeri bio u funkciji kvalitete života na otoku i razvoja otoka, nužno je kontinuirano ulaganje u razvoj sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa, što je složen proces s nizom aktivnosti.

Cilj je osigurati dugoročno održiv sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa kojim će se u najvećoj mogućoj mjeri udovoljiti svim dionicima.

Zbog svega navedenog, četvrto poglavlje objašnjava sadržaj održivog razvoja u prometu te elemente održivog sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa.

### **4.1. POJAM ODRŽIVOG RAZVOJA U PROMETU**

Koncept održivog razvoja može se definirati kao svojevrsno upravljanje i očuvanje prirodnih resursa uz orijentaciju na tehnološke i institucionalne promjene u cilju postizanja i održavanja zadovoljenja čovjekovih potreba za sadašnje i buduće naraštaje [25].

Održivi razvoj podrazumijeva zadovoljenje potreba čovječanstva u sadašnjosti bez ikakve ugroze zadovoljenja potreba budućih generacija. Stoga, koncept održivog razvoja mora uključivati sve dionike kao ključni mehanizam u realizaciji održivog razvoja [96]. Koncept održivog razvoja zasniva se na zapažanju da se gospodarstvo, okoliš i društveni napredak više ne mogu razdvajati [97].

Za razliku od ostalih pristupa upravljanja, upravljanje održivim razvojem obuhvaća splet raznovrsnih znanja i vještina stečenih izučavanjem društvenih znanosti i različitih područja prirodnih i tehničkih znanosti [25].

Načela održivog razvoja su [25]:

- poštivanje i briga za životnu zajednicu,
- poboljšanje kakvoće života,
- zaštita vitalnosti i raznolikosti Zemlje,

- minimiziranje iscrpljivanja neobnovljivih resursa,
- poštivanje granica prihvatljivog kapaciteta Zemlje,
- promjene u osobnim stavovima i postupcima,
- omogućavanje zajednicama da skrbe o vlastitom okolišu,
- stvaranje nacionalnog okvira za integraciju razvoja i zaštite,
- stvaranje globalnog saveza.

Održivi razvoj, razmatran kao svojevrsni koncept strateškog usmjerenja, je osnova na kojoj je moguće temeljiti javne politike u funkciji razvoja prometa i pomorstva, a njime se utječe na razvoj gospodarstva [25]. Navedeno implicira da bi održivi razvoj trebao biti sastavni dio svih strateških dokumenata razvoja prometa i pomorstva.

Učinkovit prometni sustav zasigurno je jedan od temeljnih uvjeta za uspješan gospodarski razvoj svake suvremene države pa se samim time teži osigurati dugoročno održivi razvoj prometnog sustava. Međutim, postoji određena razina bojazni da će razvoj prometa negativno utjecati na okoliš pa razmišljanje o poboljšanju postojećih sustava uz imperativ očuvanja okoliša stoji [ 98].

Potrebno je postići ravnotežu između prednosti koje promet pruža u razvoju gospodarstva i društva u cjelini te nepovoljnih utjecaja koji se javljaju rastom prometa. Navedeno je ujedno i jamstvo dugoročne opstojnosti i uspješnosti čemu prometni sustav mora težiti [26].

Ne postoji standardna definicija održivosti prometnog sustava, već se održivost prometnog sustava uglavnom definira kroz utjecaje sustava na gospodarstvo, okoliš i društvo. Bavljenje održivošću prometnih sustava važna je aktivnost što dokazuje i sve veći broj inicijativa diljem svijeta za definiranje i mjerenje održivosti u planiranju prijevoza i pripadajuće infrastrukture [96].

U sklopu izazova budućeg razvoja prometnog sustava svakako je jedan od najvažnijih onaj koji se odnosi na integraciju ekoloških i okolišu usmjerenih ciljeva [26]. Zato je potrebno u najvećoj mogućoj mjeri ograničiti negativan utjecaj prometa poticanjem intermodalnosti, razvojem inteligentnih transportnih sustava i optimiziranjem postojećih prometnih sustava.

## **4.2. ELEMENTI ODRŽIVOSTI OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA**

Prometna povezanost otoka s kopnom i otoka međusobno, kao dijela prometnog sustava, je ključna za gospodarski i cjelokupni razvoj otoka, pogotovo za otoke kojima se može pristupiti samo morem. U protivnom, otoci ostaju izolirana područja koja su tako blizu, a tako daleko, bez mogućnosti razvoja i jednakih uvjeta kao na kopnu [98]. S druge strane, s obzirom na to da cestovni promet uzrokuje sve više ekoloških i društvenih problema, npr. zagušenje cesta, zagađenje zraka, prometne nesreće, buku, visoku razinu potrošnje energije i slično, sveprisutnije je predlaganje mjera kojima bi se oni umanjili. Jedna od mjera je veće iskorištavanje pomorskog prijevoza, posebno u situacijama kada je takav oblik prijevoza ekonomičniji i efikasniji s raznih aspekata [97]. Zato se danas sve više potiče razvoj pomorskih prometnica i međuobalnog prometnog povezivanja što treba uključiti u sve razvojne strategije, buduće aktivnosti i javno financiranje [99]. Aktiviranje ovog koncepta u pomorskoputničkom prometu bi bilo brzo i poticajno uz relativno jeftinu i jednostavnu eksploataciju postojeće infrastrukture [100]. Priobalnim prometnim povezivanjem nastoji se rasteretiti opterećene cestovne pravce i ponuditi alternativni pomorski promet, a u tom procesu luke postaju strateške točke u kojima je nužno izbjeći prometna zagušenja te smanjiti troškove kako bi se nadoknadile manjkavosti alternativnih putova (prilazni putovi, protočnost) [101].

Ulaganjem u razvoj sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa nastoji se osigurati dugoročno održiv sustav prometnog povezivanja otoka s kopnom i otoka međusobno kvalitetnim uslugama i zadovoljenjem svih dionika sustava pa koncept održivog razvoja sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa obuhvaća:

- društvenu održivost,
- ekološku održivost i
- ekonomsku održivost.

### **4.2.1. Društvena održivost obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa**

Sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa treba se stalno razvijati kako bi maksimalno ispunio svoju osnovnu zadaću – kvalitetno i učestalo prometno povezivanje otoka s kopnom i otoka međusobno, čime se direktno utječe na životni standard otočnog stanovništva. Na taj način se umanjuju razlike u kvaliteti života između otočnih prostora i kopna, odnosno

omogućuje se zadržavanje stanovništva na otočnim prostorima. Učestala i redovita dostupnost kopna, otočanima osigurava zadovoljenje svih životnih potreba odlaskom na kopno, a time i sve drugo potrebno za ugodan život dolazi na otok.

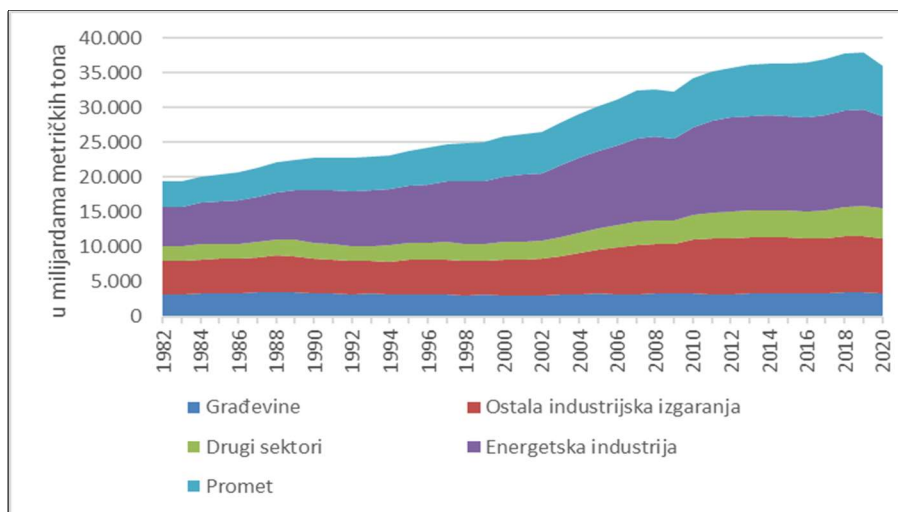
Otoku i otočnom stanovništvu je prijeko potrebna direktna povezanost s kopnom, jer iako život na otoku ima mnoge prednosti, otočani zbog brojnih sadržaja moraju odlaziti na kopno kako bi nadomjestili nedostatke života na otoku, npr. nemogućnost zaposlenja i obrazovanja, neodgovarajuće zdravstvene njege, manjak društvenih i kulturnih sadržaja i ostalog [6]. Prometnom povezanošću uvjetuje se i razvoj otočnog gospodarstva, što direktno utječe na otočno stanovništvo i standard života na otocima. Povećanim brojem brodskih linija, podizanjem kvalitete usluge, većim komforom na brodovima, smanjenjem cijene putnih karata, modernizacijom flote i uvođenjem novih tehnologija osigurava se održivost sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa s društvenog aspekta.

Razvojem sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa treba zadovoljiti potrebe svih dionika sustava – otočno stanovništvo, turiste, državu i brodare. Sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa je prvenstveno u funkciji zadovoljenja potreba otočnog stanovništva, ali istovremeno direktno potiče gospodarstvo i turizam pa je nužna prilagodba u najvećoj mogućoj mjeri korisnicima usluge s naglaskom na plovidbene radove [102]. Priobalnim prometnim povezivanjem se mora ispuniti očekivanja korisnika usluge o brzini (uključujući i brzinu na moru), pouzdanosti, fleksibilnosti, učestalosti, sigurnosti tereta i atraktivnosti cijene, čime se stvara novi prikaz prometnih usluga što bi trebalo prenijeti svim korisnicima prometnih usluga da bi o načinu transporta mogli odlučiti na temelju činjenica [101]. Ključni elementi realizacije obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa su, također, država i brodari koji servisiraju sustav. Raznolikost dionika utječe na složenost realizacije i oblikovanja sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa.

#### **4.2.2. Ekološka održivost obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa**

Pomorski promet ima i negativne učinke koje treba u najvećoj mogućoj mjeri ograničiti i eliminirati. Sve mjere koje se odnose na pomorski promet, odnose se i na sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa.

Jedan od većih problema je zagađenje okoliša iz prometa, tako i pomorskog. Kretanje emisije CO<sub>2</sub> iz prometa u odnosu na druge sektore u razdoblju od 1982. do 2020. prikazuje Graf 5.

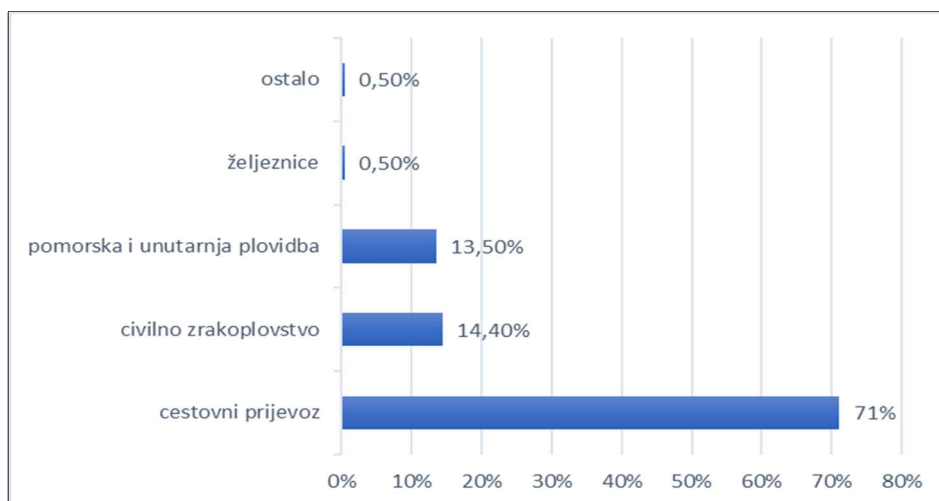


**Graf 5. Emisija CO<sub>2</sub> po sektorima u razdoblju od 1982. do 2020.**

Izvor: Izradila doktorandica prema podacima Statista, [www.statista.com](http://www.statista.com) (pristupljeno 2. 1. 2022.)

Analizirajući Graf 5. zaključuje se da je emisija štetnih plinova, uključujući i CO<sub>2</sub>, u stalnom porastu u promatranom razdoblju. Znatan udio prometa u zagađenju atmosfere upućuje na nužne reakcije i kontrolu zagađenja u najvećoj mogućoj mjeri. Bez nužnih aktivnosti potpomognutih zakonskim regulativama za smanjenje emisije štetnih plinova u atmosferu, nema održivosti ni opstanka.

Udio pomorskog prometa u ukupnom zagađenju iz sektora prometa prikazuje Graf 6.



**Graf 6. Emisije stakleničkih plinova svih prometnih sektora**

Izvor: Izradila doktorandica prema 'EEA greenhouse gas — data viewer', European Environment Agency, [www.eea.europa.eu](http://www.eea.europa.eu) (pristupljeno 23. 6. 2022.)

Aktivnosti pomorskog prometa uzrokuju velike količine emisija stakleničkih plinova i onečišćivača zraka, onečišćenje bukom i onečišćenje vode. Prema Grafu 6., od ukupnog

zagađenja iz prometa, na pomorstvo i unutarnju plovidbu se odnosi 13,5 %, što je puno manje od cestovnog i nešto manje od zračnog prometa. Od emisija štetnih plinova uslijed izgaranja goriva daleko najviše su emisije ugljikovog dioksida (CO<sub>2</sub>) [79]. Brodovi koji su pristajali u luke Europske unije i europskoga gospodarskog prostora tijekom 2018. su proizveli 140 milijuna tona emisija CO<sub>2</sub> (otprilike 18 % ukupnih emisija CO<sub>2</sub> iz pomorskog prometa na svjetskoj razini) [79]. Otprilike 40 % od ukupnih emisija CO<sub>2</sub> proizveli su brodovi koji prometuju između luka država članica Europske unije i brodovi na vezu u lukama [79]. Ne poduzmu li se dodatne mjere, emisije CO<sub>2</sub> iz pomorskog prometa na svjetskoj razini mogle bi do 2050. iznositi 17 % svih njegovih emisija. Iako su emisije nekih onečišćujućih tvari iz cestovnog prometa općenito smanjene (ali ne i CO<sub>2</sub>), emisije iz zračnog i pomorskog prometa i dalje su u porastu. Očekuje se da će do 2050. svjetski zračni i pomorski promet zajedno činiti gotovo 40 % emisija CO<sub>2</sub> na svjetskoj razini ne poduzmu li se dodatne mjere za njihovo smanjenje [103]. Sektor pomorskog prometa stalno se razvija radi veće razine održivosti sustava i boljih reakcija na izazove koji proizlaze iz problema zagađenja okoliša. Suština održivog razvoja zahtijeva brigu o okolišu i lokalno i globalno [104]. Uočava se napredak zbog uvođenja rigoroznijih zakonskih okvira i institucionalnih pravila. Slijedom navedenog, predviđa se pad i emisije sumpornog dioksida (SO<sub>2</sub>) iz pomorskog prometa do 2050. Napori su, također, usmjereni na povećanje energetske učinkovitosti broda pa su mnogi brodovi smanjili eksploatacijsku brzinu, čime su smanjili emisiju štetnih plinova u atmosferu [79]. Pronalaženjem najpovoljnije rute s osnove vremenskih prilika i uvjeta na moru smanjuje se emisija stakleničkih plinova u atmosferu pa se točnim predviđanjem performansi brodskih operacija pod različitim vanjskim uvjetima može povećati razina energetske učinkovitosti broda [105]. Na taj se način potrošnja goriva i emisija CO<sub>2</sub> može smanjiti za oko 3 % [106]. Razvidno je da ekološka prihvatljivost broda postaje utjecajan čimbenik u kreiranju poslovne politike brodara koja, osim izbjegavanja ograničenja u plovidbi, kazni i prisilnih zastoja u lukama, najveću korist nudi kroz smanjenje troškova i sprječavanje onečišćenja na globalnoj razini [104].

Povećani institucionalni zahtjevi za ograničenje emisije štetnih plinova odrazile su se i na brodove na kojima su u širokoj uporabi dizelski motori i uljni kotlovi. Teško dizelsko gorivo koje je najčešće u uporabi, osim ugljikovodika sadržava i mnoge druge sastojke čiji su produkti izgaranja štetni za okoliš i ljudsko zdravlje. Zato su na međunarodnoj razini prihvaćene konvencije i pravila kojima se nastoji smanjiti čovjekov utjecaj na onečišćenje. Tako Međunarodna pomorska organizacija (engl. International Maritime Organization – IMO),

preko Komiteta za zaštitu morskog okoliša (engl. Marine Environment Protection Committee – MEPC) pod MARPOL 73/78 konvencijom i prihvaćenim priložima, razvija i objavljuje međunarodne propise o prevenciji onečišćenja mora s brodova [62]. Konvencija je dopunjena s Protokolom iz 1997. koji uključuje Prilog VI. s propisima o prevenciji onečišćenja atmosfere s brodova [107]. Prilog VI. postavlja ograničenja s obzirom na emisiju NO<sub>x</sub> i SO<sub>x</sub> plinova iz brodskih ispuha, a zabranjuje i ispuštanje tvari koje oštećuju ozonski omotač. Propisi donijeti posljednjih godina uglavnom se odnose na nekoliko glavnih područja u svezi onečišćenja, a to su [107]:

- emisija stakleničkih plinova i plinova opasnih za čovjeka i okoliš,
- upravljanje balastnim vodama,
- prepoznavanje i proglašavanje posebno osjetljivih područja,
- recikliranje dotrajalih brodova.

Unutar navedenih područja su i zasebni propisi. Međunarodna pomorska organizacija je od svog osnutka usvojila više od 50 međunarodnih ugovora koji se odnose na reguliranje međunarodnoga pomorskog prometa, od čega je 40 % izravno vezano uz okoliš (21 ugovor). Razvijanjem novih standarda, potpunom implementacijom postojećih i primjenom novih inovativnih rješenja, pomorski sektor može ostati konkurentan te može doprinositi zajedničkom cilju rješavanja globalnih ekoloških izazova [79].

Sve češće se spominju alternativna goriva i izvori pogonske energije, npr. biogoriva, vodik, amonijak ili električna energija koji su alternativa fosilnim gorivima s obzirom na to da je njihov negativan utjecaj na onečišćenje zraka i emisiju stakleničkih plinova manji [79]. Uvođenje drugačijih izvora pogonske energije zahtijeva ulaganja u preinake i prilagodbe postojećih brodova, uvođenje novih brodova s novim pogonskim strojevima, odnosno eliminiranje određenih brodova. Također, poticanjem razvoja pomorskih prometnica i međuobalnog prometnog povezivanja kao alternativa cestovnom prijevozu, moglo bi se dodatno smanjiti emisiju stakleničkih plinova. Od navedenih promjena nisu izuzete ni luke koje se moraju pripremiti za klimatske promijene, ali i promijene u brodarstvu s osnove redukcije onečišćenja okoliša. Morske luke su vitalni dio industrije pomorskog prometa i imaju ključnu ulogu u integriranim prometnim lancima i regionalnim gospodarstvima, ali su ujedno mjesta onečišćenja okoliša [104].



#### 4.2.3. Ekonomska održivost obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa

Uvođenje novih tehnologija i postrojenja te alternativna goriva i pogonska energija zahtijeva financijska ulaganja i vrijeme. Zato je djelovanje na smanjenju potrošnje postojećih goriva u najvećoj mogućoj mjeri imperativ.

Institucionalni zahtjevi direktno utječu na povećanje financijskih opterećenja brodarskim kompanijama i državi. Država osobito osjeća financijski pritisak kod sufinanciranih brodskih linija, što je učestalo u sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa. S druge strane, ispunjenje zahtjeva institucionalnog okvira je financijsko opterećenje za brodarske kompanije s obzirom na to da moraju mijenjati pogone, prilagođavati se i nalaziti sredstva za nove investicije. Ukupni troškovi koji se odnose na brod dijele se na operativne te na troškove održavanja, putovanja, manipulacije i na kapitalne. Gotovo 40 % troškova čine upravo troškovi putovanja, a troškovi goriva su njihov najosjetljiviji dio [104]. Zato se jedino promišljenom financijskom politikom osigurava likvidnost i dostupnost kapitala, omogućuje se ekonomski prihvatljiva eksploatacija brodova, osiguranje brodova, obnova flote, ali i razvoj i rast brodarskih kompanija [104]. Nadalje, porast troškova u servisiranju sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa opterećuje korisnike usluga – očno stanovništvo i sve ostale putnike. Svi dionici sustava osjećaju i ostale financijske poremećaje iz okoline, npr. poskupljenja sirovina i pogonske energije, ali i globalnu financijsku krizu. Rješenje se nazire u racionalnom korištenju postojećih resursa kako bi se stvorili preduvjeti za daljnja ulaganja i smanjenje potrošnje pogonske energije, uz uvjet zadržavanja i poboljšanja kvalitete usluge te u usklađivanju interesa svih dionika sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa.

Analizom društvene, ekološke i ekonomske održivosti obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa zaključuje se da održivi razvoj mora biti imperativ. Jedan od načina ostvarenja održivog razvoja obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa je optimizacija. Optimizacija doprinosi kvaliteti svakog prometnog sustava pa i ovoga. Tako se povećava kvaliteta pruženih usluga u sustavu te se ostvaruje održivost promatrana s društvenoga, ekonomskog i ekološkog aspekta.

Predloženim modelom optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa iz ove doktorske disertacije se želi doprinijeti održivosti sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa. Model se temelji na premisi da je optimalan raspored brodova u

sustavu obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa s aspekta potrošnje energije i s aspekta dostupnosti brodova, odnosno uravnoteženošću ovih dvaju ciljeva od iznimne važnosti.

Osnovni cilj modela je omogućiti zadovoljenje zahtjeva za očuvanje pogonske energije i smanjenje emisije štetnih plinova u atmosferu s iskorištenosti brodova na zadovoljstvo korisnika usluge. Također, trošak pogonske energije po ovome modelu zauzima znatan udio u ukupnim troškovima broda i održavanja brodskih linija. S druge strane, temelj pomorskoputničkog prometa i sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa su putnici jer zbog njih sustav i postoji. Stupanj njihova zadovoljstva sa sustavom obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa je pokazatelj kvalitete njihova života. Važnost putnika u pomorskoputničkome prometu je, između ostalog, ugrađena u zakonske akte.

Primjenom ovog modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa se mogu ostvariti uštede pogonske energije, što je pozitivno s ekološkog i financijskog aspekta. Nadalje, te uštede se mogu iskoristiti za daljnja ulaganja u sustav, npr. u nove brodove, pogone s ekološki prihvatljivijom pogonskom energijom i na postupke koje od sustava traži sve zahtjevnija zakonska regulativa. Optimalnim rasporedom brodova se također u većoj mjeri korisnicima pomaže da zadovolje svoje potrebe za uslugama sustava. Isto tako, model što je moguće više nastoji udovoljiti svim dionicima sustava te se njime stvaraju pretpostavke za održivi razvoj sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa.

## **5. PRIJEDLOG OPĆEG MODELA OPTIMIZACIJE SUSTAVA OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA**

Okosnica ove doktorske disertacije je izrada modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa. U petom poglavlju predstavlja se prijedlog modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa prikazom općeg modela.

### **5.1. CILJ OPTIMIZACIJE SUSTAVA OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA**

Cilj optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa je da uspostavi optimalni raspored brodova u okviru definiranih brodskih linija radi učinkovitije prometne povezanost otoka s kopnom i otoka međusobno te da stvori preduvjete za unaprjeđenje i dugoročnu održivost sustava s aspekta potrošnje pogonske energije, optimalne iskoristivosti brodova i financijske učinkovitosti. Temeljni cilj ovog znanstvenog istraživanja je da odredi optimalan raspored brodova u sustavu obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa radi smanjivanja potrošnje pogonske energije, iskorištavanja brodova na optimalniji način u odnosu na njihove performanse, odnosno da se uspostavi kompromis između ova dva cilja.

Optimizacija u pomorskom prometu nije novina. Ulažu se znatni naponi da se poboljša pomorski promet i da se ostvari optimizacija s različitih aspekata i s pomoću raznih metoda. Literatura o optimizaciji u pomorskom prometu je opširna. U nastavku se predstavljaju istraživanja koja se kompariraju s rezultatima istraživanja što su provedena za potrebe izrade ove doktorske disertacije.

Mrvica et al. (2015) [10] metodom višekriterijske analize određuju tip i veličinu broda radi postizanja optimalnoga prometnog povezivanja otoka s kopnom i otoka međusobno. Navedeno je istraživanje imenovalo 5 kriterija i 19 potkriterija koji su relevantni za određivanje tipa i veličine broda za određenu brodsku liniju.

Kriteriji i potkriteriji su strukturirani kao [10]:

1. institucionalni
  - cjelogodišnja plovidba na otvorenom moru na udaljenosti više od 6 metara

- plovidba u unutarnjim morskim vodama u sezoni
2. hidrometeorološki
    - visina valova i brzina vjetra
    - broj dana neodržavanja linije zbog vremenskih uvjeta
  3. tehničko-tehnološki
    - ekonomska putna brzina
    - kapacitet putnika
    - kapacitet vozila
    - kapacitet putnika i vozila
    - gaz broda
    - lučka infrastruktura (dužina operativne obale, površina za vozila u mirovanju)
  4. ekonomski
    - nabavna cijena broda
    - potrošnja goriva
    - cijena putne karte
    - iznos državne potpore
    - vrijeme plovidbe
    - duljina rute
  5. sociokulturološki
    - direktne koristi
    - indirektne koristi
    - održivi razvoj otoka.

Petnaest stručnjaka je istraživanje, koje je provedeno na ciljanome anketnom upitniku, vrjednovalo po svakome kriteriju i potkriteriju. Sumiranjem rezultata i njihovom analizom došlo se do najadekvatnijeg broda za određenu brodsku liniju s aspekta veličine i tipa broda. Iako ovaj model u obzir uzima potrošnju goriva i određene tehničke karakteristike brodova, ne analizira optimizaciju s aspekta potrošnje pogonske energije i dostupnosti brodova kao model koji se predlaže u ovoj doktorskoj disertaciji. Također, u ovome radu se koristi druga metodologija. Model koji definira najprikladnije brodove po veličini i tipu zasigurno ima višestruko pozitivan učinak na pomorskoputnički promet s aspekta sigurnosti i maritimnih sposobnosti te prilagođenost lukama koje linija uključuje, ali za razliku od ovog rada u prvi plan ne stavlja koristi za putnika, smanjenje emisije štetnih plinova u atmosferu ni financijsku

uštedu koja je rezultat smanjenja potrošnje pogonskog goriva. Višekriterijsku analizu u optimizaciji za pomorski kontejnerski transport koristili su i Song et al. (2017) [108] te su u obzir uzeli sljedeće varijable: broj raspoređenih plovila, brzinu plovidbe i vrijeme dolaska u svaku luku pristajanja. Zbog niza nepredviđenih događaja u plovidbi, prvenstveno vremenskih, vrijeme trajanja plovidbe i vrijeme pristizanja u luku, često odstupa od planiranog. Osim navedenih varijabli, prema ovim autorima, na proces odlučivanja utječu i kriteriji troškova i pouzdanost izvršenja usluge. Prijevoznik trošak definira kao godišnji ukupni operativni trošak koji se sastoji od troška goriva i troška najma broda. Kombinirajući različite ključne pokazatelje uspješnosti za troškove i pouzdanost izvršenja usluge, razvio se model optimizacije u kontejnerskom transportu s aspekta rasporeda plovila i brzine putovanja. Autori su zaključili da se modelom postiže optimizacija glede fleksibilne brzine plovidbe, što rezultira manjim odstupanjima od planirana vremena uplova u luku. U radu je prikazana optimizacija u pomorskoj industriji s obzirom na vrijeme koje je potrebno za obavljanje usluge, a koje je primarni kriterij optimizacije. Cheaitou et al. (2019) [109] su također koristili model višekriterijske optimizacije u linijskome teretnom brodarstvu radi smanjenja emisije CO<sub>2</sub> i SO<sub>x</sub>, ali glede ostvarivanja profita u što je moguće većoj mjeri. Brzina plovidbe, cijena goriva, udaljenosti između luka, faktori emisije CO<sub>2</sub> i SO<sub>x</sub>, fiksni dnevni troškovi broda s lučkim nametima su nezavisni parametri, dok je tjedna transportna potražnja, vrijeme plovidbe, prosječna potrošnja goriva glavnih i pomoćnih brodskih motora te ukupni troškovi goriva, prosječni fiksni dnevni troškovi, prosječni ukupni dnevni troškovi, prosječni dnevni profit i prosječna dnevna emisija CO<sub>2</sub> i SO<sub>x</sub> zavisni parametri. Autori su istaknuli da se optimalno rješenje s aspekta profita razlikuje od optimalnog rješenja s ekološkog aspekta, pogotovo u elastičnoj potražnji u kojoj je ključni čimbenik brzina plovidbe, odnosno vrijeme plovidbe. U radu se zaključuje da upravo politike koje potiču brodare na smanjenje negativnog utjecaja na okoliš, kao bitan kriterij u obzir trebaju uzimati vrijeme koje je potrebno za transport, odnosno brzinu plovidbe pa se predlaže proširenje modela na intermodalni transport, čime se mijenjaju troškovi transporta te vremenski rok za njegovo obavljanje. I u ovom radu je kao i u disertaciji, kriterij za ostvarenje smanjenja emisije štetnih plinova i ostvarenja većeg profita potrošnja goriva, ali u kombinaciji s nizom drugih parametara. Ističe se ostvarenje profita te se ne uzima u obzir dostupnost brodova s obzirom da se radi o drugoj vrsti pomorskog prijevoza. Wang et al. (2016) [110] su istakli da kontrola energetske učinkovitosti broda utječe na ostvarenje ušteda i smanjenje emisije CO<sub>2</sub>. Autori su tvrdili da je za određivanje energetske učinkovitosti broda nužno odrediti radne uvjete broda i plovidbe pa su osnovni parametri, koji se uzimaju u obzir kod optimizacije energetske učinkovitosti u realnom vremenu, faktori iz okoline, npr. brzina

vjetra i podmorska dubina. Na taj način se utječe na plovidbu optimalnom brzinom te je istraživanje pokazalo da se primjenom ovog načina potrošnja pogonske energije može u prosjeku smanjiti za čak 19.04 % u idealnim uvjetima. Ovim radom je potvrđeno da treba raditi na tehnologijama za smanjivanje potrošnje pogonske energije u pomorskom prometu radi manjih emisija štetnih plinova i uštedama, što je sukladno tezi ove doktorske disertacije iako se do tog zaključka došlo drugim kriterijima i drugom metodologijom. U tom smislu i autori Vukić et al. (2017) [111] su u svome radu analizirali strukturu troškova broda s ciljem optimizacije iskorištavanja broda. Dio svih troškova je trošak pogonske energije pa ga mnogi autori izdvajaju kao zaseban trošak, što upućuje na njegovu važnost. Autori ovog istraživanja ističu da su troškovi znakoviti za morsko brodarstvo te se mogu razvrstati na: troškove za materijal (troškovi za pogonsko gorivo i mazivo, potrošni materijal i rezervni dijelovi, troškovi za sigurnosnu opremu broda i tereta, izdatci za prehranu i piće posade i ostalo), troškove za tuđe usluge (troškovi za redovito, investicijsko i preventivno održavanje broda, dokovanje broda, lučki troškovi, troškovi lučkih slagača, komunikacijski troškovi, agencijski, špediterski i ostali troškovi), amortizaciju osnovnih sredstava i u konačnici na troškove ljudskog rada (naknade pomorcima i ostalim zaposlenicima). Ova doktorska disertacija se ne bavi svim vrstama troškova jer joj nije isključivi cilj ostvarivanje optimizacije s nižim troškovima poslovanja već uzima u obzir trošak goriva kao najvažnijeg kriterija s ekonomskog i ekološkog aspekta. Zacharioudakis et al. (2011) [112] su predstavili model optimizacije rasporeda brodova u linijskome teretnom brodarstvu. S pomoću generičkoga troškovnog modela autori su pokušali dati praktično rješenje za odgovarajući raspored brodova radi smanjenja ukupnih troškova. Ulazni parametri koji se uzimaju u obzir su: količina tereta, kapacitet broda, učestalost transporta, ukrcajno/iskrcajni troškovi u svakoj luci, ukupni fiksni troškovi broda, varijabilni troškovi broda, troškovi najma broda, troškovi goriva, duljina rute, broj luka ticanja, broj plovila u portfelju brodarske kompanije. Za razliku od ovog rada koji kao osnovni kriterij razmatra potrošnju pogonske energije, troškovni model u obzir uzima sve troškove u postizanju optimizacije, iako analizira i trošak goriva na koji se utječe smanjenjem brzine. Osim toga, u ovome istraživanju se ne dovodi u pitanje dostupnost broda za putnike jer se radi o drugačijoj vrsti prometne usluge. Optimizacijom pomorskoputničkog prometa se bavio i Chainas (2012) [113]. Istraživanje je proveo u Grčkoj jer je pomorska velesila sa znatnim koeficijentom razvedenosti obale te s razvijenim sustavom prometnog povezivanja otoka s kopnom i otoka međusobno čija struktura uvelike ovisi o povijesnim, geofizičkim, kulturnim i političkim čimbenicima. Država financijski podupire sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa, jer mnoge brodske linije nisu profitabilne. U radu je prikazan heuristički algoritam

kojim se određuje sasvim nova mreža brodskih linija unutar sustava prometnog povezivanja otoka s kopnom i otoka međusobno. U obzir su uzete tri kategorije:

- 1) optimalna polazna luka,
- 2) optimalne rute s minimalnim vremenom trajanja putovanja i
- 3) optimalni tip broda.

Kriteriji za optimizaciju su:

- ukupan broj brodova,
- kapacitet svakog broda,
- luke,
- potražnja za svaku luku,
- troškovi prometne povezanosti između dvije luke,
- vrijeme potrebno za povezivanje dviju luka.

Model omogućuje stvaranje alternativnih morskih pravaca kojima se reduciraju troškovi i vrijeme putovanja te se zadovoljava iskazana potražnja na tržištu. Cilj rada je da pomogne u osmišljavanju funkcionalnoga modernog sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa u Grčkoj. Iako se svi ovi radovi bave temom optimizacije u brodarstvu, Chainasov rad (2012) je tematikom najbliži ovoj doktorskoj disertaciji. Korištenjem različitih metoda i kriterija, oba istraživanja oblikuju model kojim bi se utjecalo na funkcionalnost sustava obalnog linijskog prometa. Ova doktorska disertacija se bavi optimizacijom postojeće mreže brodskih linija sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa radi stvaranja preduvjeta za dugoročnu održivost sustava s društvenoga, ekonomskog i ekološkog stajališta. S druge strane, Chainas (2012) je nastojao oblikovati novu mrežu brodskih linija unutar postojećeg sustava. Zadovoljstvo putnika je za oba istraživanja ključni kriterij. U ovome radu se predlaže raspored brodova koji bi u velikoj mjeri mogao zadovoljiti putnika po iskoristivosti performansi brodova, dok Chainas (2012) zadovoljstvo putnika razmatra prvenstveno kroz optiku što kraćeg putovanja između dviju luka.

Uočava se da je, kao pojam, optimizacija zastupljenija u znanstvenim istraživanjima koja se bave linijskim teretnim brodarstvom pa su kao ključni elementi istaknuti profitabilnost, smanjenje troškova i vrijeme putovanja. Optimizaciji u pomorskom prometu se pristupa s različitih stajališta, a o čemu ovisi odabir metoda i kriterija. Evidentno je da se u istraživanjima u svezi optimizacije u pomorskom prometu uzimaju u obzir različiti kriteriji s izuzetkom potrošnje pogonske energije koja je konstanta gotovo svih istraživanja.

U oblikovanju predloženog modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa prvenstveno se koristila metoda diskretne matematike, algoritmi i teorija grafova. Diskretna matematika je značajno zastupljena u računalnoj znanosti preko koje je uključena u sva područja pa i u analizu prometnog sustava [114]. Uporabom algoritama mogu se ostvariti znatne prednosti za transportne sustave, npr. za smanjeni promet, povećanu sigurnost i učinkovitiji tranzitni sustavi. S druge strane, primjena teorije grafova omogućuje jednostavno modeliranje složenih problema zbog čega ima široku primjenu u različitim disciplinama. Primjena teorije grafova značajna je u području kompleksnih sustava i mreža, uključujući i prometne mreže. Posebno se ističe primjena grafova i linearnog programiranja kod optimizacija nekog problema [115], što upućuje na ispravan odabir metode u izradi modela optimizacije sustava obalnog linijskoga pomorskoputničkog prometa.

Primjenom procesa modeliranja podataka s pomoću matematičkih metoda algoritma i teorije grafova, oblikuje se model podataka koji služi za prikaz dijelova sustava i njihovih međusobnih odnosa. Model za podatke u ovoj doktorskoj disertaciji je uteženi graf u kojem se bridom povezuju odgovarajući brodovi s unaprijed definiranim brodskim linijama, a težina brida se dodjeljuje ovisno o odabranome parametru (potrošnja pogonske energije, dostupnost brodova ili kompromisni pristup obaju čimbenika).

Model koji se predlaže u ovoj doktorskoj disertaciji nudi jednostavan odabir kriterija što ga čini vrlo jasnim i konkretnim te je adaptivan glede različitih potreba i zahtjeva.

Za razliku od analiziranih istraživanja, ova doktorska disertacija obuhvaća samo dva osnovna čimbenika – potrošnju pogonske energije i dostupnost brodova, odnosno njihovu ravnotežu radi ostvarivanja dugoročne održivosti s društvenoga, ekonomskog i ekološkog aspekta. Pogonska energija, kao ključni čimbenik pokretanja brodova, u najvećoj mjeri utječe na emisiju štetnih plinova u atmosferu i na financijske učinke. U pomorskoputničkome prometu važno mjesto zauzima putnik i njegovo zadovoljstvo pa je drugi ključni čimbenik dostupnost brodova korisnicima usluge.

## **5.2. FUNKCIJE CILJA OPTIMIZACIJE SUSTAVA OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA**

Opći model optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa temelji se na optimalnom rasporedu brodova unutar sustava s aspekta potrošnje energije i s aspekta



dostupnosti brodova, odnosno postizanjem ravnoteže između postavljenih ciljeva. Odabrani kriteriji za uspostavu optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa su od ključne važnosti za funkcioniranje i osiguravanje dugoročne održivosti sustava.

### **5.2.1. Prva funkcija cilja optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa - potrošnja pogonske energije**

Pogonska energija, kao pokretač broda, je osnovni čimbenik u pomorskome prometu. Još uvijek je u pomorskome prometu u uporabi najčešće teško dizelsko gorivo, koje osim ugljikovodika sadržava i mnoge druge sastojke čiji su produkti izgaranja štetni za okoliš i ljudsko zdravlje [107]. Stoga je osnovni cilj smanjenje potrošnje goriva u brodskim flotama s dizelskim gorivom kao pogonskom energijom te njihovo intenzivnije okretanje drugim izvorima pogonske energije. Razvidno je da ekološka prihvatljivost broda (okolišno razboriti pristup) postaje utjecajan čimbenik u kreiranju poslovne politike brodara s obzirom na ekološko zakonodavstvo koje postavlja nove zahtjeve i troškove pred brodare [107]. Optimizacija energetske učinkovitosti brodova danas je sve privlačnija svima koji skrbe o štednji pogonske energije i smanjenju emisije štetnih plinova u atmosferu [116], a rastućom globalnom krizom neobnovljivih izvora energije i sviješću o očuvanju okoliša, stvaraju se novi načini i tehnologije kojima bi se to postiglo. Također, trošak pogonske energije zauzima značajan udio u ukupnim troškovima broda i održavanja brodskih linija. Gotovo 40 % ukupnih troškova su troškovi pogonske energije, odnosno goriva pa tako visoki troškovi imaju značajan utjecaj na razvoj cjelokupne pomorske industrije [117].

### **5.2.2. Druga funkcija cilja optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa – dostupnost brodova**

S druge strane, temelj pomorskoputničkog prometa i sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa su putnici s obzirom na to da zbog njih cjelokupni sustav i postoji. Sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa pozitivno utječe na sve gospodarske i društvene aktivnosti čime se stvaraju preduvjeti za održivi razvoj otoka i podizanje kvalitete života otočnog stanovništva [6], što implicira da stupanj zadovoljstva putnika sustavom odražava kvalitetu života otočnog stanovništva. Važnost putnika u pomorskoputničkome prometu se očituje i kroz njihova prava ugrađena u zakonske okvire. Slijedom navedenog, Uredbom br. 1177/2010 Europskog parlamenta i Vijeća od 24. studenoga 2010. o pravima

putnika kada putuju morem ili unutarnjim plovnim putovima i izmjenama Uredbe 2006/2004 se propisuju pravila o pravima putnika u pomorskome prometu i unutarnjoj plovidbi, a pravila se odnose na nediskriminirajuće ugovorne uvjete prijevoznika za putnike, zabranu diskriminacije i omogućavanje asistencije putnicima – osobama s invaliditetom i osobama smanjene pokretljivosti, prava putnika u slučaju otkazivanja ili kašnjenja putovanja, obvezu minimuma pružanja informacija putnicima, žalbenu proceduru i opće uvjete provedbe [118]. Isto tako, u slučaju kada državni aparat odabire brodove za servisiranje državnih brodskih linija, u jednakoj mjeri se uzimaju u obzir ekonomsko-financijski i tehnički elementi, odnosno obje veličine se ravnomjerno ponderiraju s faktorom 0.5 [119]. Tehnički elementi se odnose na tehničke karakteristike broda, ali i elemente u funkciji zadovoljstva korisnika usluge, a to su putnici [119].

Slijedom svega navedena, oba cilja – smanjena potrošnja pogonske energije i dostupnost brodova u najvećoj mogućoj mjeri, uzimaju se kao jednako važni, odnosno njihovom ravnotežom se kreira optimalan raspored brodova unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa. Modelom optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa, potrošnja pogonske energije i dostupnost broda se ravnomjerno utežuje s faktorom 0.5. Visinu faktora uteženja određuje korisnik modela s obzirom na snagu utjecaja promatranih čimbenika.

### **5.3. TEORIJSKE ODREDNICE ZA IZRADU MODELA OPTIMIZACIJE OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA**

U ovome dijelu znanstvenog istraživanja se predstavlja teorijska odrednica za izradu modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa te se daje uvod u izradu modela prikazom važnijih značajki modela i modeliranja te prikazom metodologije za izradu modela.

#### **5.3.1. Važnije značajke modela i modeliranja**

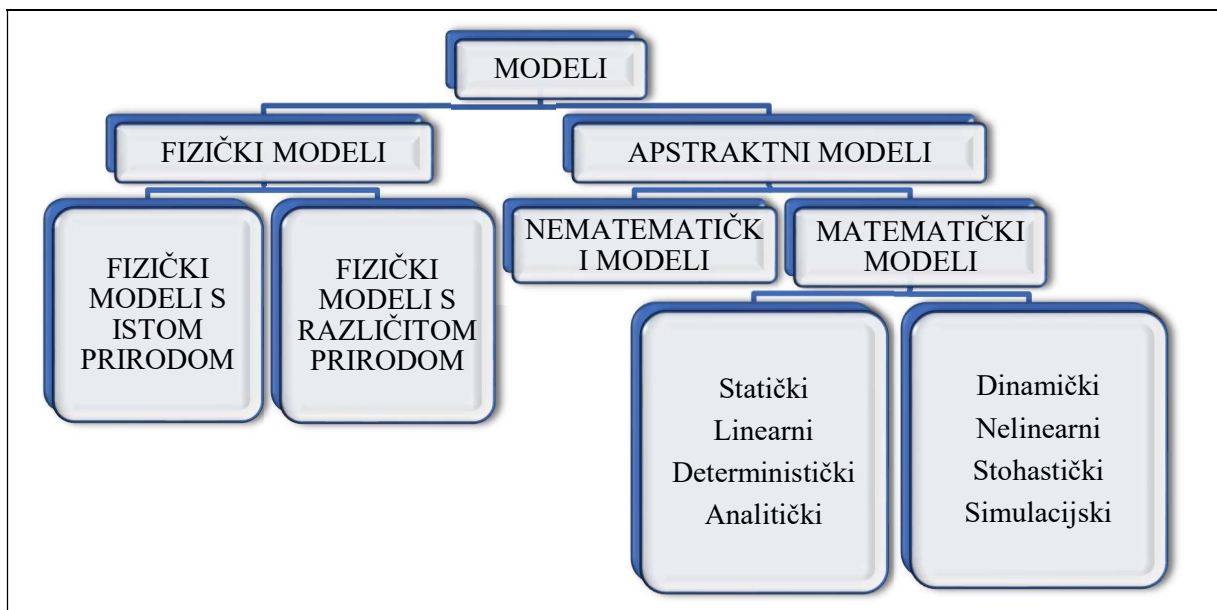
Realni sustav je više ili manje izdvojeni dio stvarnoga svijeta koji čini funkcionalnu cjelinu, a model je pojednostavnjeni prikaz realnoga sustava formiran s ciljem boljeg razumijevanju i/ili daljnjeg proučavanja tog sustava i eksperimentiranja s njim [120]. Modeli omogućuju opis kompleksnih fenomena, njihovo bolje razumijevanje, komunikaciju onih koji rješavaju problem

i samo rješavanje problema [121]. Model se sastoji od skupa operacija čijom se aktivacijom dolazi do željenih rješenja. Za svaku operaciju postoji jedna ili više naredbi, a ciljevi modela se odnose na radnje i stanja u problemskom prostoru koje vode onomu što se želi postići [122].

Modeli omogućuju bolje razumijevanje određenog sustava, daljnje proučavanje sustava i eksperimentiranje s njim, ali su fokusirani samo na relacije koje su bitne za rješavanje problema. Svaki model ima svoju misiju, strukturu, elemente, cjelovitost, prepoznatljivost i sl., ovisno o problemu, predmetu i objektu istraživanja te na takav način modeli predstavljaju sredstvo za što zornije odražavanje stvarnosti [133].

Modeli se klasificiraju s obzirom na različita stajališta što je prikazano na Shemi 1. Prema strukturi (građi), modele dijelimo na fizičke i apstraktne. Fizički modeli su stvarne tvorevine materijalne i energetske prirode, dok su apstraktni modeli teorijski te su njihovi elementi prikazani apstraktnim pojmovima, npr. simboli ili brojeve vrijednosti [120].

**Shema 1. Klasifikacija modela**



Izvor: Izradila doktorandica prema Šimunović, Lj., "Modeliranje, simulacije i upravljanje prometom", Fakultet prometnih znanosti, Zagreb

Kako je prikazano na Shemi 1., fizički modeli se dijele na dvije skupine – fizičke modele s istom prirodom i fizičke modele s različitom prirodom. Apstraktne modele čine matematički i nematematički modeli. Nadalje, prema ponašanju u vremenu modeli se dijele na statičke i dinamičke modele, dok se prema izvjesnosti/neizvjesnosti rezultata dijele na determinističke i stohastičke modele [120]. Modele smatramo linearnim u slučaju kad jednadžbe modela

pokazuju linearnost u grafičkom predstavljanju promjene varijable, odnosno nelinearnim ukoliko jednadžbe modela ne pokazuju linearnost u grafičkom predstavljanju promjene određene varijable [123].

Model optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa je apstraktni matematički model. Oblikovanje apstraktnog modela je cjenovno najpovoljnija opcija s najznačajnijom koristi za brodaru u odnosu na cijenu istraživanja. Također, oblikovani model je statički model s obzirom da prikazuje međuovisnost između ulaznih varijabli (prijeđene nautičke milje, udaljenost, prosječna potrošnja goriva...) i izlaznih varijabli (ukupna potrošnja goriva) u određenome trenutku. Ovo je ujedno i linearni model. Model koji se oblikuje u disertaciji je deterministički s obzirom na to da ulazni podatci daju uvijek iste egzaktno izlazne rezultate. Međutim, ugradi li se u model i vjerojatnost kvarova na brodovima, a takvo ponašanje se ne može predvidjeti, model bi bio stohastički. Model optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa je i analitički model. Ako je dostupan efikasan analitički model, obično je poželjnije rješenje od simulacijskog modela. Međutim, mnogi sustavi su toliko složeni da nije moguće konstruirati analitički model, već je neophodan simulacijski model [124].

Bez obzira o kojoj se vrsti modela radi, proces stvaranja modela je modeliranje. Modeliranje se može definirati kao formiranje modela nekog postojećeg ili hipotetskog sustava [123]. Razvila se i metoda modeliranja kao zasebna znanstvena metoda s tri temeljne funkcije [125]:

- 1) *primijenjeno-praktična funkcija* za modele koji se koriste za rješavanje praktičnih problema,
- 2) *demonstrativna funkcija* za modele koji se koriste u odgojno-obrazovne svrhe,
- 3) *znanstvenoistraživačka funkcija* za modele koji se koriste za istraživanje stvari i pojava te otkrivanja novih znanstvenih spoznaja.

Polazna postavka u modeliranju je postavljanje zadatka. Zatim slijedi izbor modela i prijenos spoznaja s modela na izvorni sustav. Metode modeliranja usavršavane su razvojem primijenjene matematike, matematičke statistike, operacijskih istraživanja, eksperimentalnih i informatičkih metoda. Koja će se od nabrojanih metoda koristiti, ovisi o objektu modeliranja, zahtijevanom stupnju pouzdanosti modela, vrsti procesa, raspoloživoj opremi, potrebi automatizacije i izgradnji sistema upravljanja [126].

### 5.3.1.1. Sustav analize i modeliranje

Model oblikovan procesom modeliranja treba poslužiti za reprodukciju ponašanja određenog sustava kako bi se na temelju analize rezultata određene simulacije potvrdila hipoteza o strukturi ili ocijenili pojedini kvantitativni parametri [123]. Dakle, smisao modeliranja je u smanjenju opasnosti od akcija i postupaka na stvarnom sustavu [123]. Modeliranje je primjena metoda analize složenih problema iz realnog okruženja u cilju predviđanja situacija pod utjecajem različitih aktivnosti [127].

Modeliranju sustava prethodi analiza. U cilju definiranja što preciznijih potreba određene poslovne organizacije vrši se analiza kroz koju se specificiraju korisnički zahtjevi. Analitičar detaljno, i u suradnji s korisnikom, analizira poslovanje i utvrđuje koji objekti i s kojim atributima te s kojom strukturom najbolje opisuju poslovanje [128]. Analitičar može provedenom analizom sustava dobiti skup podataka bez da poznaje cilj koji se želi postići, a dobivenim rezultatima analize omogućuje se konstruiranje simulacijskog modela koji predstavlja odnos između pojedinih varijabli [129]. Osnovni koraci simulacijskoga procesa su [120]:

- definiranje cilja simulacijske studije,
- identifikacija sustava,
- prikupljanje podataka o sustavu i njihova analiza,
- izgradnja simulacijskog modela,
- izgradnja simulacijskog programa,
- verificiranje simulacijskog programa,
- vrednovanje simulacijskog modela,
- planiranje simulacijskih eksperimenata i njihovo izvođenje,
- analiza rezultata eksperimenata,
- zaključci i preporuke.

Na temelju rezultata analize određuju se osnovni dijelovi sustava i prikazuju se veze među pojedinim dijelovima sustava neovisno o implementaciji.

Oblikovanje modela započinje definiranjem odnosa među podacima i formiranjem baze podataka. Primjenom procesa modeliranja podataka koji je zasnovan na određenoj metodi, oblikuje se model podataka. Model podataka služi za prikaz dijelova sustava i njihovih odnosa.

### 5.3.1.2. Modeliranje u prometu

S pomoću modela se omogućuje opisivanje složenih fenomena u prometu, npr. modeliranje prometnih mreža, modeliranje prometa (prometne analize, prometno planiranje, upravljanje prometom, nadzor i kontrola prometa), modeli iz domene zaštite okoliša [123]. Modeliranje u prometu ima važnu ulogu u svim složenijim procesima donošenja odluka s naglaskom na modeliranje prometnog razvitka. Modeliranje u prometu je dio planiranja u prometu, a najčešće i najvažniji je njegov dio. Ovom disertacijom će se doprinijeti procesu planiranja radi smanjenja potrošnje energije, očuvanja okoliša i manjih emisija štetnih plinova u atmosferu i optimalnoj uporabi brodova glede njihovih karakteristika u odnosu na zahtjeve brodskih linija.

Zbog dinamičnosti promjena u gospodarskome i prometnom sustavu, za prometne analize su poželjnije analitičke metode jer detektiraju promjene u kraćem vremenskom razdoblju pa su predmet te rezultati istraživanja i modeliranje bolje usmjereni [129]. U ovom znanstvenom istraživanju se primjenjuju analitičke metode.

Prometni modeli su apstraktni modeli bazirani na matematičkim formulama i zakonima, a zasnivaju se na odnosu prometne potražnje i prometne ponude [130]. Prometna potražnja iskazuje potrebu za prijevozom, dok prometna ponuda iskazuje kapacitete prometne mreže i prijevoznih sredstava. Za analizu postojeće i za projekcije buduće prometne potražnje koriste se različiti modeli distribucije potražnje, a jedan od prikladnijih je model praćenja potražnje u gravitacijskom području što se odnosi na analizu prostorne raspodjele prometne potražnje [131]. Bez obzira na odabir modela za predviđanje buduće prometne potražnje, polazi se od temeljne pretpostavke da je korisnik usluge optimalan donositelj odluka [132]. Osnovni cilj je uravnotežiti potražnju i ponudu, odnosno dobro procijeniti prometnu potražnju kako bi se u najvećoj mogućoj mjeri izbjegla potkapacitiranost ili prekapacitiranost pojedinih elemenata prometne ponude. Iako je osnovni cilj uravnotežiti potražnju i ponudu, ovaj rad se na bavi analizom istog jer se ovim istraživanjem prvenstveno želi doprinijeti unaprjeđenju prometnog sustava optimizacijom rasporeda postojećih resursa u sustavu. Međutim, model optimizacije obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa bi se mogao nadograditi s pomoću modela koji se koristi u nabavci novog broda kada ih je više ponuđeno.

