

Brod za prijevoz automobila s osvrtom na razvoj ro-ro terminala i luke Kopar

Ranić, Valentina

Undergraduate thesis / Završni rad

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:187:960071>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-07**



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**

VALENTINA RANIĆ

**BROD ZA PRIJEVOZ AUTOMOBILA S OSVRTOM NA
RAZVOJ RO-RO TERMINALA I LUKE KOPAR**

ZAVRŠNI RAD

Rijeka, 2023.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**BROD ZA PRIJEVOZ AUTOMOBILA S OSVRTOM NA
RAZVOJ RO-RO TERMINALA LUKE KOPAR**

**CAR CARRIER AND PORT OF KOPAR RO-RO
TERMINAL DEVELOPMENT**

ZAVRŠNI RAD

Kolegij: Sredstva pomorskog prometa

Mentor: izv. prof. dr. sc. Srđan Žuškin

Student/studentica: Valentina Ranić

Studijski smjer: Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu

JMBAG: 0112080955

Rijeka, rujan 2023.

Student/studentica: Valentina Ranić

Studijski program: Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu

JMBAG: 0112080955

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom

Brod za prijevoz automobila s osvrtom na razvoj RO – RO terminala i luke Kopar
(naslov završnog rada)

izradio/la samostalno pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Srđan Žuškin

(prof. dr. sc. / izv. prof. dr. sc. / doc dr. sc Ime i Prezime)

te komentorstvom _____ / _____

stručnjaka/stručnjakinje iz tvrtke _____ / _____

(naziv tvrtke).

U radu sam primijenio/la metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio/la literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo/la u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao/la sam i povezao/la s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Studentica



(potpis)

Valentina Ranić

Student/studentica: Valentina Ranić

Studijski program: Logistika i menadžement u pomorstvu i prometu


JMBAG: 0112080955

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Studentica – autor



(potpis)

SAŽETAK

Brodovi za prijevoz automobila (PCC – Pure Car Carriers) su posebna plovila koja su izgrađena za prijevoz vozila na kotačima. Automobili su osjetljiv i skupocjen teret koji se lako oštećuje, te su brodovi za prijevoz takvog tereta jedinstveni zbog opreme a i samog tereta koji prevoze. RO–RO brodovi pojavljuju se još u dalekoj prošlosti, ali od tada do danas veliki i ubrzani razvoj pratio je ovu vrstu brodova te se taj razvitak očitava u današnjem izgledu istih. U današnje doba luka Kopar ima razvijen lučki sustav gdje luke u blizini koje su konkurentne ne smanjuju toliko promet luke te je u konstantnom rastu prema statističkim podacima. Cilj ovog završnog rada je prikazati luku Kopar i RO-