Za mnoge pojave u prometu je moguće izraditi računalni model za simulaciju ponašanja koje je blisko ponašanju stvarnog sustava te se mogu koristiti za [123]:

- analizu varijantnih rješenja planiranih objekata u projektnoj fazi,

- optimiranje projektnih elemenata (tip i oblik raskrižja, širina trakova, oblikovni elementi i sl.),
- analizu i optimiranje različitih prometnih regulacija,
- analizu budućih stanja sustava,
- analizu sustava u uvjetima izvanrednih situacija i dr.

U ovome slučaju, simulacije se mogu koristiti za:

- analizu optimalnog rasporeda brodova u sustava i/ili odabira novog broda u budućnosti, odnosno u otpisu postojećeg broda,
- analizu budućih stanja sustava u eventualnoj promjeni zakonskih odredbi što se odnose na korištenje različitih brodova sukladno stvarnim potrebama izvan sezone, u niskoj i visokoj sezoni,
- analizu sustava u uvjetima izvanrednih situacija, npr. za nepredvidivih kvarova i oštećenja.

Modeliranjem u prometu i izradom odgovarajućih modela se osigurava kvalitetnije upravljanje prometnim sustavom. U cilju uspješnog modeliranja i oblikovanja učinkovitog modela, nužno je u najvećoj mjeri eliminirati eventualne poteškoće i probleme za što je potrebno [133]:

- jasno definirati probleme,
- na adekvatan i pouzdan način prikupiti informacije i podatke,
- odgovarajućim metodama i programskom podrškom rješavati odabrani problem,
- dobro poznavati područja primjene i matematičkog instrumentarija radi pravilne primjene metode na problem koji se istražuje i pravilne interpretacije rezultata.

Svi su navedeni uvjeti u ovome znanstvenom istraživanju ispunjeni. Cilj, objekti, uvjeti i svi drugi parametri su jasno definirani. Bazne metode koje su se koristile u izradi ovog rada su iz diskretne matematike, a model je implementiran u programskome jeziku C#. Izvori informacija i podataka pri testiranju modela su regulatorno institucijsko tijelo unutar sustava (Agencija za obalni linijski pomorski promet) i mišljenja stručnjaka iz ovog područja pri procjeni prikladnosti brodova za obavljanje prijevoza na određenim brodskim linijama, što upućuje na zaključak da su informacije i podatci odgovarajući i pouzdani.

Modeli su od izuzetne važnosti u oblikovanju prometnog sustava i kreiranju prometne politike. Stoga, određeni modeli imaju potencijal podržati kreiranje prometne politike s obzirom na to

da dugoročna ulaganja u infrastrukturu uvažavaju moguće scenarije glede rasta stanovništva, pojave novih tehnologija i klimatskih promjena [134]. Razni čimbenici iz okoline utječu na ulazne podatke koji se koriste za modele u prometu. Međutim, bez obzira na izmjene ulaznih podataka, model optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa ima jednaku učinkovitost, što upućuje na prilagodljivost modela budućim scenarijima. Slijedom navedenog, ovaj model može imati savjetodavnu ulogu u nabavci novih brodova, otpisu postojećih ili u njihovu optimalnijem korištenju u odnosu na manju potrošnju energije, što direktno utječe na manje troškove i očuvanje okoliša.

Zaključuje se da kvalitetno modeliranje i učinkoviti modeli prometnog sustava utječu na razvoj prometnog sustava na svim razinama uvažavajući promjene iz okruženja koji se reflektiraju na ovako složeni sustav.

### **5.3.2. Metodologija za izradu modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa**

Najvažniji znanstveni doprinos ove doktorske disertacije je oblikovani model optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa. Uz uporabu matematičkih metoda se predlaže efikasniji sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa s aspekta potrošnje energije i dostupnosti brodova gdje se ravnotežom obaju čimbenika dolazi do optimalnog rješenja. Od matematičkih metoda se koriste algoritmi i teorija grafova. Diskretni algoritmi i teorija grafova su dio diskretne matematike koja se bavi pitanjima što uključuju konačan ili brojivo beskonačan skup uz uobičajeno egzakti brojevi rezultat [135]. Diskretna matematika čini osnovu mnogih znanstvenih područja u realnome svijetu s naglaskom na računalnu znanost. Upravo zbog primjene u računarstvu, u zadnjih nekoliko desetljeća postaje sve popularnija metoda pa tako i za analizu prometnog sustava [114]. U nastavku ovog poglavlja prikazuju se teorijske odrednice algoritma i teorije grafova.

#### **5.3.2.1. Algoritam**

Algoritam se najopćenitije definira kao postupak za rješavanje nekoga konkretnog problema ili skupa problema. Drugim riječima, algoritam je skup operacija potrebnih za rješavanje određenog zadatka, a koje se izvršavaju po točno određenom redosljedu.



Svaki algoritam se svodi na niz logičkih operacija koje se izražavaju kao uvjetne i ponavljajuće naredbe [135]. Da bi se određeni problem riješio algoritmom, potrebno je odrediti svaki segment postavljenog problema i rješenje svakog segmenta postavljenog problema uz obveznu primjenu ispravnog postupka te uz razmatranje u kontekstu određenih pretpostavki [135]. Svaki algoritam uzima neke ulazne podatke koji određuju instanciju problema na koji se primjenjuje, a na kraju procesa vraća izlazne podatke koji predstavljaju rješenje tog problema [136].

Algoritam mora zadovoljavati sljedeće [22]:

- Ulaz – svaki algoritam ima nekoliko ulaznih podataka koji su zadani i prije samog početka rada,
- Izlaz – algoritam izbacuje barem jednu veličinu kao rezultat koja ima točno određen odnos prema ulaznim podacima,
- Određenost – svaka naredba algoritma mora biti jasna i jednoznačna,
- Konačnost – slijedeći pravila algoritma, algoritam završava nakon konačno mnogo koraka kakvigli bili ulazni podatci,
- Efektivnost – posljednji zahtjev (ali ne i nužan) koji traži da svaka naredba bude toliko jednostavna kako bi je svatko mogao izvršiti u konačnome vremenu.

Ne postoji jedinstveno pravilo po kojem se algoritmi oblikuju s obzirom na to da je riječ o kreativnome procesu. Za rješavanje jednog problema može se oblikovati više algoritama različite strukture te se za takve algoritme kaže da su ekvivalentni. Među ekvivalentnim algoritmima potrebno je odabrati onaj algoritam koji najefikasnije vodi do rezultata.

Za praksu je zanimljiva analiza algoritma u okviru čega se ispituje efikasnost algoritma s aspekta vremenske i prostorne složenosti, s tim da se složenost algoritma može definirati kao funkcija veličine problema [136]. Prostorna složenost algoritma odnosi se na pohranu podataka. Stoga, bitnija je vremenska složenost koja se identificira s općenitom složenošću algoritma, a podrazumijeva broj osnovnih računskih koraka koje algoritam izvodi prilikom prijelaza iz ulaznih podataka do izlaznih rezultata [22]. Vrlo često je teško odrediti točnu vrijednost složenosti te se složenost dvaju algoritama za isti problem može razlikovati. Slijedom navedenog, najčešće se pod pojmom složenosti algoritma smatra složenost „najgoreg slučaja“, odnosno onog slučaja gdje je potreban najveći broj osnovnih računskih koraka od ulaznih podataka do izlaznog rezultata i to uz bilo koje ulazne podatke čiji je broj jednak  $n$  [22]. Pojam složenosti se ističe zato što samo postojanje algoritma ne podrazumijeva rješavanje problema

pa treba razlikovati učinkovite algoritme od neučinkovitih. Stoga je potrebno okarakterizirati efikasnim algoritme sa stajališta prakse. Učinkovitost algoritma određena je odnosom između napora potrebna za rješavanje nekoga specifičnog problema i složenosti slučaja [135].

Jedan od ciljeva primijenjene matematike je učinkovito međusobno implementiranje matematičkih objekata na računalu i računskih operacija kako bi se operacije izvodile brže. To je izrazito važno u matematičkom modeliranju prirodnih pojava, simulacijama, računalnoj grafici i primjenama kao što su digitalne komunikacije, kriptografija, geografski informacijski sustavi, navigacija s pomoću računala, računalna tomografija i drugo [136].

Primjena algoritama je zastupljena u svim područjima i poljima pa su algoritmi neizostavni i u prometnom prostoru, jer se njima mogu oblikovati znatne prednosti za transportne sustave, npr. za smanjen promet, povećanu sigurnost i učinkovitije tranzitne sustave.

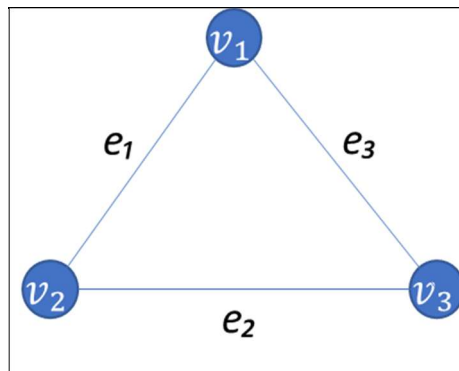
### 5.3.2.2. Teorija grafova

Teorija grafova je grana diskretne matematike i ima široku primjenu u različitim disciplinama s obzirom na to da se grafovima vrlo jednostavno mogu modelirati složeni problemi. Primjena teorije grafova važna je za područje kompleksnih sustava i mreža, uključujući i prometne mreže.

Grafovi su osnovne matematičke strukture te se pojavljuju u raznim oblicima i raznim situacijama. Mnoge pojave modeliraju se grafovima koji se sastoje od točaka ili vrhova i spojnica ili bridova.

**Graf**  $G = (V, E)$  je uređeni par skupa vrhova ( $V$ ) i skupa bridova ( $E$ ), pri čemu je svaki brid incidentan s dva vrha. Svaki brid  $e \in E$  spaja dva vrha  $v \in V$  koji se zovu krajevi od  $e$  te su tada vrhovi  $v$  incidentni s  $e$ , a pojedini vrhovi  $v$  su susjedni [137]. Primjeri modela s grafovima mogu biti prikaz raznih situacija i odnosa gdje se relacije među vrhovima određuju spojnica, odnosno bridovima pa tako vrhovi mogu predstavljati komunikacijske centre, a bridovi komunikacijske veze ili se grafovima mogu prikazati cestovne, pomorske, zrakoplovne i željezničke veze itd. [138]. Isto tako, grafovima se mogu prikazati razne računarske strukture podataka, umrežavanje i paralelizam računala i njihov sekvencijalni rad, evolucijska stabla u biologiji, kemijske veze među atomima ili molekulama, raspored poslova u velikim sustavima ili gospodarskim projektima itd., dok se u računarstvu često tijekom određenog algoritma prikazuje grafom gdje su vrhovi naredbe, a prijelaz iz jedne naredbe u drugu bridovi [22]. Primjer grafa

gdje su  $v_1, v_2, v_3$  naredbe, odnosno vrhovi, a prijelaz iz jedne naredbe bridovi označeni sa  $e_1, e_2, e_3$  je dan na Grafu 7.

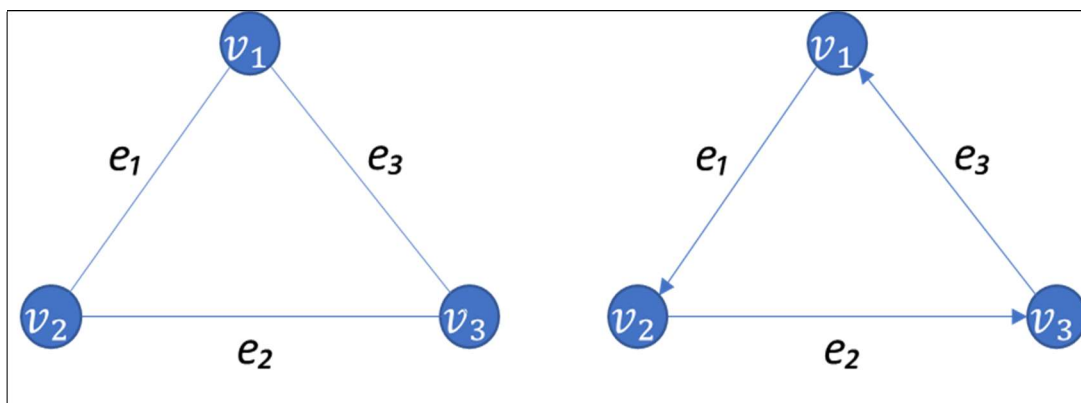


**Graf 7. Primjer grafa**

Izvor: Izradila doktorandica

Radi boljeg razumijevanja teorije grafova te njegove primjene u izradi modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa, u nastavku slijede osnovne definicije u odnosu na izradu samog modela.

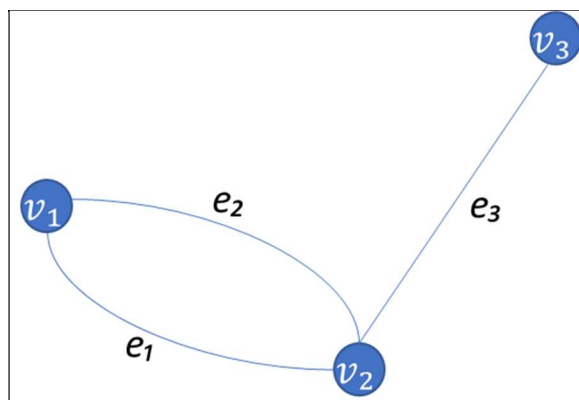
Bridovi grafa  $G$  mogu biti usmjereni ili neusmjereni pa, sukladno tomu, graf kojemu su svi bridovi usmjereni zovemo **usmjerni graf**, odnosno u suprotnom slučaju **neusmjereni graf**. Kod neusmjerenog grafa dva vrha pridružena jednomu bridu su međusobno ravnopravna, dok kod usmjerenog grafa brid može biti usmjeren od jednog vrha prema drugome [139]. Primjer usmjerenog i neusmjerenog grafa se vidi iz Grafa 8.



**Graf 8. Primjer neusmjerenog i usmjerenog grafa**

Izvor: Izradila doktorandica

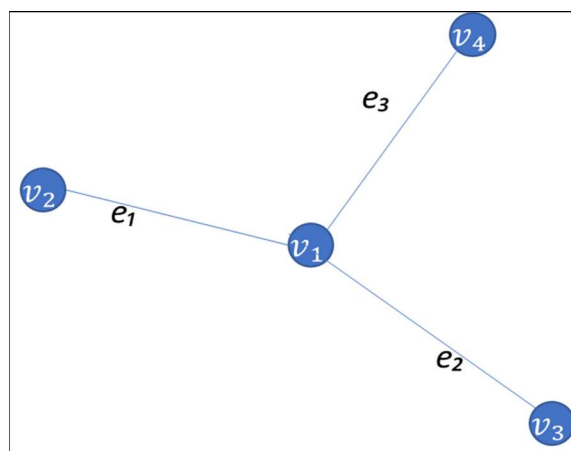
Brid koji počinje i završava u istome vrhu se zove petlja, a brid je višestruk postoji li drugi brid kojemu odgovaraju isti vrhovi (kao početni i krajnji vrh) što je prikazano na Grafu 9.



**Graf 9. Primjer višestrukog brida između vrhova  $v_1$  i  $v_2$**

Izvor: Izradila doktorandica

Graf se naziva jednostavnim kada je neusmjeren te kada nema petlji i kada između bilo koja dva vrha nema više od jednog brida, s tim da brid povezuje dva vrha, a ta dva vrha se nazivaju incidentnima tomu bridu, odnosno brid je incidentan tim dvama vrhovima [139]. Stupanj vrha  $v_1$  u grafu  $G$  je broj bridova koji su incidentni s vrhom  $v_1$  (pri čemu se petlje broje dvaput), što je prikazano Grafom 10. Graf 10. pokazuje da su bridovi  $e_1, e_2$  i  $e_3$  incidentni vrhu  $v_1$  pa je stoga stupanj vrha  $v_1$  jednak 3.



**Graf 10. Stupanj vrha  $v_1$**

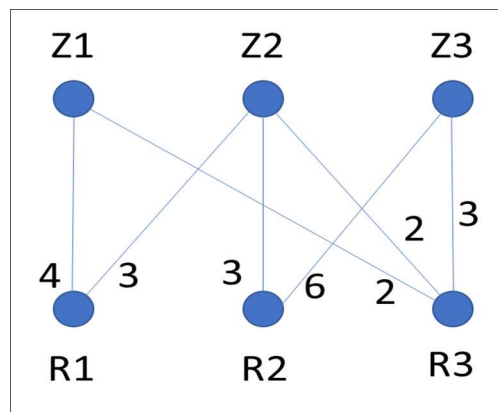
Izvor: Izradila doktorandica

Konačan niz, čiji su članovi  $v_0e_1v_1e_2 \dots v_{m-1}e_m$  naizmjenice vrhovi i bridovi grafa  $G$  sa svojstvom da su krajevi brida  $e_i$  vrhovi  $v_{i-1}$  i  $v_1$  za svaki  $i = 1, \dots, m$ , naziva se **šetnja**  $W$  u grafu  $G$ . Vrh  $v_0$  je **početak**, a vrh  $v_m$  **kraj** šetnje. Šetnja je zatvorena ako je  $v_0 = v_m$ . Šetnja u kojoj su svi bridovi različiti, naziva se **staza**. Ako su pritom i svi vrhovi, osim eventualno početnog i krajnjeg, različiti, takva staza je **put**. Zatvoreni put se naziva **ciklus** [139].

Dva brida su *nezavisna* kada nemaju zajednički vrh. Skup bridova zovemo *sparivanjem* ako su svaka dva brida nezavisna, a *savršeno sparivanje* se realizira ako je svaki vrh incidentan barem jednom bridu. Ukoliko je svakom bridu grafa pridružena težina radi se o *uteženom grafu* [138]. Jedan od bitnih pojmova je *sparivanje maksimalne težine*, a isto označava sparivanje u uteženom grafu u kojem je zbroj težina maksimalan [22]. Metode savršenog ili maksimalnog sparivanja, u općim ili bipartitnim grafovima, stalno se istražuju i unaprjeđuju te se traži najučinkovitiji algoritam u realizaciji istog, a najučinkovitijim se smatraju algoritmi s najmanjim asimptomatskim ponašanjem [140]. Osim pitanja egzistencije savršenog sparivanja u bipartitnom grafu, važno je i pitanje konstrukcije savršenog sparivanja.

Primjer savršenog sparivanja može biti optimalno povezivanje radnika i radnih zadataka uz uvjet što manjeg utroška radnih sati u ostvarenju postavljenih radnih zadataka. Skup radnika označen je s  $R = \{R_1, R_2, R_3\}$ , a skup radnih zadataka s  $Z = \{Z_1, Z_2, Z_3\}$ .

Graf 11. prikazuje realno stanje odnosa radnika i radnih zadataka gdje su bridovima povezani radnici i radni zadatci uz naznaku vremena što ga svaki radnik treba da bi obavio određeni radni zadatak.

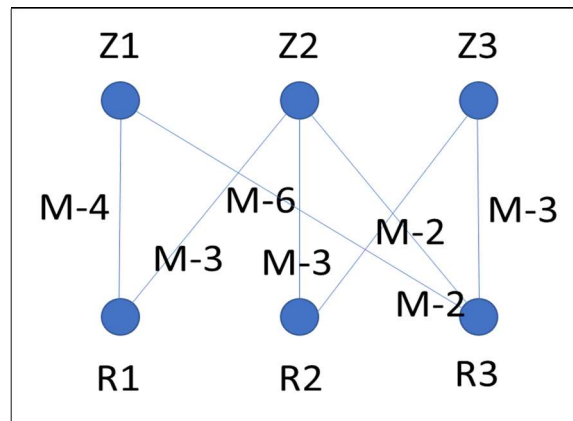


**Graf 11. Inicijalni raspored radnika za izvršenje određenih radnih zadataka**

Izvor: Izradila doktorandica

Graf 11. prikazuje učinkovitost radnika u jednoj poslovnoj jedinici. Radnik R1 može obaviti radni zadatak Z1 za 4 sata, a radni zadatak Z2 za 3 sata. Međutim, radnik R1 nije obučen za radni zadatak Z3 pa ga ne može obaviti. Radnik R2 može obaviti radni zadatak Z2 za 3 sata, dok za 6 sati može obaviti radni zadatak Z3. Radni zadatak Z1 nije u mogućnosti izvršiti jer za njega nije obučen. Radnik R3 može obaviti sva 3 zadatka. Za izvršenje radnog zadatka Z1 potrebno mu je 2 sata, za izvršenje radnog zadatka Z2 potrebna su mu 2 sata, a 3 sata za

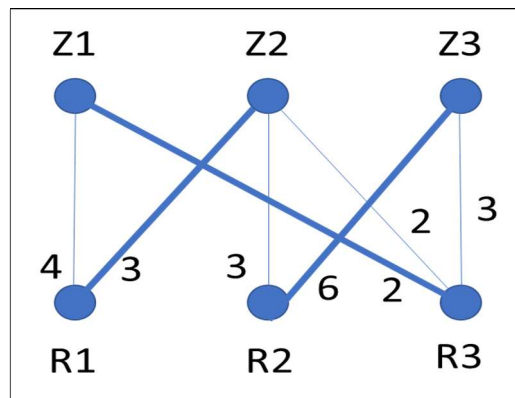
izvršenje radnog zadatka Z3. Kako bi se povećala radna učinkovitosti, na optimalan način moraju se dodijeliti radni zadatci radnicima pa se vrši sparivanje maksimalne težine na inicijalnom grafu. Težine bridova su negativne vrijednosti utrošenih radnih sati za realizaciju određenoga radnog zadatka. Radni sati su izraženi negativnim vrijednostima kako bi maksimalna težina odgovarala minimalnom utrošku vremena te su oduzeti od jednoga velikog broja  $M$ , a koji je suma svih radnih sati koje radnici obave u realizaciji definiranih radnih sati u inicijalnome rasporedu, što je u ovom slučaju 23 i što je predstavljeno Grafom 12.



**Graf 12. Uteženi graf sparivanja radnika i radnih zadataka**

Izvor: Izradila doktorandica

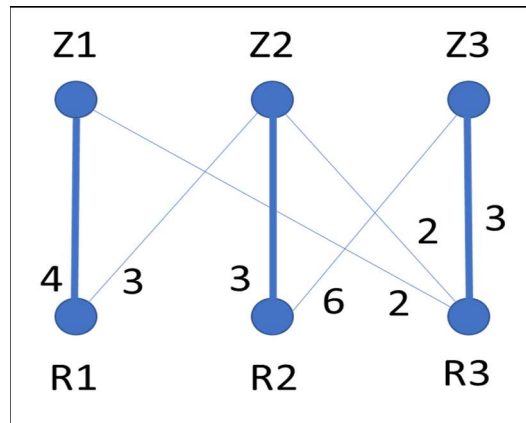
Graf 12. prikazuje savršeno sparivanje radnika i radnih zadataka određene poslovne jedinice u kojoj se radniku R1 dodjeljuje zadatak Z2, radniku R2 zadatak Z3, a radniku R3 zadatak Z1. Zbroj težina ovih bridova je  $-11$  s obzirom na to da se radni sati označavaju s negativnim predznakom jer je cilj da se radni zadatci obave za što je moguće manje radnih sati. Iako Graf 12. prikazuje savršeno sparivanje radnika i radnih zadataka, ovo nije optimalno sparivanje jer postoji mogućnost sparivanja veće težine, što prikazuje Graf 13.



**Graf 13. Savršeno sparivanje radnika i radnih zadataka koje nije optimalno**

Izvor: Izradila doktorandica

Prikaz savršenog, a ujedno i optimalnog sparivanja radnika i radnih zadataka prikazuje Graf 14. u kojem je zbroj težina bridova – 10. Dakle, u ovome obliku povezivanja radnika i radnih zadataka potrebno je manje radnih sati negoli iz prikaza Grafa 12. i Grafa 13., što ukazuje da se ovom kombinacijom postiže veća radna učinkovitost.



**Graf 14. Optimalno sparivanje radnika i radnih zadataka**

Izvor: Izradila doktorandica

Analizom Grafa 14. se zaključuje da se maksimalna radna učinkovitost ostvaruje kada radnik R1 obavlja poslovni zadatak Z1, radnik R2 poslovni zadatak Z2, a radnik R3 poslovni zadatak Z3.

Radi lakšeg razumijevanja, rezultati savršenog i optimalnog sparivanja prikazani su u matricama na Slici 4. Kolone u matricama se odnose na radnike, a stupci na zadatke. Crvenom bojom su označeni optimalni potrebni radni sati za obavljanje određenoga radnog zadatka. U slučaju neosposobljenosti radnika za određene radne zadatke, sparivanje se označava velikim brojem 999. Ovakva situacija se ne označava s 0 jer bi, nakon što se dobije tako mali broj, neosposobljeni radnik bio označen kao najučinkovitiji.

$\begin{bmatrix} 4 & 3 & 999 \\ 999 & 3 & 6 \\ 2 & 2 & 3 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 4 & 9 & 999 \\ 999 & 3 & 6 \\ 2 & 2 & 3 \end{bmatrix}$
---	---

**Slika 4. Prikaz rezultata savršenog i optimalnog sparivanja radnika i radnih zadataka**

Izvor: Izradila doktorandica

Analizom Slike 4. i sumiranjem radnih sati u predloženoj sparivanju, zaključuje se da je u maksimalnoj sparivanju na lijevoj matrici potrebno 11 radnih sati za obavljanje predviđenih radnih zadataka, dok je za maksimalno sparivanje na desnoj matrici potrebno svega 10 radnih

sati pa je već time takvo sparivanje radnika i radnih zadataka najučinkovitije, odnosno optimalno sparivanje.

Sparivanja u grafovima su opsežan, ali i veoma koristan dio iz teorije grafova. Valja istaknuti da je sparivanje na velikim grafovima teško ili čak nemoguće provoditi ručno ili s pomoću metode pokušaja i pogriješaka pa je izračun potrebno prepustiti računalu. Ovisno o vrsti grafa i vrsti sparivanja za kojim se traga, postoje različiti računalni algoritmi.

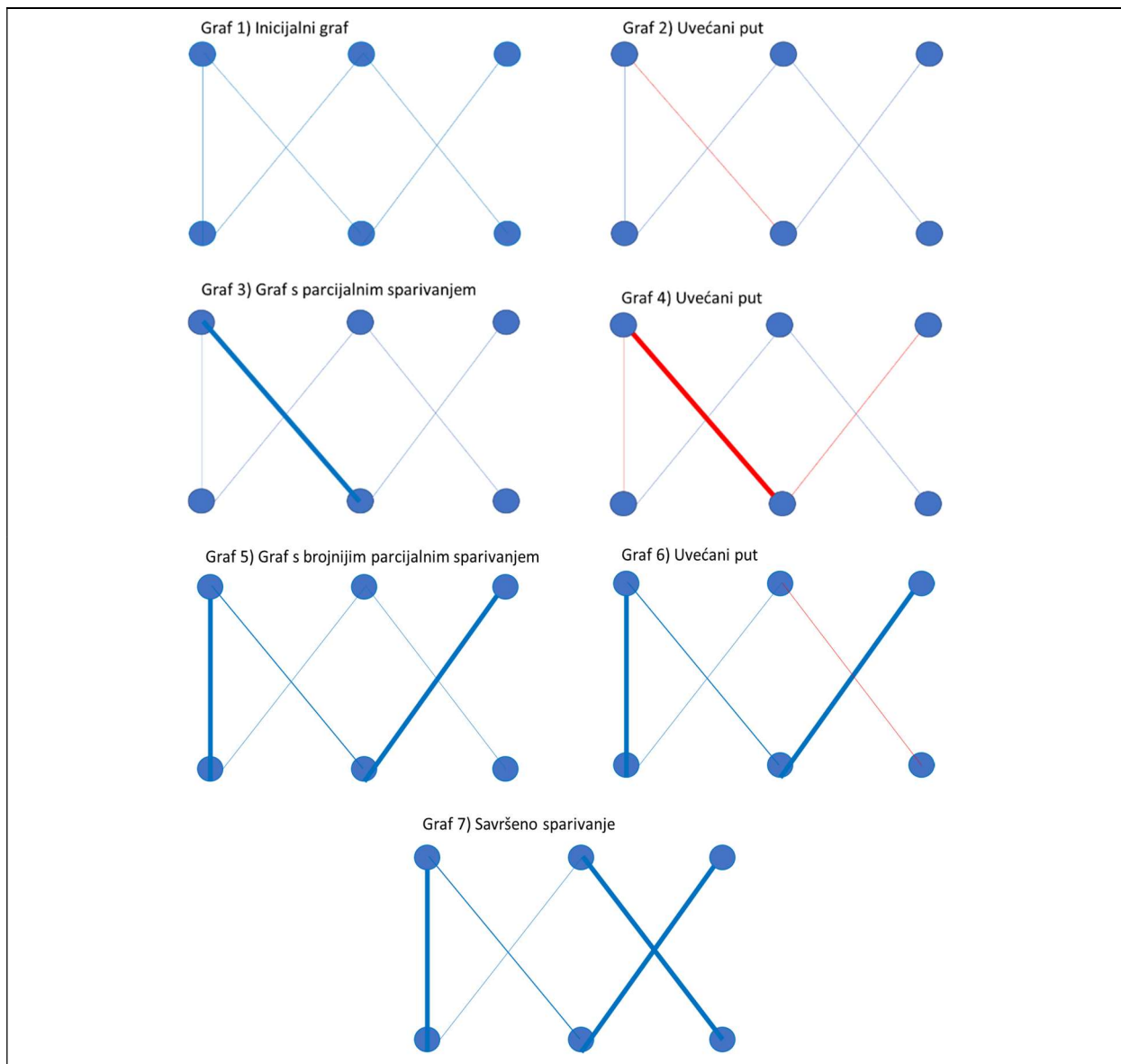
Za savršeno sparivanje na bipartitnom grafu vrlo je popularna tzv. mađarska metoda [141] koja se bavi pitanjima egzistencije i konstrukcije savršenog sparivanja u bipartitnom grafu, a zasniva se na idejama dvojice Mađara, Kőniga i Egerváryja pa se konstruiranje ove metode smatra začetkom linearnog programiranja [142].

Mađarskom metodom se konstruira savršeno sparivanje u bipartitnom grafu  $G = (V, E)$  ili se pronalazi podskup  $S \subseteq X$  tako da se u sparivanju može uzeti i prazan skup uz uvjet da je vrh zasićen, a u slučaju da je vrh nezasićen, algoritam sustavno traži mogućnost sparivanja [142]. Ako je svaki vrh iz  $G$   $M$  – zasićen,  $M$  je savršeno sparivanje s napomenom da je savršeno sparivanje i maksimalno sparivanje [138].

Slika 5. prikazuje primjer izvršenja savršenog sparivanja mađarskom metodom. Kreće se od inicijalnog grafa prikazanog na Grafu 1) Slike 5. U svakom idućem koraku, algoritam nalazi **uvećani put**, odnosno put u kojem se naizmjenično sparuju bridovi koji jesu i koji nisu u promatranom sparivanju, a dva krajnja vrha im nisu zasićena. Na takav način, izmjenjujući uloge bridove na tome putu, kreira se sparivanje s jednim bridom više.

Slijedom navedenog, uvećani put na Grafu 2) unutar Slike 5. je iskorišten radi kreiranja sparivanja s jednim bridom kako je prikazano Grafom 3). Nadalje, uvećani put na Grafu 4) je iskorišten za sparivanje s dva brida, što prikazuje Graf 5). Uvećani put na Grafu 6) korišten je za kreiranje savršenog sparivanja na Grafu 7) Slike 5.





**Slika 5. Primjer izvršenja savršenog sparivanja mađarskom metodom**

Izvor: Izradila doktorandica

Algoritam koji se temelji na mađarskoj metodi, a koristi se za maksimalno sparivanje u grafovima u polinomijalnom vremenu naziva se Edmondsovim algoritmom [143] i prvi je polinomski algoritam za određivanje maksimalnog sparivanja s osnovnom idejom da se linearno programiranje koristi u kombinatornoj optimizaciji. Linearno programiranje je vrlo važno u optimizaciji i podrazumijeva metodu kojom se pokušava postići najbolji ishod u nekome matematičkom modelu čiji su uvjeti iskazani linearnim uvjetima, a jedanput kad se uspostavi pogodan oblik linearnog programiranja, odnosno model u matematičkom programiranju, mogu se realizirati opći algoritmi [115]. Edmondsov algoritam, kao dobro rješenje u savršenome sparivanju, konzervativno određuje složenost na  $O = (n^4)$  pa se standardni koncept teorije definira kao „putovi“ i „drveće“, a algoritmi koji povećavaju

„putove“ pronalaze se „pretragom stabla“ u kojem se, u kombinaciji sa sofisticiranim procesom skupljanja određenih podgrafova ili „cvjetova“, formiraju pojedinačni čvorovi reduciranog grafa [144]. Otuda i pojam „cvijeće“ ili „blossom“. Proširenjem Edmondsovog algoritma „cvjetanja“ oblikovala se brza i efikasna metoda sparivanja maksimalne težine s pomoću koje se pojednostavljaju koraci „cvjetanja“ tako da se uključuju samo stražnji bridovi grafova te se algoritam proširuje na ponderirano  $b$  – spajanje i  $f$  – faktore uz i nadalje postojeći ograničavajući faktor vremena [144].

Graf  $G$  je *bipartitan ili dvodijelan* kada mu se vrhovi podijele u klase  $X$  i  $Y$  tako da svaki vrh ima jedan kraj u  $X$ , a drugi u  $Y$ . Potpuni bipartitni graf je jednostavan bipartitni graf s biparticijom  $(X, Y)$  u kojem je svaki vrh iz  $X$  spojen sa svakim vrhom iz  $Y$  [22].

Primjena grafova i linearnog programiranja se ističe kao osobito dobar model kod optimizacija nekog problema [115], što implicira da je teorija grafova dobar odabir za izradu modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa.

## **5.4. RAZINE OBLIKOVANJA MODELA OPTIMIZACIJE SUSTAVA OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA**

Za izradu općeg modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa koriste se teorija grafova i Edmondsov algoritam koji se temelji na mađarskoj metodi. Implementacija programskog modela izrađena je u programsko jeziku C#. S obzirom da se primjena grafova i linearno programiranje ističe upravo kod optimizacije, korištenje diskretnih algoritama i teorije grafova su metode kojima se oblikuje model optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa.

### **5.4.1. Prva razina oblikovanja modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa - s aspekta potrošnje pogonske energije**

Oblikovanje modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa započinje izradom baze relevantnih podataka i njihove analize. Slijedi optimalno sparivanje brodova i brodskih linija u grafovima. Model u ovoj fazi kreće od konstruiranja bipartitnog grafa u čijoj su jednoj klasi brodovi, a u drugoj brodske linije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa. Bridom se povezuju brodovi s određenim brodskim linijama za

koje su ti brodovi po svim parametrima prikladni. Parametri koji se uzimaju u obzir za optimalni raspored brodova radi smanjenja potrošnje pogonske energije su:

- brzina,
- duljina linije,
- plovidbeni red,
- potrošnja pogonske energije,
- kapacitet,
- sposobnost broda glede dizajna i tehničkih karakteristika za održavanje određene brodske linije.

Na temelju navedenih parametara, sparivanje brodova i brodskih linija obavljaju stručnjaci radi izbjegavanja mogućih neprilagođenosti brodova određenim brodskim linijama. Stručnjaci koji kao u ovome slučaju pridružuju brodove određenim brodskim linijama moraju imati: završen sveučilišni prijediplomski ili diplomski studij pomorske nautike, najmanje pet godina radnog iskustva u struci s traženom razinom stručne spreme, od čega najmanje tri godine radnog iskustva na plovidbenim poslovima ili na poslovima upravljanja vodnim područjem na unutarnjim vodama, iskustvo u pomorskoputničkom prometu, stručne, radne i organizacijske sposobnosti i dobre rezultate u dosadašnjem radu.

Metoda mišljenja stručnjaka je nekvantitativne naravi što je čini prilagodljivom na zahtjeve prakse [145]. Iako se definira kao intuitivna metoda, što je kontradiktorno, ovom metodom se problem ili predmet razmatra s više aspekata uz uporabu kvantitativnih analiza kako bi se donijele ocjene o tijeku odvijanja neke pojave [145]. U ovome slučaju se koristi pojedinačni način procjene u kojem ne postoji međusobna komunikacija između stručnjaka već svaki stručnjak radi samostalno, a nakon čega organizator obradom pojedinačnih procjena utvrđuje prosječnu, odnosno zajedničku ocjenu mišljenja stručnjaka [145]. Stručnjaci moraju posjedovati visoku razinu znanja i iskustva u području potrebnih procjena. Znanstvena istraživanja su pokazala i u drugim znanstvenim poljima da je od izuzetne važnosti da su u procjeni angažiraju stručnjaci iz određenog područja te da postoje najmanje tri stručnjaka koja rade neovisno [146]. Odabran je neparan broj stručnjaka i zbog mogućnosti neriješenog rezultata, čime se ne bi moglo odrediti odgovara li određeni brod nekoj brodskoj liniji. Stručnjaci se ispituju direktnom komunikacijom, odnosno metodom intervjua. Metoda ispitivanja ogleđa se u svestranoj mogućnosti primjene, relativnoj brzini prikupljanja podataka i u pravilu niskim troškovima [24]. Osobno komuniciranje sa stručnjacima omogućuje odličnu

suradnju i nisku razinu mogućnosti nesporazuma sa stručnjakom, ali ipak u nekim slučajevima zbog njihove velike prostorne udaljenosti ovakav oblik komuniciranja može uzrokovati znatne troškove [147]. U ovom slučaju se od ispitanika traže općeniti podaci (spol, dob, dokaz o stručnosti, radno iskustvo, mjesto zaposlenja) i zahtijevaju se odgovori u svezi prilagodbe brodova pojedinim brodskim linijama po maritimnim sposobnostima brodova, njihovoj konstrukciji i tehničkim karakteristikama te obilježjima luka. Primjer pitanja u provedenim intervjuima sa stručnjacima je prikazan u Tablici 3.

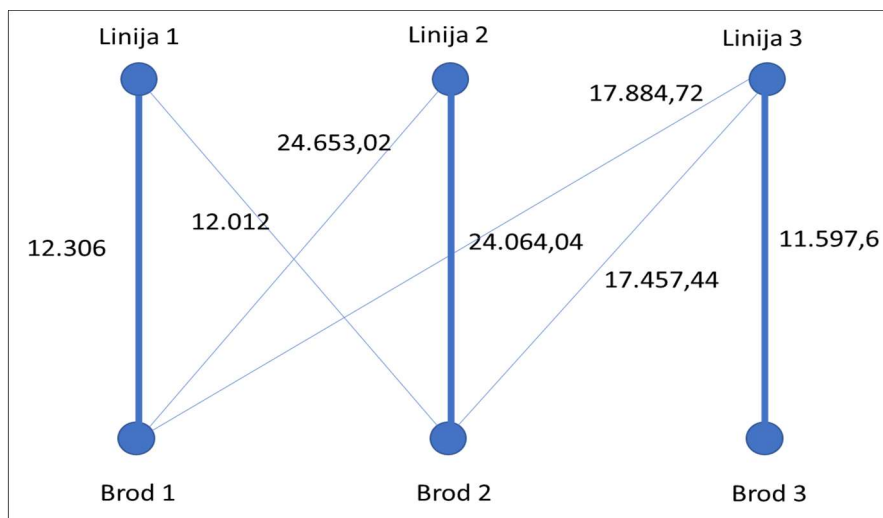
**Tablica 3. Primjer pitanja u provedenim intervjuima sa stručnjacima**

Redni broj pitanja	Pitanja
1.	Navedite spol.
2.	Kojoj dobnoj skupini pripadate?
3.	Navedite svoju stručnu spremu.
4.	Što ste po zanimanju?
5.	Koje je Vaše područje djelovanja i interesa?
6.	Koliko imate radnog staža?
7.	Gdje trenutno radite?
8.	U kojem svojstvu ste zaposleni sada? Na kojem radnom mjestu?
9.	Navedite prethodna radna mjesta i trajanje rada na tim radnim mjestima.
10.	Navedite istaknuta dostignuća vezana za svoju struku i zaposlenje.
11.	Navedite svoja iskustva u pomorskoputničkom prometu.
12.	Navedite svoja iskustva i iskažite svoje poznavanje brodova.
13.	Navedite svoja iskustva i iskažite svoje poznavanje sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa.
14.	Navedite svoja iskustva i iskažite svoje poznavanje luka u pomorskoputničkom prometa.
15.	Kakve su maritimne sposobnosti Broda 1?
16.	Koliki su kapaciteti Broda 1?
17.	Koja je ekonomska brzina Broda 1?
18.	Navedite osnovne tehničke karakteristike Broda 1.
19.	Navedite konstrukcijske karakteristike Broda 1.
20.	Navedite osnovna obilježja i specifičnosti Linije 1.
21.	Navedite obilježja i specifičnosti luka ticanja u relaciji Linije 1.
22.	Je li Brod 1 po svim obilježjima prigodan za održavanje Linije 1?
23.	Je li Brod 1 po svim obilježjima pogodan za uplov/isplov u luke ticanja Linije 1?
24.	Je li Brod 1 pogodan za plovnu rutu koju obuhvaća Linija 1?
25.	Kojom biste oznakom označili prilagođenost Broda 1 Liniji 1 (0 ili 1)?

Izvor: Izradila doktorandica

U Tablici 3. je prikaz pitanja za stručnjake gdje se oznakom „Brod 1“ označava bilo koji brod koji se analizira, a oznakom „Linija 1“ se označava određena brodska linija. Osobna imena stručnjaka se ne navode, ali se navode dokazi o njihovim kompetencijama za odgovarajuće pridruživanje brodske linije brodu. Ključan je odgovor na pitanje 25. i temelji se na prethodnoj analizi. Stručnjaci oznakom 1 označavaju da je određeni analizirani brod pogodan za održavanje određene brodske linije, dok oznakom 0 označavaju da određeni analizirani brod nije pogodan za održavanje neke brodske linije. Usporedbom svih stručnih mišljenja prikladnost broda po pojedinoj brzobrodskoj liniji se definira jednakim ocjenama većine stručnjaka. Cilj je postići stručno mišljenje o pogodnosti određenog broda određenoj brodskoj liniji.

Konstruiranjem bipartitnog grafa, a uzimajući u obzir navedene parametre, sparuju se brodovi i brodske linije na način da se prikaže trenutno stanje, ali i sve potencijalne mogućnosti. Primjer navedenog prikazuje se Grafom 15. na 3 broda (Brod 1, Brod 2, Brod 3) i 3 brodske linije (Linija 1, Linija 2, Linija 3).



**Graf 15. Primjer inicijalnog stanja povezivanja brzih brodova s odgovarajućim brodskim linijama s aspekta potrošnje pogonske energije**

Izvor: Izradila doktorandica

Podebljanim linijama na Grafu 15. se povezuju brodske linije i brodovi koji trenutno održavaju takve linije, dok se manje izraženim linijama prikazuju potencijalne mogućnosti.

Da bi se oblikovao optimalan raspored brodova s uštedom pogonske energije u najvećoj mjeri, potrebno je odrediti težinu svakog brida i povezati maksimalne težine bridova kada su bridovi uteženi funkcijom:

$$M - g_{ij} \quad \dots(1).$$

Težina svakog brida je razlika dovoljno velikog odabranog broja  $M$  i potrošnje energije  $g_{ij}$ , koju će potrošiti  $i$ -ti brod vozeći  $j$ -tu destinaciju, uz napomenu da se uzima da je  $M$  suma svih  $g_{ij}$ . U Tablici 4. je prikaz potrošnje pogonske energije na promatranim brodskim linijama i na brzim brodovima, iz čega je razvidno da  $M$ , odnosno suma svih bridova u ovom primjeru iznosi 119.975 litara.

**Tablica 4. Tjedna potrošnja pogonske energije po promatranim brzobrodskim linijama**

	tjedna potrošnja goriva		
brod	Linija 1	Linija 2	Linija 3
Brod 1	12.306	24.653,02	17.884,72
Brod 2	12.012	24.064,04	17.457,44
Brod 3	/	/	11.597,60

Izvor: Izradila doktorandica

Tablicom 5. se prikazuju veličine pri uteženju i iskazuje potrošnja pogonske energije određenog broda za održavanje određene brodske linije koja se oduzima od dovoljno velikog broja  $M$ .

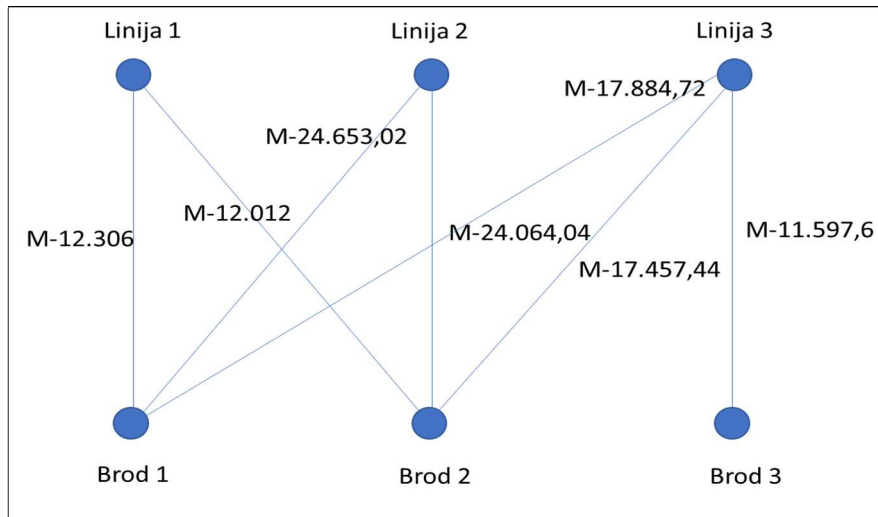
**Tablica 5. Veličine uteženja za promatrane brzobrodске linije u odnosu na potrošnju pogonske energije**

brod	Linija 1	Linija 2	Linija 3
Brod 1	107.669	95.321,98	102.090,28
Brod 2	107.963	95.910,96	102.517,56
Brod 3	/	/	108.377,40

Izvor: Izradila doktorandica

Grafički primjer uteženja u ovom slučaju je prikazan Grafom 16.

Od prikazanih veličina u Tablici 5. i Grafu 16. se traže što veće veličine jer se njima označava manja potrošnja pogonske energije.



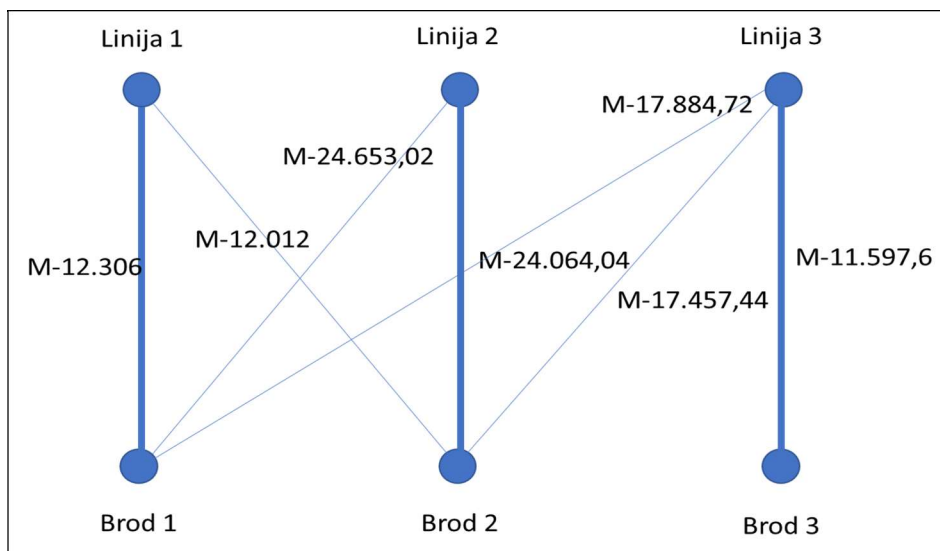
**Graf 16. Primjer uteženja povezivanja brzih brodova s odgovarajućim brodskim linijama s aspekta potrošnje pogonske energije**

Izvor: Izradila doktorandica

Slijedom navedenog, za održavanje Linije 1 veličina uteženja je veća za Brod 2, što je slučaj i za Liniju 2. Međutim, uzima se ona veličina, odnosno ono sparivanje u kojem je ušteda pogonske energije maksimalna.

Nakon uteženja bridova kojima se povezuju brodovi s odgovarajućim brodskim linijama slijedi optimalno povezivanje brodova i brodskih linija. Primjer optimalnog rasporeda brodova radi smanjenja potrošnje pogonske energije prikazan je u donjem Grafu 17., a temelji se na inicijalnim podacima iz Grafa 15. i prikazu uteženja iz Grafa 16.

Razvidno je da je sparivanje maksimalne težine savršeno sparivanje koje troši najmanje pogonske energije te je na taj način kreiran optimalan raspored brodova s posljedicom smanjenja potrošnje pogonske energije.



**Graf 17. Primjer optimalnog povezivanja brzih brodova s odgovarajućim brodskim linijama s aspekta potrošnje pogonske energije**

Izvor: Izradila doktorandica

Analizirajući Graf 17. i uspoređujući ga s Grafom 15. zaključuje se da se optimalno povezivanje brodova i brodskih linija s aspekta potrošnje pogonske energije, u ovom slučaju, ostvaruje trenutnim rasporedom brodova.

#### **5.4.2. Druga razina oblikovanja modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa – s aspekta dostupnosti brodova**

Nakon oblikovanja optimalnog rasporeda brodova s posljedicom smanjenje potrošnje pogonske energije slijedi oblikovanje optimalnog rasporeda brodova s aspekta njihove dostupnosti. Optimalan raspored brodova s aspekta njihove dostupnosti se oblikuje jednakom metodom kao i za optimalni raspored brodova s posljedicom smanjene potrošnje energije. Prvi korak u optimalnom rasporedu brodova s aspekta njihove dostupnosti je definiranje parametara za ocjenu dostupnosti brodova, a označava korist brodskih performansi za putnika. Parametri za određivanje prikladnost broda putnicima u ovom istraživanju su:

- brzina broda u odnosu na zahtjeve brodske linije,
- raspon kapaciteta u odnosu na zahtjeve brodske linije,
- mogućnost ukrcaja/iskrcaja putnika na više od jednog ulaza/izlaza,
- protočnost broda (krmena i pramčana rampa),
- širina ukrcajne rampe,
- pristup za osobe s ograničenjem u kretanju,



- starost broda,
- mogućnost prijevoza kućnih ljubimaca.

U ovom slučaju, prethodno navedeni parametri i njihove ocjene temelje se na Uredbi o uvjetima i vrednovanju kriterija za davanje koncesije i sklapanje ugovora o javnoj usluzi (Narodne novine 31/14) u Republici Hrvatskoj, članici Europske unije. Parametri se vrjednuju i te se vrijednosti uzimaju u obzir za dostupnost brodova.

Tablicom 6. se prikazuju ostvareni bodovi brodova iz primjera u slučaju održavanja brodskih linija iz primjera.

**Tablica 6. Broj pripadajućih bodova po promatranim brzobrodskim linijama**

brod	Linija 1	Linija 2	Linija 3
Brod 1	32	32	42
Brod 2	12	12	22
Brod 3	/	/	12

Izvor: Izradila doktorandica

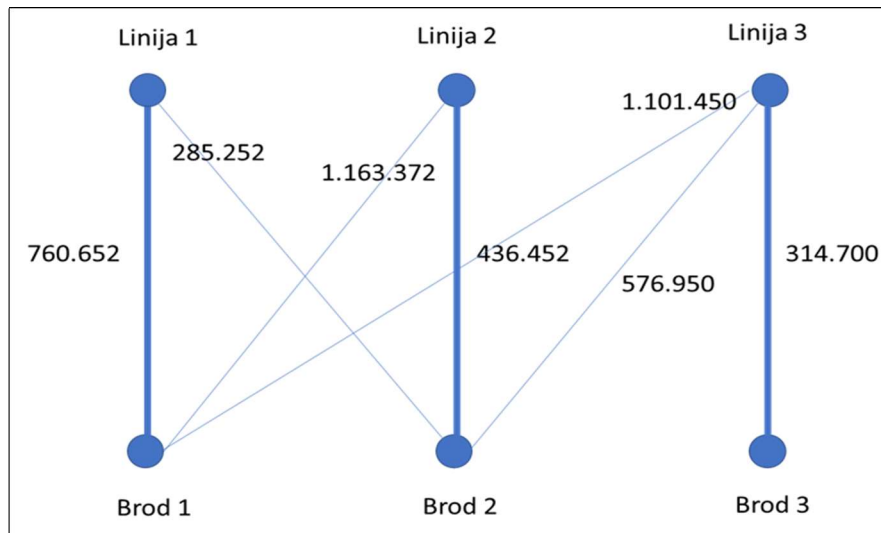
Vrijednost povezivanja brodske linije i određenog broda koji po osnovnim karakteristikama (kapacitet i sposobnost po njegovu dizajnu i tehničkim karakteristikama za održavanje određene brodske linije) odgovara toj istoj brzobrodskoj liniji, određuje se produktom ostvarenih bodova određenog broda i broja prevezenih putnika na određenoj brodskoj liniji. Vrijednosti za određene brodske linije i odgovarajuće brodove, a koji su uzeti kao primjer u općem modelu optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa, nalaze se u Tablici 7.

**Tablica 7. Produkt bodova i broja prevezenih putnika**

		Brod 1	Brod 2	Brod 3
linija	broj prevezenih putnika	produkt	produkt	produkt
Linija 1	23.771	760.672	285.252	/
Linija 2	36.371	1.163.872	436.452	/
Linija 3	26.225	1.101.450	576.950	314.700

Izvor: Izradila doktorandica

Početni korak na drugoj razini oblikovanja modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa je konstruiranje bipartitnog grafa, čime se prikazuje trenutno stanje sparivanja brodova i brodskih linija u odnosu na sve odabrane parametre, ali i na sve potencijalne mogućnosti. Primjer navedenog prikazuje se Grafom 18.



**Graf 18. Primjer inicijalnog stanja povezivanja brzih brodova s odgovarajućim brodskim linijama s aspekta dostupnosti brodova**

Izvor: Izradila doktorandica

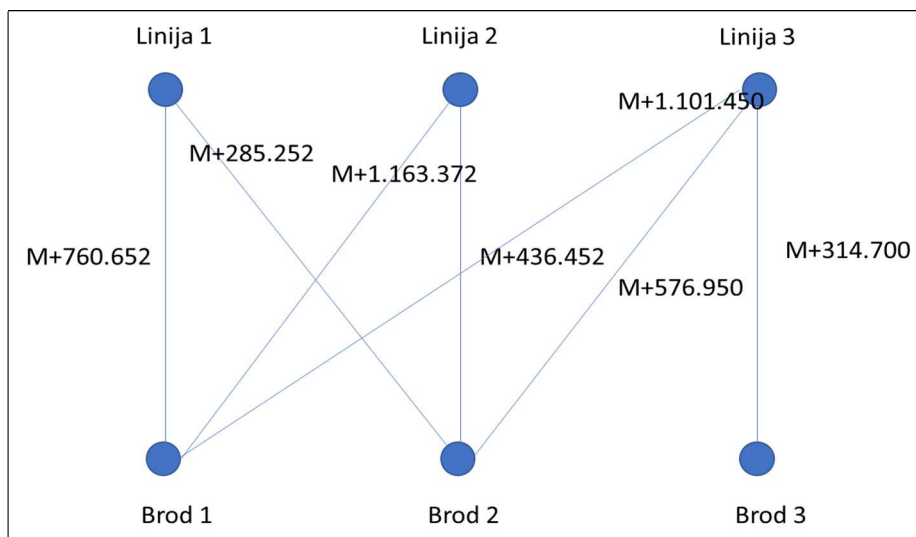
Nakon konstruiranja prikazana bipartitnog grafa slijedi uteženje bridova. Težina svakog brida je suma velikog broja  $M$  (umnožak svih prevezenih putnika i broj bodova svih brodova kada voze relaciju na kojoj dobivaju najviše bodova) i produkta broja bodova koje bi brod dobio da vozi određenu liniju te broja prevezenih putnika na toj liniji. U ovom slučaju  $M$  iznosi 6.563.892, a vrijednosti težine bridova su prikazane u Tablici 8.

**Tablica 8. Veličine uteženja za određene brodske linije u odnosu na dostupnost brodova**

brod	Linija 1	Linija 2	Linija 3
Vida	7.324.564	7.727.764,00	7.665.342,00
Judita	6.849.144	7.000.344,00	7.140.842,00
Nona Ana	/	/	6.878.592,00

Izvor: Izradila doktorandica

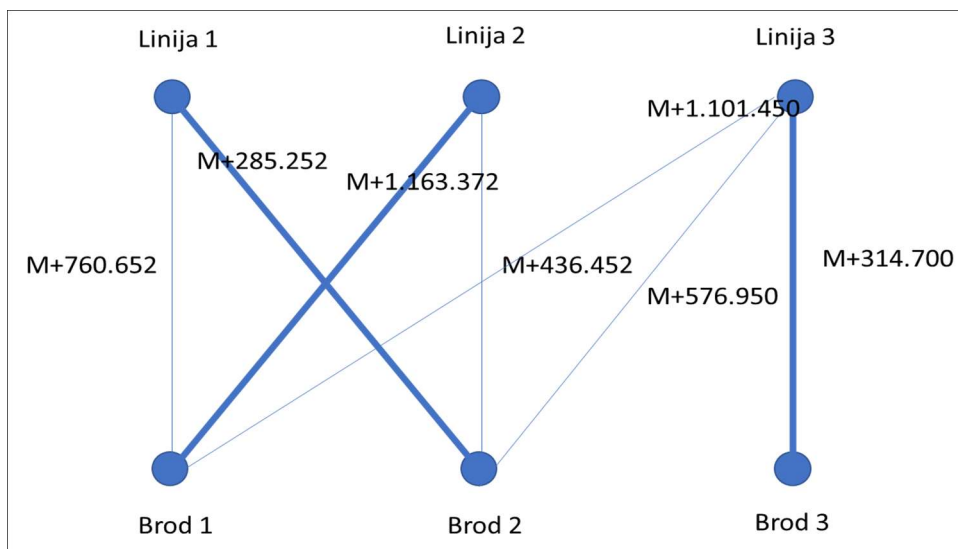
Grafički prikaz uteženja trenutnog stanja povezivanja brodova s odgovarajućim brodskim linijama sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa s aspekta dostupnosti brodova daje Graf 19.



**Graf 19. Primjer uteženja trenutnog stanja povezivanja brzih brodova s odgovarajućim brodskim linijama s aspekta dostupnosti brodova**

Izvor: Izradila doktorandica

Tražeci maksimalnu težinu kojom bi se odredila povezanost odgovarajućeg broda i brodske linije, oblikuje se model optimalnog sparivanja s napomenom da se uzima ona veličina, odnosno ono sparivanje za koji je veličina dostupnosti broda najveća. Grafom 20. se prikazuje sparivanje maksimalnih težina, čime se postiže da optimalno pridruživanje bude ono u kojem je dostupnost broda iskorištena u najvećoj mjeri za putnika.



**Graf 20. Primjer optimalnog povezivanja brzih brodova s odgovarajućim brodskim linijama s aspekta dostupnosti brodova**

Izvor: Izradila doktorandica

Određivanjem optimalnog rasporeda brodova na određenim brodskim linijama s aspekta dostupnosti brodova se ne definira najveći stupanj racionalizacije u rasporedu brodova. Tek trećom razinom, odnosno kompromisnim pristupom koji obuhvaća oba čimbenika optimizacije, ostvaruje se postavljeni cilj.

### 5.4.3. Treća razina oblikovanja modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa – kompromisni pristup

Nakon oblikovanja optimalnog rasporeda brodova na odgovarajuće brodske linije s aspekta potrošnje pogonske energije i optimalnog rasporeda brodova na odgovarajuće brodske linije s aspekta dostupnosti brodova, slijedi kompromisni pristup pri određivanju optimalnog rasporeda brodova u sustavu obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa. Kompromisnim pristupom se ostvaruju oba pristupa optimizaciji, odnosno postiže se ravnoteža između optimizacije s aspekta potrošnje pogonske energije i optimizacije s aspekta dostupnosti brodova.

Mjera kvalitete funkcije  $f$  koja sparuje linije i brodove je iskazana formulom:

$$\frac{1}{2} \frac{\sum_{i=1}^n b_{ij}}{B} - \frac{1}{2} \frac{\sum_{i=1}^n g_{ij}}{G} \quad \dots(2)$$

gdje je  $b_{ij}$  broj bodova zbog prikladnosti broda  $i$  ( $i=1, \dots, n$ ) brodskoj liniji  $j$  ( $j=1, \dots, n$ ) pomnožen s brojem prevezenih putnika na brodskoj liniji  $j$ ,  $g_{ij}$  označava potrošnju pogonske energije broda  $i$  pri održavanju brodske linije  $j$ ,  $B$  označava sumu  $b_{ij}$  kod svih brodskih linija kojima su brodovi  $i$  inicijalno pridruženi, a analogno tome  $G$  označava sumu  $g_{ij}$  kod svih brodskih linija kojima su brodovi  $i$  inicijalno pridruženi. Potrošnja energije i dostupnost broda se normira za inicijalno pridruživanje na 1, a nakon toga slijedi ravnomjerno uteženje s faktorom 0.5. Pogonska energija označava se s negativnim predznakom s obzirom na to da je jedan od osnovnih ciljeva smanjenje potrošnja pogonske energije.

U promatranome primjeru s tri broda (Brod 1, Brod 2, Brod 3) i tri brzobrodске linije (Linija 1, Linija 2, Linija 3), veličina  $B$  iznosi 1.511.824, a veličina  $G$  47.967,64. Tablica 9. sadržava veličine kvalitete funkcije  $f$  za kompromisni pristup.

**Tablica 9. Veličine kvalitete funkcije  $f$  za kompromisni pristup**

brod	Linija 1	Linija 2	Linija 3
Brod 1	0,123300279	0,127947577	0,177853666
Brod 2	-0,030869066	-0,106490021	0,008823415
Brod 3	/	/	-0,016810258

Izvor: Izradila doktorandica

Slijedi sparivanje maksimalnih težina na isti način kao u prethodnim slučajevima kod optimalnog rasporeda brodova s aspekta potrošnje energije i dostupnosti brodova. Svakom bridu dodaje se veliki broj  $M$  (produkt broja brodova i broja brodskih linija,  $M = i * j$ ) kao osiguranje da će sparivanje maksimalne težine biti i savršeno sparivanje pa se brid koji povezuje brod  $i$  s linijom  $j$  utežuje sljedećom funkcijom:

$$\frac{1}{2} \frac{b_{ij}}{B} - \frac{1}{2} \frac{g_{ij}}{G} + M \quad \dots(3).$$

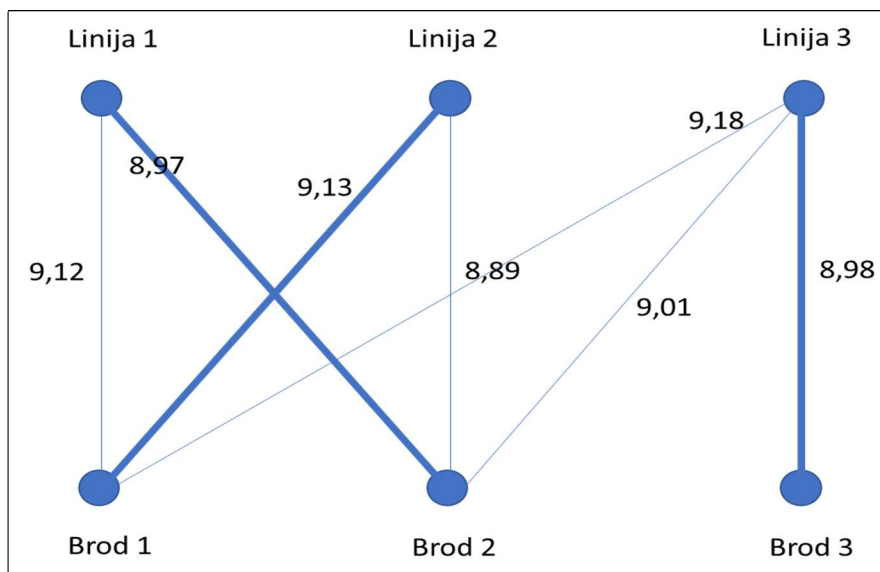
S obzirom na to da se u promatranom primjeru radi o tri broda i o tri brodske linije,  $M$  iznosi 9. Tablica 10. sadržava utežene vrijednosti bridova prema zadanoj formuli (3).

**Tablica 10. Utežene veličine kod kompromisnog pristupa**

brod	Linija 1	Linija 2	Linija 3
Brod 1	9,123300279	9,127947577	9,177853666
Brod 2	8,969130934	8,893509979	9,008823415
Brod 3	/	/	8,983189742

Izvor: Izradila doktorandica

Na ovaj način se dolazi do optimalnog rasporeda brodova unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa s aspekta potrošnje energije i dostupnosti brodova, odnosno do postizanja ravnoteže između obaju ciljeva. Optimalni raspored brodova s oba aspekta za promatrani primjer predstavlja Graf 21.



**Graf 21. Primjer optimalnog povezivanja brzih brodova s odgovarajućim brodskim linijama kompromisnim pristupom**

Izvor: Izradila doktorandica

Kada je isti brod optimalan par na više brodskih linija, odabire se ono pridruživanje u kojem se postiže najveća vrijednost zbroja između uteženih veličina kod kompromisnog pristupa, odnosno algoritam odabire kombinaciju koja daje najkvalitetniji rezultat s aspekta potrošnje pogonske energije i dostupnosti broda.

Predstavljeni model optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa, odnosno model kojim se postiže optimalni raspored brodova u sustavu, može se prikazati matematičkim formulama za koju su ulazni podatci:

$g$  -> potrošnja pogonske energije broda  $b$

$d_j$  -> duljina putovanja na liniji  $l_j$

$t_j$  -> broj putovanja broda na liniji  $l_j$

$v_j$  -> pogodnost broda  $b$  za liniju  $l_j$

$p_j$  -> broj putnika na liniji  $j$

$\mu$  -> inicijalno sparivanje brodova i linija

$S$  -> skup svih dopustivih sparivanja (u kojima svaki brid na pridruženoj liniji udovoljava zakonskim kriterijima i ekspertnom mišljenju), odnosno skup svih dopustivih bijekcija iz skupa brodova  $\{b_1, \dots, b_n\}$  u skup linija  $\{l_1, \dots, l_n\}$ .

Model se prikazuje sljedećim matematičkim formulama:

$$M_G = \arg \min_{m \in S} \left( \sum_{i=1}^n g_i d_{m(i)} t_{m(i)} \right) \quad \dots(4)$$

$$M_D = \arg \max_{m \in S} \left( \sum_{i=1}^n v_{im(i)} p_{m(i)} \right) \quad \dots(5)$$

$$M_C = \arg \max_{m \in S} \left( \frac{\sum_{i=1}^n v_{im(i)} p_{m(i)}}{\sum_{i=1}^n v_{i\mu(i)} p_{\mu(i)}} - \frac{\sum_{i=1}^n g_i d_{m(i)} t_{m(i)}}{\sum_{i=1}^n g_i d_{\mu(i)} t_{\mu(i)}} \right) \quad \dots(6).$$

Značenje rezultata je sljedeće:

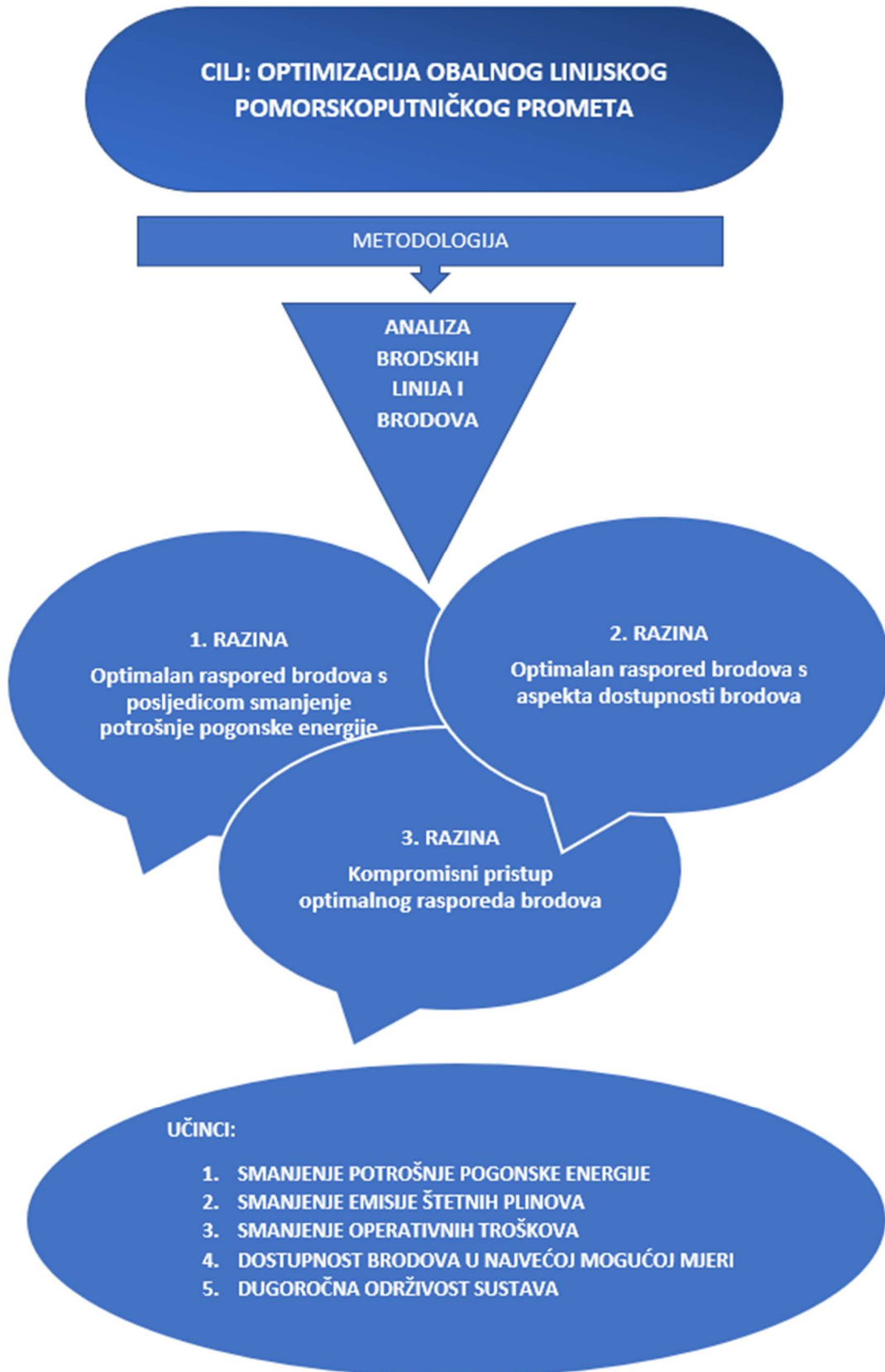
$M_G$  -> optimalno sparivanje brodova i brodskih linija glede potrošnje pogonske energije

$M_D$  -> optimalno sparivanje brodova i brodskih glede dostupnosti brodova

$M_C$  -> optimalno sparivanje brodova i brodskih linija u kompromisnome modelu.

Metodologija optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskog prometa, odnosno optimalnog rasporeda brodova unutar sustava je prikazana u Shemi 2.

**Shema 2. Metodologija optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa**



Izvor: Izradila doktorandica



U Shemi 2. je prikaz cilja i načina na koji se postiže te učinci kao rezultat njegova ostvarenja. Dakle, cilj je postizanje optimalnog rasporeda brodova koji se kreira na tri razine unutar modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa. Učinci postignute optimizacije su: smanjenje potrošnje pogonske energije, smanjenje emisije štetnih plinova u atmosferu, smanjenje operativnih troškova, dostupnost brodova u najvećoj mogućoj mjeri i ostvarenje dugoročne održivosti sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa.

## **6. TESTIRANJE MODELA OPTIMIZACIJE SUSTAVA OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA NA PRIMJERU REPUBLIKE HRVATSKE**

Sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa u Republici Hrvatskoj redovito prometno povezuje 73 otočne i 22 kopnene luke [92]. U okviru sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske bitno je razviti koncept dostupnosti otoka s obzirom na to da istraživanja upućuju na nepovoljnije kvantitativne i kvalitativne pokazatelje dostupnosti kod manjih i od kopna udaljenijih otoka [148]. Redoviti javni prijevoz u obalnome linijskom pomorskoputničkom prometu u Republici Hrvatskoj važećom Odlukom o određivanju državnih linija u javnom prijevozu u linijskome obalnom pomorskom prometu iz 2016. te izmjenom i dopunom Odluke iz 2020. obuhvaća 51 državnu liniju, a koje održava 13 brodara s flotom od 82 broda [93]. Slijedom navedenog, Republika Hrvatska je reprezentativan primjer za izradu prijedloga modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa. Zbog dinamičnosti njegova sustava, razmatrani su podatci iz 2019. koja nije bila zahvaćena poremećajem zbog pandemije Covid-19. Tako se obuhvaćaju podatci koji nisu ekstermni u redovitom odvijanju sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa.

U šestome poglavlju ove doktorske disertacije se predstavlja testiranje modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa na primjeru Republike Hrvatske. Ovo poglavlje, osim prijedloga modela optimizacije, prikazuje značajke i ciljeve prometne i pomorske politike Republike Hrvatske te daje analizu sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa.

### **6.1. ZNAČAJKE I CILJEVI PROMETNE I POMORSKE POLITIKE REPUBLIKE HRVATSKE**

Promet i pomorstvo su temelji gospodarskoga, društvenog i kulturnog razvoja Republike Hrvatske. Prema smjernicama Europske unije, čija je Republika Hrvatska članica od 2013., treba djelovati u smjeru kvalitetnoga prometnog povezivanja sa svim državama Europske unije i šire. Praćenje smjernica prometne i pomorske politike Europske unije prioritet je u definiranju nacionalne prometne i pomorske politike te strategije razvitka pojedinih prometnih grana. Da bi se na odgovarajući način iskoristio povoljan geostrateški položaj Republike Hrvatske, nužno

je istražiti usklađenost prometnog i pomorskog sustava Republike Hrvatske u kontekstu prometne i pomorske politike Europske unije. U izboru instrumenata prometne i pomorske politike treba preferirati one koji omogućuju deregulaciju i liberalizaciju prometa radi efikasnog uključivanja hrvatskog prometa u europski prometni sustav.

Strategija prometnog razvitka Republike Hrvatske iz 1999. prvi je dugoročni razvojni dokument za prometni sustav, a daje smjernice razvoja prometnih grana u Republici Hrvatskoj. Strategijom su radi prometnog razvitka Republike Hrvatske definirani [149]:

- 1) ciljevi ukupnog razvitka i međunarodnog povezivanja Republike Hrvatske,
- 2) ciljevi prometnog razvitka u funkciji objedinjavanja hrvatskog prostora,
- 3) ciljevi prometnog razvitka u funkciji europske povezanosti Republike Hrvatske,
- 4) ciljevi sukladnoga i postupnoga razvitka ukupnoga prometnog sustava i pojedinih dijelova prometnog sustava,
- 5) ciljevi prometnog razvitka glede sigurnosti prometnih pravaca i prometnih tokova,
- 6) usklađivanje ciljeva razvitka prometa i zaštite okoliša.

Razvojna prometna politika temeljila se na strateškim ciljevima [149]:

- 1) postizanje primjerenog vrjednovanja prednosti geoprometnog položaja Hrvatske kroz europsku mrežu glavnih prometnih koridora,
- 2) kvalitetno međusobno prometno povezivanje hrvatskih regija, osobito obalnog i kontinentalnog područja s povezivanjem na europske prometne pravce,
- 3) pospješivanje uključivanja hrvatskoga gospodarstva u međunarodnu podjelu rada i osiguravanje dinamičnijega gospodarskog razvitka razvojem prometne infrastrukture i prometnih djelatnosti,
- 4) stvaranje mogućnosti za izravno ulaganje stranoga kapitala i kreditnu potporu međunarodnih financijskih institucija razvojnim infrastrukturnim programima,
- 5) razvijanje integralnog prijevoza koji vodi brigu o zaštiti okoliša,
- 6) restrukturiranje velikih poduzeća u državnom vlasništvu i primjena tržišnih mjerila u poslovanju,
- 7) uređenje odnosa u upravljanju, izgradnji i korištenju objekata prometne infrastrukture s naglaskom na one koji imaju status javnog dobra ili su na javnome dobru.

Osobito vrijedan događaj za prometnu politiku Republike Hrvatske zbio se u lipnju 1997. u Helsinkiju na 3. Sveeuropskoj konferenciji o prometu kada su najvažniji hrvatski prometni

pravci uključeni u europsku mrežu glavnih prometnih koridora (V. i X. te u VII. – Dunavski koridor), što je prikazano na Slici 6.



**Slika 6. Paneuropska prometna mreža**

Izvor: [www.croatia.eu](http://www.croatia.eu) (pristupljeno 16. 9. 2021.)

Na taj način se potvrdila važnost prometnoga položaja Republike Hrvatske u sveeuropskoj prometnoj mreži, a razvoj infrastrukture i tehnologije prijevoza postaje dijelom koordiniranih nacionalnih razvojnih programa na cjelokupnim dužinama koridora za čije ostvarenje se očekuje i međunarodna financijska potpora [149]. Geopolitička komponenta vrednovanja položaja Republike Hrvatske važna je za potpunije ocjene statusa i trendova regionalnoga prometnog razvitka.

Bitno je istaknuti da se u reviziji strateških razvojnih opredjeljenja u prometu polazilo od interesa Republike Hrvatske za primjerenom valorizacijom njezinih najvažnijih prometnih pravaca, posebice u povezivanju središnje Europe i Jadrana, geopolitičkih promjena u hrvatskome zemljopisnom okruženju i promjena u ustrojstvu hrvatskog gospodarstva u tom

okruženju, s posljedicama na prometne tokove, golemih ratnih šteta na prometnoj infrastrukturi i potrebe da se obnovom istodobno osigura i razvitak te nužnosti primjene suvremenih tehnologija u prometu u skladu sa zahtjevnim ekološkim normama i dr. [149].

U travnju 2008., Republika Hrvatska je otvorila pregovore o prometnoj politici unutar okvira pregovora o članstvu s Europskom unijom, a jedan od osnovnih uvjeta zaključivanja poglavlja o prometnoj politici bio je onaj o poboljšanju brodarske kvalitete. Ulaskom u Europsku uniju, Republika Hrvatska se opredjeljuje za slobodan protok roba, kapitala i ljudi, odnosno za liberalizaciju pomorske kabotaže.

Republika Hrvatska je 1. srpnja 2013. postala članica Europske unije. Pristupanje Europskoj uniji je potencijalna prekretnica za gospodarski, socijalni i općedruštveni razvoj zemlje. Prometni razvoj strategijsko je određenje Republike Hrvatske unutar proširene Europske unije, a osnovni preduvjet je usklađenje hrvatske regulative i svih propisa s međunarodnim regulativama i propisima, poglavito Europske unije. Stoga razvoj prometnog sustava Republike Hrvatske, osim prostornog dimenzioniranja infrastrukturne mreže, treba biti usklađen s referentnim stratezijskim odrednicama zajedničke transportne politike Europske unije, što pretpostavlja inkorporaciju načela integrativnosti, interoperabilnosti i održivosti u nacionalnu prometnu politiku [150]. Uvedene su znatne zakonske novine, poglavito u Zakonu o prijevozu u linijskom i povremenom obalnom pomorskom prometu nakon otvaranja sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa u Republici Hrvatskoj prema ostalim članicama Europske unije [151].

Republika Hrvatska je izrazito primorska država što implicira važnost pomorske politike. U cilju definiranja jasnog smjera razvoja pomorstva kao jedne od najvažnijih gospodarskih grana u Republici Hrvatskoj, Vlada donosi Strategiju pomorskog razvitka i integralne pomorske politike Republike Hrvatske, a nastavlja se na opća načela iz Vladinih strateških smjernica, sektorske strategije te strateške smjernice Europske unije u području pomorstva. Vizija Strategije je da Republika Hrvatska postane razvijena i prepoznatljiva pomorska država, a misija joj je da doprinese osnaživanju uloge pomorstva u razvoju i konkurentnosti Republike Hrvatske kroz politike i inicijative održivog rasta gospodarske aktivnosti na moru i u priobalju, jačanju utjecaja hrvatskoga pomorskog sektora na europskom i svjetskom tržištu, vrjednovanju iznimna geografskog položaj Jadranskog mora i njegovih ekoloških značajki te razvoju visokih tehnologija i usluga u pomorstvu na temeljima tradicionalnih znanja i usvojenih sposobnosti,

vodeći osobitu brigu o visokoj dostupnosti učinkovitih i modernih javnih usluga u pomorstvu, zaštiti morskog okoliša i sigurnosti plovidbe [92].

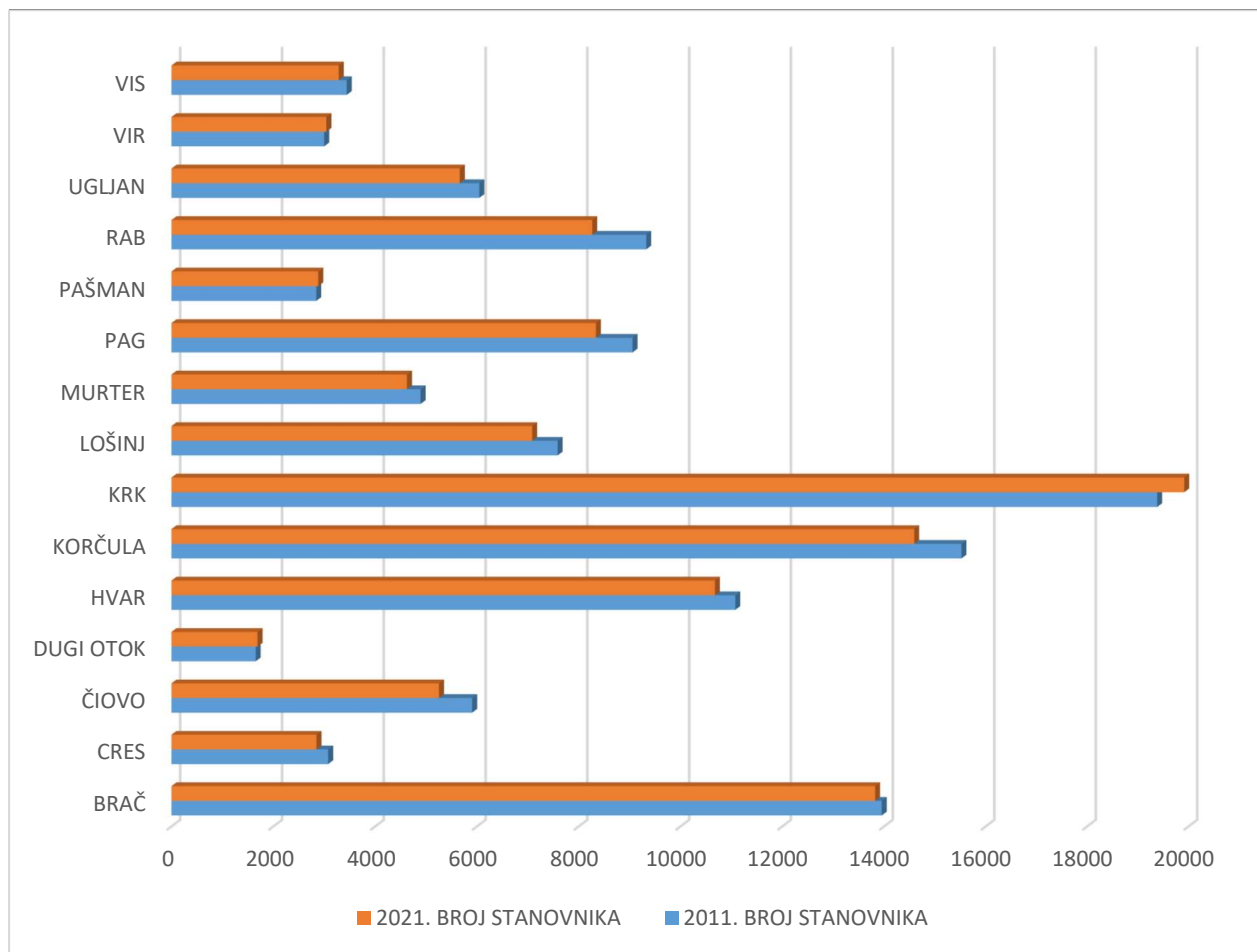
Politika hrvatskoga pomorskog prometa izuzetno je važna za ekonomsku, prometnu i pomorsku politiku pa se mora definirati i primjenjivati u najmanje tri sljedeća segmenta – trgovačkoj mornarici, morskim lukama i brodogradnji te u logističkoj politici špedicija, agencijama, osiguranjima, opskrbi brodova, nautičkome turizmu itd. U okviru pomorske politike osobito se treba usredotočiti na odnos linijske i slobodne plovidbe, uređenje vlasničkih odnosa u hrvatskim brodarskim kompanijama, status pomoraca, izgradnju brodova za domaće brodare u domaćim brodogradilištima, sigurnost plovidbe i zaštitu okoliša, intenzivniji razvitak kontejnerizacije i RO-RO tehnologije transporta [54]. Potrebno je voditi računa da pomorska politika intenzivira modernizaciju lučke infrastrukture i suprastrukture te ustroju morskih luka. Da bi se to ostvarilo, bitno je u osnovne odrednice prometne i pomorske politike Republike Hrvatske na odgovarajući način uklopiti smjernice europske politike prometnog razvitka za razvoj društveno prihvatljivog, ekonomski učinkovitog i istovremeno održivoga prometnog razvoja [25].

U cilju ostvarenja učinkovite prometne i pomorske politike Republike Hrvatske, nužno je jasno definirati strateške mjere i ciljeve te uskladiti nacionalne politike s odrednicama međunarodne pomorske i prometne politike, posebice s navedenim politikama Europske unije.

## **6.2. ANALIZA SUSTAVA OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA U REPUBLICI HRVATSKOJ**

Stalno naseljenih otoka u Republici Hrvatskoj je 49 [91]. Prema zadnjem popisu stanovništva iz 2021., udio stanovništva koje žive na otocima, u cjelokupnom broju stanovnika Republike Hrvatske je 3,3 %, odnosno 127.838 stalnih stanovnika otoka [2]. U prethodnome popisu iz 2011., udio otočnog stanovništva u ukupnome broju stanovnika je iznosio 2,92 % [2] pa se zaključuje se da je udio otočnog stanovništva u ukupnome broju stanovnika Republike Hrvatske porastao iako se broj stanovnika otoka smanjio. Razlog je pad ukupnog broja stanovnika na području Republike Hrvatske, što potvrđuje i Graf 22. s prikazom kretanje broja stanovnika u 2011. i 2021. na petnaest najnaseljenijih hrvatskih otoka. Kako je predstavljeni model optimizacije obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa testiran u razdoblje bez ekstremnih

poremećaja zbog Covid-19 pandemije, za ovo istraživanje je relevantan popis stanovništva Republike Hrvatske čiji su se podaci koristili do 2019.



**Graf 22. Kretanje broja stanovnika na 15 najnaseljenijih otoka u 2011. i 2021.**

Izvor: Izradila doktorandica prema podacima Državnog zavoda za statistiku, [www.dzs.gov.hr](http://www.dzs.gov.hr)  
(pristupljeno 25. 9. 2022.)

Analizirajući podatke što su prikazani u Grafu 22., uočava se uzlazni trend na nekim otocima glede broja otočnog stanovništva, iako te pozitivne promjene nisu većih razmjera. Broj otočnog stanovništva je manji u 2021. u odnosu na 2011., što je u skladu s kretanjem ukupnog broja stanovnika Republike Hrvatske.

Promatra li se kretanje broja stanovnika na otocima tijekom povijesti, uočavaju se različite promjene u različitim razdobljima pa je značajnija prekretnica uočena nakon II. svjetskog rata kada se otočno stanovništvo u obalnim općinama smanjilo za 47 %, a najveći pad stanovništva obalnootočnih općina je zabilježen između popisa iz 1971. i 1981. [90]. Iz Tablice 11. je razvidno kretanje broja stanovnika na otocima od 1857. pa do zadnjeg popisa stanovništva iz 2021.

**Tablica 11. Stanovništvo hrvatskih otoka od 1857. do 2021. (bez poluotoka Pelješca)**

<b>POPISNA GODINA</b>	<b>STANOVNIŠTVO</b>	<b>KOEFICIJENT 1857=100</b>
1857	117 481	100
1900	166 891	142
1910	173 263	147
1921	173 503	148
1931	165 624	141
1948	151 835	129
1953	150 073	128
1961	139 798	119
1971	127 598	109
1981	114 803	98
1991	110 953	94
2001	124 870	106
2011	124 955	106
2021	120 437	103

Izvor: Izradila doktorandica prema Starc,N., 2016, 'Ka održivom razvoju otoka', Otoci i njihovi potencijali, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, pp. 249-258 i Državni zavod za statistiku, [www.dzs.hr](http://www.dzs.hr) (pristupljeno 25. 9. 2022.)

Otoci i otočne skupine razlikuju se geografski, socioekonomski i demografski, a osobito se izdvajaju premošteni otoci zbog povoljnijih demografskih trendova i boljega gospodarskog razvoja, dok su mali otoci izloženi intenzivnoj depopulaciji te su u procesu preobrazbe iz trajno naseljenog u povremeno naseljeni prostor [6]. Tablica 12. prikazuje kretanje broja i udjela stanovnika otoka na području Republike Hrvatske u razdoblju od 1981. do 2021. prema kategorijama premoštenosti, nepremoštenosti te mali otoci. Premošteni otoci u Republici Hrvatskoj su: Krk, Pag, Vir, Murter i Čiovo, ostali su nepremošteni, dok se malim otocima smatraju: Ilovik, Male Srakane, Vele Srakane, Susak, Unije, Silba, Olib, Premuda, Ist, Molat, Zverinac, Iž, Rava, Sestrunj, Rivanj, Ošljak, Vrgada, Prvić, Zlarin, Kaprije, Žirje, Krapanj, Kornati, Drvenik Veli, Drvenik Mali, Biševo, Sveti Andrija, Šipan, Lopud i Koločep [152].



**Tablica 12. Kretanje broja i udjel stanovnika otoka od 1981. do 2021. na području Republike Hrvatske**

Otočna skupina	Broj stanovnika					Koeffcijent popisne promjene	
	1981.	1991.	2001.	2011.	2021.	2021./1981.	2021./2011.
Premošteni otoci	27.580	30.975	38.313	42.245	41.185	149,33	97
Nepremošteni otoci	81.576	81.451	84.105	82.710	79.252	97	96
Mali otoci	5.894	4.462	4.665	4.587	4.634	78,6	101

Izvor: Izradila doktorandica prema Lajić, I., Mišetić, R., 2013, 'Demografske promjene na hrvatskim otocima na početku 21. stoljeća', Migracijske i etničke teme, vol. 29, no. 2, p. 169-199 i Državni zavod za statistiku, [www.dzs.hr](http://www.dzs.hr) (pristupljeno 25. 9. 2022.)

Analizirajući Tablicu 12. uočava se da premošteni otoci u 2021. bilježe porast broja stanovnika od 49,33 % u odnosu na 1981., odnosno pad od 3 % u odnosu na 2011. Nadalje, nepremošteni otoci u 2021. bilježe pad od 3 % u odnosu na 1981., odnosno 4 % u odnosu na 2011., dok mali otoci bilježe stalni pad broja stanovnika u razdoblju od 1981. do 2021., iako je uočen porast od 1 % u 2021. u odnosu na 2011. Uočeno je pozitivno kretanje broja stanovnika na premoštenim otocima do 2011., a na malim i nepremoštenim otocima negativno kretanje što ukazuje na potrebu sigurne i učestale prometne povezanosti otoka s kopnom. Na malim otocima posebno je izražen izostanak gospodarskog razvoja zbog loše prometne povezanosti, jer mali hrvatski otoci još uvijek nisu prometno kvalitetno povezani, neki su tek djelomično, a neki nisu uopće, što doprinosi njihovoj depopulaciji [6]. Otok nije tek izolirana cjelina, već i dio otočnih i obalnootočnih skupina izvan kojih ne može opstati pa mu je za održivost i razvoj prijeko potrebna i što bolja povezanost sa svim skupinama [6]. Zato je porast broja stanovnika na otocima koji su s kopnom povezani mostom značajan. Na otocima koji su s kopnom povezani mostovima, npr. Krk, Pag, Vir, Murter i Čiovo, prema popisu stanovništva iz 2011. je živjelo 42.245 stanovnika, što je povećanje od 10,3 % u odnosu na prethodni popis stanovništva iz 2001., a danas je na tim otocima 41.185 stanovnika [2]. Otoci koji su povezani s kopnom

mostovima ili čestim i redovitim brodskim vezama su i najrazvijeniji. Veći otoci bliže obali sve bolje rješavaju problem prometne povezanosti s kopnom, dok još uvijek postoje mali otoci koji nisu povezani. Republika Hrvatska s nizom zakonskih okvira podupire razvoj otoka i očuvanje života na otocima, a održivi razvoj otoka podrazumijeva realizaciju općih ciljeva kao što su stabilan gospodarski razvoj otoka, pravednu raspodjelu socijalnih potpora svim otočanima, zaštitu otočnog okoliša i povećanje otpornosti na klimatske promjene [153].

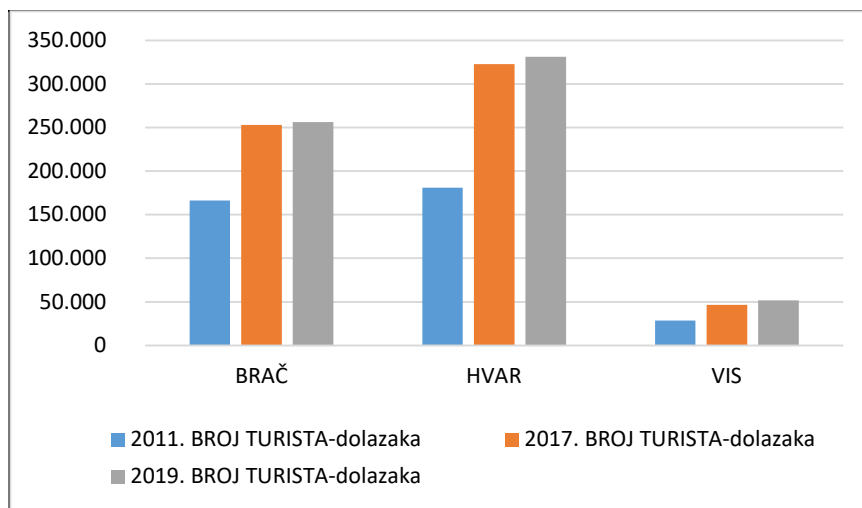
Otoci se već dugo vremena suočavaju sa stalnom depopulacijom i migracijama iz nebrojenih razloga, a ponajviše zbog niske razine gospodarskog razvoja, što je direktno u vezi s prometnom povezanošću otoka s kopnom i otoka međusobno kao osnovnim preduvjetom za gospodarski razvoj. Izostane li rast otočnog gospodarstva, nerealno je očekivati dugoročni opstanak otoka. Obalni linijski pomorskoputnički promet utječe na obalno gospodarstvo i naseljenost otoka s naglašenom potrebom glede povećanja brodskih linija, podizanja razine usluga i nižih cijena putničkih karata [154].

Najvažnije grane otočnog gospodarstva su turizam, poljoprivreda, ribarstvo, kamenarstvo i brodogradnja. Na otočno gospodarstvo uvelike utječu promjene u okruženju, uostalom kao i na ono na kopnu, ali je ipak osjetljivije i izraženije oscilira. Ipak, zbog svojih prirodnih bogatstava i očuvane izvornosti, hrvatski otoci su zanimljivi turistima, ali i raznim investitorima zbog turizma i njegove izrazite profitabilnosti. Razvedenost obale, čisto more, maritimnost hrvatske obale, klima, povijesno-kulturna baština, očuvan okoliš i prirodne ljepote nude brojne mogućnosti za razvoj turizma, ali uz očuvanje značaja i izvornosti otoka kao jamca dugoročno održiva razvoja.

Broj dolazaka turista na otoke i broj registriranih kreveta u turizmu određuje pomorskoputnički promet u Republici Hrvatskoj, dok broj prevezenih vozila određuje gospodarsku aktivnost otoka, a sve zbog turizma kao glavne aktivnosti na otočnome prostoru [155]. Turizam i morsko putničko brodarstva u Republici Hrvatskoj su izrazito međuovisni pa je dugoročni razvoj otoka povezan s razvojem morskoga putničkog brodarstva [156]. Za realizaciju svega navedenog su nužne promjene u zakonodavstvu, otvaranje tržišta, modernizacija flote, transformacija stavova javnosti i značajan angažman države [95].

Značaj turizma je prikazan Grafom 23., a u kojem se uočava značajan porast broja turista u 2017. i 2019. u odnosu na 2011. na tri promatrana dalmatinska otoka. Također, Graf 23. prikazuje i daljnji uzlazni trend u broju dolazaka turista zbog porasta broja turista u dolascima

u 2019. u odnosu na 2017. Drugi hrvatski otoci ne odstupaju od ovog trenda pa se zaključuje da je turizam osnovni izvor prihoda na otocima te je kao takav bitan čimbenik otočnoga gospodarskog razvoja.



**Graf 23. Usporedba broja turista na tri dalmatinska otoka**

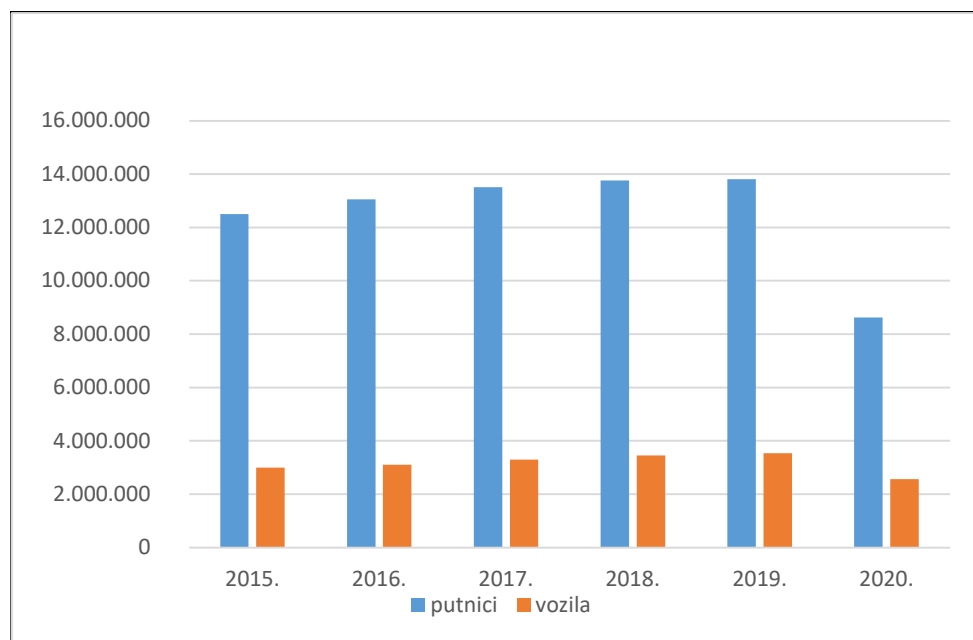
Izvor: Izradila doktorandica prema podacima Državnog zavoda za statistiku, [www.dzs.gov.hr](http://www.dzs.gov.hr)  
(pristupljeno 8. 4. 2022.)

Nekad je temeljna otočna gospodarska grana bila poljoprivreda, ali je danas turizam znatno dominantniji. Iako je vinograda sve manje na hrvatskim otocima, vinogradarstvo i maslinarstvo su ipak najzastupljeniji u strukturi otočne poljoprivrede. Maslinarstvo opravdano postaje sve važnije za otoke pa se na njima uzgaja više od polovine ukupne količine maslina u Hrvatskoj. Međutim, poljoprivredni resursi na otocima sigurno mogu biti bolje iskorišteni s odgovarajućim mjerama i poticajima. Osim poljoprivrede, za otoke je važno i ribarstvo, iako je nedovoljno zastupljeno. Uočeno je smanjenje proizvodnih kapaciteta u ribarstvu zbog tranzicijskih problema, gubitka bivšeg tržišta, carinskih ograničenja te neudovoljavanju tržišnim standardima Europske unije pa je u Republici Hrvatskoj ulov i uzgoj morske ribe i drugih morskih plodova u 2017. u odnosu na prethodnu godinu manji za 2 % [6]. Ribarstvo ima gospodarsku, ekološku i društvenu ulogu jer ostvaruje određeni prihod, povećava zaposlenost te otočanima omogućuje viši životni stil, jača lokalni identitet i turistički je atraktivan iako je potrebno veće ulaganje i angažman države da bi se osigurao razvoj ribarstva na otocima.

Otoci imaju mnoge prednosti koje se mogu iskoristiti za razvoj gospodarstva. No mora se paziti da se njima ne ugrožava karakter otoka i da se maksimalno smanje ograničavajući čimbenici kao što je prometna odsječenost od kopna. Prometna povezanost otoka s kopnom i otoka međusobno direktno utječe na otočno gospodarstvo jer je promet pokretač svih razvojnih tokova

otočnog prostora. Najizraženija je međuovisnost turizma i prometne povezanosti jer se njima može očekivati razvoj otočnog turizma, a turizam je ipak najizraženija podloga za gospodarski razvoj hrvatskih otoka. Dugoročno održiv razvoj turizma i otoka se može ostvariti promišljenom razvojnom politikom u svim domenama koje su za otok bitne.

Da otoci konačno u cijelosti postanu posebna i privlačna mjesta za život moguće je postići promišljenom strategijom, planskim upravljanjem, realnom analizom stanja otoka i ograničavajućih faktora. Na taj način se otocima može i mora osigurati održivi razvoj. Za održivi razvoj otoka i život otočnog stanovništva najvažnija je učestala i kvalitetna prometna povezanost s kopnom i otoka međusobno, što je prikazano na Grafu 24. Analizirajući Graf 24., uočljiv je stalan rast prevezenih putnika i vozila u obalnome linijskom pomorskoputničkom prometu Republike Hrvatske u razdoblju od 2015. do 2019. Broj prevezenih putnika godišnje premašuje 13.000.000. Kontinuirani rast je prekinut 2020. zbog globalne pandemije COVID-19. Analiza Grafa 24. pokazuje evidentan pad broja putnika i vozila u 2019. u odnosu na prethodnu godinu. Promet je zbog novonastale neočekivane situacije značajno opao pa je unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa prevezeno 37,6 % manje putnika i 27,6 % manje vozila u odnosu na 2019.



**Graf 24. Kretanje broja prevezenih putnika i vozila u obalnom linijskom pomorskoputničkom prometu Republike Hrvatske za razdoblje od 2015. do 2020.**

Izvor: Izradila doktorandica prema podacima Državnog zavoda za statistiku, [www.dzs.gov.hr](http://www.dzs.gov.hr) (pristupljeno 8. 4. 2022.)

U Republici Hrvatskoj trajno i redovito povezivanje naseljenih otoka u unutarnjim morskim vodama i teritorijalnome moru se osigurava sustavom obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa. Sustav se općenito može definirati kao skup elemenata povezanih u cjelinu, a njihova zajednička aktivnost stvara određenu reakciju ili efekt pa je time i sustav obalnog linijskog pomorskog prometa složeni sustav s nizom međusobno povezanih elemenata. Uspostava sustava javnog prijevoza je osnova razvoja otoka i očuvanja života na otocima. Razvijen prometni sustav olakšava i potiče mobilnost ljudi i roba te, smanjivanjem prometne izoliranosti, omogućuje rast produktivnosti i stvara pretpostavke za uravnotežen regionalni razvoj [6]. U 2019. dodijeljena sredstva iz državnog proračuna Republike Hrvatske po Programu razvoja otoka iznosila su 2.959.789.878,73 kn [157]. Također, država je izdvojila 316.512.652,00 kn na ime potpora za održavanje državnih linija u sustavu obalnog linijskog pomorskog prometa [94].

#### **6.2.1. Pravni okvir sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa u Republici Hrvatskoj**

Obalni linijski pomorskoputnički promet u Republici Hrvatskoj obavlja se u skladu s brojnim zakonskim i podzakonskim propisima. Osnovni propis je Zakon o prijevozu u linijskom i povremenom obalnom pomorskom prometu kojim se osigurava redovita povezanost naseljenih otoka s kopnom i naseljenih otoka međusobno s primjerenim brojem dnevnih veza u oba pravca, a sve radi zadovoljenja potreba otočana, odnosno podizanja kvalitete uvjeta za život na otocima i poticanja njihova održivog razvitka. Na sjednici Hrvatskog sabora od 10. ožujka 2006. je donesen Zakon o prijevozu u linijskom i povremenom obalnom pomorskom prometu, a stupio je na snagu 1. travnja 2006. Zakonom se uređuju uvjeti i način obavljanja javnog prijevoza, vrste linija, utvrđivanje, usklađivanje i objavljivanje redova plovidbe i cjenika usluga te osiguranje sredstava za kontinuirani, redoviti i nesmetani javni prijevoz. Nadalje, utvrđuje što obuhvaća međunarodni linijski pomorski promet, propisuju uvjete što ih mora ispunjavati brod i brodar, usklađuje redove plovidbe u međunarodnom linijskom pomorskom prometu, te definira što obuhvaća povremeni prijevoz putnika [158].

Javni prijevoz unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa u Republici Hrvatskoj osigurava trajno i redovito povezivanje otoka s kopnom i otoka međusobno bez čega ne bi bilo održivog razvoja naseljenih otoka u unutarnjim morskim vodama i teritorijalnome moru Republike Hrvatske. Stoga je obavljanje javnog prijevoza u linijskome obalnom

pomorskom prometu djelatnost od osobitog javnog interesa za Republiku Hrvatsku. Slijedom navedenog, u ovom poglavlju se razmatraju sljedeće teme:

- 1) Zakonske odredbe,
- 2) Kategorizacija otoka,
- 3) Analiza i planiranje razvitka otoka,
- 4) Državni poticaji za razvoj otoka.

#### 6.2.1.1. Zakonske odredbe

Djelatnost prijevoza u linijskome i povremenom obalnom pomorskoputničkom prometu se odvija u skladu s brojnim zakonskim i podzakonskim aktima i propisima, iako je osnovni propis Zakon o prijevozu u linijskom i povremenom obalnom pomorskom prometu.

Radi utvrđivanja stanja sustava obalnog linijskog pomorskog prometa Republike Hrvatske te ocjene minimalnih standarda linijskog povezivanja otoka s obalom i otoka međusobno izdvajaju se temeljne zakonske odredbe:

- Pomorski zakonik (Narodne novine 181/04, 76/07, 146/08, 61/11, 56/13, 26/15, 17/19),
- Zakon o prijevozu u linijskom i povremenom obalnom pomorskom prometu (Narodne novine 19/22),
- Pravilnik o uvjetima i načinu ostvarivanja prava na povlašteni prijevoz na linijama u javnom pomorskom prijevozu (Narodne novine 41/17, 122/20),
- Pravilnik o uvjetima koje mora ispunjavati brod i brodar za obavljanje javnog prijevoza u linijskom obalnom pomorskom prometu (Narodne novine 26/14),
- Zakon o pomorskom dobru i morskim lukama (Narodne novine 158/03, 100/04, 141/06, 38/09, 123/11, 56/16, 98/19),
- Zakon o državnim potporama (Narodne novine 47/14, 69/17),
- Pravilnik o uvjetima za obavljanje pomorske kabotaže u Republici Hrvatskoj (Narodne novine 109/19),
- Uredba o uvjetima i vrednovanju kriterija za davanje koncesije i sklapanje ugovora o javnoj usluzi (Narodne novine 31/14).

Obalni linijski pomorskoputnički promet je pomorska djelatnost, a pravni temelj za pomorski promet na području Republike Hrvatske je **Pomorski zakonik**. Odredbama ovoga Zakonika se utvrđuju morski i podmorski prostori Republike Hrvatske te se uređuju pravni odnosi na njima.

Također, uređuju se pitanja sigurnosti plovidbe u unutarnjim morskim vodama i teritorijalnom moru Republike Hrvatske, zaštite i očuvanja prirodnih morskih bogatstava i morskog okoliša, osnovni materijalnopravni odnosi u pogledu plovni objekata, ugovorni i drugi obvezni odnosi koji se odnose na brodove, upise plovni objekata, ograničenja brodareve odgovornosti, ovrha i osiguranja na brodovima [159]. Pomorski zakonik je usklađen s pravom Europske unije po pitanju prijevoza u linijskom i povremenom obalnom pomorskom prometu [160].

U Pomorskom zakoniku se izdvajaju odredbe što su bitne za sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa i koje reguliraju pitanje kabotaže i upućuju na primjenu Uredbe Vijeća br. 3577/92 od 7. prosinca 1992. o primjeni načela slobode pružanja usluga u pomorskom prijevozu unutar država članica (pomorska kabotaža) [159], iako su detaljni uvjeti pomorske kabotaže propisani Pravilnikom o obavljanju pomorske kabotaže u Republici Hrvatskoj iz 2014. Nadalje, temeljem čl. 56. st. 6. Pomorskog zakonika je brodovima koji obavljaju obalni linijski pomorski moguće smanjiti naknade za prihvrat i sakupljanje otpada imaju li uveden sustav ekološki prihvatljivog upravljanja otpadom te kada zapovjednik može dokazati da se s takvim sustavom, uređajima i opremom na brodu smanjuje količina broskog otpada. Odredbe Pomorskog zakonika o prihvatu otpada usklađene su s Uredbom 2017/352 Europskog parlamenta i Vijeća o uspostavi okvira za pružanje lučkih usluga i zajedničkih pravila o financijskoj transparentnosti luka. Čl. 56.b st. 7. Pomorskog zakonika kaže da Ministarstvo na temelju ugovora između brodarara i lučkih uprava brodovima u linijskom prijevozu, a koji se redovito tiču pojedine luke, može odobriti predaju broskog otpada i plaćanje naknade u jednoj od luka ticanja [159].

U sinergiji sa Zakonom o prijevozu u linijskom i povremenom obalnom pomorskom prometu te s ostalim propisima, Pomorski zakonik nudi zadovoljavajući pravni okvir za cjelokupni sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa.

**Zakon o prijevozu u linijskome i povremenome obalnom pomorskom prometu** detaljno uređuje djelatnost, uvjete i način obavljanja linijskoga obalnog pomorskog prometa, a stupio je na snagu 2006. uz kasnije izmjene i dopune. Zakonom o prijevozu u linijskom i povremenom obalnom pomorskom prometu uređuju se uvjeti i način obavljanja javnog prijevoza od općega gospodarskog interesa s obvezom javne usluge te obavljanje javnog prijevoza bez obveze javne usluge. Nadalje, Zakonom se uređuju vrste linija te se utvrđuju, usklađuju i objavljuju plovidbeni redovi i cjenik usluga, osiguranje sredstava za kontinuirano te za redovito i

nesmetano obavljanje javnog prijevoza [37]. Prema važnosti linijskog smjera s obvezom javne usluge linije se razvrstavaju na:

- državne,
- županijske,
- međuzupanijske i
- lokalne.

Državne linije povezuju naseljene otoke s obalom i otoke međusobno, a utvrđuje ih Vlada Republike Hrvatske. Županijskim i međuzupanijskim linijama se poboljšava pomorsko prometno povezivanje naseljenih otoka s kopnom i otoka međusobno na području jedne ili više županije, a utvrđuje ih županijska skupština. Lokalnim linijama se poboljšava pomorsko prometno povezivanje naseljenih otoka s kopnom i otoka međusobno na području određene općine, odnosno grada, a utvrđuje ih gradsko vijeće. Za uspostavu županijskih, međuzupanijskih i lokalnih linija potrebna je suglasnost Agencije za obalni linijski pomorski promet kao regulatornog tijela obalnog linijskog putničkog prometa u Republici Hrvatskoj.

Zakonom su definirane i tri kategorije linija s obzirom na vrstu prijevoza:

- trajektne,
- brzobrodске i
- brodske.

Trajektne linije se održavaju brodovima posebno građenim za prijevoz putnika i vozila, brzobrodске brzim putničkim brodovima, a brodske klasičnim putničkim brodovima. Vrste brodova su definirane zakonom kojim se uređuje pomorska plovidba.

Zakon o prijevozu u linijskom i povremenom obalnom pomorskom prometu propisuje i uvjete koje mora ispunjavati brodar da bi stekao pravo obavljanja usluge javnog prijevoza s obvezom javne usluge uz obvezu da je brodar s područja Europskog gospodarskog prostora. Brodar mora ispunjavati sljedeće uvjete [37]:

- 1) u upisnome listu broda kojim namjerava obavljati javni prijevoz biti upisan kao kompanija sukladno posebnom propisu,
- 2) imati odgovarajući brod za liniju za koju se traži koncesija, odnosno za liniju koja je predmet javne nabave,



- 3) brod, kojim namjerava obavljati prijevoz za liniju za koju traži koncesiju, odnosno koji je predmet javne nabave, mora biti upisan u odgovarajući upisnik trgovačkih brodova u Republici Hrvatskoj ili u drugoj državi članici Europskoga gospodarskog prostora,
- 4) ispunjavati propisane tehničke uvjete za liniju za koju se traži koncesija,
- 5) imati članove posade koji su državljani Republike Hrvatske ili koje druge države članice Europskog gospodarskog prostora i koji imaju sklopljen ugovor o radu s brodarom, a da se temelji na radnim i socijalnim standardima utvrđenim u Nacionalnom kolektivnom ugovoru,
- 6) imati članove posade koji se služe jezikom sukladno propisima o kabotaži u Republici Hrvatskoj.

Zakon propisuje da se ovlaštenje za obavljanje usluga javnog prijevoza daje na rok do 10 godina, iznimno do 12 godina na linijama na kojima se u posljednje dvije godine ne ostvaruje prosječni godišnji promet putnika veći od 300.000.

Temeljem čl. 47. uređuje se pitanje povlaštenog prijevoza s popustom za određene kategorije putnika, npr. za otočane, djecu od 3 do 12 godina, osobe s invaliditetom, djecu s poteškoćama u razvoju, zdravstvene radnike, pripadnike policije i drugih javnih službi. Detaljna određenja ovog prava su definirana Pravilnikom o uvjetima i načinu ostvarivanja prava na povlašteni prijevoz na linijama u javnom pomorskom prometu.

Zakon o prijevozu u linijskom i povremenom obalnom pomorskom prometu s pripadajućim podzakonskim aktima predstavlja zadovoljavajući pravni okvir uređenja obalnog linijskog pomorskog prijevoza. Zakon je usklađen s europskim pravnim okvirom pa je Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o prijevozu u linijskom i povremenom obalnom pomorskom prometu na snagu stupio 1. srpnja 2013., odnosno na dan pristupanja Republike Hrvatske u Europsku uniju, a njime se uređuju pitanja vezana za obavljanje linijskoga pomorskog prijevoza, sukladno načelima iz Uredbe (EEZ) broj 3577/92 od 7. prosinca 1992. o primjeni načela slobode pružanja usluga u pomorskom prijevozu unutar država članica (pomorska kabotaža) i primjeni novih pravila koja uređuju dodjelu državnih potpora, odnosno naknade za obavljanje usluga od javnog interesa. U kontekstu usklađenja s pravnom stečevinom Europske unije, Zakonom o izmjenama i dopunama Zakona osigurava se i primjena Uredbe broj 1177/2010 od 24. studenog 2010. o pravima putnika prilikom putovanja morem i unutarnjim plovnim putovima [161].

Određene kategorije putnika tijekom putovanja morem i unutarnjim plovnim putovima imaju pravo na povlašteni prijevoz, odnosno na prijevoz s popustom ili besplatan prijevoz. Korisnici prava na prijevoz s popustom su [162]:

- 1) hrvatski i strani državljani koji imaju prebivalište na otocima ili na poluotoku Pelješcu te državljani država članica Europskog gospodarskog prostora i članovi njihovih obitelji bez obzira na državljanstvo, a koji imaju prijavljen privremeni boravak i koji najmanje 183 dana u jednoj godini borave na otocima ili na poluotoku Pelješcu,
- 2) djeca starija od 3 do navršениh 12 godina,
- 3) vozila fizičkih osoba iz točke 1. ovoga stavka te vozila korisnika leasinga s prebivalištem na otoku koja su registrirana u nadležnome upravnom tijelu u Republici Hrvatskoj,
- 4) vozila pravnih osoba, odnosno vozila registrirana na obrt, obiteljsko poljoprivredno gospodarstvo, djelatnost slobodnog zanimanja i korisnika leasinga sa sjedištem korisnika vozila na otoku, a vozila su registrirana u nadležnom upravnom tijelu u Republici Hrvatskoj,
- 5) djelatnici javnih zdravstvenih službi i djelatnici drugih javnih službi (policija, oružane snage, vatrogasci, lučka kapetanija) čije je stalno mjesto rada na otoku i koji se službenim vozilima koriste na otoku,
- 6) djelatnici javnih zdravstvenih službi i njihova službena vozila u redovitom prijevozu bolesnika s otoka na kopno i obrnuto,
- 7) ostale osobe koje to pravo stječu po posebnim propisima.

Korisnici prava na besplatan prijevoz su [162]:

- 1) učenici i studenti s prebivalištem na otoku koji svakodnevno putuju do škole ili visokoškolske ustanove izvan otoka,
- 2) učenici i studenti s prebivalištem na otoku koji za vrijeme školovanja privremeno borave izvan otoka, a vikendom dolaze na otok,
- 3) djeca koja pohađaju obvezni predškolski program izvan otoka svoga prebivališta, kao i učenici i studenti koji se školuju na otoku svoga prebivališta te djeca koja pohađaju predškolski program na otoku svoga prebivališta za aktivnosti izvan otoka svoga prebivališta,
- 4) djeca od 1 do navršene 3 godine,
- 5) umirovljenici i osobe starije od 65 godina s prebivalištem na otoku,

- 6) djelatnici javnih zdravstvenih službi i njihova službena vozila tijekom sanitetskih prijevoza bolesnika s otoka na kopno i obrnuto,
- 7) policijski djelatnici i njihova službena vozila u obavljanju dužnosti na otocima,
- 8) djelatnici drugih javnih službi (policija, oružane snage, vatrogasci, lučka kapetanija i GSS) i njihova službena vozila u slučajevima katastrofe i izvanrednih događaja te traganja i spašavanja sa suglasnošću Agencije za obalni linijski pomorski promet i izdanu na zahtjev platitelja usluge prijevoza, a sukladno posebnim propisima kojima se uređuje zaštita od elementarnih nepogoda i katastrofa.

Uvjeti i načini ostvarivanja prava na povlašteni prijevoz na brodskim linijama s obvezom javne usluge su određeni **Pravilnikom o uvjetima i načinu ostvarivanja prava na povlašteni prijevoz na linijama u javnom pomorskom prijevozu**. Pravilnik je usklađen s ciljevima i mjerama iz strateških dokumenata, npr. s Prometnom strategijom za razdoblje 2017 – 2030 i Strategijom pomorskog razvitka i integralne pomorske politike Republike Hrvatske. Pravilnikom su utvrđeni korisnici prava na povlašteni prijevoz na linijama u javnom pomorskom prijevozu, način ostvarivanja prava, ali i kontrolni mehanizam za njihovo korištenje. Pravo na povlašteni prijevoz na državnim linijama korisnici ostvaruju na temelju otočne iskaznice za pomorski prijevoz putnika te za pomorski prijevoz vozila i vinjete, studentske isprave i izdane putne karte nije li Pravilnikom za određene kategorije korisnika drugačije određeno [162]. Za prijevoz s popustom, odobrava se popust u visini do 50 % redovne sezonske cijene karte. Odobravanje prava na povlašteni prijevoz te praćenje njegova korištenja se obavlja informacijskim sustavom evidencije otočnih prava (SEOP). Propisivanjem kruga osoba koje imaju pravo na povlašteni prijevoz se pridonosi razvoju otoka, otočnog gospodarstva i demografskoj obnovi otoka [160].

**Pravilnikom o uvjetima koje mora ispunjavati brod i brodar za obavljanje javnog prijevoza u linijskome obalnom pomorskom prometu** propisuju se dodatni tehnički uvjeti koje mora ispunjavati brod kojim se obavlja javni prijevoz u linijskome obalnom pomorskom prometu, a odnosi se na brzinu, broj putnika, broj vozila koji se mogu prevoziti te druge uvjete koje mora osigurati brodar, odnosno kompanija za pojedinu liniju [163]. Uvjeti propisani ovim Pravilnikom se odnose na brodove kojima se obavlja javni prijevoz na državnim, županijskim i međuzupanijskim te lokalnim linijama na području Republike Hrvatske, a kao dio sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa.

Na linijski i povremeni obalni pomorski prijevoz odnosi se i **Zakon o pomorskom dobru i morskim lukama** i to u mjeri u kojoj se određuje luka i lučko područje, namjena korištenja pojedinog dijela luke, djelatnosti i usluge koje se mogu pružiti korisnicima te naplate tih djelatnosti i usluga putem lučkih tarifa [160]. Prijevoznici koji obavljaju obalni linijski pomorski promet imaju obvezu plaćanja lučkih pristojbi što je propisano člancima 62. i 63. Zakona o pomorskom dobru i morskim lukama. Zakon o pomorskom dobru i morskim lukama temeljni je propis kojim se uređuje pravni status pomorskog dobra, pojmovno određenje luka i lučkog područja, razvrstaj luka uz propisivanje obveze donošenja podzakonskih akata, osnivanje i nadležnost lučkih uprava te obavljanje lučkih djelatnosti [164]. Za uređenje lučkog sustava u Republici Hrvatskoj bitan je razvrstaj luka otvorenih za javni promet, a proveden je Uredbom o razvrstaju luka otvorenih za javni promet i luka posebne namjene.

**Zakonom o državnim potporama** uređuju se državne potpore za neprofitabilne državne brodske linije unutar sustava obalnog linijskog pomorskog prometa. Neprofitabilne državne linije unutar sustava obalnog linijskog pomorskog prometa su državne brodske linije na kojima ostvareni prihodi od pružanja usluge prijevoza ne mogu pokriti troškove linije pa ih stoga sufinancira država, odnosno dodjeljuje im se državna potpora, zapravo naknade za obavljanje javne usluge. Odredbe Zakona o državnim potporama primjenjuju se u izradi programa državnih potpora kao naknade za obavljanje javne usluge obalnog linijskog pomorskog prometa te za obavljanje pripremnih radnji i provedbu postupka za dodjelu naknade za obavljanje javne usluge obalnog linijskog pomorskog prometa i u dijelu nadzora provedbe i povrata naknade. Ovlašteni davatelj državne potpore temeljem Zakona o prijevozu u linijskom i povremenom obalnom pomorskom prometu je Agencija za obalni linijski pomorski promet [37]. Zakon o državnim potporama je važan za sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa jer je Agencija za linijski obalni pomorski promet kao davatelj državne potpore za državne linije, dužna primjenjivati ovaj Zakon te odgovarajuće podzakonske akte sukladno svojim ovlastima. Na temelju Zakona o državnim potporama, davatelj državne potpore, odnosno Agencija za obalni linijski pomorski promet izrađuje prijedloge programa državnih potpora i pojedinačnih državnih potpora iz svog djelokruga te dodjeljuje državne potpore nakon primitka mišljenja, odnosno odobrenja nadležnih tijela i nakon objave nadzire provedbu korištenja državnih potpora, analizira učinkovitost dodijeljenih državnih potpora te provodi povrat državnih potpora [165].

Za sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa bitan je i **Pravilnik o uvjetima za obavljanje pomorske kabotaže u Republici Hrvatskoj** s obzirom na to da prema Uredbi

3577/92 pružatelji usluga iz bilo koje članice Europske unije mogu obavljati pomorsku kabotažu na čitavom teritoriju Europske unije [166]. Prema Uredbi 3577/92, pomorska kabotaža obuhvaća pomorski prijevoz putnika ili robe između luka koje se nalaze na kopnu ili na glavnom teritoriju iste države članice bez zaustavljanja na otocima (kopnena kabotaža), pomorski prijevoz putnika ili robe između bilo koje luke u državi članici i postrojenja ili struktura koje se nalaze u epikontinentskom pojasu te države članice i pomorski prijevoz putnika ili robe između luka koje se nalaze na kopnu jednog ili više otoka u istoj državi članici, odnosno između luka koje se nalaze na otocima u istoj državi članici (otočna kabotaža) [166]. Dakle, u državama članicama Europske unije dopušteno je svim brodarima država članica obavljati pomorsku kabotažu unutar svih članica i to pod jednakim uvjetima kao i drugim brodarima iz države članice na čijem se području obavlja pomorska kabotaža. Na ovaj način se otvara tržište za države članice Europske unije, ali se ujedno i štiti tržište od drugih brodara izvan njezinih članica.

Pravilnik o uvjetima za obavljanje pomorske kabotaže u Republici Hrvatskoj propisuje uvjete za obavljanje pomorske kabotaže brodovima strane državne pripadnosti, uključujući brodove državne pripadnosti država članica Europske unije i Europskog gospodarskog područja, u unutarnjim morskim vodama i teritorijalnom moru Republike Hrvatske i između luka u Republici Hrvatskoj i pomorskih objekata u epikontinentalnom pojasu Republike Hrvatske [167]. Usklađen je s uredbom 3577/92 te je iznimno važan propis za dodjelu koncesije za obavljanje linijskog prijevoza na određenoj liniji, odnosno za sklapanje ugovora o obavljanju javnog prijevoza.

Prema Pravilniku o uvjetima za obavljanje pomorske kabotaže u Republici Hrvatskoj (čl. 3. st. 1.), strani brod mora ishoditi potvrdu Ministarstva da je tehnički podoban za obavljanje kabotaže. Zahtjev brodarka se podnosi za svaki brod posebno u pisanoj formi s osnovnim podacima o brodaru i brodu, planiranim lukama ticanja i vremenu obavljanja kabotaže uz sljedeće isprave i dokumente [167]:

- potvrdu da je brod ovlašten obavljati kabotažu u državi čiju zastavu vije, a izdaje je pomorska uprava države zastave broda,
- statutarnu brodsku svjedodžbu sa svim pripadnim priložima i dodatnim informacijama o mogućim dospjelim ili budućim statutarnim primjedbama, potvrde, isprave i dokumente radi udovoljavanja statutarnim zahtjevima glede sigurnosti, zaštite okoliša, smještaja putnika, prijevoza tereta te zaštite na radu i smještaju posade što su ih izdale

države zastave ili organizacije priznate sukladno Uredbi 391/2009/EZ u ime države zastave, kako je, u ovisnosti o vrsti broda, navedeno u Prilogu ovog Pravilnika,

- svjedodžbu o klasi sa svim pripadajućim priložima i dodatnim informacijama o dospjelim ili budućim uvjetima klase što ju je izdala organizacije priznate u skladu s Uredbom 391/2009/EZ,
- informacije o možebitnim oslobađanju (izuzeću), jednakovrijednim tehničkim rješenjima ili bilo kakvim ograničenjima što ih izdaje ili odobrava pomorska uprava države zastave,
- dokaz o osiguranju, odnosno o financijskom jamstvu sukladno odredbama Pomorskog zakonika.

Pravilnik također sadržava odredbe o obvezi članova posade na stranim brodovima da se koriste hrvatskim jezikom te pravila o držanju straže, minimalnom broju i stručnoj osposobljenosti članova posade koji se primjenjuju na hrvatskim brodovima te odredbu da se iste na odgovarajući način primjenjuju i na brodove strane državne pripadnosti do 650 bruto tona koji obavljaju obalnu kabotažu, ali i na sve brodove koji obavljaju otočnu kabotažu osim teretnih brodova većih od 650 bruto tona u kabotaži kada predmetno putovanje slijedi nakon putovanja ili prethodi putovanju prema nekoj drugoj državi ili iz nje [167].

Pravilnik o uvjetima za obavljanje pomorske kabotaže u Republici Hrvatskoj daje kategorizaciju brodova kojima se može obavljati javni prijevoz u linijskom obalnom pomorskom prometu na putnički brod, RO-RO putnički brod (trajekt) te brzi putnički brod. Kategorizacija brodova iznimno je važna jer se na njoj temelje uvjeti koje mora ispuniti brod iz pojedine kategorije, moguća izuzeća za pojedini tip broda, a održavanje određene linije je uvjetovano tipom broda [160].

**Uredba o uvjetima i vrednovanju kriterija za davanje koncesije i sklapanje ugovora o javnoj usluzi za obavljanje javnog prijevoza u linijskom obalnom pomorskom prometu** uređuje uvjete za davanje koncesije i sklapanje ugovora o javnoj usluzi za obavljanje javnog prijevoza u linijskom obalnom pomorskom prometu. Također, uređuje vrednovanje kriterija za davanje koncesije i za sklapanje ugovora o javnoj usluzi, kriterije za određivanje cijene usluga i davanje naknade za obavljanje javne usluge, visinu i način plaćanja naknade za koncesiju, vrstu i vrijednost jamstva za ozbiljnost ponude te druga pitanja koja se odnose na postupak davanja koncesije i na sklapanje ugovora o javnoj usluzi [167]. Donošenjem ove Uredbe stvorena je pravna osnova da dodjele državnih potpora te da naknade za obavljanje usluga od

općega gospodarskog interesa budu izrađene sukladno kriterijima prema pravnoj stečevini Europske unije [161].

Uredba razlikuje ugovor o koncesiji za profitabilne linije na koji se primjenjuje Zakon o koncesijama te ugovor o obavljanju javnog prijevoza za neprofitabilne linije na koji se primjenjuju odredbe Zakona o javnoj nabavi, što je iznimno važno za sustav obalnog linijskog pomorskog prometa. Uz primjenu članka 28. Zakona o prijevozu u linijskom i povremenom obalnom pomorskom prometu i Pravilnika o uvjetima koje mora ispunjavati brod i brodar za obavljanje javnog prijevoza u linijskom obalnom pomorskom prometu, Uredbom se propisuju i uvjeti koje brodar mora ispuniti da bi sklopio ugovor o obavljanju javnog prijevoza. U tom slučaju se uredbom definiraju tehnički (čl. 7.) i ekonomsko-financijski elementi (čl. 9.) koje brod i brodar mora dokazati u postupku podnošenja ponude za održavanje određene državne brodske linije, a davatelj koncesije ima slobodu određivanja iznosa stalnog dijela naknade u obavijesti o namjeri davanja koncesije.

#### **6.2.1.2. Kategorizacija otoka**

Zakonom o otocima uređuju se brojna pitanja bitna za hrvatske otoke, npr. način upravljanja razvojem hrvatskih otoka, zaštita otoka, otočića i poluotoka Pelješca, određivanje politike otočnog razvoja, kategorizacija, praćenje i način izvještavanje o provedbi politike otočnog razvoja radi učinkovitijeg korištenja financijskih sredstava državnog proračuna, fondova Europske unije i ostalih izvora [153]. Poluotok Pelješac je zbog strukturnih obilježja dodan cjelini hrvatskog otočja te u kontekstu ovog Zakona ima status otoka.

Radi provedbe otočne razvojne politike, na temelju ovog Zakona otoci se razvrstavaju prema [153]:

- geografskom kriteriju i teritorijalnoj nadležnosti,
- udaljenosti od kopna i
- specifičnom položaju.

Prema geografskom kriteriju i teritorijalnoj nadležnosti razvrstaj se vrši na sedam područja sukladno nadležnosti regionalne samouprave. Regionalizacija podrazumijeva postupak prepoznavanja i izdvajanja homogenih prostornih cjelina prema zadanim kriterijima te posebnu metodu klasifikacije koja ima prostorno obilježje. Prva regionalizacija hrvatskih otoka je napravljena 1825. u vrijeme austrijske vladavine tako da su otoci podijeljeni na dalmatinske i

istarske s obzirom na pripadnost regijama [168]. Tablica 13. prikazuje razvrstaj otoka po regijama, odnosno županijama Republike Hrvatske. U navedenim skupinama otoka su i svi nastanjeni i nenastanjeni otoci i otočići koji katastarski pripadaju otocima koji su navedeni u Tablici 13.

**Tablica 13. Razvrstaj hrvatskih otoka po geografskom kriteriju i teritorijalnoj nadležnosti**

<b>RAZVRSTAJ OTOKA PO GEOGRAFSKOM KRITERIJU I TERITORIJALNOJ NADLEŽNOSTI</b>		
<b>r.br.</b>	<b>ŽUPANIJE</b>	<b>OTOCI</b>
1.	ISTARSKA	Sv.Nikola, Kuvrsada, Maškin, Sv.Andrija, Sv.Ivan na pučini, Sv.Katarina, Mali Brijun, Vanga, Veli Brijun
2.	PRIMORSKO-GORANSKA	Krk, Cres, Lošinj, Vele Srakane, Male Srakane, Susak, Unije, Ilovik, Rab
3.	LIČKO-SENJSKA	dio Paga (Grad Novalja)
4.	ZADARSKA	dio Paga (Grad Pag, Općina Kolan, Općina Poveljana), Vir, Ugljan, Pašman, Babac, Ošljak, Dugi otok, Iž, Rava, Silba, Olib, Premuda, Vrgada, Sestrunj, Rivanj, Zverinac
5.	ŠIBENSKO-KNINSKA	Murter, Prvić, Zlarin, Krapanj, Kaprije, Žirje, Kornat
6.	SPLITSKO-DALMATINSKA	Brač, Čiovo, Šolta, Drvenik Veli, Drvenik Mali, Hvar, Vis, Biševo
7.	DUBROVAČKO-NERETVANSKA	Korčula, Mljet, Lastovo, Šipan, Lopud, Lokrum, Koločep, Pelješac

Izvor: Izradila doktorandica prema Zakonu o otocima, Narodne novine 116/18, 73/20, 70/21

Otoci se prema udaljenosti od kopna razvrstavaju na [153]:

- pučinske,
- kanalske,
- priobalne i
- premoštene.



Pučinski otoci su najudaljeniji od kopna, dok su kanalski srednje udaljeni od kopna. Nadalje, priobalni otoci su skupina otoka najbliže kopnu, a premošteni su s mostom povezani s kopnom [153].

Razvojni status svakog od otoka proizlazi iz udaljenosti otoka od kopna pa su najrazvijeniji otoci mostovima povezani s kopnom ili su s kopnom povezani čestim i redovitim brodskim vezama, što je karakteristično za otoke bliže kopnu. Na hrvatskim otocima koji su s kopnom povezani mostom uočen je i značajniji porast broja stanovnika, a na kojima je prema popisu stanovništva iz 2011. živjelo 42.245 stanovnika, što je rast od 10,3 % u odnosu na prethodni popis stanovništva iz 2001., a danas je na njima 41.185 stanovnika [2]. Otoci koji su s kopnom povezani mostom ili nasipom, nazivaju se još i pseudootoci, a u Hrvatskoj tu posebnu skupinu čini pet većih otoka: Krk, Pag, Vir, Murter i Čiovo [168]. Tablica 14. prikazuje razvrstaj otoka Republike Hrvatske prema udaljenosti od kopna.

**Tablica 14. Razvrstaj hrvatskih otoka prema kriteriju udaljenosti od kopna**

<b>RAZVSRTAJ OTOKA REPUBLIKE HRVATSKE PREMA UDALJENOSTI OD KOPNA</b>	
<b>VRSTA</b>	<b>OTOCI</b>
<b>PUČINSKI OTOCI</b>	Unije, Vele Srakane, Male Srakane, Susak, Premuda, Ist, Molat, Dugi otok, Ilovik, Kornat, Žirje, Biševo, Vis, Lastovo, Prežba i svi povremeno nastanjeni i nenastanjeni otoci i otočići koji katastarski pripadaju navedenim otocima
<b>KANALSKI OTOCI</b>	Cres, Lošinj, Silba, Olib, Sestrunj, Zverinac, Rivanj, Iž, Rava, Kaprije, Hvar, Korčula, Mljet, Vrnik i svi povremeno nastanjeni i nenastanjeni otoci i otočići koji katastarski pripadaju navedenim otocima
<b>PRIOBALNI OTOCI</b>	Rab, Ugljan, Ošljak, Pašman, Babac, Vrgada, Prvić, Zlarin, Krapanj, Drvenik Mali, Drvenik Veli, Šolta, Brač, Šipan, Lopud, Koločep i svi povremeno nastanjeni i nenastanjeni otoci i otočići koji katastarski pripadaju navedenim otocima
<b>PREMOŠTENI OTOCI</b>	Krk, Pag, Vir, Murter, Čiovo i poluotok Pelješac

Izvor: Izradila doktorandica prema Zakonu o otocima, Narodne novine 116/18, 73/20, 70/21

Treća skupina otoka prema Zakonu o otocima su oni sa specifičnim položajem: Vele Srakane, Male Srakane, Ilovik, Susak, Unije i Cres – dio (u sastavu Grada Malog Lošinja), Premuda, Rava, Ist, Iž, Molat, Silba, Škarda i Olib (u sastavu Grada Zadra), Babac (u sastavu Općine Sv.

Filip i Jakov); Zverinac i Lavdara (u sastavu Općine Sali), Vrgada (u sastavu Općine Pakoštane), Ošljak, Rivanj i Sestrunj (u sastavu Općine Preko), Prvić (u sastavu Grada Vodica), Kaprije, Krapanj, Zlarin i Žirje (u sastavu Grada Šibenika); Žuto-sitsko otočje, Kornat i Kornatsko otočje (u sastavu Općine Murter – Kornati); Čiovo – dio, Drvenik Veli i Drvenik Mali (u sastavu Grada Trogira), Čiovo – dio (u sastavu Grada Splita), Pakleni otoci (u sastavu Grada Hvara), Šćedro (u sastavu Općine Jelsa), Svetac / Sveti Andrija i Biševo (u sastavu Grada Komiže), Budikovac Veli (u sastavu Grada Visa), Prežba i Sušac (u sastavu Općine Lastovo), Vrnik (u sastavu Grada Korčule), Koločep, Šipan, Jakljan, Lokrum i Lopud (u sastavu Grada Dubrovnika).

Ovi otoci se suočavaju s ograničavajućim čimbenikom specifičnog položaja u odnosu na sjedište lokalne samouprave u čijem se sastavu nalaze pa je Ministarstvu regionalnog razvoja i fondova Europske unije cilj ublažiti te negativne efekte s Programom mjera preko Otočnoga godišnjeg programa [153].

Razvijenost otoka vrjednuje se otočnim razvojnim pokazateljima, a prema tom kriteriju, sukladno čl. 13. Zakona o otocima, naseljeni se otoci dijele na [153]:

- razvijene,
- manje razvijene i
- nerazvijene.

Stupanj razvijenosti otoka kontinuirano vrjednuje Ministarstvo regionalnog razvoja i fondova Europske unije najmanje jedanput u trogodišnjem razdoblju, a sve radi određivanja smjera razvoja svakoga hrvatskog otoka. Povremeno nastanjeni i nenastanjeni otoci ne razvrstavaju se prema kriteriju stupnja razvijenosti. Dosadašnja istraživanja su pokazala da je jedan od ključnih faktora otočne razvijenosti demografska veličina s obzirom na to da su demografski veći otoci ujedno i razvijeniji [168].

Kako su otoci izrazito heterogene prostorne cjeline s različitim razvojnim potrebama i različitim stupnjem razvijenosti, otežana je primjena jedinstvene razvojne politike. Novija istraživanja ističu multikriterijsko, interdisciplinarno i sveobuhvatno promatranje otočnog prostora s klaster analizom. Klaster analiza koristi se za kategorizaciju određenih jedinica analize, u ovom slučaju otoka, s obzirom na njihovu sličnost prema mjerenim obilježjima. Cilj ovakvom pristupu je da kategorizira hrvatske naseljene otoke u međusobno homogene skupine u odnosu na njihove

prostorne, socioekonomske, funkcionalne i razvojne karakteristike kao potencijalno polazište u kreiranju i provedbi buduće otočne razvojne politike [168].

### **6.2.1.3. Državni poticaji u svrhu razvoja otoka**

Ustavom Republike Hrvatske zacrtana je provedba otočne politike, a njome se određuje otočni razvoj, poticajne mjere za gospodarstvo i otočno stanovništvo. Temeljni akti razvojne politike hrvatskih otoka su Nacionalni program razvitka otoka iz 1997., čije je osnovno načelo zahtjev za izjednačavanje uvjeta i kvalitete života na otocima i na kopnu te Zakon o otocima koji je institucionalni okvir za razvoj otoka. Temeljni zadatak Vlade je zaustavljanje iseljavanja stanovnika s otoka, a što je moguće podizanjem kvalitete života na otocima i smanjenjem ograničavajućih čimbenika u najvećoj mogućoj mjeri. Jedan od najvažnijih preduvjeta zadržavanja stanovnika na otoku je dobra, sigurna i redovita prometna povezanost otoka s kopnom i otoka međusobno. Za opstanak života na otoku je nužan rast gospodarstva, zapošljavanje radnosposobnog stanovništva, mogućnost školovanja, zdravstvene skrbi te zadovoljenja svih životnih i socijalnih potreba. Bez tih sadržaja otočno stanovništvo napušta otoke u potrazi za boljim i jednostavnijim životnim uvjetima.

Zbog svega navedenog, Vlada Republike Hrvatske poduzima niz mjera radi očuvanja života na otocima i stvaranja preduvjeta za dugoročno održivi razvoj otoka. Dosadašnje mjere koje su se implementirale radi razvoja otoka su [169]:

- ulaganje u prometnu, komunalnu i društvenu infrastrukturu,
- subvencioniranje pomorskog povezivanja otoka s kopnom i otoka međusobno,
- subvencioniranje otočnoga javnog cestovnog prijevoza,
- subvencioniranje vodoopskrbe,
- potpore otočnim poslodavcima,
- potpore udrugama.

Otoci su područje od posebnoga državnog interesa za Republiku Hrvatsku. Rješenja za očuvanje otoka, odnosno područja od posebnog državnog interesa su nove ideje, planovi i ulaganja te nezanemarivanje interesa lokalnog stanovništva i otočnih karakteristike s aspekta očuvanja okoliša, prirodne i kulturne baštine. U Tablici 15. prikazana su ulaganja države u razvoj otoka u razdoblju od 2004. do 2019., što ukupno iznosi 26.877.218.634,04 kn, a sastoji

se od ulaganja proračunskih sredstava i sredstava iz fondova Europske unije te ulaganja ostvarenih s pomoću kredita.

**Tablica 15. Ulaganja Republike Hrvatske u otoke 2004. - 2019.**

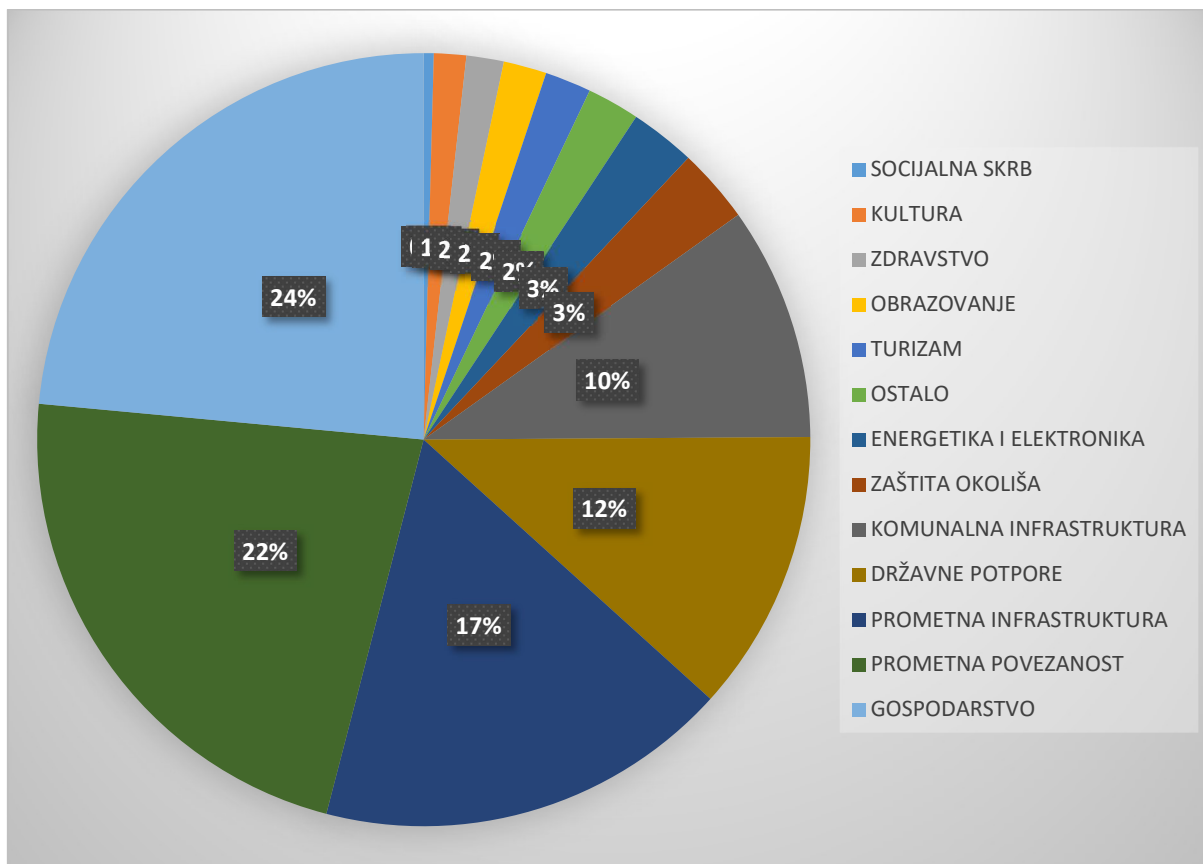
godina	ulaganja bespovratnih proračunskih sredstava i sredstava iz fondova Europske unije (u kn)	%	ulaganja putem kreditiranja (u kn)	%	ukupna ulaganja državnog i javnog sektora u razvoj otoka (u kn)
2004. - 2005.	2.777.813.363,82	96	129.479.874,86	4	2.907.293.238,68
2006.	958.714.067,78	76	308.619.639,40	24	1.267.333.707,18
2007.	1.167.545.026,01	62	722.812.725,88	38	1.890.357.751,89
2008.	1.336.306.855,10	80	344.376.266,00	20	1.680.683.121,10
2009.	1.150.932.399,16	78	328.331.840,85	22	1.479.264.240,01
2010.	943.976.714,15	72	374.274.916,90	28	1.318.251.631,05
2011.	1.054.538.285,96	74	369.040.617,46	26	1.423.578.903,42
2012.	1.124.977.652,31	63	652.378.276,51	37	1.777.355.928,82
2013.	1.048.520.114,18	74	360.948.178,67	26	1.409.468.292,85
2014.	1.400.352.582,22	78	391.571.864,80	22	1.791.924.447,02
2015.	1.253.900.576,43	84	230.490.153,19	16	1.484.390.729,62
2016.	1.285.465.297,19	75	432.345.675,96	25	1.717.810.973,15
2017.	1.434.141.363,42	84	263.862.024,85	16	1.698.003.388,27
2018.	1.867.527.271,97	90	204.185.130,28	10	2.071.712.402,25
2019.	2.588.471.465,55	87	371.318.413,18	13	2.959.789.878,73
UKUPNO	21.393.183.035,25	80	5.484.035.597,79	20	26.877.218.634,04

Izvor: Izradila doktorandica prema podatcima Ministarstva regionalnog razvoja i fondova Europske unije, [www.razvoj.gov.hr](http://www.razvoj.gov.hr) (pristupljeno 6. 12. 2022.)

Zaključuje se da Republika Hrvatska ulaže znatna sredstva u otoke kako bi osigurala njegov dugoročno održiv razvoj, ali i da bi stvorila preduvjete za očuvanje života na njemu.

Graf 25. prikazuje ulaganja u različita područja iz kojih je razvidno da su najveća ulaganja u razvoj gospodarstva i prometnu povezanost jer su osnovni preduvjeti za zadržavanje otočnog stanovništva. Nisu zanemariva ulaganja kroz financijske potpore, npr. sufinanciranje

neprofitabilnih brodskih linija u sustavu obalnog linijskog pomorskog prometa te ulaganje u komunalnu i prometnu infrastrukturu.



**Graf 25. Ulaganja Republike Hrvatske u otoke 2004. - 2017. po područjima**

Izvor: Izradila doktorandica prema podacima Ministarstva regionalnog razvoja i fondova Europske unije, [www.razvoj.gov.hr](http://www.razvoj.gov.hr) (pristupljeno 6. 12. 2022.)

Vlada Republike Hrvatske je na prijedlog Ministarstva regionalnoga razvoja i fondova Europske unije donijela i Nacionalni plan razvoja otoka za razdoblje od 2021. do 2027. godine, a koji je na snazi kao srednjoročni akt strateškog planiranja razvoja otoka od nacionalnog značaja, čime se stvara podloga za sustavan pristup ulaganjima na području otoka u srednjoročnoj perspektivi, između ostalog i bespovratnim sredstvima Europske unije. Nacionalni plan razvoja otoka definira provedbu ciljeva iz Nacionalne razvojne strategije Republike Hrvatske do 2030. u upravnome području razvoja otoka, sadržava posebne ciljeve povezane s državnim proračunom i okvir je za oblikovanje programa, projekata, mjera i aktivnosti koji se odnose na otoke u provedbenim programima tijela državne uprave i drugih javnopravnih tijela [169].

## **6.2.2. Organizacija sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa u Republici Hrvatskoj**

Prometna dostupnost otoka je preduvjet integriranosti otočnog prostora s kopnom i otoka međusobno, što je jedan od osnovnih načela otočne i regionalne razvojne politike Republike Hrvatske. Pomorski prijevoz u sustavu obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa u najvećoj mjeri se odnosi na povezivanje otoka s kopnom. Održavanjem javnoga obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa osigurava se redovita povezanost naseljenih otoka s kopnom i naseljenih otoka međusobno, a sve radi zadovoljenja potreba otočnog stanovništva, stvaranja boljih uvjeta za život na otocima i poticanja gospodarskog razvoja. Državnim pomorskim linijama u okviru sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa je povezano 45 otoka uključujući i poluotok Pelješac, a sustav čini 51 državna linija (24 trajektne, 16 brzobrodskih i 11 klasičnih brodskih linija), a njima upravlja 13 brodarara s flotom od 82 brodova, od čega je 20 putničkih i 21 brzi putnički brod te 41 trajekt [93]. Brodari obavljaju prijevoz na temelju Ugovora o koncesiji ili Ugovora o pružanju javne usluge s Agencijom za obalni linijski pomorski promet. Sedam državnih brodskih linija je profitabilno te brodari na ovim linijama plaćaju novčanu naknadu na temelju ugovora o koncesiji, dok su ostale linije neprofitabilne. Stoga se brodarima koji pružaju uslugu javnog prijevoza dodjeljuju naknade za obavljanje javne usluge [93].

Agencija za obalni linijski pomorski promet utemeljena je 2006. Odlukom Vlade Republike Hrvatske, a sukladno odredbama Zakona o prijevozu u linijskom i povremenome obalnom pomorskom prometu. Agencija za obalni linijski pomorski promet glavno je regulatorno tijelo Republike Hrvatske za linijski putnički promet na Jadranu. Najvažnija uloga Agencije za obalni linijski pomorski promet je odabir brodarara na državnim trajektnim, brodskim i brzobrodskim linijama u javnome obalnom linijskom pomorskom prometu na javnim natječajima i sklapanje ugovora s odabranim brodarima te nadzor njihova izvršavanja. Agencija nadzire način korištenja sredstava iz državnog proračuna za održavanje pomorskih veza s otocima pa s posebnom pozornošću nadzire isplate ugovorene potpore, odnosno naknade za javnu uslugu te brodarove uplate za koncesije. Pored toga, djelatnost Agencije je izdavanje suglasnosti na odluke o županijskim, međuzupanijskim i lokalnim linijama koje ustanovljavaju županije, gradovi i općine, a kojima se poboljšava pomorskoprometno povezivanje naseljenih otoka i naselja na kopnu, otoka međusobno ili naselja na kopnu na području jedne ili više općina, gradova ili županija, izdavanje suglasnosti o povećanoj učestalosti prijevoza na državnim linijama koje financiraju jedinice lokalne i regionalne samouprave iz svojih proračuna,

ustupostavu i upravljanje informatičkim sustavom javnoga obalnog linijskog prometa, izdavanje suglasnosti, objedinjavanje i objavljivanje reda plovidbe na državnim linijama, izdavanje suglasnosti na red plovidbe u međunarodnome linijskom pomorskom prometu te izdavanje suglasnosti za obavljanje javnoga linijskog prijevoza bez obveze javne usluge [93]. Obalni linijski pomorskoputnički promet odvija se prema definiranim plovidbenim putovima i rutama uz suglasnost Agencije, a radi funkcioniranja sustava i zadovoljenja potreba putnika. Posebno su važne regulacije i organizacija pomorskoputničkog prometa u ljetnoj sezoni zbog povećanja broja korisnika i turista na hrvatskoj obali. Za sve brodske linije s obvezom javne usluge, Agencija već u natječajnoj dokumentaciji daje primjer plovidbenog reda s istaknutim vremenom trajanja putovanja. Plovidbeni red može odstupati od navedenog primjera, ali se svake godine usklađuje i provodi uz suglasnost Agencije. Agencija za obalni linijski pomorski promet u natječajnoj dokumentaciji propisuje i najveću moguću cijenu prijevoza po svim kategorijama, iako brodar samostalno određuje konačne cijene, ali uz uvjet da ne premašuju preporučene cijene putnih karata. Od izuzetne važnosti je informiranost korisnika usluge o cijenama putnih karata i plovidbenome redu pa se brodar upućuje na javnu objavu cijena i plovidbenih redova s istovremenom objavom na mrežnim stranicama Agencije za obalni linijski pomorski promet. Svaka izmjena plovidbenog reda, trajna ili privremena zbog više sile te cijene putnih karata se mogu izmijeniti jedino uz suglasnost Agencije i s pravovremenim informiranjem korisnika usluge o izmjeni.

Također, Agencija za obalni linijski pomorski promet je i nacionalno tijelo odgovorno za izvršenje Uredbe (EU) br.1177/2010 koja regulira obveze prijevoznika, terminalnih operatora i drugih osoba uključenih u pružanje usluga pomorskog prijevoza putnika u slučaju prekida putovanja. Nadalje, Uredba regulira prava osoba s invaliditetom i osoba smanjene pokretljivosti u prijevozu morem i unutarnjim plovnim putovima [170]. Agencija izdaje i otočne iskaznice za putnike i vozila na temelju kojih se otočno stanovništvo koristi pomorskim prijevozom po povlaštenim uvjetima te prati promet i izdavanje putnih karata unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa na području Republike Hrvatske. Radom Agencije upravlja Upravno vijeće koje je sastavljeno od predsjednika i četiriju članova, a koje na prijedlog ministra Ministarstva mora, prometa i infrastrukture imenuje i razrješava Vlada Republike Hrvatske [93].

Sustav obalnog linijskog pomorskog prometa u Republici Hrvatskoj je organiziran tako da zadovolji prvenstveno potrebe otočana pa se brodske linije ne određuju stihijski niti čijom samovoljom. Državne brodske linija unutar sustava određuje Vlada Republike Hrvatske na

prijedlog Ministarstva mora, prometa i infrastrukture, dok županijske i međuzupanijske brodske linije utvrđuje županijska skupština, odnosno županijske skupštine sa suglasnošću Agencije za obalni linijski pomorski promet. Lokalne brodske linije utvrđuje općinsko, odnosno gradsko vijeće odlukom i uz suglasnost Agencije za obalni linijski pomorski promet [37].

Jedan od osnovnih preduvjeta za razvoj obalnog linijskog prometa i za dostupnost otoka je kvaliteta infrastrukture morskih luka [119], a pristupačnost i povoljne dubine hrvatske obale Jadrana omogućuje plovidbu svih vrsta putničkih brodova na ovom području, što je znatna prednost [42]. Gospodarski potencijal hrvatskih morskih luka karakterizira povoljan zemljopisni položaj. Lokacije u blizini gradskih središta ili u blizini terminala ostalih prometnih grana imaju prednosti za luke u linijskome pomorskoputničkom prometu jer su u ovoj situaciji posebno važne površine za smještaj cestovnih vozila, pristupne ceste, rampe s pomoću kojih se obavlja ukrcaj na brod i iskrcaj s broda te kontakt sa sredstvima drugih prometnih grana [50]. Hrvatskim lukama upravljaju lučke uprave. Osnovna organizacijska struktura lučkih uprava Republike Hrvatske je funkcijska organizacijska struktura, što lučkim upravama omogućuje lakše planiranje i organiziranje posla, stvara veću motivaciju za rad i bolju kontrolu zaposlenih, čime se minimizira potreba za složenim sustavom kontrole, ali ujedno uzrokuje sporiju prilagodbu promjenama u poslu i okolini, umanjuje značaj ciljeva poduzeća, pretjeranu specijaliziranost i sužen vidokrug ključnih ljudi te isključivu odgovornost *top menadžera* za postizanje ciljeva poduzeća [171]. Kvalitetna lučka usluga temelj je na kojem je moguće ostvarivati konkurentski položaj pojedine luke, od čega imaju korist svi sudionici u lučkome i prometnom sustavu te u okruženju luke [172]. Republika Hrvatska ima šest luka otvorenih za javni promet od osobita gospodarskog interesa i to: Rijeku, Zadar, Šibenik, Split, Ploče i Dubrovnik [173]. Najveći udio putničkog prometa ostvaruju luke Split i Zadar kao najvažnija središta za lokalni i međunarodni promet putnika [172].

### **6.2.3. Analiza i ocjena stanja sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa u Republici Hrvatskoj**

Sustav obalnog linijskog prometa u Republici Hrvatskoj se sastoji od trajektnih, brodskih i brzobrodskih putničkih linija. Tablica 16. prikazuje linije s obvezom javne usluge koje su razvrstane po opisanim kategorijama.



**Tablica 16. Linije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske**

<b>TRAJEKTNE LINIJE</b>			
oznaka	linija	oznaka	linija
332	Valbiska - Merag	602	Vis - Split
334	Porozina - Brestova	604	Lastovo/Ubli - Vela Luka - Hvar - Split
335	Prizna - Žigljen	606	Drvenik Veli - Drvenik Mali - Trogir/Soline
337	Mišnjak - Stinica	631	Supetar - Split
338	Lopar - Valbiska	632	Sućuraj - Drvenik
401	Zadar/Gaženica - Ist/Kosirača - Olib - Silba - Premuda/Krijal - Mali Lošinj	633	Ploče - Trpanj
431	Preko - Ošljak - Zadar/Gaženica	634	Dominče - Orebić
432	Tkon - Biograd	635	Stari Grad - Split
433	Zadar/Gaženica - Rivanj - Sestrunj - Zverinac - Molat - Zapuntel - Ist/Kosirača	636	Rogač - Split
434	Brbinj - Zadar/Gaženica	638	Sumartin - Makarska
435	Zadar/Gaženica - Bršanj - Rava - Mala Rava	831	Suđurađ - Lopud - Dubrovnik
532	Šibenik - Zlarin - Obonjan - Kaprije - Žirje	832	Sobra - Prapratno
<b>BRODSKE LINIJE</b>			
oznaka	linija	oznaka	linija
310	Mali Lošinj - Unije - Vele Srakane - Susak	501	Krapanj - Brodarica
311	Ilovik - Mrtvaška - Mali Lošinj	505	Vodice - Prvić Šepurine - Prvić Luka - Zlarin - Šibenik
405	Rava - Mala Rava - Veli Iž - Mali Iž - Zadar	612	Komiža - Biševo
406	Zadar - Sali - Zaglav	614	Orebić - Korčula
409	Preko - Zadar	807	Suđurađ - Lopud - Koločep - Dubrovnik
415	Vrgada - Pakoštane - Biograd		
<b>BRZOBRODSKE LINIJE</b>			
oznaka	linija	oznaka	linija
9141	Pula - Unije - Susak - Mali Lošinj - Ilovik - Silba - Zadar	9502	Žirje - Kaprije - Šibenik
9308	Mali Lošinj - Ilovik - Susak - Unije - Martinšćica - Cres - Rijeka	9601	Milna - Sutivan - Stomorska - Rogач - Split
9309	Novalja - Rab - Rijeka	9602	Vis - Hvar - Milna - Split
9401	Olib - Silba - Premuda/Krijal- Zadar	9603	Jelsa - Bol - Split
9403	Ist/Široka - Zapuntel - Brgulje - Molat - Zadar	9604	Lastovo/Ubli - Vela Luka - Hvar - Split
9404	Brbinj - Božava - Zverinac - Sestrunj - Rivanj - Zadar	9608	Korčula - Prigradica - Hvar - Split
9405	Zadar - Mali Iž - Veli Iž - Mara Rava - Rava	9807	Lastovo/Ubli - Korčula - Polače - Sobra - Šipanska Luka - Dubrovnik
9406	Zadar - Sali - Zaglav - Bršanj	9808	Lastovo/Ubli - Korčula - Dubrovnik

Izvor: izradila doktorandica prema podacima Agencije za obalni linijski pomorski promet, www.agencija-

zolpp.hr (pristupljeno 2. 8. 2021.)

Analizirajući Tablicu 16. razvidno je da sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa u Republici Hrvatskoj čine 24 trajektne, 11 brodskih (klasičnih) i 16 brzobrodskih linija, kako je prikazano po regijama na Slici 5., Slici 6. i Slici 7. Na donjim slikama su crvenom bojom označene trajektne, plavom brodske, a zelenom brzobrodске linije.

Slika 7. prikazuje raspored linija obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske na sjevernom Jadranu.



**Slika 7. Brodske, brzobrodске i trajektne linije obalnog linijskog pomorskog prometa Republike Hrvatske na sjevernom Jadranu**

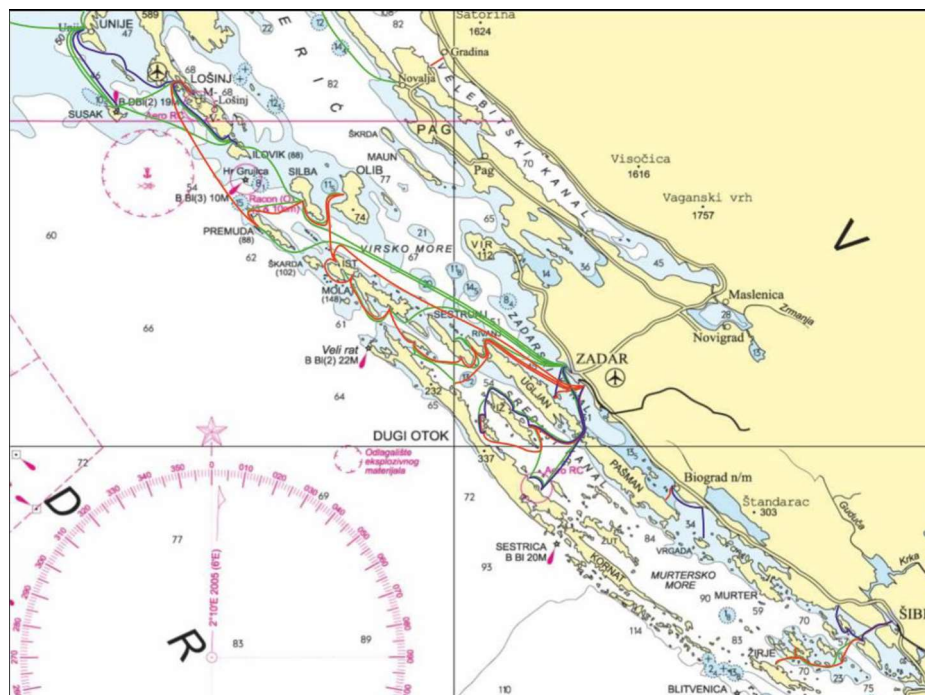
Izvor: Nacionalni plan obalnog linijskog pomorskog prometa, 2019, Pomorski fakultet u Rijeci

Brodske (klasične), brzobrodске i trajektne linije sjevernog Jadrana su:

- brodske (klasične) linije
  - 310 Mali Lošinj - Unije - Vele Srakane - Susak
  - 311 Ilovik - Mrtvaška Mali Lošinj
- brzobrodске linije
  - 9141 Pula - Unije - Susak - Mali Lošinj - Ilovik - Silba - Zadar
  - 9308 Mali Lošinj - Ilovik - Susak - Unije - Martinšćica - Cres - Rijeka
  - 9309 Novalja - Rab - Rijeka
- trajektne linije

- 332 Valbiska - Merag
- 334 Porozina - Brestova
- 335 Prizna - Žigljen
- 337 Mišnjak - Stinica
- 338 Lopar - Valbiska

Slika 8. prikazuje raspored linija obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske na srednjem Jadranu.



**Slika 8. Brodske, brzobrodske i trajektne linije obalnog linijskog pomorskog prometa Republike Hrvatske na srednjem Jadranu**

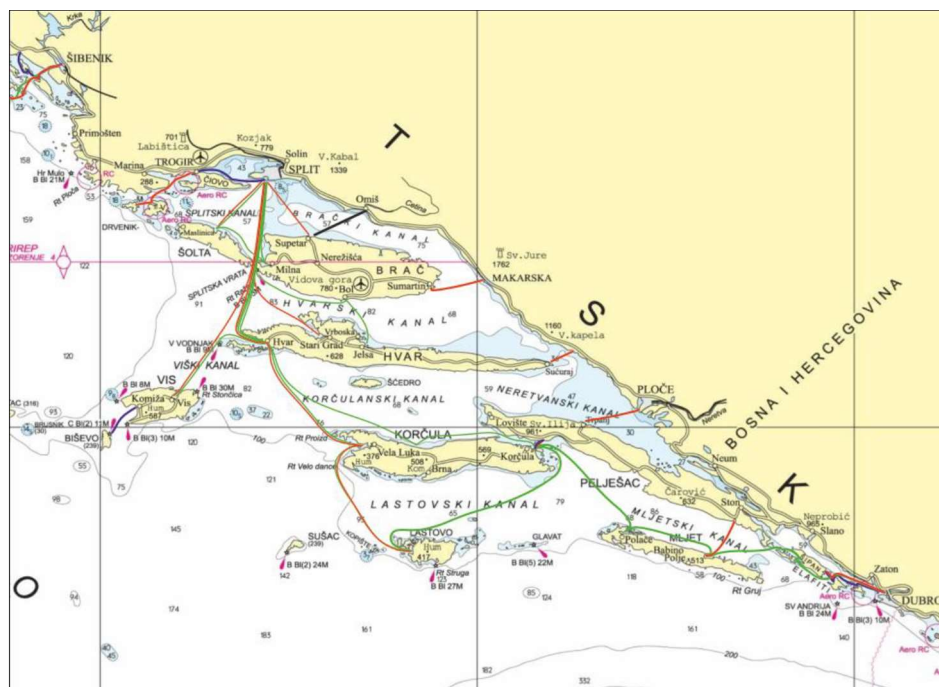
Izvor: Nacionalni plan obalnog linijskog pomorskog prometa, 2019, Pomorski fakultet u Rijeci

Brodske (klasične), brzobrodske i trajektne linije srednjeg Jadrana su:

- brodske (klasične) linije
  - 405 Rava - Mala Rava - Veli Iž - Mali Iž - Zadar
  - 406 Zadar - Sali - Zaglav
  - 409 Preko - Zadar
  - 415 Vrgada - Pakoštane - Biograd
  - 501 Krpanj - Brodarica
  - 505 Vodice - Prvić Šepurine - Prvić Luka - Zlarin - Šibenik
- brzobrodske linije

- 9401 Olib - Silba - Premuda/Krijal - Zadar
- 9403 Ist/Široka - Zepuntel - Brgulje - Molat - Zadar
- 9404 Brbinj - Božava - Zverinac - Sestrunj - Rivanj - Zadar
- 9405 Zadar - Mali Iž - Veli Iž - Mala Rava - Rava
- 9406 Zadar - Sali - Zaglav - Bršanj
- 9505 Žirje - Kaprije - Šibenik
- **trajektne linije**
  - 401 Zadar/Gaženica - Ist/Kosirača - Olib - Silba - Premuda/Krijal - Mali Lošinj
  - 431 Preko - Ošljak - Zadar/Gaženica
  - 432 Tkon - Biograd
  - 433 Zadar/Gaženica - Rivanj - Sestrunj - Zverinac - Molat - Zapuntel - Ist/Kosirača
  - 434 Brbinj - Zadar/Gaženica
  - 435 Zadar/Gaženica - Bršanj - Rava - Mala Rava
  - 532 Šibenik - Zlarin - Obonjan – Kaprije - Žirje

Slika 9. prikazuje raspored linija obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske na južnom Jadranu.



**Slika 9. Brodske, brzobrodske i trajektne linije obalnog linijskog pomorskog prometa Republike Hrvatske na južnom Jadranu**

Izvor: Nacionalni plan obalnog linijskog pomorskog prometa, 2019, Pomorski fakultet u Rijeci

Brodске (klasične), brzobrodске i trajektne linije južnog Jadrana su:

- brodske (klasične) linije
  - 612 Komiža - Biševo
  - 614 Orebić - Korčula
  - 807 Suđurađ - Lopud - Koločep - Dubrovnik
- brzobrodске linije
  - 9601 Milna - Sutivan - Stomorska - Rogač - Split
  - 9602 Vis - Hvar - Milna - Split
  - 9603 Jelsa - Bol - Split
  - 9604 Lastovo/Ubli - Vela Luka - Hvar - Split
  - 9608 Korčula - Prigradica - Hvar - Split
  - 9807 Lastovo/Ubli - Korčula - Polače - Sobra - Šipanska Luka - Dubrovnik
  - 9808 Lastovo/Ubli - Korčula - Dubrovnik
- trajektne linije
  - 602 Vis - Split
  - 604 Lastovo/Ubli - Vela Luka - Hvar - Split
  - 606 Drvenik Veli - Drvenik Mali - Trogir/Soline
  - 631 Supetar - Split
  - 632 Sućuraj - Drvenik
  - 633 Ploče - Trpanj
  - 634 Dominče - Orebić
  - 635 Stari Grad - Split
  - 636 Rogač - Split
  - 638 Sumartin - Makarska
  - 831 Suđurađ - Lopud - Dubrovnik
  - 832 Sobra – Prapatno

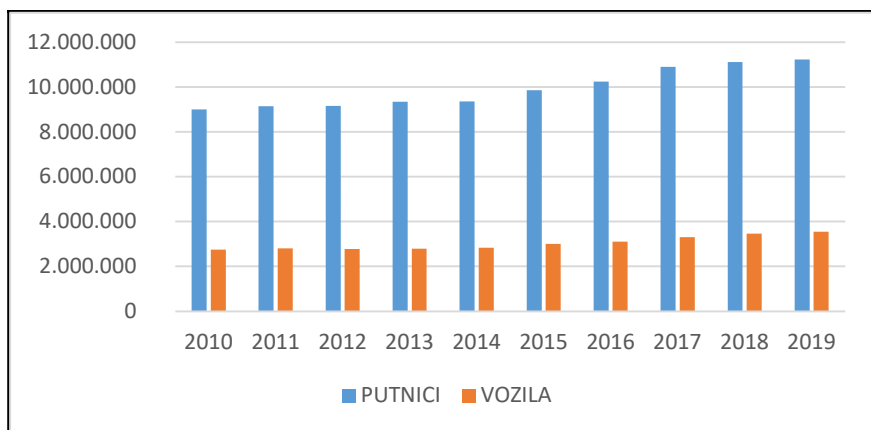
Slike 7., 8. i 9. prikazuju kompleksnu strukturu državnih brodskih linija kojima se povezuju otoci s kopnom i otoci međusobno.

Može se zaključiti da su trajektne linije u cijelom sustavu pomorskoputničkog prometa na području Republike Hrvatske najzastupljenije, ali su pretežito lokalnog značaja, dok su brzobrodске linije najzastupljenije u međuotočnom prometnom povezivanju, čime se nastoji poticati razvoj jedinstvenoga otočnog prostora. Otoci bliže kopnu uspješnim povezivanjem s

kopnenim središtem postaju na određeni način dio gradskog područja. Najbolji primjer svakako je otok Ugljan koji je efikasnim i frekventnim trajektnim povezivanjem postao dio gradske regije Zadra [51]. Također, razvidno je da je najplovnije područje južni Jadran s najvećim brojem, poglavito trajektnih linija.

Trajektni promet je jedan od ključnih čimbenika za razvoj otočnih prostora. Trajektima se prevoze putnici, vozila i teret na određenim plovnim pravcima. Intenzivna potražnja za trajektnim prometom u Republici Hrvatskoj se razvila 60-ih godina 20. stoljeća zbog unapredovale automobilizacije, a preduvjeti za razvoj trajektnog prometa bili su obnova ili izgradnja otočne cestovne mreže, dovršenje Jadranske magistrale te izgradnja trajektnih pristaništa i priključnih cesta. Uspostava linije Šilo – Crikvenica 1959. se smatra početkom trajektnog razdoblja u prometnom povezivanju otoka s kopnom [51]. Razvoj trajektnoga prometa odvijao se u dvije karakteristične faze s organizacijskog aspekta. Osnovna razlika između prve i druge faze razvoja leži u funkciji trajektnoga povezivanja. Osnovni cilj prve faze je bio povezivanje trajektnom linijom otoka s kopnom na što kraćoj relaciji, dok se u drugoj se fazi razvoja pristupilo povezivanju otoka s makroregionalnim i regionalnim razvojnim središtima na obali, čime se otoci počinju valorizirati kao cjeline [51]. Dakle, u drugoj fazi razvoja trajektnoga prometa ističe se usmjerenost na vodeća gospodarska središta na obali (npr. Split za srednjodalmatinske i južnodalmatinske otoke ili Zadar za sjevernodalmatinske otoke). Takvim se pristupom otoci sve ravnopravnije uključuju u razvojne procese svoje regije i makroregije. Za drugu razvojnu fazu karakteristično je povezivanje pučinskih otoka, npr. Visa, Lastova, Dugog otoka itd. [51]. U današnje vrijeme je evidentan stalni porast broja prevezenih putnika i vozila trajektnim linijama, što je uvelike povezano s razvojem turizma na otocima.

Graf 26. prikazuje kretanje broja prevezenih putnika i vozila na trajektnim linijama unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske u razdoblju od 2010. do 2019.

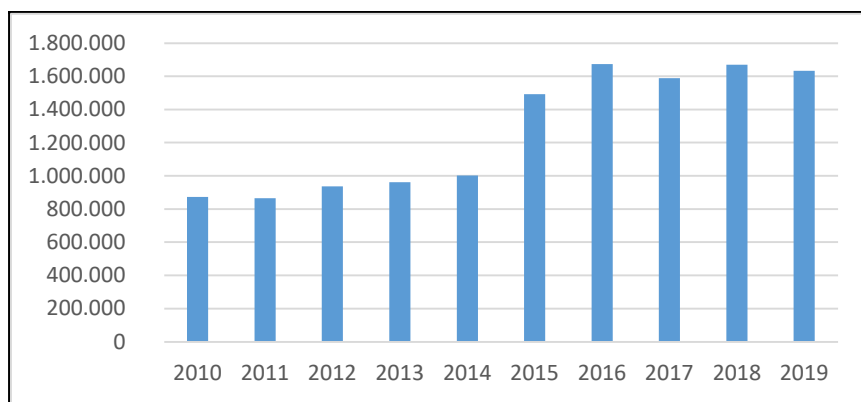


**Graf 26. Broj prevezenih putnika i vozila na trajektnim linijama 2010. - 2019.**

Izvor: Izradila doktorandica prema podacima Agencije za obalni linijski pomorski promet, [www.agencija-zolpp.hr](http://www.agencija-zolpp.hr) (pristupljeno 1. 10. 2021.)

Graf 26. prikazuje stalan uzlazni trend broja prevezenih putnika i vozila trajektnim linijama unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa na području Republike Hrvatske u razdoblju od 2010. do 2019., a od 2019. brojka premašuje 13 milijuna prevezenih putnika godišnje, odnosno 3,5 milijuna prevezenih vozila [93], što ukazuje na važnost trajektnih linija u povezivanju otoka s kopnom.

Brodске (klasične) linije održavaju se klasičnim putničkim brodovima čija brzina nije manja od 12 čvorova, osim kad plove na relacijama kraćim od 5 milja [163]. U sustavu obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa na području Republike Hrvatske ove vrste brodskih linija su najzastupljenije na srednjem Jadranu zbog blizine otoka s kopnom. Grafom 27. su prikazana kretanja prevezenog broja putnika na promatranim linijama u razdoblju od 2010. do 2019.

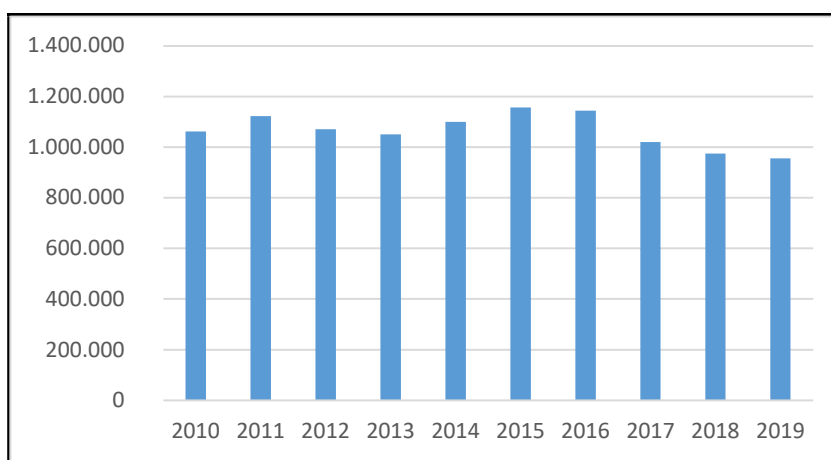


**Graf 27. Broj prevezenih putnika na brodskim (klasičnim) linijama 2010. - 2019.**

Izvor: Izradila doktorandica prema podacima Agencije za obalni linijski pomorski promet, [www.agencija-zolpp.hr](http://www.agencija-zolpp.hr) (pristupljeno 1. 10. 2021.)

Analizom Grafa 27. evidentan je znatan porast prevezenih putnika klasičnim brodovima od 2015. Otada se zadržava razina prevezenih putnika na klasičnim linijama u rasponu od 1,4 milijuna putnika godišnje do više od 1,6 milijuna putnika godišnje. Najvažnija godina po broju prevezenih putnika klasičnim brodovima je 2016., jer se tada prevezlo 1.673.921 putnika.

Treća skupina brodskih linija po vrsti prijevoza su brzobrodске linije koje nisu ništa manje važne od prethodnih dviju, a održavaju se brzim brodovima. Graf 28. prikazuje broj kretanja prevezenih putnika na brzobrodskim linijama obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske od 2010. do 2019.



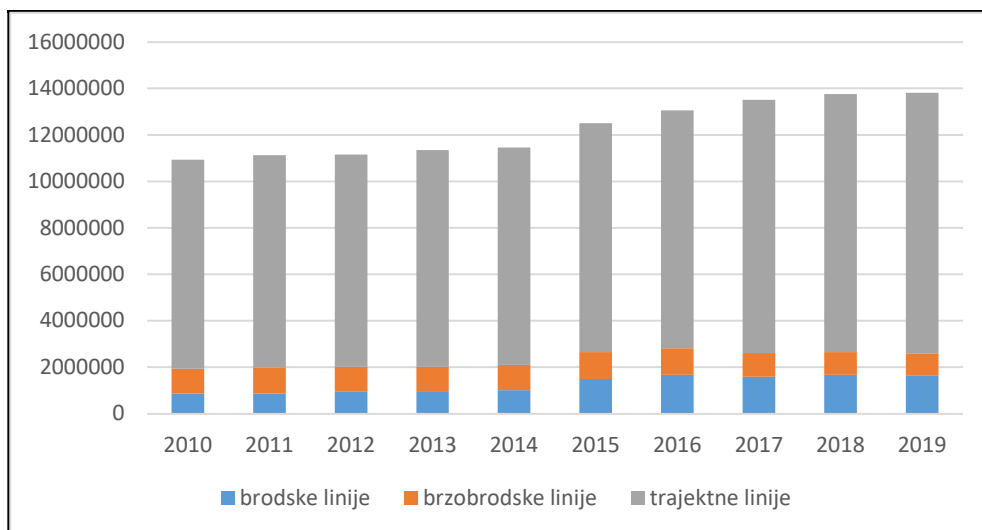
**Graf 28. Broj prevezenih putnika na brzobrodskim linijama 2010. - 2019.**

Izvor: Izradila doktorandica prema podacima Agencije za obalni linijski pomorski promet, [www.agencija-zolpp.hr](http://www.agencija-zolpp.hr) (pristupljeno 1. 10. 2021.)

Analizirajući Graf 28. zaključuje se da je u rasponu od 10 godina broj prevezenih putnika na brzobrodskim linijama unutar sustava bez znatnijih oscilacija, a prosječni broj prevezenih putnika na godišnjoj razini iznosi 1.065.427.

Iako su sve vrste linija po prijevoznim sredstvima jednako važne za nesmetano funkcioniranje sustava, jednak broj putnika se ne prevozi svakom od ovih vrsta linija. Graf 29. prikazuje odnos broja prevezenih putnika po različitim vrstama linija u odnosu na prijevozno sredstvo kojim se realiziraju.





**Graf 29. Broj prevezenih putnika u obalnom linijskom pomorskoputničkom prometu Republike Hrvatske 2010.-2019.**

Izvor: Izradila doktorandica prema podacima Agencije za obalni linijski pomorski promet, [www.agencija-zolpp.hr](http://www.agencija-zolpp.hr) (pristupljeno 1. 10. 2021.)

Graf 29. jasno pokazuje da se najviše putnika između otoka i kopna preveze trajektima, a jedan od osnovnih razloga je znatan broj turista koji na odmor dolaze vlastitim automobilima i drugim prijevoznim sredstvima. Putovanje trajektima je duže, ali ono nudi određeni komoditet putovanja i omogućuju transport vlastitoga prijevoznog sredstva s otoka na kopno i obratno. Promet putnika i vozila na otocima je određen brojem otočnog stanovništva, ali jednako tako važna varijabla koja opisuje broj putnika u obalnome linijskom pomorskoputničkom prometu prema otocima je broj dolazaka turista [160] jer je otočno gospodarstvo pretežito vezano za aktivnosti smještaja i ugostiteljstva, odnosno za turizam, dok su ostale djelatnosti zastupljene u manjem intenzitetu. Turizam na otocima pokazuje uzlazne trendove i čini znatan udio u ukupnome turizmu, ali na otok ne može doći niti jedan turist bez određene razine pomorske povezanosti otoka s kopnom i otoka međusobno. Frekvencija, struktura, sigurnost i kvaliteta obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa su čimbenici od izuzetne važnosti za opstanak otočnog turizma. Osiguranjem kvalitetne prometne usluge povećava se konkurentnost hrvatskoga turističkog proizvoda, a obalni linijski pomorskoputnički promet je važan segment turističke usluge [174]. Godišnji promet razdijeljen je u tri osnovne grupe prometnog opterećenja:

- izvansezona (siječanj, veljača, ožujak, travanj te listopad, studeni i prosinac),
- predsezona i postsezona, odnosno niska sezona (svibanj, lipanj i rujanj) te
- visoka sezona (srpanj i kolovoz).

Na razini ukupnog sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa, ukupni godišnji promet putnika dijeli se na [160]:

- izvansezonski 29,5 %,
- predsezonski i postsezonski 29,5 %,
- sezonski 41,0 %.

Vrlo slična je i struktura ukupnoga godišnjeg prometa vozila [160]:

- izvansezonski 29 %,
- predsezonski i postsezonski 30 %,
- sezonski 41 %.

Turizam snažno utječe na frekvenciju pomorskoputničkog prometa, što je također razvidno iz usporedbi sezonskog i izvansezonskoga plovidbenog reda. Realan uvid daje plovidbeni red za otok Hvar kao jedan od posjećenijih europskih otoka. Dinamika plovidbenog reda po vrstama brodskih linija je prikazana u Tablici 17.

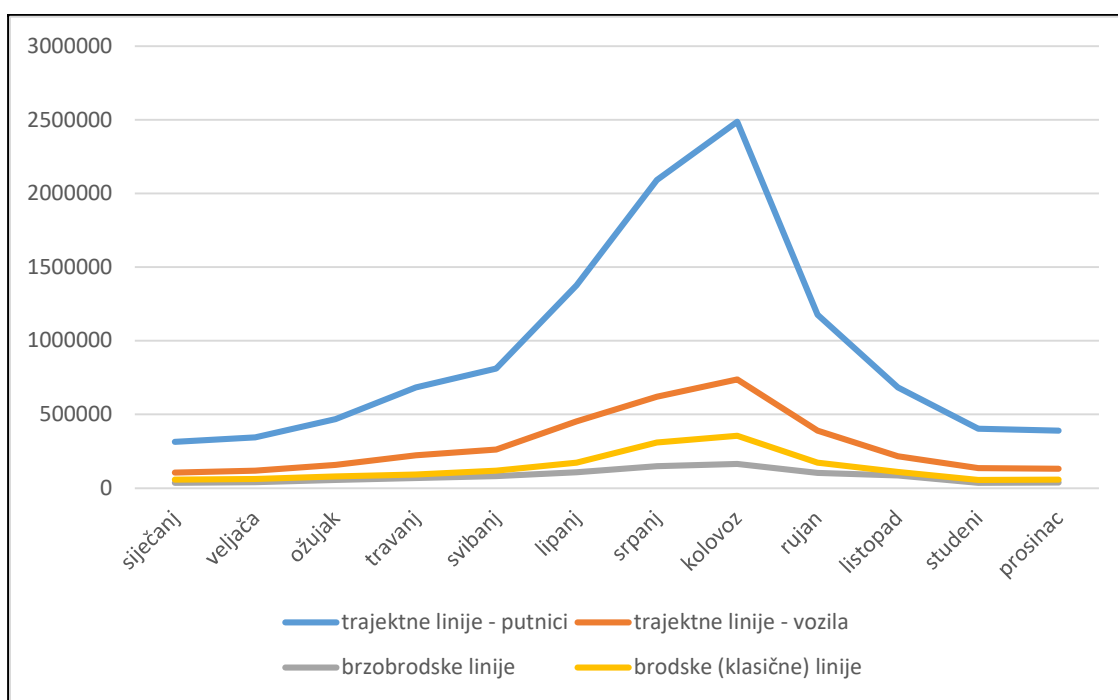
**Tablica 17. Dinamika godišnjeg plovidbenog reda za otok Hvar prema broju tjednih polazaka prema otoku**

Broj linije	relacija	broj tjednih polazaka prema otoku u sezoni	broj tjednih polazaka prema otoku u niskoj sezoni	broj tjednih polazaka prema otoku u vansezoni
632	Sućuraj - Drvenik	77	64	43
635	Stari Grad - Split	49	42	28
9602	Vis – Hvar – Milna - Split	1	1	1
9603	Jelsa – Bol - Split	7	7	7
9604	Ubli - Vela Luka – Hvar - Split	7	7	7
9608	Korčula – Prigradica – Hvar - Split	7	7	7
	<b>UKUPNO</b>	<b>148</b>	<b>128</b>	<b>93</b>

Izvor: Izradila doktorandica prema objavljenim plovidbenim redovima brodara Jadrolinija i Kapetan Luka, [www.Jadrolinija.hr](http://www.Jadrolinija.hr), [www.krilo.hr](http://www.krilo.hr) (pristupljeno 14. 6. 2022.)

Tablica 17. pokazuje da je znatno veći broj polazaka prema otoku Hvaru u turističkoj sezoni u odnosu na izvansezonsko razdoblje. Ova karakteristika je izražena i u odnosu na druge hrvatske otoke uz iznimke onih sa slabije razvijenim turizmom koji ni u turističkoj sezoni nemaju

potrebu za povećanjem broja brodskih linija (npr. Lastovo, Dugi otok). Kako je turizam u velikoj mjeri aktivnost iz područja čovjekove dokolice, jasno je da je zato njegova dinamika izrazito elastična glede brojnih prirodnih i institucionalnih čimbenika pa se za sezonalnost može reći da je jedna od očitijih posljedica suodnosa turističke aktivnosti i čimbenika, npr. vremenskih prilika ili rasporeda blagdana u godini koji na nju egzogeno utječu [175]. Iako je sezonalnost sporadično izražena karakteristika sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa, prometna dostupnost destinacija je ključna za povećanje prometa izvan vrhunca sezone. Sezonalnost sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa najbolje se očitava iz prikaza kretanja broja prevezenih putnika i vozila na godišnjoj razini, što prikazuje Graf 30.



**Graf 30. Kretanje broja prevezenih putnika i vozila u 2019. na trajektnim, brzobrodskim i brodskim linijama sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske**

Izvor: Izradila doktorandica prema podacima Agencije za obalni linijski pomorski promet, [www.agencija-zolpp.hr](http://www.agencija-zolpp.hr) (pristupljeno 22. 7. 2021.)

Analizom Grafa 30. se uočava izražena sezonalnost kod svih vrsta linija u odnosu na prijevozno sredstvo. Sezonalnost je najizrazitija u trajektnim linijama, dok su najmanje izražene promjene u brzobrodskim linijama. Promet se intenzivira lagano s krajem izvansezonskog razdoblja, odnosno travnja s kulminacijom u kolovozu te padom od rujna pa nadalje u izvansezoni. U predsezoni, sezoni i postsezoni se ostvari više od 60 % prometa. Može se zaključiti da su otočani

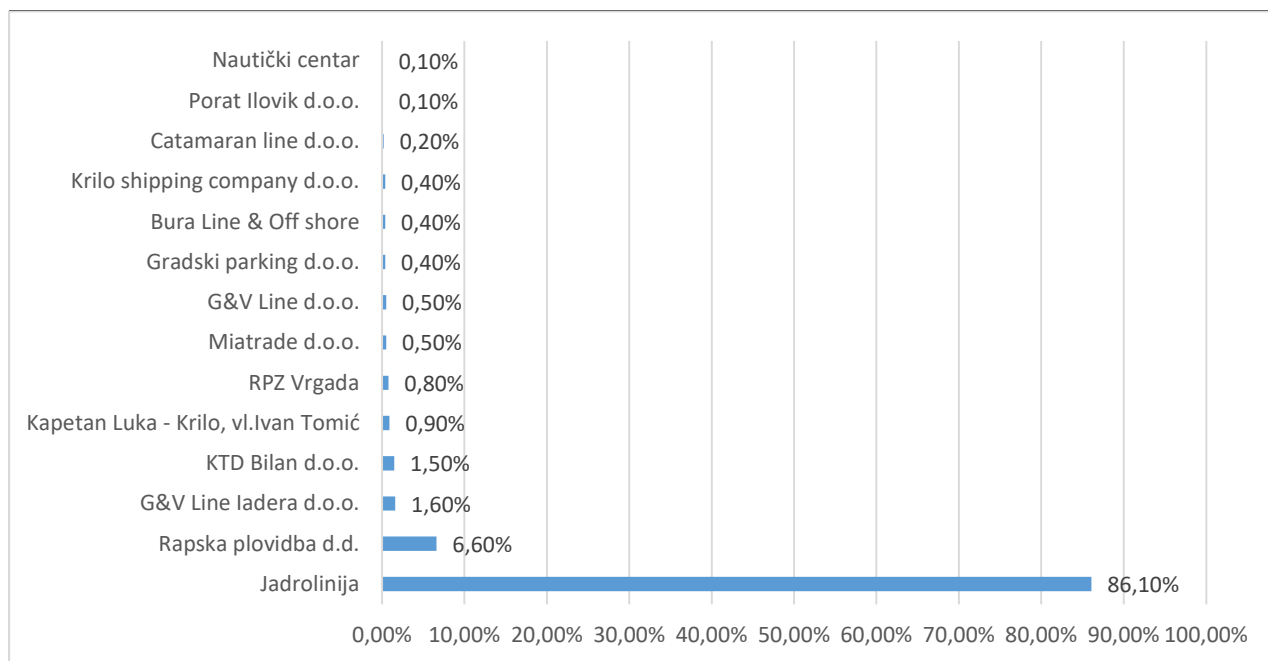
osnova sustava, ali da ga velikim dijelom pokreće turizam zbog intenzivnog dolaska turista. Turizam kao akcelerator sustava ne pogoduje otočnom stanovništvu s aspekta prometne povezanosti otoka s kopnom i otoka međusobno jer je u izvansezonskome razdoblju znatno manji broj linija kojima je povezano s kopnom i otocima međusobno, što smanjuje kvalitetu njihova života.

Izrazita sezonalnost obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa otežava organizaciju poslovanja brodara jer uzrokuje dodatna opterećenja brodova i posade [174]. Brodari su jedan od osnovnih dionika sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa jer servisiraju kompletan sustav koji bez njihova rada ne bi bilo moguće održati. Posao brodarskih kompanija unutar sustava je veoma složen i zahtijeva znatnu angažiranost i odgovornost. Brodari su kao pružatelji usluga obvezni poznavati i djelotvorno implementirati specifičnosti ove vrste prometa, kao što su [35]:

- specifična organizacija rada i upravljanja,
- specifična ponuda i potražnja,
- specifične tarife,
- specifično preventivno i investicijsko održavanje prijevoznih kapaciteta itd.

Brodari u obalnome linijskom pomorskom prometu obavljaju prijevoz na temelju ugovora o koncesiji ili ugovora o pružanju javne usluge koje s brodarima zaključuje Agencija za obalni linijski pomorski promet. Obvezni su strogo poštivati oglašeni plovidbeni red te ga mogu mijenjati isključivo uz suglasnost lokalne administracije i Agencije za obalni linijski pomorski promet. Brodari samostalno određuju cijene putnih karata, ali ona ne smije premašiti visinu određenu natječajnom dokumentacijom.

U Republici Hrvatskoj unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa djeluje 14 brodara prema podacima iz 2019., a njihove udjele u putničkome prometu prikazuje Graf 31. U tijeku istraživanja se smanjio broj brodara na 13 jer brodarska kompanija Catamaran line d.o.o. nije više dio sustava.



**Graf 31. Udio brodara u putničkome prometnom sustavu obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske – 2019.**

Izvor: Izradila doktorandica prema podacima Agencije za obalni linijski pomorski promet, [www.agencija-zolpp.hr](http://www.agencija-zolpp.hr) (pristupljeno 22. 7. 2021.)

Iz Grafa 31. se može vidjeti da najveći udio u putničkome prometu u sustavu zauzima državna tvrtka Jadrolinija d.d. i to 86,1 %. Iza državne tvrtke slijedi Rapska plovidba sa 6,6 % udjela u putničkome prometu, G&V Line Iadera d.o.o. s 1,6 %, a zatim ostali brodari. Jadrolinija d.d. kao državni brodara još uvijek ima najveću flotu i opslužuje većinu tržišta obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa u Republici Hrvatskoj. Tvrtka je osnovana 1947. u Rijeci, a nasljednica je raznih udruživanja malih brodara obalne plovidbe još od 1872. Osnovna zadaća ove tvrtke je prijevoz putnika i vozila [176]. Monopol Jadrolinije d.d. na ovome tržištu prestaje s pojavom privatnih brodara koji zauzimaju znatno manji dio tržišta, što ne znači da su manje bitni za funkcioniranje sustava. Ulaskom Republike Hrvatske u Europsku uniju, svi brodari Europske unije koji zadovoljavaju zakonom propisane uvjete, s domaćim brodarima se mogu ravnopravno natjecati za održavanje državnih brodskih linija i pritom imaju jednaka prava kao i brodari pod hrvatskom zastavom. Zato hrvatski brodari moraju biti što bolje pozicionirani na tržištu obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske, što se postiže modernizacijom i pomlađivanjem flote, smanjenjem emisije štetnih plinova, novim tehnologijama u poslovanje i brzim reagiranjem na promjene u okruženju i na tržištu.

Generalnu sliku flote kojom se održava sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske daje Tablica 18. iz koje je razvidno od koliko brodova se sustav sastoji te od kakvih brodova se flota sastoji.

**Tablica 18. Flota obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske**

vrste brodova	JADROLINIJA	PRIVATNI BODARI	ukupno
trajekti	37	4	41
klasični brodovi	4	16	20
brzi brodovi	10	11	21
ukupno	51	31	82

Izvor: Izradila doktorandica prema podacima Agencije za obalni linijski pomorski promet, [www.agencija-zolpp.hr](http://www.agencija-zolpp.hr) (pristupljeno 14. 12. 2021.)

Tablica 18. pokazuje da većinu flote od 51 broda posjeduje državna tvrtka Jadrolinija d.d., dok svi ostali brodari unutar sustava imaju 31 brod. Najzastupljeniji su trajekti kojih je ukupno 41. Klasičnih brodova je 20, a brzih 21. Zaključuje se da flotu sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske čine 82 broda.

Jedan od većih problema je starost brodova flote obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske, što je prikazano u Tablici 19.

**Tablica 19. Prosječna starost brodova flote obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske**

FLOTA	Prosječna starost (u godinama)
trajekti	23
klasični brodovi	35,4
brzi brodovi	25,7
ukupno	27,1

Izvor: Izradila doktorandica prema podacima Agencije za obalni linijski pomorski promet, [www.agencija-zolpp.hr](http://www.agencija-zolpp.hr) (pristupljeno 14. 12. 2021.)

Iz Tablice 19. se zaključuje da je flota sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske zastarjela te da je prosječne starosti od 27,1 godine i da su najstariji klasični brodovi od svih triju grupa brodova. Prosječna starost brodova u vlasništvu državnog brodaru Jadrolinija d.d. je 26,9 godina, a u vlasništvu privatnih brodaru je 26,5 godina [93].

Osim problema sezonalnosti i nepovoljne starosne strukture flote sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske, veliki problem je visoka cijena goriva u ukupnim troškovima prijevoza, ali i ostalih ograničavajućih čimbenika za daljnji razvoj pomorskog gospodarstva, npr. [177]:

- pomanjkanje investicijskog i obrtnog kapitala,
- odlazak stručne radne snage,
- mala ulaganja u istraživanje i u razvoj modernih tehnologija,
- jaka konkurencija pojedinih grana pomorskog gospodarstva u razvijenim zemljama na svjetskom pomorskom tržištu,
- nedovoljna koordiniranost i neusklađenost kompetencija u javnome usmjeravanju pojedinih grana pomorskog gospodarstva u državnoj upravi.

Analizom sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa naziru se i određena rješenja za uočene probleme, odnosno uočava se nužnost:

- modernizacije flote,
- jačanja konkurentnosti brodara na tržištu,
- povezivanja linijskoga pomorskoputničkog prometa s drugim vrstama prometa,
- poticanja razvoja i korištenja novih tehnologija,
- ulaganja u ekološki prihvatljivije brodove u sustavu linijskoga pomorskoputničkog prometa,
- produljenja turističke sezone,
- ulaganja u odgovarajuću prometnu i lučku infrastrukturu,
- strateškog planiranja razvoja sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa,
- provođenja promišljenih prometnih i pomorskih politika,
- optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa radi ušteda u sustavu kao platforme za daljnja ulaganja u njegov razvoj.

### **6.3. OBLIKOVANJE MODELA OPTIMIZACIJE SUSTAVA OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA NA PRIMJERU REPUBLIKE HRVATSKE**

Hrvatska obala s otocima je jedna od razvedenijih u svijetu i obuhvaća gotovo sve otoke istočnog i središnjeg dijela Jadranskog mora. Jadransko more zauzima 4,6 % površine

Sredozemnog mora [1]. Osim Hrvatske, na Jadransko more još izlaze Italija, Albanija, Crna Gora, Slovenija, Bosna i Hercegovina i Grčka. Republika Hrvatska u odnosu na razvedenost obale prednjači među njima, što je razvidno iz Tablice 20. Razvedenost obale se iskazuje koeficijentom razvedenosti, a definira se broječanim odnosom između stvarne duljine i najkraće ili zračne udaljenosti koje su izmjerene izravno od početne do završne točke na obali [1].

**Tablica 20. Razvedenost obale Jadranskog mora po pripadajućim državama**

država	koeficijent razvedenosti obale
Hrvatska	11,1
Italija	1,37
Albanija	1,53
Crna Gora	2,83
Slovenija	2,62
Bosna i Hercegovina	10,5
Grčka	3,84

Izvor: izradila doktorandica prema Riđanović, J., Bićanić, Z., 1993, "Hrvatski Jadran i novi teritorijalni ustroj (prostorni pojam, duljina i razvedenost hrvatske obale)", Acta Geographica Croatica, Vol. 28, No. 1, p. 85-96

Analizom Tablice 20. se zaključuje da Republika Hrvatska ima značajan koeficijent razvedenosti obale (11,1). Kako je Republika Hrvatska izrazito razvedene obale sa znatnim brojem naseljenih otoka, sustav prometnoga pomorskog povezivanja je od izuzetne važnosti pa je prikaz prijedloga modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa na primjeru Republike Hrvatske izrazito reprezentativan.

U ovome je poglavlju prikazan sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa u Republici Hrvatskoj. Cilj je predstaviti model optimiziranja postojećeg sustava s aspekta potrošnje energije i maksimalne iskoristivosti postojećih resursa, odnosno uspostavljanja ravnoteže obaju ciljeva na primjeru Republike Hrvatske. Objekti testiranja se dijele na brze putničke brodove (katamarani) i trajekte. Zajednička karakteristika resursa unutar promatranih skupina je brzina pa se u obzir uzimaju brzi putnički brodovi ekonomske brzine od 25 čvorova i trajekti od 9 čvorova.

Pomorskoputnički promet u Republici Hrvatskoj prilagođava se potrebama tržišta s izraženom sezonalnošću kao posljedicom utjecaja turizma, što znači da se odvija u izvansezonskome i sezonskom razdoblju s periodima visoke i niske sezone. Ove statičke slike označavaju različitu potražnju usluga pomorskoputničkog prometa u Republici Hrvatskoj i po kojoj treba prilagoditi plovidbene redove i brodove, prvenstveno s aspekta kapaciteta.



Za potrebe ove disertacije je model optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa testiran na primjerima izvansezona i sezone.

### **6.3.1. Optimalan raspored brodova s posljedicom manje potrošnje energije**

Pomorski promet je katalizator gospodarskog razvoja, ali istovremeno u svjetskoj emisiji štetnih plinova sudjeluje s 2, 5% emisija [178]. Radi smanjenja, odnosno eliminiranja emisije štetnih plinova u atmosferu uzrokovanu pomorskim prometom te radi osiguranje dugoročne održivosti, ulažu se napori u aktiviranje multimodalnog transporta i zelene tehnologije.

Međunarodna pomorska organizacija (*IMO – International Maritime Organization*) svojim članovima je propisala do 2050. smanjenje emisije CO<sub>2</sub> za 70 %, odnosno potpunu eliminaciju emisije CO<sub>2</sub> [178]. S poslovnog aspekta je moguće primijeniti razne tehnologije za osiguranje nulte emisije ili maksimalno smanjene emisije štetnih plinova u sektoru pomorstva, a što iziskuje znatne troškove pa je bitna procjena eksternih troškova prilikom uvođenja alternativnih oblika pogonske energije i novih tehnologija u pomorskom prometu kako bi se na odgovarajući način procijenile mogućnosti [178].

Brodari moraju ispitati i poznavati učinkovitost svojih resursa, ali moraju i preciznije i proaktivnije tražiti učinkovitije nove brodove [179]. U postupku donošenja odluke o kupnji broda nužna je procjena dizajna i tehničkih karakteristika broda te je nužno da se vodi računa o ekonomskim i ekološkim kriterijima, sigurnosti i zahtjevima regulatornih tijela [180]. Kolikogod dobro zvučala, ideja o ekološki prihvatljivim izvorima energije za pogon plovila te o njihovoj praktičnoj izvedbi zasad je okarakterizirana kao neizvjesna, s visokom cijenom i slabim stupnjem iskoristivosti [181] pa je prvenstveno potrebno optimizirati postojeće resurse s aspekta potrošnje pogonske energije. Optimiziranjem postojećih resursa stvaraju se preduvjeti za ulaganje u razvoj novih tehnologija i u primjenu ekološki prihvatljivih izvora energije za pogon plovila.

Optimizacija s aspekta potrošnje pogonske energije započinje analizom postojećeg stanja. Na primjeru sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa u Republici Hrvatskoj prvo se objedinjuju svi relevantni podatci o brodovima i linijama koje brodovi servisiraju. Svi brodovi koriste gorivo kao pogonsku energiju pa se u istraživanju i izradi modela pogonska energija označava kao gorivo, iako se može raditi o bilo kojoj vrsti pogonske energije.

Tablica 21. prikazuje osnovne podatke o brzobrodskim linijama u Republici Hrvatskoj koje zahtijevaju brze brodove s ekonomskom brzinom od 25 čvorova. Podatci se odnose na duljinu putovanja te na prikaz različitog režima tjednih putovanja i minimalnog kapaciteta putnika u izvansezonskome razdoblju te u razdobljima niske i visoke sezone.

**Tablica 21. Brzobrodске linije sa zahtjevom brodova brzine 25 čvorova**

Linija	Udaljenost (u nm)	Izvansezona		Niska sezona		Visoka sezona	
		Broj tjednih putovanja	Minimalni kapacitet putnika	Broj tjednih putovanja	Minimalni kapacitet putnika	Broj tjednih putovanja	Minimalni kapacitet putnika
Pula – Unije – Susak – Mali Lošinj – Ilovik – Silba – Zadar	88,3	1	250	2	250	5	250
Mali Lošinj – Ilovik – Susak – Unije – Martinšćica – Cres – Rijeka	61,6	7	300	7	300	7	300
Novalja – Rab – Rijeka	56,3	7	300	7	300	7	300
Olib – Silba – Premuda/Krijal – Zadar	44	7	300	8	300	8	300
Ist – Molat – Zadar	25,5	8	250	9	250	9	250
Žirje – Kaprije – Šibenik	15,6	12	100	14	100	14	100
Vis – Hvar – Milna – Split	29,6	7	250	7	250	7	250
Jelsa – Bol – Split	30	7	300	7	300	7	300
Lastovo/Ubli – Vela Luka – Hvar – Split	60,1	7	300	7	300	7	300
Lastovo/Ubli – Korčula – Polače – Sobra – Šipanska Luka – Dubrovnik	21,8	7	200	14	200	14	200

Izvor: Izradila doktorandica prema podacima Agencije za obalni linijski pomorski promet, [www.agencija-zolpp.hr](http://www.agencija-zolpp.hr) (pristupljeno 1. 2. 2022.)

Analizom Tablice 21. se zaključuje da se za brzobrodске linije ne mijenja minimalni kapacitet brodova za različite godišnje periode, dok se plovidbeni red mijenja u odnosu na linijsku učestalost. Najintenzivnije razdoblje je sezona, dok je najmanje putovanja u izvansezonskome razdoblju pa su linije isključivo u funkciji otočnog stanovništva jer turista u tom razdoblju gotovo da nema.

Inicijalno pridruživanje brzih brodova i brzobrodskih linija prikazano je u Tablici 22. s ciljem analize postojećeg stanja.

**Tablica 22. Inicijalno pridruživanje brzih brodova i brzobrodskih linija**

<b>Linija</b>	<b>Brod</b>	<b>Kapacitet putnika</b>	<b>Potrošnja goriva (l/nm)</b>
Pula – Unije – Susak – Mali Lošinj – Ilovik – Silba – Zadar	BIŠOVO	325	30
Mali Lošinj – Ilovik – Susak – Unije – Martinšćica – Cres – Rijeka	DUBRAVKA	316	27,7
Novalja – Rab – Rijeka	ADRIANA	332	30,5
Olib – Silba – Premuda/Krijal – Zadar	PRINC ZADRA	301	27
Ist – Molat – Zadar	SILBA	300	27,3
Žirje – Kaprije – Šibenik	MALI PRINC	200	14
Vis – Hvar – Milna – Split	KAROLINA	316	30,8
Jelsa – Bol – Split	VIDA	304	29,3
Lastovo/Ubli – Vela Luka – Hvar – Split	JUDITA	316	28,6
Lastovo/Ubli – Korčula – Polače – Sobra – Šipanska Luka – Dubrovnik	NONA ANA	202	19

Izvor: Izradila doktorandica prema podatcima Agencije za obalni linijski pomorski promet, [www.agencija-zolpp.hr](http://www.agencija-zolpp.hr) (pristupljeno 1. 2. 2022.)

U Tablici 22. navedeni su brodovi kojima se održavaju određene brzobrodске linije, njihovi kapaciteti te potrošnja pogonskog goriva po nautičkoj milji. Iako su ova dva parametra od bitne važnosti za održavanje brodskih linija, nisu jedini.

Brod po svojim tehničkim karakteristikama i dizajnu treba biti pogodan za plovidbu na određenoj ruti, ali i za luke u koje uplovljava i o čemu se mora voditi računa osobito kod malih luka ograničenih prihvatnih kapaciteta. Slijedom navedenog, zatraženo je mišljenje stručnjaka o mogućnosti pridruživanju brzih brodova i brzobrodskih linija radi eliminiranja moguće neprilagođenosti. Visoka razina procjene prikladnosti broda za određenu brodsku liniju zahtijeva veliko znanje o brodovima, plovidbenim područjima, lukama te o propisima i zakonskim okvirima. Neprilagođenost broda određenoj brodskoj liniji uzrokuje višestruke probleme za cjeloviti sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa. Stručnjaci su pomno odabrani. Kako se ne radi o grupnom mišljenju stručnjaka u određivanju težina kriterija kao u radu Mrvica et al. (2015) [10], bilo je neophodno što stručnije, pouzdanije i objektivnije mišljenje za ovaj specifičan problem pa su odabrana tri priznata sustručnjaka s velikim iskustvom i znanjem – ravnatelj javne ustanove koja brodove klasificira i statutarno certificira u ime nacionalnih pomorskih uprava, dugogodišnji koordinator najvećeg brodarka u Republici Hrvatskoj na određenome plovnom području, pomorca i doktora znanosti iz područja tehnologije prometa i pomorstva te dugogodišnji rukovoditelj Službe za tehničko-operativne poslove regulatornog tijela Republike Hrvatske o pitanjima sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa na Jadranu. Renomirani pomorski stručnjaci su dali svoja stručna mišljenja o prikladnosti brodova za određenu liniju sukladno njihovim maritimnim, konstrukcijskim i tehničkim karakteristikama te u skladu s obilježjima luka prema Tablici 3. Sva trojica su muškarci u dobi od 55 do 65 godina. Ispitani su u direktnoj komunikacijom, odnosno intervjuirani su u svojim uredima od 18. do 22. siječnja 2021. Tablica 23. prikazuje prikladnost brodova za pojedine brzobrodске linijama prema mišljenju trojice eksperata. Uspoređujući njihova mišljenja glede prikladnosti broda za određenu brzobrodsku liniju, definira se kategorija prikladnosti na temelju istih ocjena barem dvojice stručnjaka.

**Tablica 23. Prikladnost brzih brodova za određene brzobrodске linije**

<b>Linija</b>	<b>BIŠOVO</b>	<b>DUBRAVKA</b>	<b>ADRIANA</b>	<b>PRINC ZADRA</b>	<b>SILBA</b>	<b>MALI PRINC</b>	<b>KAROLINA</b>	<b>VIDA</b>	<b>JUDITA</b>	<b>NONA ANA</b>
Pula – Unije – Susak – Mali Lošinj – Ilovik – Silba – Zadar	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
Mali Lošinj – Ilovik – Susak – Unije – Martinšćica – Cres – Rijeka	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
Novalja – Rab – Rijeka	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
Olib – Silba – Premuda/Krijal – Zadar	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0
Ist – Molat – Zadar	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0
Žirje – Kaprije – Šibenik	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
Vis – Hvar – Milna – Split	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
Jelsa – Bol – Split	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
Lastovo/Ubli – Vela Luka – Hvar – Split	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0
Lastovo/Ubli – Korčula – Polače – Sobra – Šipanska Luka – Dubrovnik	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1

Izvor: Izradila doktorandica prema mišljenju triju stručnjaka

U Tablici 23. brojkom 1 se označuju brodovi prikladni za određenu brzobrodsku liniju, odnosno znamenkom 0 brodovi koji nisu prikladni za određenu brzobrodsku liniju. Analizom Tablice 23. se zaključuje da više od jednog broda po svojim karakteristikama odgovara zahtjevima određene brzobrodске linije. Broj mogućih pridruživanja odgovarajućih brodova na odgovarajućim brzobrodskim linijama iznosi  $10! = 3\,628\,800$ . Međutim, neka od tih pridruživanja ne udovoljavaju uvjetima minimalnog kapaciteta ili ocjenama stručnjaka pa će

takva pridruživanja biti eliminirana. Kako su za brze brodove isti uvjeti za minimalni kapacitet u tri sezonska razdoblja, a što se i ranije konstatiralo, u sva tri slučaja se dobiva isti broj od 22.920 pridruživanja koja zadovoljavaju sve uvjete, ali u svakoj od tri navedene sezone postoje optimalnija pridruživanja brodova i brzobrodskih linija, što je prezentirano u tablicama 24., 25. i 26.

**Tablica 24. Potrošnja pogonske energije kod inicijalnog i optimalnog pridruživanja brzih brodova i brzobrodskih linija u izvansezonskome razdoblju**

Linija	Udaljenost (u nm)	Inicijalno pridruživanje				Optimalno pridruživanje			
		Brod	Broj tjednih putovanja	Potrošnja goriva (l/nm)	Tjedna potrošnja goriva (u l)	Brod	Broj tjednih putovanja	Potrošnja goriva (l/nm)	Tjedna potrošnja goriva (u l)
Pula – Unije – Susak - Mali Lošinj – Ilovik – Silba - Zadar	88,3	BIŠOVO	1	30	5.298	KAROLINA	1	30,8	5.439,28
Mali Lošinj – Ilovik – Susak – Unije – Martinšćica – Cres - Rijeka	61,6	DUBRAVKA	7	27,7	23.888,48	SILBA	7	27,3	23.543,52
Novalja – Rab - Rijeka	56,3	ADRIANA	7	30,5	24.040,1	DUBRAVKA	7	27,7	21.833,14
Olib – Silba - Premuda/ Krijal - Zadar	44	PRINC ZADRA	7	27	16.632	JUDITA	7	28,6	17.617,6
Ist – Molat - Zadar	25,5	SILBA	8	27,3	11.138,4	BIŠOVO	8	30	12.240
Žirje – Kaprije - Šibenik	15,6	MALI PRINC	12	14	5.241,6	MALI PRINC	12	14	5.241,6
Vis – Hvar – Milna - Split	29,6	KAROLINA	7	30,8	12.763,52	ADRIANA	7	30,5	12.639,2
Jelsa – Bol - Split	30	VIDA	7	29,3	12.306	VIDA	7	29,3	12.306

Lastovo/Ubli - Vela Luka – Hvar - Split	60,1	JUDITA	7	28,6	24.064,04	PRINC ZADRA	7	27	22.717,8
Lastovo/Ubli – Korčula – Polače – Sobra - Šipanska Luka - Dubrovnik	21,8	NONA ANA	7	19	5.798,8	NONA ANA	7	19	5.798,8
ukupno					141.170,94				139.376,94

Izvor: Izradila doktorandica prema podacima Agencije za obalni linijski pomorski promet,  
www.agencija-zolpp.hr (pristupljeno 1. 2. 2022.)

Iz Tablice 24. je razvidno da je kod optimalnog pridruživanja brodova i brzobrodskih linija za koje je kreiran algoritam, ostvarena ušteda pogonske energije. Potrošnja pogonske energije kod inicijalnog pridruživanja brodova i brzobrodskih linija u izvansezonskome razdoblju na tjednoj bazi iznosi 141.170,94 litara, dok pri optimalnom pridruživanju tjedna potrošnja pogonske energije iznosi 139.376,94 litara. Ovaj pristup je primijenjen i na razdoblja visoke i niske sezone što je prikazano u Tablici 25. i Tablici 26.

**Tablica 25. Potrošnja pogonske energije kod inicijalnog i optimalnog pridruživanja brzih brodova i brzobrodskih linije u razdoblju niske sezone**

Linija	Udaljenost (u nm)	Inicijalno pridruživanje				Optimalno pridruživanje			
		Brod	Broj tjednih putovanja	Potrošnja goriva (l/nm)	Tjedna potrošnja goriva (u l)	Brod	Broj tjednih putovanja	Potrošnja goriva (l/nm)	Tjedna potrošnja goriva (u l)
Pula – Unije – Susak - Mali Lošinj – Ilovik – Silba - Zadar	88,3	BIŠOVO	2	30	10.596	KAROLINA	2	30,8	10.878,56
Mali Lošinj – Ilovik – Susak – Unije – Martinšćica – Cres - Rijeka	61,6	DUBRAVKA	7	27,7	23.888,48	SILBA	7	27,3	23.543,52
Novalja – Rab - Rijeka	56,3	ADRIANA	7	30,5	24.040,1	DUBRAVKA	7	27,7	21.833,14
Olib – Silba - Premuda/Krijal - Zadar	44	PRINC ZADRA	8	27	19.008	JUDITA	8	28,6	20.134,4
Ist – Molat - Zadar	25,5	SILBA	9	27,3	12.530,7	BIŠOVO	9	30	13.770
Žirje – Kaprije - Šibenik	15,6	MALI PRINC	14	14	6.115,2	MALI PRINC	14	14	6.115,2
Vis – Hvar – Milna - Split	29,6	KAROLINA	7	30,8	12.763,52	ADRIANA	7	30,5	12.639,2
Jelsa – Bol - Split	30	VIDA	7	29,3	12.306	VIDA	7	29,3	12.306
Lastovo/Ubli - Vela Luka – Hvar - Split	60,1	JUDITA	7	28,6	24.064,04	PRINC ZADRA	7	27	22.717,8
Lastovo/Ubli – Korčula – Polače – Sobra - Šipanska Luka - Dubrovnik	21,8	NONA ANA	14	19	11.597,6	NONA ANA	14	19	11.597,6
ukupno					156.909,64				155.535,42

Izvor: Izradila doktorandica prema podacima Agencije za obalni linijski pomorski promet,

www.agencija-zolpp.hr (pristupljeno 1. 2. 2022.)



Tablica 25. prikazuje uštedu pogonske energije kod optimalnog pridruživanja brodova i brzobrodskih linija u odnosu na inicijalno, odnosno trenutno pridruživanje brodova i brzobrodskih linija u razdoblju niske sezone. Ukupna potrošnja pogonske energije kod inicijalnog pridruživanja brodova i brzobrodskih linija u razdoblju niske sezone na tjednoj bazi iznosi 156.909,64 litra, dok pri optimalnom pridruživanju tjedna potrošnja pogonske energije iznosi 155.535,42 litra.

Tablica 26. daje pregled potrošnje pogonske energije kod inicijalnog i optimalnog pridruživanja brzih brodova i brzobrodskih linije u razdoblju visoke sezone.

**Tablica 26. Potrošnja pogonske energije kod inicijalnog i optimalnog pridruživanja brzih brodova i brzobrodskih linije u razdoblju visoke sezone**

Linija	Udaljenost (u nm)	Inicijalno pridruživanje				Optimalno pridruživanje			
		Brod	Broj tjednih putovanja	Potrošnja goriva (l/nm)	Tjedna potrošnja goriva (u l)	Brod	Broj tjednih putovanja	Potrošnja goriva (l/nm)	Tjedna potrošnja goriva (u l)
Pula – Unije – Susak - Mali Lošinj – Ilovik – Silba - Zadar	88,3	BIŠOVO	5	30	26.490	PRINC ZADRA	5	27	23.841
Mali Lošinj – Ilovik – Susak – Unije – Martinšćica – Cres - Rijeka	61,6	DUBRAVKA	7	27,7	23.888,48	SILBA	7	27,3	23.543,52
Novalja – Rab - Rijeka	56,3	ADRIANA	7	30,5	24.040,1	VIDA	7	29,3	23.094,26
Olib – Silba - Premuda/ Krijal - Zadar	44	PRINC ZADRA	8	27	19.008	JUDITA	8	28,6	20.134,4
Ist – Molat - Zadar	25,5	SILBA	9	27,3	12.530,7	BIŠOVO	9	30	13.770
Žirje – Kaprije - Šibenik	15,6	MALI PRINC	14	14	6.115,2	MALI PRINC	14	14	6.115,2
Vis – Hvar – Milna - Split	29,6	KAROLINA	7	30,8	12.763,52	KAROLINA	7	30,8	12.763,52

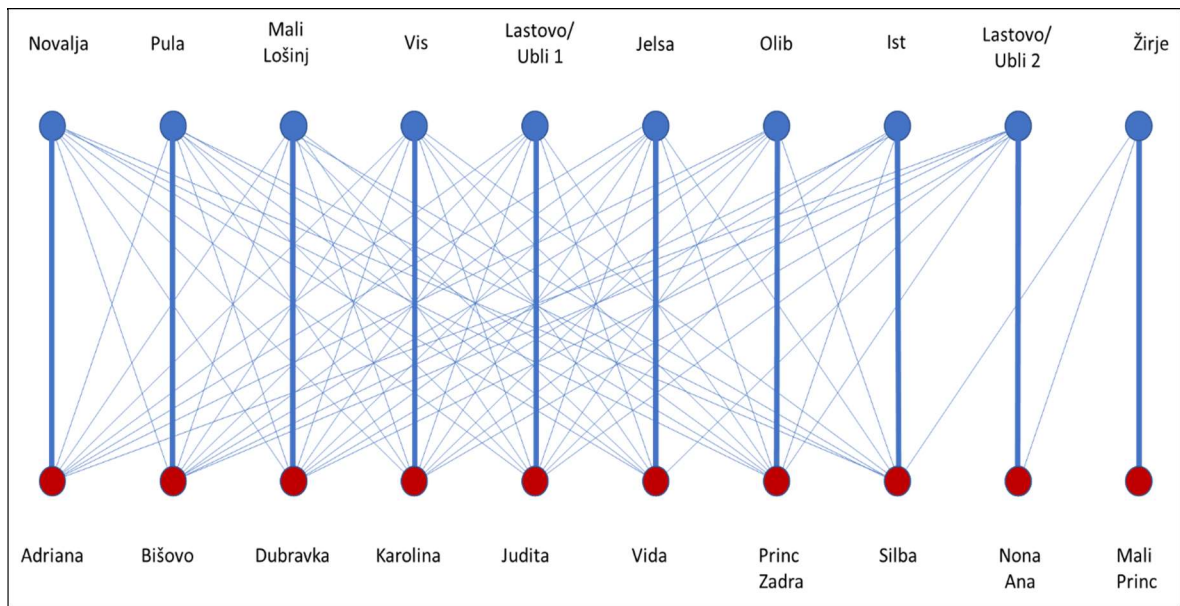
Jelsa – Bol - Split	30	VIDA	7	29,3	12.306	ADRIANA	7	30,5	12.810
Lastovo/Ubli - Vela Luka – Hvar - Split	60,1	JUDITA	7	28,6	24.064,04	DUBRAVKA	7	27,7	23.306,78
Lastovo/Ubli – Korčula – Polače – Sobra - Šipanska Luka - Dubrovnik	21,8	NONA ANA	14	19	11.597,6	NONA ANA	14	19	11.597,6
ukupno					172.803,64				170.976,28

Izvor: Izradila doktorandica prema podacima Agencije za obalni linijski pomorski promet,

www.agencija-zolpp.hr (pristupljeno 1. 2. 2022.)

U Tablici 26. uočava se ušteda pogonske energije kod optimalnog pridruživanja brodova i brzobrodskih linija u razdoblju visoke sezone te je tjedna potrošnja kod optimalnog pridruživanja 170.976,28 litara u odnosu na 172.803,64 litre tjedne potrošnje kod inicijalnog pridruživanja.

U tablicama 24., 25. i 26. se prikazuje rezultat promatranja malog broja brzobrodskih linija, svega deset, pa se jednostavno i eksplicitno mogu provjeriti sve kombinacije pridruživanja brodova i brzobrodskih linija. Povećanjem broja promatranih objekata, pridruživanje postaje sve kompleksnije pa čak i nemoguće. Za samo 50 brodova bi opisanim pristupom bilo potrebno provjeriti  $50! \approx 3 \cdot 10^{64}$  kombinacija što nije moguće. Stoga se radi optimalnog sparivanja, neovisno o broju objekata, koristi alternativni pristup baziran na optimalnom sparivanju u grafovima. Konstruira se bipartitni graf pa su u jednoj klasi brodovi, a u drugoj brodske linije te se bridom povezuju brodovi i brodske linije kada je brod po svim parametrima prikladan za plovidbu na toj liniji. Primjer primjene ove metode je prikazan na brzobrodskim linijama sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa u Republici Hrvatskoj u izvansezonske razdoblju. Donji bipartitni graf predočava mrežu povezivanja odgovarajućih brodova s odgovarajućim brzobrodskim linijama sustava (Graf 32.).

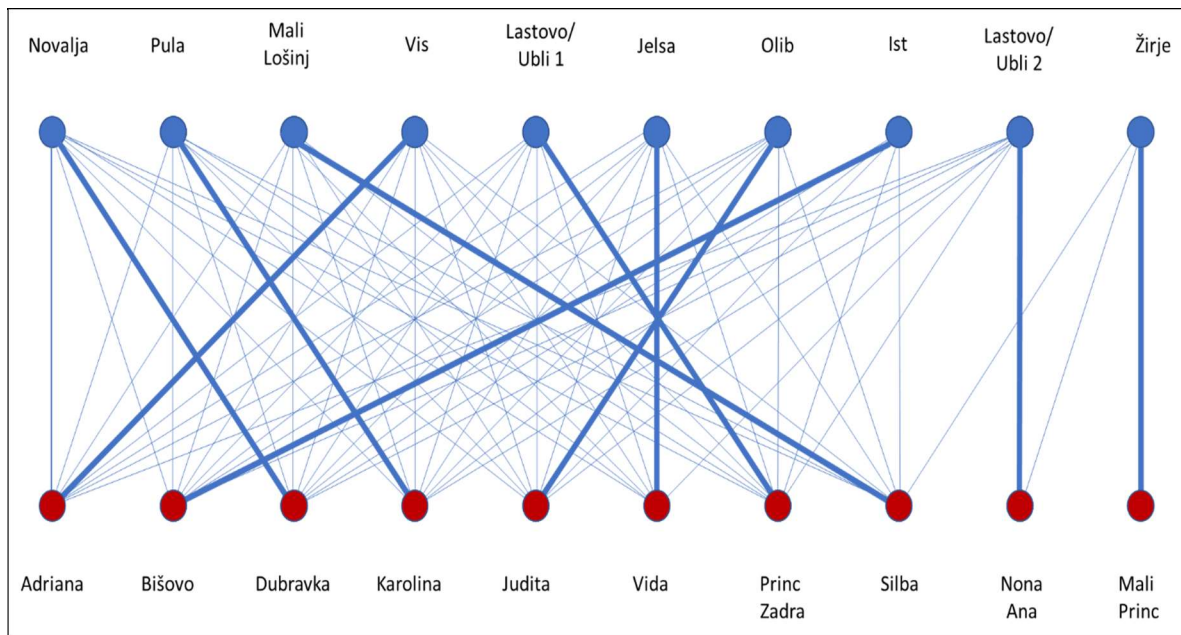


**Graf 32. Povezivanje brzih brodova s odgovarajućim brzobrodskim linijama sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske u izvansezonskome razdoblju**

Izvor: Izradila doktorandica

Prethodno promatrane brzobrodске linije (veza Tablica 26.) u Grafu 32. predstavljaju „gornju“ klasu, a ovdje su označene samo nazivom polazne luke, s tim da naziv linije Lastovo /Ubli 1 obilježava brzobrodsku liniju Lastovo/Ubli – Vela Luka – Hvar – Split, a Lastovo/Ubli 2 obilježava brzobrodsku liniju Lastovo/Ubli – Korčula – Polače – Sobra – Šipanska Luka – Dubrovnik. „Donja“ klasa predstavlja brze brodove.

Izraženijim podebljanim linijama povezani su brodovi s brzobrodskim linijama koje trenutno održavaju, dok ostalim i manje izraženim linijama su povezani brodovi sa svim brzobrodskim linijama koje se mogu održavati po relevantnim kriterijima za određivanje kapaciteta broda, potrošnje pogonske energije i ocjene stručnjaka. U sljedećoj fazi s pomoću mađarske metode se sparuju maksimalne težine kada su bridovi uteženi funkcijom  $M - g_{ij}$ , a što je prikazano Grafom 33. i ujedno je optimalno sparivanje brodova i brzobrodskih linija.



**Graf 33. Optimalno sparivanje brzih brodova s odgovarajućim brzobrodskim linijama sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske s aspekta potrošnje pogonske energije u izvansezonskome razdoblju**

Izvor: Izradila doktorandica

Analizom Grafa 33. se zaključuje da brodovi po svojim karakteristikama mogu zadovoljiti potrebe više brzobrodskih linija te da se optimalan raspored brodova po brzobrodskim linijama razlikuje od inicijalnog.

Složenost klasičnog Edmondsovog algoritma, koji traži sparivanje maksimalne težine u bipartitnom grafu je  $O(mn^2)$ , gdje je  $m$  broj bridova, a  $n$  broj vrhova [144]. Kako je kod optimalnog sparivanja brodova i brzobrodskih linija uočeno podudaranje broda s brzobrodskom linijom,  $m$  raste proporcionalno  $n^2$ , što implicira da bi složenost Edmondsovog algoritma bila jednaka  $O(n^4)$ . Modifikacijama se složenost svodi na  $O(n(m+n \cdot \log n))$  što bi u ovom slučaju podrazumijevalo  $O(n^3)$ . Dakle, ovim se dokazuje da je model primjenjiv i za znatan broj brodova i brodskih linija.

Ovaj pristup je primjenjiv i na druge vrste brodova i linija. Potvrda modela je prikazana s pomoću analize trajekata u izvansezonskome razdoblju, a dio su sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog promet u Republici Hrvatskoj i klasificirani su po ekonomskoj brzini od 9 čvorova. U ovom slučaju postoji specifičnost u odnosu na prethodnu obradu jer se trajektna linija Supetar – Split održava s dva broda. Ovakva je analiza dodatna vrijednost za model

optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa jer održavanje jedne brodske linije s više brodova je očekivano za linije sa znatnom fluktuacijom putnika i znatnim brojem putovanja.

Tablica 27. sadržava relevantne podatke o trajektnim linijama sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa u Republici Hrvatskoj koje zahtijevaju trajekte brzine od 9 čvorova.

**Tablica 27. Trajektne linije sa zahtjevom brodova brzine 9 čvorova**

Linija	Udaljenost (u nm)	Izvansezona		Niska sezona		Visoka sezona	
		Broj tjednih putovanja	Minimalni kapacitet putnika/ vozila	Broj tjednih putovanja	Minimalni kapacitet putnika/ vozila	Broj tjednih putovanja	Minimalni kapacitet putnika/ vozila
Drvenik Veli – Drvenik Mali – Trogir/Soline	9,3	21	25/200	21	25/200	27	25/200
Supetar – Split	8,9	34+27	250/1000	42+42	250/1000	49+49	400/2000
Ploče – Trpanj	8,1	28	50/200	42	100/400	49	140/400
Rogač – Split	8,9	28	60/300	35	60/300	42	60/400
Sumartin – Makarska	7	21	25/150	28	25/150	35	25/150
Sudurađ – Lopud – Dubrovnik	8,4	7	25/200	7	25/200	10	25/200
Sobra – Prapratno	5,4	28	50/250	35	50/250	35	50/250

Izvor: Izradila doktorandica prema podacima Agencije za obalni linijski pomorski promet,  
www.agencija-zolpp.hr (pristupljeno 8. 3. 2022.)

U cilju analize postojećeg stanja prikazano je inicijalno pridruživanje trajekata i trajetnih linija u Tablici 28.

**Tablica 28. Inicijalno pridruživanje trajekata i trajektnih linija**

Linija	Brod	Potrošnja goriva (l/nm)	Izvansezona	
			Kapacitet putnika	Kapacitet vozila
Drvenik Veli – Drvenik Mali – Trogir/Soline	ŠOLTANKA	12,6	200	26
Supetar – Split	HRVAT	26,2	800	130
	MARJAN	36	800	127
Ploče – Trpanj	MLJET	37,5	616	145
Rogač – Split	BIOKOVO	33,1	800	138
Sumartin – Makarska	PELJEŠČANKA	14,1	200	26
Sudurađ – Lopud – Dubrovnik	HANIBAL LUCIĆ	39,6	350	30
Sobra – Prapratno	VALUN	48,1	600	82

Izvor: Izradila doktorandica prema podacima Agencije za obalni linijski pomorski promet,  
www.agencija-zolpp.hr (pristupljeno 8. 3. 2022.)

Tablica 28. sadržava podatke o potrošnji goriva po nautičkoj milji i po kapacitetu putnika i vozila za trajekte kojima se održavaju trajektne linije sa zahtjevom brzine brodova od 9 čvorova. Nakon analize trajektnih linija i odgovarajućih trajekata koji zadovoljavaju osnovni parametar – traženu brzinu, slijedi mišljenje triju spomenutih stručnjaka o prikladnosti trajekata po maritimnim sposobnostima brodova, njihovoj konstrukciji i tehničkim karakteristikama te o obilježjima luka. Tablica 29. prikazuje prikladnost brodova po pojedinim brzobrodskim linijama prema stručnom mišljenju. Usporedbom triju stručnih mišljenja, prikladnost broda po pojedinoj brzobrodskoj liniji se definira jednakim ocjenama barem dvaju stručnjaka.

**Tablica 29. Prikladnost trajekata pojedinim trajektnim linijama**

Linija	ŠOLTANKA	HRVAT	MARJAN	MLJET	BIOKOVO	PELJEŠČANKA	HANIBAL LUCIĆ	VALUN
Drvenik Veli – Drvenik Mali – Trogir/Soline	1	0	0	0	0	1	0	0
Supetar – Split	0	1	1	1	1	0	0	1
Ploče – Trpanj	0	1	1	1	1	0	0	1
Rogač – Split	0	1	1	1	1	0	0	1
Sumartin – Makarska	1	0	0	0	0	1	1	0
Suđurađ – Lopud – Dubrovnik	1	0	0	0	0	1	1	0
Sobra – Prapatno	0	1	1	1	1	0	0	1

Izvor: Izradila doktorandica prema mišljenju triju stručnjaka

U Tablici 29. brojkom 1 se označuju trajekti prikladni za određenu trajektnu liniju, odnosno znamenkom 0 trajekti koji nisu prikladni za određenu trajektnu liniju. Zaključuje se, kao i kod rezultata za brze putničke brodove i brzobrodске linije, da više od jednog broda prema svojim karakteristikama odgovara zahtjevima određene trajektne linije. Broj načina na koje se trajekti po trajektnim linijama mogu preraspodijeliti iznosi  $8!/2 = 20160$ , s napomenom da trajektnu liniju Supetar – Split održavaju dva trajekta. Od 20.160 kombinacija, svega ih 144 zadovoljavaju propisane uvjete u odnosu na kapacitet putnika i vozila te na prikladnost brodova za linije, ali cilj je doći do optimalnijeg rješenja. Tablica 30. prikazuje rezultate usporedbe

potrošnje pogonske energije u trenutnome rasporedu trajekata po trajektnim linijama i potrošnju pogonske energije u optimalnome rasporedu trajekata u izvansezonskome razdoblju. Optimalan raspored trajekata po promatranim linijama donosi maksimalnu uštedu pogonske energije.

**Tablica 30. Potrošnja pogonske energije kod inicijalnog i optimalnog pridruživanja trajekata i trajektnih linija u izvansezonskome razdoblju**

Linija	Udaljenost (u nm)	Inicijalno pridruživanje				Optimalno pridruživanje			
		Brod	Broj tjednih putovanja	Potrošnja goriva (l/nm)	Tjedna potrošnja goriva (u l)	Brod	Broj tjednih putovanja	Potrošnja goriva (l/nm)	Tjedna potrošnja goriva (u l)
Drvenik Veli - Drvenik Mali - Trogir/ Soline	9,3	ŠOLTANKA	21	14,1	5.507,46	PELJEŠČANKA	21	12,6	4.921,56
Supetar - Split	8,9	HRVAT	34	33,1	20.032,12	MLJET	34	26,2	15.856,24
		MARJAN	27	36	17.301,6	MARJAN	27	36	17.301,6
Ploče - Trpanj	8,1	MLJET	28	26,2	11.884,32	BIOKOVO	28	37,5	17.010
Rogač - Split	8,9	BIOKOVO	28	37,5	18.690	HRVAT	28	33,1	16.497,04
Sumartin - Makarska	7	PELJEŠČANKA	21	12,6	3.704,4	ŠOLTANKA	21	14,1	4.145,4
Suđurađ - Lopud - Dubrovnik	8,4	HANIBAL LUCIĆ	7	39,6	4.656,96	HANIBAL LUCIĆ	7	39,6	4.656,96
Sobra - Prapratno	5,4	VALUN	28	48,1	14.545,44	VALUN	28	48,1	14.545,44
ukupno					96.322,3				94.934,24

Izvor: Izradila doktorandica prema podatcima Agencije za obalni linijski pomorski promet,

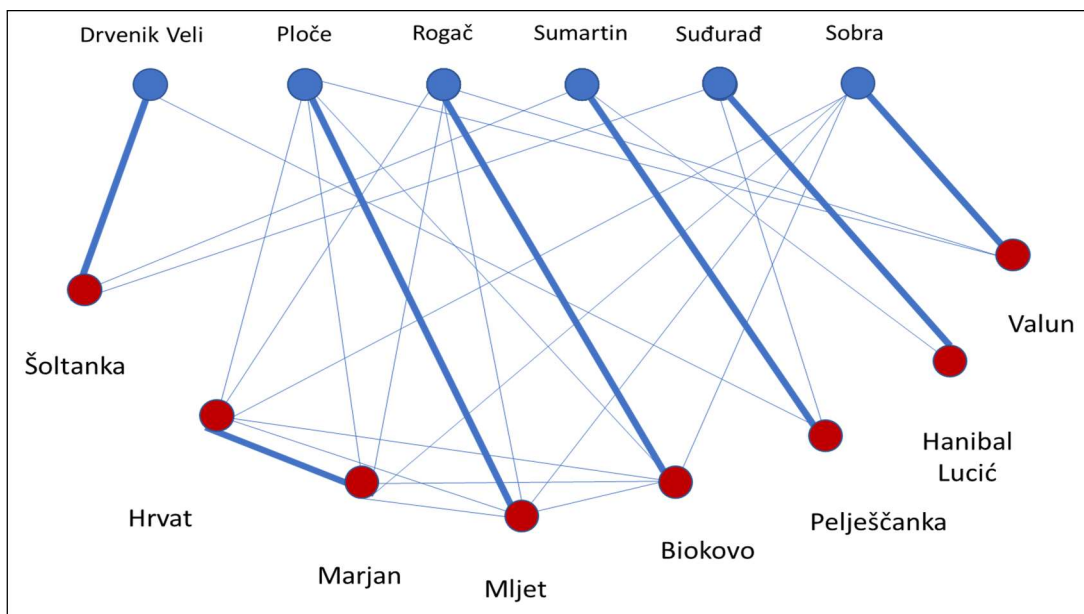
[www.agencija-zolpp.hr](http://www.agencija-zolpp.hr) (pristupljeno 8. 3. 2022.)

Iz analize Tablice 30. je razvidno da je kod optimalnog pridruživanja trajekata i trajektnih linija ostvarena ušteda pogonske energije. Ukupna potrošnja pogonske energije kod inicijalnog pridruživanja trajekata i trajektnih linija u izvansezonskome razdoblju na tjednoj bazi iznosi 96.322,3 litra, dok pri optimalnom pridruživanju tjedna potrošnja pogonske energije iznosi 94.934,24 litra.

I u slučaju optimalnog pridruživanja trajekata i trajektnih linija, kao i kod svih ostalih vrsta brodova i brodskih linija, primjenjuje se teorija grafova kako bi se izbjeglo ograničenje brojem objekata. Kada se linija održava s više od jednog broda, kao na trajektnoj liniji Supetar – Split, konstruira se težinski graf (Graf 34.) sa sljedećim svojstvima:

- 1) vrhovi su svi trajekti i sve trajektne linije osim linije Supetar – Split,
- 2) parovi trajekata su spojeni bridom ako su ta dva trajekta u paru prikladna za plovidbu na trajektnoj liniji Split – Supetar (trajekti zadovoljavaju traženu brzinu, kapacitet putnika i vozila te su ih stručnjaci ocijenili prikladnim),
- 3) sve ostale trajektne linije povezane su bridom s onim trajektima koji su prikladni da ih opslužuju,
- 4) težina brida koji povezuje dva trajekta  $a$  i  $b$  je jednaka  $M - g_{ab}$  gdje je  $M$  jako veliki broj (suma svih  $g_{ab}$ ), a  $g_{ab}$  količina pogonske energije što bi je potrošili trajekti  $a$  i  $b$  u slučaju da održavaju trajektnu liniju Supetar – Split,
- 5) težina brida koji povezuje brod  $i$  s linijom  $j$  je  $M - g_{ij}$  pri čemu je  $g_{ij}$  količina pogonske energije koju bi brod  $i$  potrošio opslužujući liniju  $j$ .



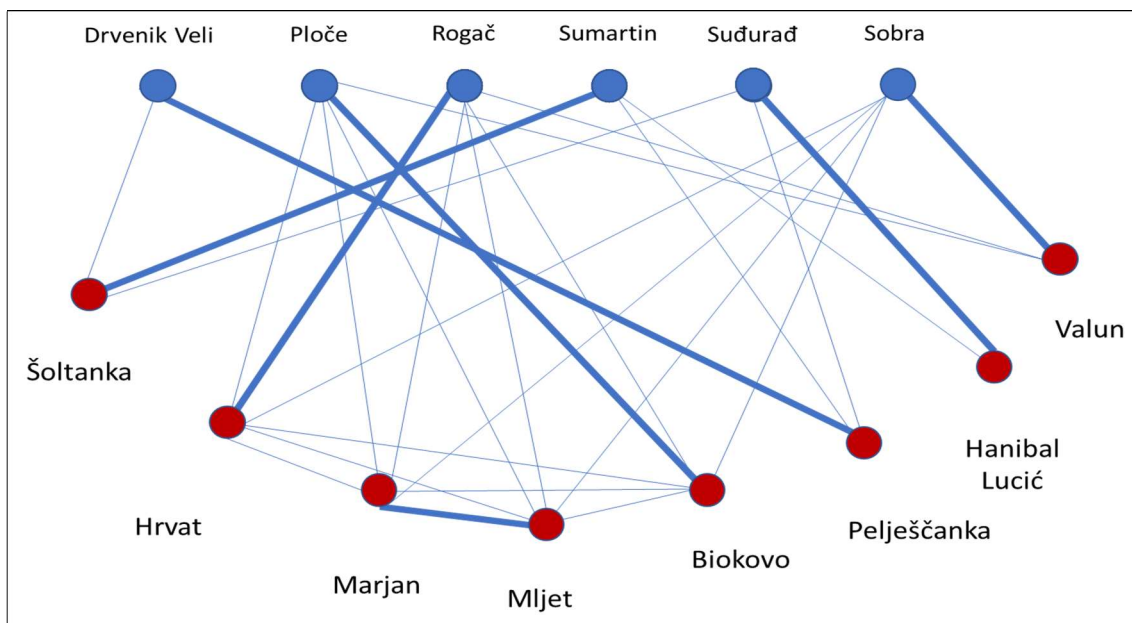


**Graf 34. Povezivanje trajekata s odgovarajućim trajektnim linijama sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske u izvansezonskome razdoblju**

Izvor: Izradila doktorandica

U Grafu 34. „gornja“ klasa predstavlja promatrane trajektne linije koje su označene kao polazne luke, dok „donja“ klasa predstavlja trajekte. Izraženijim podebljanim linijama povezani su trajekti s linijama koje trenutno održavaju, dok ostalim, manje izraženim linijama su povezani trajekti sa svim linijama koje su sposobni održavati po relevantnim kriterijima kapaciteta broda, potrošnje pogonske energije i stručnim ocjenama. Izražena podebljana linija koja povezuje trajekte *Mljet* i *Marjan* označava da oni u paru opslužuju trajektnu liniju Supetar – Split.

U sljedećoj fazi sparuju se maksimalne težine unaprjeđenom verzijom Edmondsovog algoritma radi oblikovanja optimalnog pridruživanja trajekata i trajektnih linija što je prikazano u Grafu 35.



**Graf 35. Optimalno sparivanje trajekata s odgovarajućim trajektnim linijama sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske s aspekta potrošnje pogonske energije u izvansezonskome razdoblju**

Izvor: Izradila doktorandica

Analizom Grafa 35. zaključuje se da trajekti po svojim karakteristikama mogu zadovoljiti potrebe više trajektnih linija te da se optimalan raspored brodova po trajektnim linijama razlikuje od inicijalnog.

Testiranjem modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa zaključuje se da se optimalnim rasporedom brodova s posljedicom smanjene potrošnje pogonske energije ostvaruje smanjenja potrošnja pogonske energije, što rezultira nižim troškovima, odnosno financijskim rasterećenjem. Smanjena potrošnja pogonske energije uzrokuje i manju emisiju stakleničkih plinova, prvenstveno CO<sub>2</sub> kao najzastupljenijeg stakleničkog plina iz pomorskog prometa [182]. Cjelokupni pomorski sektor je veliki izvor emisije CO<sub>2</sub>. Emisija CO<sub>2</sub> iz prometnog sektora na teritoriju Republike Hrvatske u 2019. je iznosila 36.6 % od ukupne emisije CO<sub>2</sub> [183]. Najveći udio od 96.4 % ipak se odnosi na cestovni promet, a slijede pomorski i riječni promet sa 2,4% [183].

Za izračun smanjenja emisije CO<sub>2</sub> zbog smanjenja potrošnje pogonske energije koristi se formula [184]:

$$Emisija\ CO_2\ (t) = potrošnja\ goriva\ (t) \times emisijski\ faktor\ [t-CO_2\ /t\ gorivo] \quad \dots(4)$$

Prvi korak u izračunu smanjenja emisije CO<sub>2</sub> je preračunavanje potrošnje pogonske energije iz mjerne jedinice litar u mjernu jedinicu tona. Označi li se potrošnja u litrama sa  $x$ , onda je potrošnja u kilogramima  $0.845x$ , gdje je gustoća dizela 0,845 kg/l [185].

Prema izračunu  $\frac{0.845x}{1000} = 0.000845x$  iskazuje se potrošnju u tonama.

Umnoškom prethodnog s faktorom donje ogrjevne vrijednosti, koji iznosi 42,71 GJ/t [183] dobiva se potrošnja u GJ na sljedeći način:

$$42.71 \cdot 0.000845x = 0.03608995x.$$

Potrošnja u TJ se iskazuje:

$$\frac{1}{1000} \cdot 0.03608995x = 0.00003608995x.$$

Sljedeći korak u izračunu smanjenja potrošnje CO<sub>2</sub> je množenje potrošnje u TJ i emisijskog faktora, koji za dizel iznosi 74,10 [183], a na sljedeći način:

$$74.1 \cdot 0.00003608995x = 0.002674265295 \cdot x.$$

Da bi se egzaktno odredila količina ispuštanja CO<sub>2</sub> u tonama, potrebno je dobiveni faktor pomnožiti s potrošenom količinom utrošene pogonske energije izražene u litrama. Tablicom 31. se izražavaju količine CO<sub>2</sub> prema potrošenoj pogonskoj energiji za promatrane brzobrodске linije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske na godišnjoj razini.

**Tablica 31. Količina ispuštanja CO<sub>2</sub> prema potrošnji pogonske energije kod inicijalnog i optimalnog pridruživanja brzih brodova i brzobrodskih linije**

	Inicijalno pridruživanje	Optimalno pridruživanje
	Ukupna tjedna potrošnja goriva (u l)	Ukupna tjedna potrošnja goriva (u l)
izvansezona	141.170,94	139.376,94
niska sezona	156.909,64	155.535,42
visoka sezona	172.803,64	170.976,28
<b>Ukupna potrošnja goriva na godišnjoj razini</b>	<b>8.573.942,92</b>	<b>8.482.845,62</b>
<b>Količina ispuštanja CO<sub>2</sub> (u t) na godišnjoj razini</b>	<b>22.926,72</b>	<b>22.683,13</b>

Izvor: Izradila doktorandica

Analizom Tablice 31. se zaključuje da bi se optimalnim rasporedom brzih brodova na definiranim brzobrodskim linijama na godišnjoj razini ostvarila ušteda od 91.097,30 litara goriva i smanjila emisija količine CO<sub>2</sub> za 243,59 tona. Ovim se potvrđuje da se optimalnim rasporedom brodova s posljedicom smanjene potrošnje pogonske energije smanjuje i količina emisije CO<sub>2</sub> i ostalih stakleničkih plinova. S obzirom na to da jedno stablo u prosjeku godišnje apsorbira 25 kg CO<sub>2</sub> [186], za nadoknadu 243,59 tona emisije CO<sub>2</sub> su potrebna 9.744 stabla više od potrebnog po optimalnom rasporedu brzih brodova na promatranim brzobrodskim linijama. Mora se istaknuti da se proračun bazira na relativno malome uzorku i da bi ove brojke bile znatno veće da se u obzir uzelo više brodskih linija, odnosno više brodova.

### **6.3.2. Optimalan raspored brodova s aspekta dostupnosti brodova**

Dostupnost brodova označava prikladnost brodova za određenu brodsku liniju. Svaka brodska linija, sukladno karakteristikama i s obzirom na potrebe, ima određene specifičnosti koje treba zadovoljiti odgovarajućim brodom na najbolji mogući način. Zahtjevi brodskih linija mogu biti različiti. Korisnik modela samostalno određuje koje zahtjeve će istaknuti kao bitne parametre u korištenju modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa radi optimalnog rasporeda brodova s aspekta dostupnosti brodova.

U svrhu istraživanja i s obzirom na to da se optimizira sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa na primjeru Republike Hrvatske, u obzir se uzimaju parametri koji su definirani natječajnom dokumentacijom za sve brodske linije s obvezom javne usluge u Republici Hrvatskoj, odnosno Uredbom o uvjetima i vrednovanju kriterija za davanje koncesije i sklapanje ugovora o javnoj usluzi za obavljanje javnog prijevoza u linijskom obalnom pomorskom prometu. Radi se o sljedećim parametrima: brzina broda u odnosu na zahtjeve brodske linije, raspon kapaciteta u odnosu na zahtjeve brodske linije, mogućnost ukrcanja/iskrcanja putnika na više od jednog ulaza/izlaza, protočnost broda, širina ukrcajne rampe, pristup za osobe s ograničenjem u kretanju, starost broda, mogućnost prijevoza kućnih ljubimaca [169].

Tablica 32. sadržava popis bodova za vrjednovanje brzih putničkih brodova prema zahtjevima i potrebama određenih brzobrodskih linija.

**Tablica 32. Bodovanje brzih putničkih brodova prema uvjetima brzobrodskih linija sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske**

Linija	BIŠOVO	DUBRAVKA	ADRIANA	PRINC ZADRA	SILBA	MALI PRINC	KAROLINA	VIDA	JUDITA	NONA ANA
Pula – Unije – Susak – Mali Lošinj – Ilovik – Silba – Zadar	7	3	7	3	3	0	3	3	3	0
Mali Lošinj – Ilovik – Susak – Unije – Martinšćica – Cres – Rijeka	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Novalja – Rab – Rijeka	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Olib – Silba – Premuda/Krijal – Zadar	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Ist – Molat – Zadar	7	3	7	3	3	0	3	3	3	0
Žirje – Kaprije – Šibenik	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Vis – Hvar – Milna – Split	7	3	7	3	3	0	3	3	3	0
Jelsa – Bol – Split	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Lastovo/Ubli – Vela Luka – Hvar – Split	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Lastovo/Ubli – Korčula – Polače – Sobra – Šipanska Luka – Dubrovnik	10	10	10	10	10	0	10	10	10	0
<b>Dodatni bodovi</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>22</b>	<b>12</b>	<b>32</b>	<b>12</b>	<b>12</b>

Izvor: Izradila doktorandica prema Uredbi o uvjetima i vrednovanju kriterija za davanje koncesije i sklapanje ugovora o javnoj usluzi za obavljanje javnog prijevoza u linijskom obalnom pomorskom prometu,

Narodne novine 31/14

Stavka iz Tablice 32. *Dodatni bodovi broda* se odnosi na bodove za brod neovisno o liniji s kojom ih se sparuje, a to su u predmetnome slučaju – mogućnost ukrcaja/iskrcaja putnika na više od jednog ulaza/izlaza, protočnost broda, širina ukrcajne rampe, pristup za osobe s ograničenjem u kretanju, starost broda te mogućnost prijevoza kućnih ljubimaca. Vrijednosti bodova su za ovu situaciju određene Uredbom o uvjetima i vrednovanju kriterija za davanje koncesije i sklapanje ugovora o javnoj usluzi za obavljanje javnog prijevoza u linijskom

obalnom pomorskom prometu. U nekom drugom slučaju korisnik modela može samostalno vrjednovati odabrane parametre.

Prikaz broja prevezenih putnika na promatranim brzobrodskim linijama u razdobljima izvansezona, niske sezone i visoke sezone daje Tablica 33.

**Tablica 33. Broj preveznih putnika na brzobrodskim linijama u izvansezoni, niskoj sezoni i visokoj sezoni**

<b>Linija</b>	<b>Broj prevezenih putnika-izvansezona</b>	<b>Broj prevezenih putnika-niska sezona</b>	<b>Broj prevezenih putnika-visoka sezona</b>
Pula – Unije – Susak – Mali Lošinj – Ilovik – Silba – Zadar	2.252	4.295	19.464
Mali Lošinj – Ilovik – Susak – Unije – Martinšćica – Cres – Rijeka	22.736	15.870	30.747
Novalja – Rab – Rijeka	34.023	15.081	20.331
Olib – Silba – Premuda/Krijal – Zadar	26.246	12.779	22.682
Ist – Molat – Zadar	20.312	8.474	14.021
Žirje – Kaprije – Šibenik	15.138	6.301	10.970
Vis – Hvar – Milna – Split	19.053	16.728	20.398
Jelsa – Bol – Split	31.854	17.442	23.771
Lastovo/Ubli – Vela Luka – Hvar – Split	72.748	32.136	36.371
Lastovo/Ubli – Korčula – Polače – Sobra – Šipanska Luka – Dubrovnik	18.057	14.993	26.225

Izvor: Izradila doktorandica prema podacima Agencije za obalni linijski pomorski promet, [www.agencija-zolpp.hr](http://www.agencija-zolpp.hr) (pristupljeno 26. 9. 2021.)

Nakon analize broja prevezenih putnika slijedi sparivanje maksimalnih težina tako da je težina svakog brida suma jako velikog broja (npr. umnožak svih prevezenih putnika i broja bodova svih brodova kada voze na relaciji za koju dobivaju najviše bodova) i produkta broja bodova što bi ih brod dobio da vozi određenu liniju i broja prevezenih putnika na toj liniji. Time se postiže da optimalno pridruživanje bude upravo ono u kojem je dostupnost broda maksimalno u funkciji zadovoljenja putničkih potreba. Rezultati za sve tri sezone su predstavljeni tablicama 34., 35. i 36.

**Tablica 34. Prikladnost brzih brodova brzobrodskim linijama u odnosu na putnike kod inicijalnog pridruživanja i optimalnog pridruživanja u izvansezonskome razdoblju**

Linija	Broj prevezenih putnika	Inicijalno pridruživanje			Optimalno pridruživanje		
		Brod	Bodovi	Produkt	Brod	Bodovi	Produkt
Pula – Unije – Susak - Mali Lošinj – Ilovik – Silba - Zadar	2.252	BISOVO	19	42.788	SILBA	5	11.260
Mali Lošinj – Ilovik – Susak – Unije – Martinšćica – Cres - Rijeka	22.736	DUBRAVKA	12	272.832	DUBRAVKA	12	272.832
Novalja – Rab - Rijeka	34.023	ADRIANA	15	510.345	ADRIANA	15	510.345
Olib – Silba - Premuda/Krijal - Zadar	26.246	PRINC ZADRA	12	314.952	PRINC ZADRA	12	314.952
Ist – Molat - Zadar	20.312	SILBA	5	101.560	BISOVO	19	385.928
Žirje – Kaprije - Šibenik	15.138	MALI PRINC	32	484.416	MALI PRINC	32	484.416
Vis – Hvar - Milna - Split	19.053	KAROLINA	15	285.795	KAROLINA	15	285.795
Jelsa – Bol - Split	31.854	VIDA	32	1.019.328	JUDITA	12	382.248
Lastovo/Ubli - Vela Luka – Hvar - Split	72.748	JUDITA	12	872.976	VIDA	32	2.327.936
Lastovo/Ubli – Korčula – Polače – Sobra - Šipanska Luka - Dubrovnik	18.057	NONA ANA	12	216.684	NONA ANA	12	216.684
Ukupno				4.121.676			5.192.396

Izvor: Izradila doktorandica

Analizirajući Tablicu 34. razvidno je da se optimalan raspored brodova u odnosu na prikladnost brodova i broja prevezenih putnika razlikuje od trenutnog rasporeda. Produktom broja prevezenih putnika i bodova broda na određenoj brzobrodskoj liniji vrjednuje se prikladnost brodova za određenu brzobrodsku liniju s aspekta maksimalne dostupnosti brodova putnicima. Kod inicijalnog pridruživanja, suma vrijednosti produkata iznosi 4.121.676, dok je kod optimalnog pridruživanja suma vrijednosti produkata 5.192.396.

Tablica 35. prikazuje optimalni raspored brzih putničkih brodova u odnosu na njihovu dostupnost u razdoblju niske sezone. Suma vrijednosti produkata pri inicijalnom pridruživanju iznosi 2.270.222, a pri optimalnom pridruživanju 2.662.707.

**Tablica 35. Prikladnost brzih brodova brzobrodskim linijama u odnosu na putnike kod inicijalnog i optimalnog pridruživanja u razdoblju niske sezone**

Linija	Broj prevezenih putnika	Inicijalno pridruživanje			Optimalno pridruživanje		
		Brod	Bodovi	Produkt	Brod	Bodovi	Produkt
Pula – Unije – Susak - Mali Lošinj – Ilovik – Silba - Zadar	4.295	BISOVO	19	81.605	SILBA	5	21.475
Mali Lošinj – Ilovik – Susak – Unije – Martinšćica – Cres - Rijeka	15.870	DUBRAVKA	12	190.440	DUBRAVKA	12	190.440
Novalja – Rab - Rijeka	15.081	ADRIANA	15	226.215	KAROLINA	12	180.972
Olib – Silba - Premuda/Krijal - Zadar	12.779	PRINC ZADRA	12	153.348	PRINC ZADRA	12	153.348
Ist – Molat - Zadar	8.474	SILBA	5	42.370	JUDITA	15	127.110
Žirje – Kaprije - Šibenik	6.301	MALI PRINC	32	201.632	MALI PRINC	32	201.632
Vis – Hvar – Milna - Split	16.728	KAROLINA	15	250.920	BISOVO	19	317.832
Jelsa – Bol - Split	17.442	VIDA	32	558.144	ADRIANA	15	261.630
Lastovo/Ubli - Vela Luka – Hvar - Split	32.136	JUDITA	12	385.632	VIDA	32	1.028.352
Lastovo/Ubli – Korčula – Polače – Sobra - Šipanska Luka - Dubrovnik	14.993	NONA ANA	12	179.916	NONA ANA	12	179.916
Ukupno				2.270.222			2.662.707

Izvor: Izradila doktorandica

Tablica 36. prikazuje optimalni raspored brzih putničkih brodova u odnosu na njihovu dostupnost u razdoblju visoke sezone. Suma vrijednosti produkata pri inicijalnom pridruživanju iznosi 3.554.868 dok pri optimalnom pridruživanju iznosi 3.841.852.

**Tablica 36. Prikladnost brzih brodova brzobrodskim linijama u odnosu na putnike kod inicijalnog i optimalnog pridruživanja u razdoblju visoke sezone**

Linija	Broj prevezenih putnika	Inicijalno pridruživanje			Optimalno pridruživanje		
		Brod	Bodovi	Produkt	Brod	Bodovi	Produkt
Pula – Unije – Susak - Mali Lošinj – Ilovik – Silba - Zadar	19.464	BISOVO	19	369.816	DUBRAVKA	15	291.960
Mali Lošinj – Ilovik – Susak – Unije – Martinšćica – Cres - Rijeka	30.747	DUBRAVKA	12	368.964	ADRIANA	15	461.205
Novalja – Rab - Rijeka	20.331	ADRIANA	15	304.965	KAROLINA	12	243.972
Olib – Silba - Premuda/Krijal - Zadar	22.682	PRINC ZADRA	12	272.184	PRINC ZADRA	12	272.184
Ist – Molat - Zadar	14.021	SILBA	5	70.105	SILBA	5	70.105
Žirje – Kaprije - Šibenik	10.970	MALI PRINC	32	351.040	MALI PRINC	32	351.040
Vis – Hvar – Milna - Split	20.398	KAROLINA	15	305.970	BISOVO	19	387.562



Jelsa – Bol - Split	23.771	VIDA	32	760.672	JUDITA	12	285.252
Lastovo/Ubli - Vela Luka – Hvar - Split	36.371	JUDITA	12	436.452	VIDA	32	1.163.872
Lastovo/Ubli – Korčula – Polače – Sobra - Šipanska Luka - Dubrovnik	26.225	NONA ANA	12	314.700	NONA ANA	12	314.700
Ukupno				3.554.868			3.841.852

Izvor: Izradila doktorandica

Isti se pristup i za ostale brodove provodi kreiranjem optimalnog rasporeda brodova s aspekta dostupnosti brodova, a on će se potvrditi kreiranjem optimalnog rasporeda trajekata u izvansezonskome razdoblju. Na temelju Uredbe o uvjetima i vrednovanju kriterija za davanje koncesije i sklapanje ugovora o javnoj usluzi za obavljanje javnog prijevoza u linijskom obalnom pomorskom prometu, definirani su parametri i njihove vrijednosti za ocjenu trajekata, kako je prezentirano u Tablici 37.

**Tablica 37. Bodovanje trajekata prema uvjetima trajektnih linija sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske**

Linija	ŠOLTANKA	HRVAT	MARJAN	MLJET	BIKOVO	PELJEŠČANKA	HANIBAL LUCIĆ	VALUN
	Drvenik Veli – Drvenik Mali – Trogir/Soline	0	2	2	2	2	0	0
Supetar – Split	0	2	2	0	0	0	0	0
Ploče – Trpanj	0	2	2	2	2	0	0	2
Rogač – Split	0	2	2	2	2	0	0	2
Sumartin – Makarska	0	2	2	2	2	0	0	2
Suđurađ – Lopud – Dubrovnik	0	2	2	2	2	0	0	2
Sobra – Prapratno	0	2	2	2	2	0	0	2
Dodatni bodovi	0	39	39	38	39	0	7	9

Izvor: Izradila doktorandica prema Uredbi o uvjetima i vrednovanju kriterija za davanje koncesije i sklapanje ugovora o javnoj usluzi za obavljanje javnog prijevoza u linijskom obalnom pomorskom prometu, Narodne novine 31/14

Slijedi Tablica 38. u kojoj je prikazan broj prevezenih putnika na određenim trajektnim linijama u izvansezonskome razdoblju. Na ovaj način se vrši analiza broja prevezenih putnika, što se potom dovodi u odnos s prikladnošću brodova određenoj trajektnoj liniji.

**Tablica 38. Broj prevezanih putnika na trajektnim linijama u izvansezoni**

Linija	Broj prevezenih putnika-izvansezona
Drvenik Veli – Drvenik Mali – Trogir/Soline	38.624
Supetar – Split	828.850
Ploče – Trpanj	119.319
Rogač – Split	151.253
Sumartin – Makarska	36.009
Sušurađ – Lopud – Dubrovnik	7.403
Sobra – Prapratno	55.079

Izvor: Izradila doktorandica prema podacima Agencija za obalni linijski pomorski promet, [www.agencija-zolpp.hr](http://www.agencija-zolpp.hr) (pristupljeno 1. 8. 2021.)

Maksimalne težine se kao u Grafu 34. sparuju tako da je težina svakog brida suma jako velikog broja (npr. umnoška prevezenih putnika i broja bodova svih brodova dok voze na relaciji za koju dobivaju najviše bodova) te produkta broja bodova što bi ih brod dobio da vozi na određenoj liniji i broja prevezenih putnika na toj liniji. Izuzetak je trajektna linija Supetar – Split jer se održava s dva trajekta pa se dobiveni produkt dijeli brojem dva.

Optimalno pridruživanje u kojem je dostupnost trajekta u funkciji maksimalnog zadovoljenja potreba putnika u izvansezonskome razdoblju prikazano je u Tablici 39.

**Tablica 39. Prikladnost trajekata linijama u odnosu na putnike kod inicijalnog pridruživanja i optimalnog pridruživanja u izvansezonskome razdoblju**

Linija	Broj prevezenih putnika	Inicijalno pridruživanje			Optimalno pridruživanje		
		Brod	Bodovi	Produkt	Brod	Bodovi	Produkt
Drvenik Veli - Drvenik Mali - Trogir/Soline	38.624	ŠOLTANKA	0	0	ŠOLTANKA	0	0
Supetar - Split	828.850	HRVAT	41	16.991.425	HRVAT	41	16.991.425
		MARJAN	41	16.991.425	MARJAN	41	16.991.425
Ploče -Trpanj	119.319	MLJET	40	4.772.760	MLJET	40	4.772.760
Rogač -Split	151.253	BIOKOVO	41	6.201.373	BIOKOVO	41	6.201.373
Sumartin - Makarska	36.009	PELJEŠČANKA	0	0	HANIBAL LUCIĆ	7	252.063
Sušurađ – Lopud - Dubrovnik	7.403	HANIBAL LUCIĆ	7	51.821	PELJEŠČANKA	0	0
Sobra - Prapratno	55.079	VALUN	11	605.869	VALUN	11	605.869
Ukupno				45.614.673			45.814.915

Izvor: Izradila doktorandica

Analizirajući Tablicu 39. uočava se da se optimalan raspored brodova u odnosu na prikladnost brodova i broja prevezenih putnika razlikuje od trenutnog rasporeda. Produktom broja prevezenih putnika i bodova broda na određenoj trajektnoj liniji vrijeduje se prikladnost brodova za određenu trajektnu liniju s aspekta maksimalne dostupnosti trajekata putniku. Pri inicijalnom pridruživanju suma vrijednosti produkata iznosi 45.614.673, dok pri optimalnom pridruživanju suma vrijednosti produkata iznosi 45.814.915, što znači da je optimalno pridruživanje trajekata trajektnim linijama prihvatljivije s aspekta dostupnosti brodova u odnosu na putnika.

### **6.3.3. Kompromisni pristup optimalnomu rasporedu brodova unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa**

Nadogradnja za optimalni raspored brodova unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa s posljedicom reducirane potrošnje pogonske energije i s aspekta maksimalne dostupnosti brodova je kompromisni pristup. Kompromisnim pristupom se postiže ravnoteža između optimizacije s aspekta potrošnje pogonske energije i optimizacije s aspekta dostupnosti brodova, odnosno u najvećoj mogućoj mjeri se ostvaruju oba pristupa optimizaciji.

Postupa se prema već istaknutoj mjeri kvalitete funkcije  $f$  koja sparuje brodske linije i brodove, a zadana je formulom (2) gdje je  $b_{ij}$  broj bodova prikladnosti broda  $i$  pri održavanju brodske linije  $j$  pomnožen s brojem prevezenih putnika na brodskoj liniji  $j$ ,  $g_{ij}$  označava potrošnju pogonske energije broda  $i$  pri održavanju brodske linije  $j$ ,  $B$  označava sumu  $b_{ij}$  kod svih brodskih linija kojima je brod  $i$  inicijalno pridruženi, a analogno tome  $G$  označava sumu  $g_{ij}$  kod svih brodskih linija kojima je brod  $i$  inicijalno pridružen.

Za primjer kreiranja kompromisnog pristupa optimalnomu rasporedu brodova unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa u Republici Hrvatskoj se daje u daljnjoj obradi prethodno optimalno raspoređenih brzih brodova na brzobrodskim linijama u izvansezonskome razdoblju s aspekta potrošnje pogonske energije i dostupnosti brodova. Prvi korak za kompromisni pristup optimalnomu rasporedu brodova unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa je normiranje potrošnje pogonske energije i dostupnosti broda za inicijalno pridruživanje na 1.

Tablica 40. sadržava sve vrijednosti  $g_{ij}$  po promatranim brzobrodskim linijama.  $G$ , koji označava sumu  $g_{ij}$  kod svih brodskih linija, kojima je brod  $i$  inicijalno pridružen u ovom slučaju, iznosi 141.170,94.

**Tablica 40. Vrijednosti  $g_{ij}$  po promatranim brzobrodskim linijama**

Linija	Pula – Unije – Susak – Mali Lošinj – Ilovik – Silba – Zadar	Mali Lošinj – Ilovik – Susak – Unije – Martinšćica – Cres – Rijeka	Novalja – Rab – Rijeka	Olib – Silba – Premuda/ Krijal – Zadar	Ist – Molat – Zadar	Žirje – Kaprije –Šibenik	Vis – Hvar – Milna – Split	Jelsa – Bol – Split	Lastovo/ Ubli – Vela Luka – Hvar – Split	Lastovo/Ubli – Korčula – Polače – Sobra – Šipanska Luka – Dubrovnik
Brod										
BIŠOVO	5298,00	25872,00	23646,00	18480,00	12240,00	11232,00	12432,00	12600,00	25242,00	9156,00
DUBRAVKA	4891,82	23888,48	21833,14	17063,20	11301,60	10370,88	11478,88	11634,00	23306,78	8454,04
ADRIANA	5386,30	26303,20	24040,10	18788,00	12444,00	11419,20	12639,20	12810,00	25662,70	9308,60
PRINC ZADRA	4768,20	23284,80	21281,40	16632,00	11016,00	10108,80	11188,80	11340,00	22717,80	8240,40
SILBA	4821,18	23543,52	21517,86	16816,80	11138,40	10221,12	11313,12	11466,00	22970,22	8331,96
MALI PRINC	2472,40	12073,60	11034,80	8624,00	5712,00	5241,60	5801,60	5880,00	11779,60	4272,80
KAROLINA	5439,28	26561,92	24276,56	18972,80	12566,40	11531,52	12763,52	12936,00	25915,12	9400,16
VIDA	5174,38	25268,32	23094,26	18048,80	11954,40	10969,92	12141,92	12306,00	24653,02	8942,36
JUDITA	5050,76	24664,64	22542,52	17617,60	11668,80	10707,84	11851,84	12012,00	24064,04	8728,72
NONA ANA	3355,40	16385,60	14975,80	11704,00	7752,00	7113,60	7873,60	7980,00	15986,60	5798,80

Izvor: Izradila doktorandica

Donja Tablica 41. sadržava sve vrijednosti  $b_{ij}$  po promatranim brzobrodskim linijama.

**Tablica 41. Vrijednosti  $b_{ij}$  po promatranim brzobrodskim linijama**

Linija	Pula – Unije – Susak - Mali Lošinj – Ilovik – Silba - Zadar	Mali Lošinj – Ilovik – Susak – Unije – Martinšćica – Cres - Rijeka	Novalja – Rab - Rijeka	Olib – Silba - Premuda/ Krijal - Zadar	Ist – Molat - Zadar	Žirje – Kaprije -Šibenik	Vis – Hvar – Milna - Split	Jelsa – Bol - Split	Lastovo/ Ubli - Vela Luka – Hvar - Split	Lastovo/Ubli – Korčula – Polače – Sobra - Šipanska Luka - Dubrovnik
Brod										
BIŠOVO	42788	272832	408276	314952	385928	333036	362007	382248	872976	397254
DUBRAVKA	33780	272832	408276	314952	304680	333036	285795	382248	872976	397254
ADRIANA	42788	341040	510345	393690	385928	333036	362007	477810	1091220	397254
PRINC ZADRA	33780	272832	408276	314952	304680	333036	285795	382248	872976	397254
SILBA	11260	45472	68046	52492	101560	181656	95265	63708	145496	216684
MALI PRINC	49544	500192	748506	577412	446864	484416	419166	700788	1600456	397254
KAROLINA	33780	272832	408276	314952	304680	333036	285795	382248	872976	397254
VIDA	78820	727552	1088736	839872	710920	635796	666855	101932 8	2327936	758394
JUDITA	33780	272832	408276	314952	304680	333036	285795	382248	872976	397254
NONA ANA	27024	272832	408276	314952	243744	333036	228636	382248	872976	216684

Izvor: Izradila doktorandica

$B$  koji označava sumu  $b_{ij}$  kod svih brodskih linija kojima je brod  $i$  inicijalno pridružen, a u ovom slučaju iznosi 4.121.676.

S obzirom na jednaku važnost obaju čimbenika u realizaciji određene brodske linije, dobivene vrijednosti ravnomjerno se utežuju s faktorom 0.5. Potrošnja pogonske energije označava se s negativnim predznakom jer je jedan od osnovnih ciljeva da se reducira potrošnja pogonske energije. Tablica 42. predstavlja izračunate vrijednosti po formuli (2) za promatrane brze brodove i brzobrodске linije.

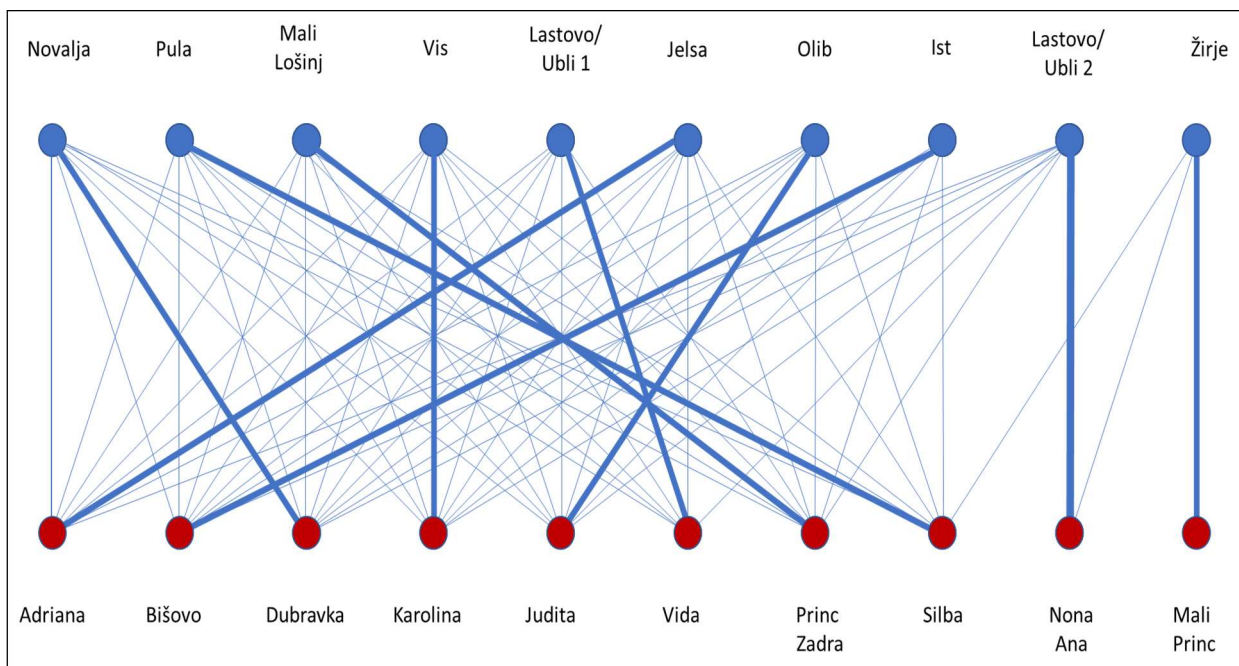
**Tablica 42. Vrijednosti  $\frac{1}{2} \frac{b_{ij}}{B} - \frac{1}{2} \frac{g_{ij}}{G}$  po promatranim brzobrodskim linijama**

Linija	Pula – Unije – Susak - Mali Lošinj – Ilovik – Silba - Zadar	Mali Lošinj – Ilovik – Susak – Unije– Martinšćica – Cres - Rijeka	Novalja – Rab - Rijeka	Olib – Silba – Premuda /Krijal - Zadar	Ist – Molat - Zadar	Žirje – Kaprije -Šibenik	Vis – Hvar – Milna - Split	Jelsa – Bol - Split	Lastovo/ Ubli - Vela Luka – Hvar - Split	Lastovo /Ubli – Korčula – Polače – Sobra - Šipanska Luka - Dubrovnik
Brod										
BIŠOVO	-0,0271	-0,1171	-0,0684	-0,0545	0,0069	0,0012	-0,0002	0,0035	0,0330	0,0315
DUBRAVKA	-0,0265	-0,1030	-0,0556	-0,0445	-0,0061	0,0073	-0,0120	0,0103	0,0467	0,0365
ADRIANA	-0,0278	-0,1036	-0,0465	-0,0376	0,0055	-0,0001	-0,0017	0,0252	0,0830	0,0304
PRINC ZADRA	-0,0256	-0,0987	-0,0517	-0,0414	-0,0041	0,0092	-0,0099	0,0124	0,0509	0,0380
SILBA	-0,0314	-0,1557	-0,1359	-0,1064	-0,0543	-0,0283	-0,0570	-0,0658	-0,1274	-0,0064
MALI PRINC	-0,0055	0,0358	0,1034	0,0790	0,0680	0,0804	0,0606	0,1284	0,3049	0,0661
KAROLINA	-0,0303	-0,1220	-0,0729	-0,0580	-0,0151	-0,0009	-0,0211	0,0011	0,0282	0,0298
VIDA	-0,0175	-0,0025	0,1006	0,0759	0,0878	0,0766	0,0758	0,1601	0,3902	0,1207
JUDITA	-0,0276	-0,1085	-0,0606	-0,0484	-0,0087	0,0050	-0,0146	0,0077	0,0413	0,0346
NONA ANA	-0,0172	-0,0499	-0,0070	-0,0065	0,0042	0,0304	-0,0003	0,0362	0,0986	0,0115

Izvor: Izradila doktorandica

Slijedi sparivanje maksimalnih težina gdje se vrijednostima iz Tablice 42. dodaje  $M$  (produkt broja brodova i broja brodskih linija,  $M = i \cdot j$ ) kao osiguranje da sparivanje maksimalne težine bude ujedno i savršeno sparivanje.  $M$  u ovom slučaju iznosi 100. Brid koji povezuje brod  $i$  s brodskom linijom  $j$  utežuje se formulom (3), čime se oblikuje optimalan raspored brzih brodova na promatranim brzobrodskim linijama.

Grafom 36. se prikazuje optimalno sparivanje kompromisnim pristupom brzih brodova i brzobrodskih linija sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske u izvansezonskome razdoblju. U Grafu 36. „gornja“ klasa predstavlja promatrane brzobrodске linije koje su označene samo nazivom polazne luke, s tim da naziv linije Lastovo /Ubli 1 obilježava brzobrodsku liniju Lastovo/Ubli – Vela Luka – Hvar – Split, a Lastovo/Ubli 2 obilježava brzobrodsku liniju Lastovo/Ubli – Korčula – Polače – Sobra – Šipanska Luka – Dubrovnik. „Donja“ klasa predstavlja brze brodove. Izraženijim podebljanim linijama su povezani brodovi s brzobrodskim linijama na optimalan način, a isti rezultat je dobiven kompromisnim pristupom, odnosno uzeti su u obzir i potrošnja pogonske energije i dostupnost brodova.



**Graf 36. Optimalno sparivanje kompromisnim pristupom brzih brodova s odgovarajućim brzobrodskim linijama sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske u izvansezonskome razdoblju**

Izvor: Izradila doktorandica

Opisanim načinom se oblikuje optimalno pridruživanje brzih putničkih brodova i brzobrodskih linija kompromisnim pristupom. Kompromisni pristup, jednako kao optimalan raspored brodova s posljedicom manje potrošnje pogonske energije i optimalan raspored brodova s aspekta dostupnosti brodova, može se prakticirati u trima različitim statičkim slikama izvansezona, niske i visoke sezone.

Optimalno pridruživanje brzih putničkih brodova i promatranih brzobrodskih linija sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa u Republici Hrvatskoj kompromisnim pristupom prikazano je u Tablici 43.

**Tablica 43. Trenutni raspored i optimalno pridruživanje brzih putničkih brodova i brzobrodskih linija kompromisnim pristupom u izvansezoni, niskoj i visokoj sezoni**

Linija	Trenutni raspored	Optimalno pridruživanje- Izvansezona	Optimalno pridruživanje- Niska sezona	Optimalno pridruživanje- Visoka sezona
Pula – Uniye – Susak – Mali Lošinj – Ilovik – Silba – Zadar	BIŠOVO	SILBA	SILBA	PRINC ZADRA
Mali Lošinj – Ilovik – Susak – Uniye – Martinšćica – Cres – Rijeka	DUBRAVKA	PRINC ZADRA	PRINC ZADRA	ADRIANA
Novalja – Rab – Rijeka	ADRIANA	DUBRAVKA	DUBRAVKA	DUBRAVKA
Olib – Silba – Premuda/Krijal – Zadar	PRINC ZADRA	JUDITA	JUDITA	JUDITA
Ist – Molat – Zadar	SILBA	BIŠOVO	KAROLINA	SILBA
Žirje – Kaprije – Šibenik	MALI PRINC	MALI PRINC	MALI PRINC	MALI PRINC
Vis – Hvar – Milna – Split	KAROLINA	KAROLINA	BISOVO	BISOVO
Jelsa – Bol – Split	VIDA	ADRIANA	ADRIANA	KAROLINA
Lastovo/Ubli – Vela Luka – Hvar – Split	JUDITA	VIDA	VIDA	VIDA
Lastovo/Ubli – Korčula – Polače – Sobra – Šipanska Luka – Dubrovnik	NONA ANA	NONA ANA	NONA ANA	NONA ANA

Izvor: Izradila doktorandica

Analizom Tablice 43. se zaključuje da optimalan raspored brodova oblikovan kompromisnim pristupom može varirati u različitim godišnjim periodima, a u nekim slučajevima optimalno rješenje je da određenu brzobrodsku liniju održava isti brod tijekom cijele godine.

Kompromisni pristup daje ravnotežu između optimalnog rasporeda brodova s aspekta potrošnje pogonske energije i optimalnog rasporeda brodova s aspekta njihove dostupnosti za sve vrste linija i brodova.



Kao i u prethodnim obradama, potvrda kompromisnog pristupa je vidljiva iz prikaza na trajektima i trajektnim linijama sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa u Republici Hrvatskoj u izvansezonskome razdoblju. Započinje se normiranjem potrošnje pogonske energije i dostupnosti broda za inicijalno pridruživanje na 1, a potom se ravnomjerno utežuju s faktorom 0.5, kao i za brze putničke brodove i brzobrodске linije.

Tablica 44. sadržava sve vrijednosti  $g_{ij}$  po promatranim trajektnim linijama.  $G$  iznosi 96.322,300, a označava sumu  $g_{ij}$  za sve trajektne linije kojima je brod  $i$  inicijalno pridružen.

**Tablica 44. Vrijednosti  $g_{ij}$  po promatranim trajektnim linijama**

Linija	Drvenik Veli - Drvenik Mali - Trogir/Soline	Supetar - Split	Ploče - Trpanj	Rogač - Split	Sumartin - Makarska	Sudurađ - Lopud - Dubrovnik	Sobra - Prapratno
Brod							
ŠOLTANKA	5507,460	8533,320	6395,760	7027,440	4145,400	1658,160	4263,840
HRVAT	12928,860	20032,120	15014,160	16497,040	9731,400	3892,560	10009,440
MARJAN	14061,600	21787,200	16329,600	17942,400	10584,000	4233,600	10886,400
MLJET	10233,720	15856,240	11884,320	13058,080	7702,800	3081,120	7922,880
BIOKOVO	14647,500	22695,000	17010,000	18690,000	11025,000	4410,000	11340,000
PELJEŠČANKA	4921,560	7625,520	5715,360	6279,840	3704,400	1481,760	3810,240
HANIBAL LUCIĆ	15467,760	23965,920	17962,560	19736,640	11642,400	4656,960	11975,040
VALUN	18787,860	29110,120	21818,160	23973,040	14141,400	5656,560	14545,440

Izvor: Izradila doktorandica

Sve vrijednosti  $b_{ij}$  po promatranim trajektnim linijama sadržava Tablica 45., a iz čega se izračunava i  $B$  koji u ovom slučaju iznosi 45.614.673.  $B$  označava sumu  $b_{ij}$  kod svih brodskih linija kojima je brod  $i$  inicijalno pridruženi.

**Tablica 45. Vrijednosti  $b_{ij}$  po promatranim trajektnim linijama**

Linija	Drvenik Veli - Drvenik Mali -Trogir/Soline	Supetar - Split	Ploče - Trpanj	Rogač - Split	Sumartin - Makarska	Sudurađ – Lopud - Dubrovnik	Sobra - Prapatno
Brod							
ŠOLTANKA	0	0	0	0	0	0	0
HRVAT	1583584	16991425	4892079	6201373	1476369	303523	2258239
MARJAN	1583584	16991425	4892079	6201373	1476369	303523	2258239
MLJET	1544960	15748150	4772760	6050120	1440360	296120	2203160
BIOKOVO	1583584	16162575	4892079	6201373	1476369	303523	2258239
PELJEŠČANKA	0	0	0	0	0	0	0
HANIBA L LUCIĆ	270368	2900975	835233	1058771	252063	51821	385553
VALUN	424864	3729825	1312509	1663783	396099	81433	605869

Izvor: Izradila doktorandica

Nakon prethodnih izračuna, sve dobivene vrijednosti se ravnomjerno utežuju s faktorom 0.5 s obzirom na važnost obaju faktora, a čijom se ravnotežom postiže optimalan raspored brodova na određenim trajektnim linijama unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa

Republike Hrvatske. Potrošnja pogonske energije označava se s negativnim predznakom, jer je reducirana potrošnja pogonske energije jedan od osnovnih ciljeva.

Tablica 46. sadržava izračun vrijednosti po formuli (2) za promatrane trajekte i trajektne linije koje se u sljedećoj fazi utežuju brojem  $M$  prema formuli (3). U ovom slučaju  $M$  kao produkt broja brodova i broja brodskih linija ( $M = i \cdot j$ ) iznosi 56.

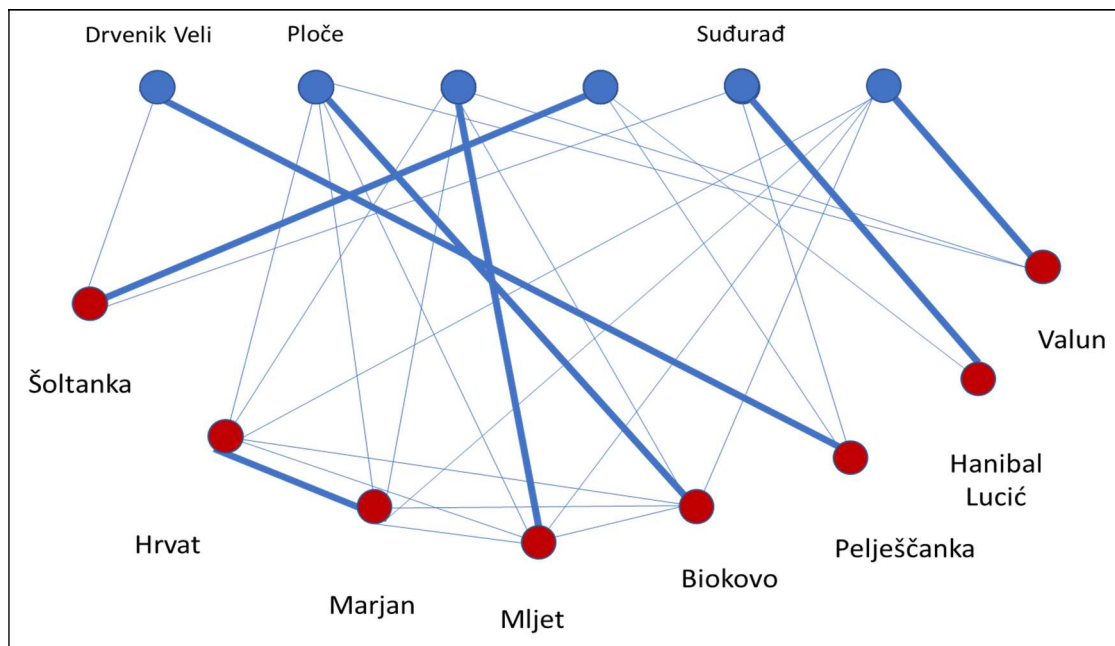
**Tablica 46. Vrijednosti  $\frac{1}{2} \frac{b_{ij}}{B} - \frac{1}{2} \frac{g_{ij}}{G}$  po promatranim trajektnim linijama**

Linija	Drvenik Veli - Drvenik Mali - Trogir/Soline	Supetar - Split	Ploče - Trpanj	Rogač - Split	Sumartin - Makarska	Sudurađ – Lopud - Dubrovnik	Sobra - Prapatno
Brod							
ŠOLTANKA	-0,0572	-0,0886	-0,0664	-0,0730	-0,0430	-0,0172	-0,0443
HRVAT	-0,0995	0,1645	-0,0486	-0,0353	-0,0687	-0,0338	-0,0544
MARJAN	-0,1113	0,1463	-0,0623	-0,0503	-0,0775	-0,0373	-0,0635
MLJET	-0,0724	0,1806	-0,0187	-0,0029	-0,0484	-0,0255	-0,0340
BIOKOVO	-0,1174	0,1187	-0,0693	-0,0581	-0,0821	-0,0391	-0,0682
PELJEŠČANKA	-0,0511	-0,0792	-0,0593	-0,0652	-0,0385	-0,0154	-0,0396
HANIBAL LUCIĆ	-0,1547	-0,1852	-0,1682	-0,1817	-0,1153	-0,0472	-0,1159
VALUN	-0,1857	-0,2204	-0,1977	-0,2124	-0,1381	-0,0569	-0,1377

Izvor: Izradila doktorandica

Znači, slijedi sparivanje maksimalnih težina gdje se svakomu bridu dodaje jedan veliki broj  $M$  kao osiguranje da sparivanje maksimalne težine bude ujedno i savršeno sparivanje. Brid koji povezuje brod  $i$  s linijom  $j$  utežuje se na jednak način kao kod brzih putničkih brodova i brzobrodskih linija formulom (3).

Grafom 37. se prikazuje optimalno sparivanje kompromisnim pristupom trajekata i trajektnih linija sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske u izvansezonskome razdoblju. U Grafu 37. „gornja“ klasa predstavlja promatrane trajektne linije koje su označene samo nazivom polazne luke, dok „donja“ klasa predstavlja trajekte. Izraženijim podebljanim linijama optimalno su povezani brodovi s brzobrodskim linijama, a isto je dobiveno kompromisnim pristupom, odnosno uzeti su u obzir i potrošnja pogonske energije i dostupnost brodova.



**Graf 37. Optimalno sparivanje kompromisnim pristupom trajekata s odgovarajućim trajektnim linijama sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske u izvansezonskome razdoblju**

Izvor: Izradila doktorandica

Trenutno stanje i optimalno pridruživanje trajekata i trajektnih linija kompromisnim pristupom, čime se objedinjuje optimalan raspored brodova s posljedicom uštede pogonske energije i maksimalnom dostupnošću trajekata u razdoblju izvansezone, predstavljeno je u Tablici 47.

**Tablica 47. Trenutni raspored i optimalno pridruživanje trajekata i trajektnih linija kompromisnim pristupom u izvansezoni**

<b>Linija</b>	<b>Trenutni raspored</b>	<b>Izvansezona</b>
Drvenik Veli - Drvenik Mali - Trogir/Soline	ŠOLTANKA	PELJEŠČANKA
Supetar - Split	HRVAT	HRVAT
	MARJAN	MARJAN
Ploče - Trpanj	MLJET	BIOKOVO
Rogač - Split	BIOKOVO	MLJET
Sumartin - Makarska	PELJEŠČANKA	ŠOLTANKA
Suđurađ – Lopud - Dubrovnik	HANIBAL LUCIĆ	HANIBAL LUCIĆ
Sobra - Prapratno	VALUN	VALUN

Izvor: Izradila doktorandica

Rezultatima iz Tablice 47. potvrđuje se kompromisni pristup predložen na brzobrodskim linijama sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa u Republici Hrvatskoj.

Tablicom 48. egzaktno se potvrđuje cjelokupni model optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa, odnosno kompromisni pristup za optimalni raspored brodova unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa. To se potvrđuje na primjeru brzobrodskih linija i brzih brodova sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske u izvansezonskom razdoblju.

**Tablica 48. Potvrda rezultata optimalnog pridruživanja brzih brodova i brzobrodskih linija kompromisnim pristupom u izvansezoni**

Linija	Udaljenost (u nm)	Inicijalno pridruživanje			Optimalno pridruživanje		
		Brod	Tjedna potrošnja goriva (u l)	Produkt putnika i broja bodova	Brod	Tjedna potrošnja goriva (u l)	Produkt putnika i broja bodova
Pula – Unije – Susak - Mali Lošinj – Ilovik – Silba - Zadar	88,3	BIŠOVO	5.298	42.788	SILBA	4.821,18	11.260
Mali Lošinj - Ilovik -Susak - Unije - Martinšćica -Cres -Rijeka	61,6	DUBRAVKA	23.888,48	272.832	PRINC ZADRA	23.284,80	272.832
Novalja – Rab- Rijeka	56,3	ADRIANA	24.040,1	510.345	DUBRAVKA	21.833,14	408.276
Olib – Silba -Premuda/ Krijal - Zadar	44	PRINC ZADRA	16.632	314.952	JUDITA	17.617,60	314.952
Ist – Molat -Zadar	25,5	SILBA	11.138,4	101.560	BIŠOVO	12.240	385.928
Žirje – Kaprije - Šibenik	15,6	MALI PRINC	5.241,6	484.416	MALI PRINC	5.241,60	484.416
Vis - Hvar -Milna - Split	29,6	KAROLINA	12.763,52	285.795	KAROLINA	12.763,52	285.795
Jelsa – Bol - Split	30	VIDA	12.306	1.019.328	ADRIANA	12.810	477.810
Lastovo/ Ubli - Vela Luka – Hvar - Split	60,1	JUDITA	24.064,04	872.976	VIDA	24.653,02	2327.936
Lastovo/ Ubli – Korčula - Polače -Sobra - Šipanska Luka - Dubrovnik	21,8	NONA ANA	5.798,8	216.684	NONA ANA	5.798,8	216.684
UKUPNO			141.170,94	4.121.676		141.063,66	5.185.889

Izvor: Izradila doktorandica prema podacima Agencije za obalni linijski pomorski promet,

www.agencija-zolpp.hr (pristupljeno 18. 10. 2021.)

Analizom Tablice 48. se zaključuje da tjedna potrošnja pogonskog goriva na predmetnim brzobrodskim linijama u izvansezonskome razdoblju prema trenutnom rasporedu brzih brodova iznosi 141.170,94 litara, dok prema optimalnom rasporedu brzih brodova za isto razdoblje iznosi 141.063,66 litara, što je smanjenje potrošnje pogonske energija za 107,28 litara. S druge strane, produkt broja putnika na promatranim brzobrodskim linijama u izvansezonskome razdoblju i broj bodova što pripadaju brzim brodovima po promatranim brzobrodskim linijama, izražava dostupnost resursa. Navedeni produkt za trenutni raspored brzih brodova u izvansezonskome razdoblju unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske iznosi 4.121.676, dok isti za optimalni raspored brzih brodova iznosi 5.185.889 što je veća vrijednost u odnosu na trenutni raspored za 1.064.213. Ovako znatna razlika u iznosima sume produkata broja prevezenih putnika i broja bodova, a koji pripadaju brzim brodovima po određenim brzobrodskim linijama ukazuje na učinkovitost optimalnog rasporeda brzih brodova s aspekta dostupnosti brodova i na veći stupanj zadovoljenja potreba krajnjeg korisnika usluge.

Krajnji rezultati su dobiveni kompromisnim pristupom koji objedinjuje i uravnotežuje oba cilja, potrošnju pogonske energije i dostupnost brodova te se zaključuje da je optimalan raspored brodova učinkovitiji od trenutnog rasporeda brodova. Ovim se potvrđuje uspješnost modela optimizacije obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa.

## **7. PRIJEDLOG AKTIVNOSTI ZA IMPLEMENTACIJU PREDLOŽENOG MODELA OPTIMIZACIJE SUSTAVA OBALNOG LINIJSKOG POMORSKOPUTNIČKOG PROMETA**

Sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa ovisi o kretanjima u gospodarstvu i o cjelokupnome prometnom sustavu, a osigurava prometnu povezanost otoka s kopnom i otoka međusobno, što utječe na standard i kvalitetu života otočnog stanovništva te na održivi razvoj otočnog prostora. Ciljevi razvoja sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa su [160]:

- povećanje kvalitete prometne usluge,
- ostvarenje prijevoza veće energetske učinkovitosti,
- smanjenje negativnog utjecaja pomorskog prometa na okoliš,
- smanjenje ukupnih troškova prijevoza po putniku i
- unaprjeđenje međuotočnog povezivanja.

Za ostvarenje postavljenih ciljeva potrebno je poduzeti niz mjera koje moraju biti dio prometne i pomorske politike.

Sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa dio je javnog prijevoza, a za pravilno obavljanje pomorskog javnog prometa nužno je osigurati sigurnost, redovitost, pouzdanost i udobnost te koordinaciju s integriranim prometnim sustavom na kopnu, što bi trebalo ugraditi u pomorsku i prometnu strategiju razvoja svake pomorske države. Modalni udio pomorskog prometa još uvijek je vrlo nizak u odnosu na cestovni promet na što se može utjecati povećanjem intermodalnosti i pristupačnosti pomorskog prijevoza uz razvoj luka kao intermodalnih čvorišta [187]. Na taj način se ide prema rasterećenju preopterećenih oblika prometa, npr. cestovnog prometa. Kako bi sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa konkurirao cestovnom prometu koji pruža visoku razinu usluge, mora biti pouzdan, brz i financijski isplativ. Zadovoljavanjem ova tri elementa sustav osigurava dugoročnu održivost.

Održivost i održivi razvitak su imperativ svih djelatnosti, posebice prometnog sektora pa tako i sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa. Stoga, potrebno je razviti plan



usklađenja cjelokupnoga javnog prometnog sustava te unaprijediti i razviti odgovarajući operativni plan za optimiziranje korištenja brodova unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa. Također, neophodno je ulaganje u infrastrukturu i u modernizaciju postojeće flote, otpis neodgovarajućih resursa i osiguranje nabavke novih te u tehnološke inovacije prijevoza u skladu s važećim tehnološkim standardima. Da bi sustav bio brz, efikasan i ekonomičan, nužno je na temelju detaljne analize povezati brodove i brodske linije, vodeći računa o povećanoj razini mobilnosti otočnog stanovništva i o kvaliteti usluge.

Mobilnost otočnog stanovništva povećava se uvođenjem novih brodskih linija s naglaskom na one koje inicira otočno stanovništvo, ali uz razmjerno prihvatljive troškove brodskih linija kako se sustav ne bi neracionalno opteretio. Na mobilnost otočnog stanovništva pozitivno utječe i međuotočno povezivanje, pogotovo većih otoka. Da bi se uvele nove linije na financijski prihvatljiv način, rješenje je u servisiranju takvih linija odgovarajućim brodovima manjeg kapaciteta, a koji ujedno zahtijevaju niže troškove potrošnje pogonske energije i troškove održavanja [160]. Zaključuje se da je i u ovom slučaju presudna optimizacija postojećeg sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa.

Organizacija, efikasnost i aktivnost sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa od izuzetne su važnosti za funkcioniranje svake pomorske države. Potrebna je stalna prilagodba i nadogradnja sustava radi većeg stupnja dostupnosti otočnog prostora. Efikasnost sustava posebno se odražava u razdoblju sezone jer je tada najveći broj korisnika. U sezoni se ujedno odražava i prometna preopterećenost lokalnih i državnih cesta kada mogućnost primjene sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa dolazi do izražaja [187]. Međutim, cilj sustava nije samo povezati dvije obale te rasteretiti cestovni promet već pružiti i kvalitetnu uslugu korisnicima. Stoga postoji izrazita potreba za kvalitetnim iskorištavanjem dostupnosti brodova kojima se sustav održava.

Iskoristivost brodova i njihovih kapaciteta treba biti racionalan i u najvećoj mogućoj mjeri prilagođen potrebama otočnog stanovništva i ostalih korisnika, sukladno sezonskim kretanjima. Presudno je da se prijevozni kapacitet i ciljana brzina broda prilagodi prometnoj potražnji [160]. Neodgovarajuće povezivanje brodova i brodskih linija uzrokuje neracionalne troškove pa tako brodovi veće pogonske snage uzrokuju veće troškove potrošnje pogonske energije, održavanja i amortizacije. Stoga su takvi brodovi neprihvatljivi na kraćim brodskim linijama gdje ne mogu iskoristiti svoju brzinu i mogućnosti, a ne pružaju primjetno bolju uslugu ili ne ostvaruju druge uštede [160]. Iskorištenost brodskih linija uz odgovarajuće sparivanje brodova i brodskih linija

moгуće je uskladiti na javnom natječaju za javne usluge u sustavu obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa. Prilagođenost brodova određenoj brodskoj liniji u najvećoj mogućoj mjeri rezultira rastom razine usluga uz niže ukupne troškove pružanje usluga te uz povećanu razinu očuvanja okoliša [160].

Kako ekološki kriteriji nisu trendovski fenomen već su dio društvene stvarnosti, strateško usmjerenje razvoja sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa mora dati rješenja za smanjenje negativnog utjecaja sustava na okoliš. Postizanje zahtijevane nulte emisije štetnih plinova u atmosferu uzrokovanih pomorskim prometom podrazumijeva znatna financijska ulaganja i duži vremenski rok realizacije. Nulta emisija štetnih plinova u atmosferu od obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa može se postići uključivanjem novih brodova u sustav. Osim navedenog, izgradnjom novih brodova prilagođenih brodskim linijama, postižu se postavljeni ciljevi razvoja sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa te se omogućuje i znatno viša razina sigurnosti i pouzdanosti u pružanju usluge, pogotovo tijekom nepovoljnijih vremenskih prilika. Brodovi koji koriste alternativna goriva kako bi smanjili štetnu emisiju plinova, u pravilu su skuplji od brodova koji koriste konvencionalna goriva pa ne postoji izražen interes brodarka za ulaganjem u takve brodove [160]. Stoga je navedeno nemoguće ostvariti bez financijske potpore države. Također, država može dati prednost brodovima, koji koriste alternativna pogonska goriva s manjom emisijom štetnih plinova u atmosferu, na natječajima za održavanje državnih brodskih linija. Smanjenje negativnog utjecaja sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa na okoliš može se postići i optimalnim korištenjem resursa u sustavu.

Predloženim modelom optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog optimizira se sustav, sparuju se brodovi i brodske linije na najbolji mogućí način, što implicira veću razinu iskoristivosti sustava i stvara preduvjete za dugoročnu održivost te ostvaruje razvojne ciljeva u sustavu.

***Istraživanje potvrđuje sljedeće hipoteze s početka istraživanja:***

- ***modelom optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa omogućuje se dugoročna održivost sustava s ekološkoga, društvenog i ekonomskog aspekta,***
- ***optimalnim rasporedom brodova unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa smanjuje se potrošnja pogonske energije,***

- *optimalnim rasporedom brodova unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa smanjuje se emisija štetnih plinova,*
- *optimalnim rasporedom brodova unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa smanjuju se operativni troškovi unutar sustava i*
- *optimalnim rasporedom brodova unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa ostvaruje se veća dostupnost brodova korisnicima usluga.*

Istraživanje i potvrda postavljenih hipoteza ukazuju na višestruke prednosti predloženog modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa uz preduvjet da se:

- analizira trenutno stanje sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa,
- analiziraju potrebe tržišta,
- predvidi razvoj tržišta,
- analiziraju i procijene resursi (brodovlje) kojima se održava sustav,
- procijene mogućnosti gradnje novih brodova,
- procijene mogućnosti kupnje novih brodova,
- angažira kvalitetan i stručan kadar koji može procijeniti brodove i njihovu prilagodljivost određenim brodskim linijama,
- analiziraju luke,
- poznaju plovidbena područja,
- poznaju propisi,
- procijene mogućnosti izmjena zakonskih okvira.

Da bi se predloženi model optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa implementirao, potrebno je dobro poznavati potrebe, strategiju i ciljeve razvoja tržišta na kojem se model primjenjuje. Za primjenu modela su potrebni kvalitetni ulazni podatci što ih treba prikupiti, obraditi i klasificirati kako bi bili primjenjivi za računalne programe. Kvaliteta procjene prikladnosti broda za određenu brodsku liniju je izuzetno važno kako bi se u najboljoj varijanti povezo brod s brodom linijom, što podrazumijeva veliko znanje o brodovima, plovidbenim područjima, lukama te propisima i zakonskim okvirima. Pogrešna procjena može prouzročiti nemale štete postavi li se neprilagođen brod na određenu liniju, odnosno kada je brod neodgovarajući određenom plovnom području ili luci u koju uplovljava ili iz koje isplovljava.

Osim aktivnosti za uspostavu modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa, neophodno je primijeniti rezultate, a što zahtijeva poznavanje tržišnih potreba, razvojnih ciljeva i zakonskih regulativa koje se često mijenjaju.

Predloženi model optimizacije svoju primjenu može pronaći:

- u javnom sektoru radi optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa,
- u privatnome sektoru radi optimalnijeg rasporeda flote brodarske tvrtke, financijskih ušteda i lakšeg poslovanja,
- kao pomoćni alat u donošenju poslovnih odluka,
- kao pomoćni alat u odlučivanju o nabavci novog broda,
- kao podloga za znanstvena istraživanja u pomorskom i prometnom sektoru.

## 8. ZAKLJUČAK

Učinkovit prometni sustav je temeljni uvjet za uspješan gospodarski razvoj svake suvremene države. Važan dio prometnog sustava čini pomorski promet koji obuhvaća brodski prijevoz robe i putnika morem. Podsustav pomorskog prometa je pomorskoputnički promet koji se definira kao posebna vrsta morskog brodarstva u kojem se posebnim brodovima obavlja pomorski prijevoz putnika.

Pomorska djelatnost od bitnog značaja za sve pomorske države je obalni linijski pomorskoputnički promet. Osnova sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa je učestala i pouzdana prometna povezanost otoka s kopnom i otoka međusobno, što je preduvjet demografskih, ekonomskih i gospodarskih kretanja radi održivog razvoja i života na otocima. Prometna povezanost otoka s kopnom i otoka međusobno je složeno pitanje i s njim se suočavaju sve pomorske države.

Otočno stanovništvo mora imati pouzdanu i učestalu prometnu povezanost kako bi se u najvećoj mogućoj mjeri umanjile negativnosti života na otoku. Porast broja stanovništva i intenziviranje gospodarskih kretanja na premošćenim otocima ukazuje na izraženu potrebu za pouzdanom i učestalom prometnom povezanošću otočnog prostora s kopnom. Zbog fizičke odvojenosti otoka, život na njemu karakteriziraju brojni ograničavajući čimbenici, a pokretač svih razvojnih tokova otočnog prostora upravo je promet.

Razvoj prometnog povezivanja otoka s kopnom i otoka međusobno potiče se odgovarajućom prometnom i pomorskom politikom. Radi ostvarenja učinkovite državne prometne i pomorske politike, nužno je definirati strateške ciljeve i mjere te uskladiti nacionalnu politiku s odrednicama međunarodne pomorske i prometne politike. Prometna politika je sastavni dio gospodarske i razvojne politike države. Njezina je uloga da odredi prometna obilježja, ocijeni utjecaj prometa na gospodarstvo i da definira mjere kojima će se ostvariti prometni ciljevi. Optimalnom prometnom politikom ostvaruje se kontinuirani razvoj prometnog sustava s tehničkoga, tehnološkog, organizacijskog, ekonomskog, ekološkog i pravnog aspekta. Sastavni dio gospodarske, razvojne i prometne politike je pomorska politika. Njome se osigurava optimalno funkcioniranje pomorskog sustava i izravno se utječe na pomorskoputnički promet. Njezini nositelji su svi subjekti koji utječu na utvrđivanje i ostvarivanje ciljeva pomorske politike.

Optimalnom prometnom i pomorskom politikom, promišljenom strategijom, planskim upravljanjem te realnom analizom stanja otoka i ograničavajućih faktora potiče se održivi razvoj otočnog prostora i njegovo približavanje kopnu pa postaju lako dostupne periferije većih gradskih centara. Sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa je sastavni dio prometne i pomorske politike i strategije pa je zato ključan čimbenik održivog razvoja otočnog prostora. Stoga je nužna racionalizacija sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa koji se postiže optimalnim korištenjem postojećih resursa. Optimalnim rasporedom brodova na određenim brodskim linijama postiže se efikasniji sustav s aspekta manje potrošnje pogonske energije i nižih operativnih varijabilnih troškova te s aspekta maksimalne dostupnosti i adekvatnosti brodova pa je osnovni cilj optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa dugoročna održivost sustava s ekološkoga, društvenog i ekonomskog aspekta.

***Ova disertacija i istraživanje su prilog optimizaciji sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa kroz oblikovanje modela kao pomoćnog alata u realizaciji istog.***

Kako prometno modeliranje ima važnu ulogu u svim procesima donošenja odluka, modeliranje i oblikovanje modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa je dodatna vrijednost ove doktorske disertacije.

Modeliranjem i izradom odgovarajućih modela u prometu osigurava se kvalitetnije upravljanje prometnim sustavom. Radi uspješnog modeliranja i oblikovanja učinkovitog modela, nužno je u najvećoj mjeri eliminirati eventualne poteškoće i probleme te je problem potrebno jasno definirati, prikupiti odgovarajuće i pouzdane informacije i podatke te pronaći odgovarajuće metode za rješavanje problema uz dobro poznavanje primjene matematičkog instrumentarija radi pravilne primjene metode na odabrani problem i interpretacije rezultata.

Model optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa oblikovan je s pomoću algoritma diskretne matematike, posebice algoritma za optimalno sparivanje, te teorije grafova u okviru odgovarajućeg računarskog programa (C#). Kako se primjena grafova i linearno programiranje ističu upravo u primjerima optimizacije, odabrane su ispravne metode.

Oblikovanje modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa započinje izradom baze relevantnih podataka i njihovom analizom. Na temelju prikupljenih podataka za mali broj brodskih linija sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa i brodova, sve kombinacije spajanja brodova i brodskih linija moguće je jednostavno provjeriti.

Međutim, povećanjem broja brodskih linija i brodova unutar sustava, provjera svih kombinacija nije moguća pa je nužan alternativni pristup baziran na optimalnim sparivanjima u grafovima.

Stoga se prvo konstruira bipartitni graf u čijoj su jednoj klasi brodovi, a u drugoj brodske linije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa. Bridom se povezuju brodovi koji su po unaprijed određenim parametrima prikladni za određene brodske linije. U ovom slučaju parametri koji se uzimaju u obzir za optimalni raspored brodova s posljedicom smanjenja potrošnje pogonske energije su brzina, duljina linije, plovidbeni red, potrošnja pogonske energije, kapacitet te sposobnost broda po dizajnu i tehničkim karakteristikama za održavanje određene brodske linije. Na temelju definiranih parametara, pridruživanje brodova i brodskih linija obavljaju stručnjaci radi otklanjanja mogućih neprilagođenosti brodova određenim brodskim linijama. Stručnjaci se ispituju direktnom komunikacijom, odnosno metodom intervjua. Konstruiranjem bipartitnog grafa, a uzimajući u obzir određene parametre, sparuju se brodovi i brodske linije tako da se prikaže trenutno stanje, ali i sve potencijalne mogućnosti. Da bi se oblikovao optimalan raspored brodova s uštedom pogonske energije u najvećoj mjeri, potrebno je odrediti težinu svakog brida i povezati maksimalne težine bridova. Težina svakog brida je razlika dovoljno velikog odabranog broja  $M$  i potrošnje pogonske energije koju će potrošiti određeni brod održavajući određenu brodsku liniju sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa. Ovim načinom se oblikuju kombinacije brodova i brodskih linija sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa s najmanjom potrošnjom pogonske energije.

Na isti način, kao i za optimalni raspored brodova s posljedicom smanjene potrošnje energije, oblikuje se optimalan raspored brodova s aspekta njihove dostupnosti. U ovom znanstvenom istraživanju se u obzir uzimaju sljedeći parametri – brzina broda u odnosu na zahtjeve brodske linije, raspon kapaciteta u odnosu na zahtjeve brodske linije, mogućnost ukrcaja/iskrcaja putnika na više od jednog ulaza/izlaza, protočnost broda, širina ukrcajne rampe, pristup za osobe s ograničenjem u kretanju, starost broda, mogućnost prijevoza kućnih ljubimaca. Vrijednosti parametara mogu se i zakonski odrediti. Ukupne vrijednosti parametara se stavljaju u odnos s brojem prevezenih putnika na određenoj brodskoj liniji te se sparuju maksimalne težine tako da je težina svakog brida suma jednog jako velikog broja (umnožak svih prevezenih putnika i broj bodova svih brodova kada voze relaciju na kojoj dobivaju najviše bodova) i produkta broja bodova koje bi brod dobio da vozi određenu liniju i broja prevezenih putnika na

toj liniji. Time se postiže da optimalno pridruživanje bude ono u kojem je dostupnost broda iskorištena u najvećoj mjeri za putnika.

Nakon optimalnog pridruživanja brodova i brodskih linija s aspekta manje potrošnje pogonske energije i s aspekta dostupnosti brodova, slijedi kompromisni pristup kojim se uspostavlja ravnoteža uzimajući u obzir oba pristupa optimizaciji. Parametri koji se uzimaju u obzir kod kompromisnog pristupa, objedinjuju parametre korištene u oblikovanju optimalnog rasporeda brodova radi reducirane potrošnje pogonske energije i optimalnog rasporeda brodova s aspekta maksimalne dostupnosti brodova, a to su: broj prevezenih putnika po pojedinoj brodskoj liniji, potrošnja pogonske energije po pojedinoj brodskoj liniji te broj bodova kojima se određuje prikladnost broda za određenu brodsku liniju. Prvi korak u ovoj fazi oblikovanja modela optimizacije obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa je inicijalno pridruživanje s potencijalnom mogućnošću pridruživanja određenog broda određenim brodskim linijama. U obzir se uzima ukupna potrošnja pogonske energije kod svih brodskih linija koje određeni brod može održavati, odnosno ukupan broj bodova dodijeljen za prikladnost broda tim istim brodskim linijama. Pogonska energija označava se s negativnim predznakom s obzirom na tendenciju reduciranja potrošnje pogonske energije. Nakon što se potrošnja pogonske energije i dostupnost broda normira za inicijalno pridruživanje na 1, slijedi ravnomjerno uteženje s faktorom 0.5. Kao i kod optimalnog rasporeda brodova s aspekta potrošnje energije i dostupnosti brodova, slijedi sparivanje maksimalnih težina. I u ovome slučaju se svakom bridu dodaje jedan veliki broj  $M$  kao osiguranje da će sparivanje maksimalne težine biti ujedno i savršeno sparivanje, čime se utežuje brid koji povezuje određeni brod s određenom brodskom linijom.

Prethodno predočenim načinom oblikuje se optimalan raspored brodova unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa s aspekta potrošnje energije i dostupnosti brodova, odnosno postiže se ravnoteža između ovih dvaju ciljeva.

Model optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa je:

- apstraktni matematički model,
- statički model jer prikazuje međuovisnost između ulaznih i izlaznih varijabli u određenome trenutku,
- linearni model,
- deterministički model s obzirom da isti ulazni podatci daju uvijek iste egzaktne izlazne rezultate i



- analitički model.

Model je testiran na primjeru Republike Hrvatske zbog izrazite obalne razvedenosti, znatnog broja naseljenih otoka te prometnog sustava koji povezuju otoke s kopnom i otoke međusobno. Hrvatsko otočje je drugo po veličini u Sredozemlju s 49 stalno naseljenih otoka [91]. Prema zadnjem popisu stanovništva iz 2021., udio stanovništva koji žive na otocima, u cjelokupnom broju stanovnika Republike Hrvatske zauzima 3,3 % [2]. Prometna povezanost otoka s kopnom i otoka međusobno u Republici Hrvatskoj uređena je povezanošću s mostovima i sustavom obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa s 51 državnom linijom s obvezom javne usluge (24 trajektne, 16 brzobrodskih i 11 klasičnih brodskih linija) u čijem održavanju sudjeluje 13 brodara s flotom od 82 broda [93].

***Istraživanje je potvrdilo temeljnu hipotezu:***

***Znanstveno utemeljenim spoznajama o sustavu obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa, a vodeći računa o obilježjima plovila i potrebama brodskih linija, moguće je predložiti model učinkovitijeg korištenja postojećih resursa unutar samog sustava. Primjenom modela učinkovitijeg korištenja postojećih resursa bi se omogućila dugoročna održivost s ekološkog, društvenog i ekonomskog aspekta.***

Također, *istraživanjem su se potvrdile i pomoćne hipoteze, što znači da se optimalnim rasporedom brodova unutar sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa:*

- ***smanjuje potrošnja pogonske energije,***
- ***smanjuje emisija štetnih plinova,***
- ***smanjenju operativni troškovi unutar sustava i***
- ***postiže veći stupanj dostupnosti brodova korisnicima usluga.***

Provedeno istraživanje i potvrda postavljenih hipoteza ukazuje na višestruke prednosti predloženog modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa. Predloženi model optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa ima veliki potencijal primjene. Može se koristiti u javnome sektoru radi optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa. Također, njegova primjena je moguća u privatnome sektoru za optimalni raspored postojeće flote određene brodarske tvrtke, čime se ostvaruju financijske uštede i olakšava poslovanje. Model optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa može biti i pomoćni alat za donošenje poslovnih odluka

ili za odlučivanje o nabavci novog broda. Osim navedenog, može biti podloga za daljnja znanstvena istraživanja u pomorskom i prometnom sektoru.

Da bi model optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa bio efikasan, potrebno je obaviti određene predradnje, npr. analizirati tržište te potrebe i razvojni potencijal, odnosno trenutno stanje sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa te procijeniti stanje resursa (brodovlje) kojima se sustav servisira. Kvalitetna analiza tržišta i aktualnog stanja sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa je preduvjet za procjenu mogućnosti razvoja sustava, gradnje i kupnje novih brodova. Također, za njegovu realizaciju je potreban kvalitetan i stručan kadar koji može procjenjivati brodove i njihovu prilagodljivost određenim brodskim linijama i analizirati luke uplova/isplova. Nadalje, neophodno je poznavati plovidbeno područje. Visoka razina pouzdanosti o prikladnosti broda za određenu brodsku liniju zahtijeva iznimno veliko znanje o brodovima, plovidbenim područjima, lukama te propisima i zakonskim okvirima. Neprilagođenost broda određenoj brodskoj liniji uzrok je višestrukih problema za cjeloviti sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa.

Pouzdana ulazna podataka, koje treba prikupiti i na ispravan način obraditi kako bi bili primjenjivi za korištenje u računalnom programu, su osnovni uvjet za primjenu modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa. Osim svega navedenog, potrebno je dobro poznavanje zakonskih okvira i propisa te procjena mogućnosti izmjena zakonskih okvira, a sve radi primjene modela optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa u najvećoj mogućoj mjeri.

Za razvoj obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa je važno da se osigura dugoročno održiv sustav obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa kojim će se u najvećoj mogućoj mjeri zadovoljiti svi dionici.

Koncept održivog razvoja sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa podrazumijeva:

- društvenu,
- ekonomsku i
- ekološku održivost.

Povećani institucionalni zahtjevi da se emisije štetnih plinova ograniče, odrazile su se i na brodove pa se sve češće spominju alternativna goriva i alternativni izvori pogonske energije,

ali to zahtijeva ulaganja u preinake i prilagodbe postojećih brodova, uvođenje novih brodova s novim pogonskim strojevima, odnosno eliminiranje nekih od njih. Također, poticanjem razvoja pomorskih prometnica i međuobalnog prometnog povezivanja kao alternative cestovnomu prijevozu, moglo bi se dodatno smanjiti emisiju stakleničkih plinova. Od ovih zahtjeva nisu izuzete ni luke koje se moraju pripremiti za klimatske promjene, ali i promjene u brodarstvu glede reduciranja onečišćenja okoliša. Međutim, sve alternative zahtijevaju financijska ulaganja i vrijeme. Zato je dobar početak djelovanje u smislu maksimalnog smanjenja potrošnje postojećih goriva.

Predloženim modelom optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa ostvaruje se manja potrošnja pogonske energije, što je dobro s ekološkog i financijskog aspekta jer se ostvaraju uštede za ulaganja u sustav kao što su nabavka novih brodova i pogona s ekološki prihvatljivijom pogonskom energijom te zadovoljenje institucionalnih propisa i zahtjeva. Optimalnim rasporedom brodova se također u velikoj mjeri zadovoljavaju potrebe korisnika. Ovim mjerama se zadovoljavaju svi dionici sustava, ali se stvaraju i pretpostavke dugoročno održiva razvoja sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa.

## LITERATURA

- [1] Riđanović, J., Bićanić, Z., 1993, "Hrvatski Jadran i novi teritorijalni ustroj (prostorni pojam, duljina i razvedenost hrvatske obale)", *Acta Geographica Croatica*, Vol. 28, No. 1, pp. 85 - 96
- [2] Lajić, I., Mišetić, R., 2013, "Demografske promjene na hrvatskim otocima na početku 21. stoljeća", *Migracijske i etničke teme*, Vol. 29, No. 2, pp. 169 - 199
- [3] Chlomoudis, C., Kostagiolas, P.A., Papadimitriou, S., Tzannatos, E.S., 2011, "A European perspective on public service obligations for island transport services", *Maritime Economics & Logistics*, Vol. 13, No. 3, pp. 342 – 354
- [4] Stupalo, V., Jugović, A., Mrvica, A., 2016, "Quantitative Analysis of Maritime Passenger Transport in Europe", *Naše more*, Vol. 63, No. 4, pp. 256 - 263
- [5] Rajsamn, M., Badanjak, D., Berps, I., 2007, "Prognostic trend model of passenger transport performance of the Croatian maritime traffic system", *Engineering modelling*, Vol. 20, pp. 23 - 27
- [6] Mišura, A. Sopta, D. Perić-Hadžić, A., 2020, "Impact of Traffic Connectivity on Island Development", *Naše more*, Vol. 67, No. 1, pp. 69 - 77
- [7] Alexopoulos, A.B., Theotokas, I.N., 2000, "Quality Services in the Coastal Passenger Shipping Sector and its Contribution to the Development of Tourism in Small Islands. The Case of Psara Island", *Proceedings of International Conference on: Tourism in Island Areas and Special Destinations*, At University of the Aegean, Volume: CD
- [8] Chlomoudis, C.I., Pallis, P.L., Papadimitriou, S., Tzannatos, E.S., 2007, "The liberalisation of maritime transport and the island regions in EU. Evidence from Greece", *European Transport \ Trasporti Europei*, No. 37, pp. 1 - 15
- [9] Rathman, D., Tijan, E., Jugović, A., 2016, "Improving the coastal line passenger traffic management system by applying information technologies", *Pomorstvo*, Vol. 30, pp. 12 - 18
- [10] Mrvica, A., Jugović, A., Kovačić, M., 2015, "The role and applicability of multi-criteria procedures in the function of defining the model for connecting the mainland and islands and islands in between", *Pomorstvo*, Vol. 29, pp. 156 - 164
- [11] Yu, M-M., Chen, L-H., Hsiao, L., 2018, "A performance-based subsidy allocation of ferry transportation: A data envelopment approach", *Transport Policy*, Vol. 68, pp. 13 - 19

- [12] Zhou, C., Ma, N., Cao, X., Lee, H.L., Peng Chew, E., 2021, "Classification and literature review on the integration of simulation and optimization in maritime logistics studies", *IISE Transactions*, Vol. 53, Issue 10, pp. 1157 - 1176
- [13] Lisowski, J., 2018, "Optimization methods in maritime transport and logistics", *Polish maritime research*, Vol. 25, No. 4, pp. 30 - 38
- [14] Mulder, J., Dekker, R., 2016, "Optimization in container liner shipping", *Econometric Institute Report, Erasmus School of Economics*, pp. 1 - 24
- [15] Tran, N.K., Haasis, H-D., 2013, "Literature survey of network optimization in container liner shipping", *Flexible Services and Manufacturing Journal*, Vol. 27, pp. 139 - 179
- [16] El Noshokaty, S., 2021, "Shipping optimization systems (SOS) for tramp: stochastic cargo soft time windows", *Journal of Shipping and Trade*, Vol. 6, pp. 1 - 19
- [17] Wang, S., Meng, Q., 2012, "Sailing speed optimization for container ships in a liner shipping network", *Transportation Research Part E*, Vol. 48, pp. 701 - 714
- [18] Wang, S., Meng, Q., Liu, Z., 2013, "Bunker consumption optimization methods in shipping: A critical review and extensions", *Transportation Research Part E*, Vol. 53, pp. 49 - 62
- [19] Benghalia, A., Oudani, M., Boukachour, J., Boudebous, D., Alaoui, A.E.H, 2014, "Optimization-Simulation for Maritime Containers Transfer", *International Journal of Applied Logistics*, Vol. 5, No. 2, pp. 50 - 61
- [20] Xia, J., Li, K.X., Ma, H., Xu, Z., 2015, "Joint Planning of Fleet Deployment, Speed Optimization, and Cargo Allocation for Liner Shipping", *Transportation Science*, Vol. 49, No. 4, pp. 922 - 938
- [21] Kovačić, M., Mrvica, A., 2017, "Selecting the size and type of a vessel for the purpose of maritime connection of mainland and islands and between the islands in Croatia", *XLIV Symposium on operational research, Zlatibor*
- [22] Veljan, D., 2001, "Kombinatorna i diskretna matematika", *Agloritam, Zagreb*
- [23] Munđar, D., 2010, "Prognoziranje", *Fakultet organizacije i informatike, Sveučilište u Zagrebu*
- [24] Vranešević, T., 2014, "Tržišna istraživanja u poslovnom upravljanju", *Accent, Zagreb*, pp. 140, 245
- [25] Violić, A., Debelić, B., 2013, "Uloga pomorske i prometne politike u funkciji održivog razvitka prometa i pomorstva", *Pomorski zbornik*, Vol. 47-48, No. 1, pp. 13 - 26
- [26] Lacković Vincek, Z., Dvorski, S., Dvorski Lacković, I., 2016, "Traffic system in function of sustainable development", *Notitia*, No. 2, pp. 49 - 61

- [27] Čavrak, V., "Ekonomika prometa", Škola za cestovni promet, Zagreb, 2002.
- [28] Ban, I., 1991, "Morsko brodarstvo kao dio prometnog sustava", Naše more, Vol. 38, No. 3 - 4, pp. 33 - 38
- [29] Zelenika, R., Jakomin, L., "Suvremeni transportni sustavi", Ekonomski fakultet u Rijeci, Rijeka, 1995., str. 24
- [30] Glavan B., "Ekonomika morskog brodarstva", Školska knjiga, Zagreb, 1992., str. 56
- [31] Pomorska enciklopedija, JLZ "Miroslav Krleža", Zagreb, 1983., II izdanje, Sv. 6., str. 341
- [32] Lušić, Z., 2003, "Razvoj svjetskog brodarstva", Naše more, Vol. 50, No. 5 - 6, pp. 189 - 196
- [33] Dundović Č, Pomorski sustavi i pomorska politika, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, 2003., str. 80
- [34] Zelenika R., "Prometni sustavi: Tehnologija-Organizacija- Ekonomika- Logistika Menadžment", Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2001., str. 263
- [35] Kesić, B., Jugović, A., "Menadžment pomorsko - putničkih luka", Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, Rijeka, 2006., str. 24, 68
- [36] Mrnjavac E., "Promet u turizmu", Fakultet za turistički i hotelski menadžment, Opatija, 2006., str. 116, 119
- [37] Zakon o prijevozu u linijskom i povremenom obalnom pomorskom prometu, Narodne novine broj 33/06, 38/09, 87/09 i 18/11, <https://www.zakon.hr/z/441/Zakon-o-prijevozu-u-linijskom-i-povremenom-obalnom-pomorskom-prometu> (pristupljeno 5. 9. 2021.)
- [38] Hung, K., Petrick, J.F., 2011, "Why do you cruise? Exploring the motivations for taking cruise holidays, and the construction of a cruising motivation scale", Tourism Management, Vol. 32, pp. 386 - 393
- [39] Šamanović, J., "Nautički turizam i management marina", Visoka pomorska škola u Splitu, Split, 2002.
- [40] Chen, J.M., Lijesen, M.G., Nijkamp, P., 2017, "Interpretation of cruise industry in a two-sided market context: An exploration on Japan", Maritime Policy & Management, Vol. 44, No. 6, pp. 790 – 801
- [41] Sciozzi D., Poletan Jugović T., Jugović A., 2015, "Structural analysis of cruise passenger traffic in the world and in the Republic of Croatia", Pomorstvo, Vol. 29, No. 1, pp. 8 - 15
- [42] Delibašić T., Vidučić V., 2004, "Međuovisnost putničkog morskog brodarstva i turizma u Hrvatskoj", Zbornik radova Ekonomskog fakulteta u Rijeci: Časopis za ekonomsku teoriju i praksu, Vol. 21, No. 2, pp. 77 - 92

- [43] Mitrović, F., "Ekonomika brodarstva", Pomorski fakultet sveučilišta u Splitu, Split, 2007., str. 8
- [44] Stražičić, N., "Pomorska geografija svijeta", Školska knjiga, Zagreb, 1996., str. 4
- [45] Office of the Historian, Foreign Service Institute, United States Department of State The Immigration Act of 1924., <https://history.state.gov/milestones/1921-1936/immigration-act> (pristupljeno 1. 2. 2022.)
- [46] Glavan, B., "Ekonomika morskog brodarstva", Školska knjiga, Zagreb, 1992., str. 58
- [47] Kludas, A., "Record breakers of the North Atlantic, Blue Riband Liners 1838-1953", Chatham, London, 1999.
- [48] Mrvica, A., 2015, "Racionalizacija pomorskog povezivanja kopna i otoka te otoka međusobno u Republici Hrvatskoj", doktorska disertacija, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, str. 11
- [49] Jelinović, Z., "Ekonomika prometa i pomorstva", Informator, Zagreb, 1983., str. 341
- [50] Jugović, A., Kesić, B., Jakomin, I., 2007, "Organizacija i razvoj pomorsko-putničkih luka", Informatologia, Vol. 40, No. 2, pp. 146 - 152
- [51] Opačić, V.T., 2002, "Geografski aspekt proučavanja trajektnog prometa: primjer hrvatskog otočja", Geoadria, Vol. 7/2, pp. 95 - 109
- [52] Padjen, J., "Prometna politika", Informator, Zagreb, 1996., str. 3 - 4
- [53] Zelenika, R., "Prometni sustavi", Sveučilište u Rijeci, Ekonomski fakulteti, Rijeka, 2006., str. 155 - 159
- [54] Zelenika, R., Kandžija, V., 1997, " Relevantne značajke prometne politike Europske unije i Republike Hrvatske", Naše more, Vol. 44, pp. 35 - 48
- [55] Babić, M., "Pomorske politike u svijetu", Ekonomski institut, Zagreb, 1970., str. 9
- [56] Damić, D., 2009, "Pomorski promet i održivi razvoj u prometnoj politici", Naše more, Vol. 56, No. 3 - 4, pp. 99 - 107
- [57] Haase, D., Maier, A., 2021, "Islands of the European Union: State of play and future challenges", Research for REGI Committee
- [58] Vidučić, V., "Pomorski turizam", Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet, Split, 2007., str. 29
- [59] White paper from the commission to the European Council, 1985, COM (85) Final, Milan, [https://www.cvce.eu/en/obj/white\\_paper\\_on\\_the\\_completion\\_of\\_the\\_internal\\_market\\_14\\_june\\_1985-en-0d72b347-b235-4c9d-bb71-ba38824f5d49.html](https://www.cvce.eu/en/obj/white_paper_on_the_completion_of_the_internal_market_14_june_1985-en-0d72b347-b235-4c9d-bb71-ba38824f5d49.html) (pristupljeno 2. 2. 2022.)

- [60] Common transport policy: Overview, Fact Sheets on the European Union European Parliament, <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/123/common-transport-policy-overview> (pristupljeno (2. 2. 2022.))
- [61] Ogorelc, A., 2003, "Prometna politika Europske unije", Naše more, Vol. 50, No. 5 - 6, pp. 197 - 203
- [62] Commission White Paper on Growth, competitiveness, and employment, 1994, European Commission, Office for Official Publications of the European Communities, <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/0d563bc1-f17e-48ab-bb2a-9dd9a31d5004> (pristupljeno 6. 2. 2022.)
- [63] Green paper on the impact of Transport on the Environment - A Community strategy for "sustainable mobility", COM (92) 46 final, Brussels, 1992., <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/98dc7e2c-6a66-483a-875e-87648c1d75c8/language-en> (pristupljeno 5. 5. 2022.)
- [64] European Environment Agency, European Commission White Paper, European Transport Policy for 2010: Time to Decide”, COM (01)370, [http://ec.europa.eu/transport/strategies/doc/2001\\_white\\_paper/lb\\_com\\_2001\\_0370\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/transport/strategies/doc/2001_white_paper/lb_com_2001_0370_en.pdf) (pristupljeno 17. 2. 2022.)
- [65] Odluka o izmjeni i dopunama Odluke o objavljivanju pravila o potpori u prometu, NN 31/2010, [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2010\\_03\\_31\\_728.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2010_03_31_728.html) (pristupljeno 6. 10. 2021.)
- [66] Europski parlament, Integrirana pomorska politika Europske unije, <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/hr/sheet/121/integrirana-pomorska-politika-europske-unije> (pristupljeno 17. 2. 2022.)
- [67] European Parliament resolution of 2 July 2013 on Blue Growth: Enhancing sustainable growth in the EU's marine, maritime transport and tourism sectors (2012/2297(INI)), 2016, Official Journal of the European Union, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52013IP0300&from> (pristupljeno 4. 4. 2022.)
- [68] Regulation (EU) NO 1052/2013 of the European Parliament and of the council of 22 October 2013, establishing the European Border Surveillance System (Eurosur), 2013, Official Journal of the European Union, L 295/11, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1590837029023&uri=CELEX%3A32013R1052> (pristupljeno 18. 12. 2021.)
- [69] European Parliament resolution of 16 January 2018 on international ocean governance: an agenda for the future of our oceans in the context of the 2030 SDGs, 2017, Official Journal





- [77] Uredba vijeća (EEZ) br.3577/92, Službeni list Europske unije L 364/7, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX%3A31992R3577> (pristupljeno 1. 5. 2022.)
- [78] Sustavi obalnog linijskog pomorskog prometa u Mediteranskim zemljama članicama Europske unije, 2009, Agencija za obalni linijski pomorski promet
- [79] European Maritime Transport Environmental Report 2021, European Environment Agency, <https://www.eea.europa.eu/publications/maritime-transport/> (pristupljeno 8. 12. 2021.)
- [80] Eurostat, <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (pristupljeno 21. 6. 2022.)
- [81] Hrvatska enciklopedija, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=28030> (pristupljeno 4. 4. 2022.)
- [82] Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili of Italy, <https://www.mit.gov.it/> (pristupljeno 4. 4. 2022.)
- [83] Papa, E., 2009, "Le vie del mare: i servizi di trasporto marittimo per la fruizione della costa", TeMA, Vol. 2, No. 3, pp. 53 - 58
- [84] Ferry shipping news, <https://ferryshippingnews.com/italy-approved-public-subsidies-for-ferries-renewal-on-short-sea-routes/> (pristupljeno 30. 12. 2021.)
- [85] Gratsos, G.A., 2014, "Greek shipping and the maritime economy", Presentation at E.U. CCMI Seminar on Maritime Industrial Sectors , Atena
- [86] Baird, A.J., Wilmsmeier, G., 2011, "Public tendering of ferry services in Europe", European Transport \ Trasporti Europei, No. 49, pp. 90 - 111
- [87] Lekakou, M.B., 2007, "The eternal conundrum of Greek coastal shipping", Maritime Transport: The Greek Paradigm, Research in Transportation Economics, Vol. 21, pp. 257–296
- [88] Ministry of Maritime Affairs & Insular Policy, Hellenic Coast Guard Headquarters, Maritime Transportation Directorate
- [89] The Greek Council of Coastal Shipping adds new ship schedules, H.B.C.B., <https://www.hbcbg.com/the-greek-council-of-coastal-shipping-adds-new-ship-schedules/> (pristupljeno 1. 6. 2022.)
- [90] Starc,N., 2016, "Ka održivom razvoju otoka", Otoci i njihovi potencijali, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, pp. 249 - 258
- [91] Otoci, Ministarstvo regionalnog razvoja i fondova Europske unije, Republika Hrvatska, <https://razvoj.gov.hr/o-ministarstvu/djelokrug-1939/otoci-i-priobalje/3834> (pristupljeno 8. 8. 2021.)

- [92] Strategija pomorskog razvitka i integralne pomorske politike Republike Hrvatske za razdoblje od 2014. do 2020. godine, <https://mmpi.gov.hr/more-86/projekti-113/strategija-pomorskog-razvitka/15768> (pristupljeno 1. 12. 2021.)
- [93] Agencija za obalni linijski pomorski promet, <https://agencija-zolpp.hr/> (pristupljeno 1. 8. 2021.)
- [94] Godišnje izvješće o državnim potporama za 2019.godinu, <https://www.sabor.hr/sites/default/files/uploads/sabor/2020-10-29/173210/GODISNJE-IZVJESCE-DRZAVNE-POTPORE-2019.pdf> (pristupljeno 5. 11. 2021.)
- [95] Cottam, H., Roe, M., Challacombe, J., 2007, "The impact of transitional changes of maritime transport on Croatian tourism development", *Maritime Policy & Management: The flagship journal of international shipping and port research*, Vol. 34, No. 3, pp. 185 – 202
- [96] Jeon, C.M., Amekudzi, A., 2005, "Addressing Sustainability in Transportation Systems: Definitions, Indicators, and Metrics", *Journal of Infrastructure Systems*, Vol. 11, Issue 1, pp. 31 - 50
- [97] Raza, Z., Svanberg, M., Wiegman, B., 2020, "Modal shift from road haulage to short sea shipping", *Transport Reviews*, Vol. 40, Issue 3, pp. 382 - 406
- [98] Agius, K., Theuma, N., Deidun, A., 2021, "So close yet so far: island connectivity and ecotourism development in Central Mediterranean Islands", *Case Studies on Transport Policy*, Vol. 9, Issue 1, pp. 149 - 160
- [99] Foschi, A.D., Peraldi, X., Rombaldi, M., 2005, "Inter - island links in Mediterranean short sea shipping networks", *Discussion Papers Collana di E - papers del Dipartimento di Scienze Economiche - Università di Pisa*, No. 52
- [100] Violačić, A., 2014, "Implementation of concept of sea motorways in waterborne passenger traffic - a contribution to the improvement of EU traffic and maritime policy", *Naše more*, Vol. 61, No. 3 - 4, pp. 102 - 107
- [101] Jugović, A., Debelić, B., Brdar, M., 2011, "Priobalno prometno povezivanje u Europi - čimbenik održivog razvoja prometnog sustava Republike Hrvatske", *Pomorstvo*, Vol. 25, No. 1, pp. 109 - 124
- [102] Alexopoulos, A.B., Theotokas, I.N., 2000, "Quality services in the coastal passenger shipping sector and its contribution to the development of tourism in small islands. The case of Psara island", *Proceedings of international conference on: Tourism in island areas and special destinations*, At University of the Aegean, Volume CD
- [103] Europska agencija za okoliš, <https://www.eea.europa.eu/hr/articles> (pristupljeno 10. 10. 2021.)

- [104] Hiranandani, V., 2014, "Sustainable development in seaports: a multi-case study", *WMU Journal of Maritime Affairs*, Vol. 13, pp. 127 – 172
- [105] Lu, R., Turan, O., Boulougouris, E., Banks, C., Incecik, A., 2015, "A semi-empirical ship operational performance prediction model for voyage optimization towards energy efficient shipping", *Ocean Engineering*, Vol. 110, pp. 18 - 28
- [106] Yan, X., Wang, K., Yuan, Y., Jiang, X., Negenborn, R., 2018, "Energy-efficient shipping: An application of big data analysis for optimizing engine speed of inland ships considering multiple environmental factors", *Ocean Engineering*, Vol. 169, pp. 457 - 468
- [107] Radonja, R., Jugović, A., 2011, "Poslovna politika brodara u kontekstu razvoja ekološkog zakonodavstva", *Pomorstvo*, Vol. 25, No. 2, pp. 319 - 341
- [108] Song, D-P, Li, D., Drake, P., 2017, "Multi-objective optimization for a liner shipping service from different perspectives", *Transportation Research Procedia* 25, pp. 251 – 260
- [109] Cheaitou, A., Cariou, P., 2019, "Greening of maritime transportation: a multi-objective optimization approach", *Annals of Operations Research*, Vol. 271, Issue 1 - 2, pp. 501 - 525
- [110] Wang, K., Yan, X., Yuan, Y., Li, F., 2016, "Real-time optimization of ship energy efficiency based on the prediction technology of working condition", *Transportation Research Part D*, Vol. 46, pp. 81 - 93
- [111] Vukić, Đ., Mašće, I., Pavličević, E., 2017, "Upravljanje prijevozom kontejnerskog broda s ciljem optimizacije troškova", *Naše more*, Vol. 64, No. 3, pp. 76 - 80
- [112] Zacharioudakis, P.g., Iordanis, S., Lyridis, D.V., Psaraftis, H.N., 2011, "Liner shipping cycle cost modelling, fleet deployment optimization and what-if analysis", *Maritime Economics & Logistics*, Vol. 13, pp. 278 – 297
- [113] Chainas, K. 2012, "The optimization of the Greek coastal shipping transportation network", *Tourismos*, Vol. 7, No. 1, pp. 351 - 366
- [114] Yao, B., Yu, B., Chen, G., Mu, R., Zong, F., 2014, "Application of Discrete Mathematics in Urban Transportation System Analysis," *Mathematical Problems in Engineering*, Hindawi Publishing Corporation, Vol. 2014, pp. 1 - 2
- [115] Matoušek, J., Gartner, B., 2007, "Understanding and Using Linear Programming", Springer, Berlin, pp. 31, 12
- [116] Wang, K., Yan, X., Yuan, Y., Jiang, X., Lin, X., Negenborn, R., 2018, "Dynamic optimization of ship energy efficiency considering timevarying environmental factors", *Transportation Research Part D*, Vol. 62, pp. 685 - 698

- [117] Wang, K., Yan, X., Yuan, Y., Li, F., 2016, "Real-time optimization of ship energy efficiency based on the prediction technology of working condition", *Transportation Research Part D*, Vol. 46, pp. 81 - 93
- [118] Službeni list Europske unije, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content> (pristupljeno 14. 2. 2022.)
- [119] Uredba o uvjetima i vrednovanju kriterija za davanje koncesije i sklapanje ugovora o javnoj usluzi za obavljanje javnog prijevoza u linijskom obalnom pomorskom prometu, NN 31/14, [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014\\_03\\_31\\_537.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_03_31_537.html) (pristupljeno 1. 12. 2021.)
- [120] Božikov, J., 2007, "Modeliranje i simulacija", Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, pp. 85 - 108
- [121] Topić, G., 2005, "Modeliranje poslovnih procesa i optimizacija ljudskih resursa u složenim poslovnim sustavima", 6. Hrvatska konferencija o kvaliteti, Opatija, pp. 1 - 11
- [122] Fischer, G., 1991, "The Importance of Models in Making Complex Systems Comprehensible", *Human Factors in Information Technology*, Vol. 2, pp. 3 - 36
- [123] Šimunović, Lj, "Modeliranje, simulacije i upravljanje prometom", Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, Zavod za gradski promet
- [124] Law, A.M, Kelton, W.D., 2000, "Simulation Modeling and analysis", 3rd Edition, McGraw-Hill Inc., New York, pp. 5
- [125] Zelenika, R., 2010, "Ekonomika prometne industrije", Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, pp. 368
- [126] Hozdić, E., Hozdić, E., 2014, "Modeliranje i simulacija struktura kompleksnih proizvodnih sistema", *Tehnički glasnik*, Vol. 8. No. 2, pp. 150 - 156
- [127] Shiflet, A.B, Shiflet, G.W., 2006, "Introduction to Computational Science", Wofford College, Princeton University Press, pp. 6
- [128] Šuman, S., Jakupović, A., Liverić, D., 2015, "Uvod u formalizaciju metoda modeliranja podataka", *Zbornik Veleučilišta u Rijeci*, Vol. 3, No. 1, pp. 73 - 81
- [129] Rajsman, M., Beroš, I., 2006, "Model razvitka putničke prijevozne potražnje u hrvatskom pomorskom prometnom sustavu", *Naše more*, Vol. 53, No. 3 - 4, pp. 112 - 117
- [130] Novačko, L., Babojelić, K., God, N., 2019, "Primjena simulacijskih alata u analizi prometnih tokova u cestovnom prometu", *Ceste 2019 - Zbornik radova*, pp. 170 - 184
- [131] Ivaković, Č., 1991, "Prometna i potražnja i robni tokovi u funkciji integralnog transporta", *Promet*, Vol. 3, No. 2, pp. 71 - 76

- [132] Williams, H., 1977, "On the formation of travel demand models and economic evaluation measures of user benefit", *Environment and Planning A*, Vol. 9, pp. 285 - 344
- [133] Hess, S., Fabian, A., Hess, M., 2008, " O problemima modeliranja prometnih sustava u svrhu praćenja uspješnosti poslovanja", *Pomorstvo*, Vol. 22, No. 2, pp. 153 - 170
- [134] Lovrić, M., Blainey, S., Preston, J., 2017, "A conceptual design for a national transport model with cross-sectoral interdependencies", *Transportation Research Procedia*, Vol. 27, pp. 720 - 727
- [135] Biggs; N.L., 2002, "Discrete Mathematics", Oxford University Press, Oxford, pp. 89
- [136] Krčadinac, V., 2016, "Osnove algoritma", Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, pp. 3 - 4
- [137] Veljan, D., Petkovšek, M., Pisanski, T., Svrtan, D., Dujella, A., "Kombinatorna i diskretna matematika", *Algoritam Zagreb*, 2001.
- [138] Bondy, J.A., Murty, U.S.R., "Graph theory with applications", Department of Combinatorics and Optimization, University of Waterloo, Ontario, Canada, 1976.
- [139] Fošner, M., Kramberger, T., 2009, "Teorija grafova i logistika", *Math.e*, Vol. 14, No. 1
- [140] Galil, Z., 1986, "Efficient Algorithms for Finding Maximum Matching in Graphs", *Computing Surveys*, Vol. 18, No. 1, pp. 23 - 38
- [141] Klobučar, A., Tot, B., 2017, "Sparivanja na grafovima i Teorem o braku", *Osječki matematički list* , Vol. 17, No. 1, pp. 63 - 69
- [142] Kuhn, H.W, 1955, "The Hungarian Method for the Assignment Problem", *Naval Research Logistic Quaterly*, Vol. 2, Issue 1 - 2, pp. 83 - 97
- [143] Gabow, H.N., 2018, "Data Structures for Weighted Matching and Extensions to b-matching and f-factors", *ACM Transactions on Algorithms*, Vol. 14, No. 3, pp. 1 - 80
- [144] Edmonds, J., 1965, "Paths, trees, and flowers", *Canadian Journal of Mathematics*, Vol. 17, pp. 449 – 467
- [145] Buble, M., 2006., „Menadžerske vještine“; Sinergija, Zagreb, str. 37, 38
- [146] Dumas, J., Sorce, J., 1995, „Expert Reviews: How many experts is enough?“, *Proceedings of the human factors and ergonomics society 39th annual meeting-1995*, pp. 228 - 232
- [147] Marušić, M., Vranešević, T., 2001, "Istraživanje tržišta", *Adeco*, Zagreb, pp. 201
- [148] Marinković, V., 2018, „Croatian islands-insight into the traffic-geographical features accessibility“, *Geoadria*, Vol. 23, No. 2, pp. 177 - 205
- [149] Strategija prometnog razvitka Republike Hrvatske, NN 139/1999, [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/1999\\_12\\_139\\_2130.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/1999_12_139_2130.html) (pristupljeno 17. 2. 2022.)

- [150] Steiner, S., 2007, "Prometni sustav Hrvatske u procesu europskih integracija", Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Znanstveno vijeće za promet, Znanstvena studija, pp. 20
- [151] Mandić, N., 2017, "Modified Legal Framework and Opening of the Liner Shipping Market in the Republic of Croatia to Shipping Companies from the European Economic Area", Transactions on maritime science, Vol. 6, No. 2, pp. 140 - 146
- [152] Lajić, I., Mišetić, R., 2013, „Demografske promjene na hrvatskim otocima na početku 21. stoljeća“, Migracijske i etničke teme, Vol. 29, No. 2, pp. 169 - 199
- [153] Zakon o otocima, NN 116/2018, [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018\\_12\\_116\\_2287.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_12_116_2287.html) (pristupljeno 5. 11. 2021.)
- [154] Naletina, D., Ačkar, I., Vuletić, A., Petljak, K., Štulec, I., 2018, "Development opportunities of liner maritime passenger traffic in the Republic of Croatia", Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast, Vol. 11, No. 5, pp. 182 - 197
- [155] Debelić, B., Mance, D., Maslarić, M., 2019, "The determinants of maritime passenger transport to Croatian islands", 19th international scientific conference Business Logistics in Modern Management, October 10-11, 2019, Osijek, Croatia, pp. 339 - 352
- [156] Delibašić, T., Vidučić, V., 2003, "Međuovisnost putničkog brodarstva i turizma u Hrvatskoj", Zbornik radova, Sveučilište Rijeka, Ekonomski fakultet Rijeka, Vol. 21, sv. 2, pp. 77 - 92
- [157] Izvješće o učincima provedbe Zakona o otocima u 2019. godini, <https://razvoj.gov.hr/o-ministarstvu/djelokrug-1939/otoci/zakon-o-otocima-nn-116-2018/izvjesce-o-ucincima-provedbe-zakona-o-otocima-u-2019-godini/4233> (pristupljeno 1. 8. 2021.)
- [158] Mandić, N., Parlov, I., 2015, "Javni prijevoz u linijskom i povremenom obalnom pomorskom prometu - pravna vrela (podzakonski propisi)", Poredbeno pomorsko pravo, PPP god. 54, br. 169, pp. 275 - 309
- [159] Pomorski zakonik, pročišćeni tekst zakona, NN 181/04, 76/07, 146/08, 61/11, 56/13, 26/15, 17/19, <https://www.zakon.hr/z/310/Pomorski-zakonik> (pristupljeno 8. 8. 2021.)
- [160] Nacionalni plan obalnog linijskog pomorskog prometa, 2019, Pomorski fakultet u Rijeci, [https://mmpi.gov.hr/UserDocsImages/arhiva/Nacionalni%20plan%20razvoja%20obalnog%20linijskog%20pomorskog%20prometa%208-1\\_19.pdf](https://mmpi.gov.hr/UserDocsImages/arhiva/Nacionalni%20plan%20razvoja%20obalnog%20linijskog%20pomorskog%20prometa%208-1_19.pdf) (pristupljeno 1. 8. 2021.)
- [161] Mandić, N., Amižić Jelovčić, P., 2014, "Novine u Zakonu o prijevozu u linijskom i povremenom obalnom pomorskom prometu iz 2013.g.", PPP god. 53, 168, pp. 127 - 142

- [162] Pravilnik o uvjetima i načinu ostvarivanja prava na povlašteni prijevoz na linijama u javnom pomorskom prijevozu, NN 41/2017, [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017\\_04\\_41\\_894.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_04_41_894.html) (pristupljeno 5. 9. 2021.)
- [163] Pravilnikom o uvjetima koje mora ispunjavati brod i brodar za obavljanje javnog prijevoza u linijskom obalnom pomorskom prometu, NN 26/14, [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014\\_02\\_26\\_465.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_02_26_465.html) (pristupljeno 2. 9. 2022.)
- [164] Zakon o pomorskom dobru i morskim lukama, pročišćeni tekst zakona, NN 158/03, 100/04, 141/06, 38/09, 123/11, 56/16, 98/19, <https://www.zakon.hr/z/505/Zakon-o-pomorskom-dobru-i-morskim-lukama> (pristupljeno 27. 10. 2021.)
- [165] Zakon o državnim potporama, pročišćeni tekst zakona, NN 47/14, NN 69/17, <https://www.zakon.hr/z/464/Zakon-o-dr%C5%BEavnim-potporama> (pristupljeno 27. 10. 2021.)
- [166] Bulum, B., 2015, "Nova tumačenja odredbi Uredbe 3577/92 o pomorskoj kabotaži", *Poredbeno pomorsko pravo*, Vol. 54, No. 169, pp. 247 - 273
- [167] Pravilnik o uvjetima za obavljanje pomorske kabotaže u Republici Hrvatskoj, NN 109/19, [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019\\_11\\_109\\_2198.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_11_109_2198.html) (pristupljeno 4. 1. 2022.)
- [168] Marinković, V., 2016, "Socijalnogeografske osnove i odrednice klasifikacija hrvatskih otoka", *Geoadria* 21/1, pp. 143 - 166
- [169] Nove politike razvoja otoka, 2018, Ministarstvo regionalnog razvoja i fondova Europske unije, <https://razvoj.gov.hr/o-ministarstvu/djelokrug-1939/otoci/poticanje-otocnog-gospodarstva/3889> (pristupljeno 6. 6. 2022.)
- [170] Bulum, B., 2012, "Prava putnika u pomorskom prijevozu prema Uredbi Europske unije broj 1177/2010", *Zbornik Pravnog fakultet u Zagrebu*, Vol. 62, No. 4, pp. 1077 - 1111
- [171] Jugović, A., Lončar, S., 2008, "Model racionalnog upravljanja pomorskoputničkim lukama Republike Hrvatske", *Ekonomska misao i praksa*, No. 1, pp. 3 - 26
- [172] Dundović, Č., Kolanović, I., 2008, "Morske luke - činitelji logističkog i prometnog razvitka Republike Hrvatske", *More - hrvatsko blago*, Matica Hrvatska, pp. 960 - 972
- [173] Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture, <https://mmpi.gov.hr/> (pristupljeno 21. 8. 2021.)
- [174] Vidučić, V., Mitrović, M., Tomašević, M., 2008, "Definiranje sinergijskog odnosa turističkih migracija i iskorištavanja kapaciteta linijskih putničkih brodova", *Informatologia*, Vol. 41, No. 3, pp. 203 - 209



- [175] Kožić, I., 2013, "Kolika je sezonalnost turizma u Hrvatskoj?", *Ekonomski vjesnik: Review of Contemporary Entrepreneurship, Business, and Economic Issues*, Vol. XXVI No. 2, pp. 470 - 479
- [176] Jadrolinija, <https://www.jadrolinija.hr/> (pristupljeno 1. 11. 2021.)
- [177] Žuvela, I., 2000, "Konceptija i strategija razvitka pomorskog gospodarstva Hrvatske", *Pomorski zbornik*, Vol. 38, No. 1, pp. 11 - 60
- [178] Czemanski, E., Pawłowska, B., Oniszczyk-Jastrząbek, A., Cirella, G., 2020, "Decarbonization of Maritime Transport: Analysis of External Costs", *Froniers in energy research*, Vol. 8, Article 28
- [179] Wang, H., Lutsey, N., 2014, "Long-Term Potential to Reduce Emissions from International Shipping by Adoption of Best Energy-Efficiency Practices", *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, pp. 1 - 10
- [180] Aspen, D.M, Sparrevik, M., 2020, "Evaluating alternative energy carriers in ferry transportation using a stochastic multi-criteria decision analysis approach", *Transportation Research Part D*, Vol. 86, pp. 1 - 12
- [181] Blagojević, B., Bašić, J., 2013, "Concept Design of a Fast Craft With Hybrid Propulsion", *Naše more*, Vol. 60, pp. 91 - 96
- [182] Uredba (EU) 2015/757 Europskog parlamenta i vijeća od 29. travnja 2015. o praćenju emisija ugljikova dioksida iz pomorskog prometa, izvješćivanju o njima i njihovoj verifikaciji te o izmjeni Direktive 2009/16/EZ, *Službeni list Europske unije*, L 123/55
- [183] Izvješće o inventaru stakleničkih plinova na području Republike Hrvatske za razdoblje 1990.-2019., *Izvješće prema Konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime i prema Kyotskom protokolu*, Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, Republika Hrvatska
- [184] Franić, Z., 2021, "Praćenje, izvještavanje i provjera emisija CO<sub>2</sub> u pomorskom prometu", *Sigurnost*, Vol. 63, No.2, pp. 189 - 201
- [185] Uredba o utvrđivanju najviših maloprodajnih cijena naftnih derivata, *Narodne novine* 105/2022
- [186] Ecotree, [www.ecotree.green](http://www.ecotree.green) (pristupljeno 06.11.2022.)
- [187] Strategija prometnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje od 2017. do 2030. godine, <https://mmpi.gov.hr/UserDocsImages/arhiva/MMPI%20Strategija%20prometnog%20razvoja%20RH%202017.-2030.-final.pdf> (pristupljeno 2. 2. 2022.)

## POPIS TABLICA

**Tablica 1.** Razine / podsustavi pomorskoputničkog prometa (stranica 15.)

**Tablica 2.** Koeficijent razvedenosti obale i broj prevezenih putnika u pomorskoputničkom prometu (bez putnika na kružnim putovanjima) u razdoblju od 2016. do 2020. za Italiju, Grčku i Hrvatsku (stranica 34.)

**Tablica 3.** Primjer pitanja u provedenim intervjuima sa stručnjacima (stranica 79.)

**Tablica 4.** Tjedna potrošnja pogonske energije po promatranim brzobrodskim linijama (stranica 81.)

**Tablica 5.** Veličine uteženja za promatrane brzobrodске linije u odnosu na potrošnju pogonske energije (stranica 81.)

**Tablica 6.** Broj pripadajućih brodova po promatranim brzobrodskim linijama (stranica 84.)

**Tablica 7.** Produkt bodova i broja prevezenih putnika (stranica 84.)

**Tablica 8.** Veličine uteženja za određene brzobrodске linije u odnosu na dostupnost brodova (stranica 85.)

**Tablica 9.** Veličine kvalitete funkcije  $f$  za kompromisni pristup (stranica 88.)

**Tablica 10.** Utežene veličine kod kompromisnog pristupa (stranica 88.)

**Tablica 11.** Stanovništvo hrvatskih otoka od 1857. do 2021. (bez poluotoka Pelješca) (stranica 99.)

**Tablica 12.** Kretanje broja i udjel stanovnika otoka od 1981. do 2021. na području Republike Hrvatske (stranica 100.)

**Tablica 13.** Razvrstaj hrvatskih otoka po geografskom kriteriju i teritorijalnoj nadležnosti (stranica 115.)

**Tablica 14.** Razvrstaj hrvatskih otoka prema kriteriju udaljenosti od kopna (stranica 116.)

**Tablica 15.** Ulaganja Republike Hrvatske u otoke 2004. - 2019. (stranica 119.)

**Tablica 16.** Linije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske (stranica 124.)

**Tablica 17.** Dinamika godišnjeg plovidbenog reda za otok Hvar prema broju tjednih polazaka prema otoku (stranica 133.)

**Tablica 18.** Flota obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske (stranica 137.)

**Tablica 19.** Prosječna starost brodova flote obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske (stranica 137.)

**Tablica 20.** Razvedenost obale Jadranskog mora po pripadajućim državama (stranica 139.)

**Tablica 21.** Brzobrodске linije sa zahtjevom brodova brzine 25 čvorova (stranica 141.)

**Tablica 22.** Inicijalno pridruživanje brzih brodova i brzobrodskih linija (stranica 142.)

**Tablica 23.** Prikladnost brzih brodova za određene brzobrodске linije (stranica 144.)

**Tablica 24.** Potrošnja pogonske energije kod inicijalnog i optimalnog pridruživanja brzih brodova i brzobrodskih linija u izvansezonskome razdoblju (stranica 145.)

**Tablica 25.** Potrošnja pogonske energije kod inicijalnog i optimalnog pridruživanja brzih brodova i brzobrodskih linija u razdoblju niske sezone (stranica 147.)

**Tablica 26.** Potrošnja pogonske energije kod inicijalnog i optimalnog pridruživanja brzih brodova i brzobrodskih linija u razdoblju visoke sezone (stranica 148.)

**Tablica 27.** Trajektne linije sa zahtjevom brodova brzine 9 čvorova (stranica 152.)

**Tablica 28.** Inicijalno pridruživanje trajekata i trajektnih linija (stranica 152.)

**Tablica 29.** Prikladnost trajekata po pojedinim trajektnim linijama (stranica 153.)

**Tablica 30.** Potrošnja pogonske energije kod inicijalnog i optimalnog pridruživanja trajekata i trajektnih linija u izvansezonskome razdoblju (stranica 154.)

**Tablica 31.** Količina ispuštanja CO<sub>2</sub> prema potrošnji pogonske energije kod inicijalnog i optimalnog pridruživanja brzih brodova i brzobrodskih linija (stranica 158.)

**Tablica 32.** Bodovanje brzih putničkih brodova prema uvjetima brzobrodskih linija sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske (stranica 160.)

**Tablica 33.** Broj prevezenih putnika na brzobrodskim linijama u izvansezoni, niskoj sezoni i visokoj sezoni (stranica 161.)

**Tablica 34.** Prikladnost brzih brodova brzobrodskim linijama u odnosu na putnike kod inicijalnog pridruživanja i optimalnog pridruživanja u izvansezonskome razdoblju (stranica 162.)

**Tablica 35.** Prikladnost brzih brodova brzobrodskim linijama u odnosu na putnike kod inicijalnog pridruživanja i optimalnog pridruživanja u razdoblju niske sezone (stranica 163.)

**Tablica 36.** Prikladnost brzih brodova brzobrodskim linijama u odnosu na putnike kod inicijalnog pridruživanja i optimalnog pridruživanja u razdoblju visoke sezone (stranica 163.)

**Tablica 37.** Bodovanje trajekata prema uvjetima trajektnih linija sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske (stranica 164.)

**Tablica 38.** Broj prevezenih putnika na trajektnim linijama u izvansezoni (stranica 165.)

**Tablica 39.** Prikladnost trajekata linijama u odnosu na putnike kod inicijalnog pridruživanja i optimalnog pridruživanja u izvansezonskome razdoblju (stranica 165.)

**Tablica 40.** Vrijednosti  $g_{ij}$  po promatranim brzobrodskim linijama (stranica 167.)

**Tablica 41.** Vrijednosti  $b_{ij}$  po promatranim brzobrodskim linijama (stranica 168.)

**Tablica 42.** Vrijednosti  $\frac{1}{2} \frac{b_{ij}}{B} - \frac{1}{2} \frac{g_{ij}}{G}$  po promatranim brzobrodskim linijama (stranica 169.)

**Tablica 43.** Trenutni raspored i optimalno pridruživanje brzih putničkih brodova i brzobrodskih linija kompromisnim pristupom u izvansezoni, niskoj i visokoj sezoni (stranica 171.)

**Tablica 44.** Vrijednosti  $g_{ij}$  po promatranim trajektnim linijama (stranica 172.)

**Tablica 45.** Vrijednosti  $b_{ij}$  po promatranim trajektnim linijama (stranica 173.)

**Tablica 46.** Vrijednosti  $\frac{1}{2} \frac{b_{ij}}{B} - \frac{1}{2} \frac{g_{ij}}{G}$  po promatranim trajektnim linijama (stranica 174.)

**Tablica 47.** Trenutni raspored i optimalno pridruživanje trajekata i trajektnih linija kompromisnim pristupom u izvansezoni (stranica 176.)

**Tablica 48.** Potvrda rezultata optimalnog pridruživanja brzih brodova i brzobrodskih linija kompromisnim pristupom u izvansezoni (stranica 177.)

## POPIS GRAFOVA

**Graf 1.** Kretanje broja putnika u pomorskoputničkom prometu (bez putnika na kružnim putovanjima) Europske unije u razdoblju od 2015. do 2020. (stranica 33.)

**Graf 2.** Kretanje broja putnika u pomorskoputničkom prometu (bez putnika na kružnim putovanjima) u Italiji u razdoblju od 2016. do 2020. (stranica 36.)

**Graf 3.** Kretanje broja putnika u pomorskoputničkom prometu (bez putnika na kružnim putovanjima) u Grčkoj u razdoblju od 2016. do 2020. (stranica 39.)

**Graf 4.** Kretanje broja putnika u pomorskoputničkom prometu (bez putnika na kružnim putovanjima) u Hrvatskoj u razdoblju od 2016. do 2020. (stranica 42.)

**Graf 5.** Emisija CO<sub>2</sub> po sektorima u razdoblju od 1982. do 2020. (stranica 49.)

**Graf 6.** Emisije stakleničkih plinova svih prometnih sektora (stranica 49.)

**Graf 7.** Primjer grafa (stranica 70.)

**Graf 8.** Primjer neusmjerenog i usmjerenog grafa (stranica 70.)

**Graf 9.** Primjer višestrukog brida između vrhova  $v_1$  i  $v_2$  (stranica 71.)

**Graf 10.** Stupanj vrha  $v_1$  (stranica 71.)

**Graf 11.** Inicijalni raspored radnika za izvršenje određenih radnih zadataka (stranica 72.)

**Graf 12.** Uteženi graf sparivanja radnika i radnih zadataka (stranica 73.)

**Graf 13.** Savršeno sparivanje radnika i radnih zadataka koje nije optimalno (stranica 73.)

**Graf 14.** Optimalno sparivanje radnika i radnih zadataka (stranica 74.)

**Graf 15.** Primjer inicijalnog stanje povezivanja brzih brodova s odgovarajućim brodskim linijama s aspekta potrošnje pogonske energije (stranica 80.)

**Graf 16.** Primjer uteženja povezivanja brzih brodova s odgovarajućim brodskim linijama s aspekta potrošnje pogonske energije (stranica 82.)

**Graf 17.** Primjer optimalnog povezivanja brzih brodova s odgovarajućim brodskim linijama s aspekta potrošnje pogonske energije (stranica 83.)

**Graf 18.** Primjer inicijalnog stanja povezivanja brzih brodova s odgovarajućim brodskim linijama s aspekta dostupnosti brodova (stranica 85.)

**Graf 19.** Primjer uteženja trenutnog stanja povezivanja brzih brodova s odgovarajućim brodskim linijama s aspekta dostupnosti brodova (stranica 86.)

**Graf 20.** Primjer optimalnog povezivanja brzih brodova s odgovarajućim brodskim linijama s aspekta dostupnosti brodova (stranica 86.)

**Graf 21.** Primjer optimalnog povezivanja brzih brodova s odgovarajućim brodskim linijama kompromisnim pristupom (stranica 89.)

**Graf 22.** Kretanje broja stanovnika na 15 najnaseljenijih otoka u 2011. i 2021. (stranica 98.)

**Graf 23.** Usporedba broja turista na tri dalmatinska otoka (stranica 102.)

**Graf 24.** Kretanje broja prevezenih putnika i vozila u obalnom linijskom pomorskoputničkom prometu Republike Hrvatske za razdoblje od 2015. do 2020. (stranica 103.)

**Graf 25.** Ulaganja Republike Hrvatske u otoke 2004. - 2017. po područjima (stranica 120.)

**Graf 26.** Broj prevezenih putnika i vozila na trajektnim linijama 2010. - 2019. (stranica 130.)

**Graf 27.** Broj prevezenih putnika po brodskim (klasičnim) linijama 2010. - 2019. (stranica 130.)

**Graf 28.** Broj prevezenih putnika po brzobrodskim linijama 2010. - 2019. (stranica 131.)

**Graf 29.** Broj prevezenih putnika u obalnom linijskom pomorskoputničkom prometu Republike Hrvatske 2010. - 2019. (stranica 132.)

**Graf 30.** Kretanje broja prevezenih putnika i vozila u 2019. na trajektnim, brzobrodskim i brodskim linijama sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske (stranica 134.)

**Graf 31.** Udio brodara u putničkome prometnom sustavu obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske – 2019. (stranica 136.)

**Graf 32.** Povezivanje brzih brodova s odgovarajućim brzobrodskim linijama sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske u izvansezonskome razdoblju (stranica 150.)

**Graf 33.** Optimalno sparivanje brzih brodova s odgovarajućim brzobrodskim linijama sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske s aspekta potrošnje pogonske energije u izvansezonskome razdoblju (stranica 151.)

**Graf 34.** Povezivanje trajekata s odgovarajućim trajektnim linijama sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske u izvansezonskome razdoblju (stranica 156.)

**Graf 35.** Optimalno sparivanje trajekata s odgovarajućim trajektnim linijama sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske s aspekta potrošnje pogonske energije u izvansezonskome razdoblju (stranica 157.)

**Graf 36.** Optimalno sparivanje kompromisnim pristupom brzih brodova s odgovarajućim brzobrodskim linijama sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske u izvansezonskome razdoblju (stranica 170.)

**Graf 37.** Optimalno sparivanje kompromisnim pristupom trajekata s odgovarajućim trajektnim linijama sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske s aspekta potrošnje pogonske energije u izvansezonskome razdoblju (stranica 175.)

## **POPIS SHEMA**

**Shema 1.** Klasifikacija modela (stranica 62.)

**Shema 2.** Metodologija optimizacije sustava obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa (stranica 91.)

## **POPIS SLIKA**

**Slika 1.** Karta Italije (stranica 35.)

**Slika 2.** Karta Grčke (stranica 38.)

**Slika 3.** Karta Hrvatske (stranica 41.)

**Slika 4.** Prikaz rezultata savršenog i optimalnog sparivanja radnika i radnih zadataka (stranica 74.)

**Slika 5.** Primjer izvršenja savršenog sparivanja mađarskom metodom (stranica 76.)

**Slika 6.** Paneuropska prometna mreža (stranica 95.)

**Slika 7.** Brodske, brzobrodske i trajektne linije obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske na sjevernom Jadranu (stranica 125.)

**Slika 8.** Brodske, brzobrodske i trajektne linije obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske na srednjem Jadranu (stranica 126.)

**Slika 9.** Brodske, brzobrodske i trajektne linije obalnog linijskog pomorskoputničkog prometa Republike Hrvatske na južnom Jadranu (stranica 127.)



## ŽIVOTOPIS

Antonija Mišura je rođena 6. listopada 1976. u Splitu, a u rodnome gradu završava osnovnu školu i opću gimnaziju. Diplomirala je na Ekonomskom fakultetu Sveučilišta u Splitu 2000., nakon čega završava Studij za dopunsko pedagoško-psihološko obrazovanje nastavnika na Fakultetu prirodoslovno-matematičkih znanosti i odgojnih područja u Splitu.

Zapošljava se 2002., a 13 godina radi na rukovodećim radnim mjestima u broderskoj kompaniji u kojoj stječe organizacijske i rukovoditeljske vještine. Od 1. listopada 2018. je zaposlenica Pomorskog fakulteta u Splitu, a u statusu suradnika izvodi nastavu na kolegijima: Sustavi prometa u pomorskom turizmu, Marketing u pomorstvu, Istraživanje tržišta u pomorstvu, Menadžment u nautičkom turizmu, Pomorski turizam, Pomorski strategijski menadžment I. i II., Strategijski menadžment u pomorstvu na studijskim smjerovima Pomorskog menadžmenta, Pomorskih tehnologija jahti i marina te Pomorske nautike.

Sudjelovala je u VIF znanstvenome projektu Tjelesna aktivnost, san i psihološki stres skipera i nautičara. U svibnju 2021. je na Festivalu znanosti u Splitu prezentirala rad Digitalna znanost u pomorstvu koji je rezultat njezine suradnje s kolegama s Pomorskog fakulteta u Splitu. Također, uspješno je završila program EU ŠKOLA – upravljanje programima i projektima financiranim iz bespovratnih sredstava Europske unije i tečaj ISM KODEKS.

Govori engleski te se služi talijanskim jezikom.

Radovi u znanstvenim časopisima i na međunarodnim znanstvenim skupovima:

1. Stanivuk, T.; Mišura, A.; Stazić, L.; Štolfa, I.; 2021, „Determination of the Cruise Vessels Seasonal Pattern in Eastern Adriatic“, TransNav, International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Vol. 15, No. 4, pp. 743 – 748
2. Račić, M.; Balić, K.; Pavlinović, M.; Mišura, A.; 2021, „Evaluation of cruiser traffic variables in seaports of the Republic of Croatia“, Pedagogika – Pedagogy, 93, pp. 24-35
3. Lalić, B.; Poljak, A.; Radica, G.; Mišura, A.; 2021, „Low-Speed Marine Diesel Engine Modeling for NOX Prediction in Exhaust Gases“, Energies, Vol. 14, Issue 15, pp. 1 – 29
4. Mišura, A.; Stanivuk, T.; Šoda, J.; Jugović, A.; 2020, „Model of short-term forecasting liner maritime transport in the port system: A case study for Split City port“, Pomorstvo, Vol. 34, No. 2, pp. 363 – 375

5. Stanivuk, T.; Mišura, A.; Stazić, L.; Galić, S.; 2020, „Analisis of inspections in LNG shipping company“, 19th International Conference on Transport Science (ICTS 2020), 17 – 18 September 2020, Faculty of Maritime Studies and Transport, Portorož, Slovenia
6. Mišura, A.; Oblak, R.; Bojić, F.; Vizjak, S.; 2020, „Comparative Analysis of the Concessioning Model of Maritime Domains in the Territory of Both the European Union and the Republic of Croatia with a Focus on the Seaports“, *Pomorstvo*, Vol. 34, No. 1, pp. 146 – 155
7. Stanivuk, T.; Šundov, M.; Žanić Mikuličić, J.; Mišura, A.; 2020, „Logistical Activities in the Function of Development of the Shipbuilding Industry“, *Transactions on Maritime Science*, Vol. 9, No. 1, pp. 51 – 62
8. Mišura, A.; Sopta, D.; Perić – Hadžić, A.; 2020, „Impact of Traffic Connectivity on Island Development“, *Naše more*, Vol. 67, No. 1, pp. 69 – 77
9. Mišura, A.; Stanivuk, T.; Čišić, D.; 2019, „Attitudes on introduction of electric ships in the Coastal Maritime Traffic of the Republic of Croatia“, *Pomorstvo*, Vol. 33, No. 1, pp. 84 – 91
10. Mišura, A.; Stanivuk, T.; Balić, K.; Račić, M.; 2019, „Introducing electric ships in the coastal maritime traffic system of the Republic of Croatia“, 1st International Conference of Maritime Science & Technology (Naše more), 17 – 18 October 2019, University of Dubrovnik, Maritime Department, Dubrovnik, Croatia
11. Mišura, A.; Stazić, L.; Stanivuk, T.; Komar, I.; 2019, „Verification of the Evaluation methodology for ship’s Planned Maintenance System database“, 8th International Maritime Science Conference (IMSC 2019), 11 – 12 April 2019, Faculty of Maritime Studies, Kotor, Montenegro
12. Vukić, L.; Marušić, E.; Mišura, A.; Paladin, S.; 2019, „Review of nautical tourism port business in Croatia“, 8th International Maritime Science Conference (IMSC 2019), 11 – 12 April 2019, Faculty of Maritime Studies, Kotor, Montenegro
13. Bratić, K.; Stazić, L.; Mišura, A.; Jurić, Z.; 2019, „Spare Parts optimization using a Planned Maintenance System“, 8th International Maritime Science Conference (IMSC 2019), 11 – 12 April 2019, Faculty of Maritime Studies, Kotor, Montenegro
14. Bebić, D.; Stazić, L.; Mišura, A.; Komar, I.; 2018, „EDD – Economic Benefit Analysis of Extending Dry Docking Interval“, *Transactions on Maritime Science*, Vol. 7, No. 02; pp. 164 – 173

15. Stazić, L.; Komar, I.; Mihanović, L.; Mišura, A.; 2018, „Shipowner's Impact on Planned Maintenance system Database Quality Grades Resemblance Equalization“, Transactions on Maritime Science, Vol. 7, No. 01, pp. 5 – 22
16. Stazić, L.; Komar, I.; Mišura, A.; Bukljaš Skočibušić, M.; 2018, „Simplification of evaluation methodology for ship's PMS database“, 18th International Conference on Transport Science (ICTS 2018), 14 – 15 June 2018, Faculty of Maritime Studies and Transport, Portorož, Slovenia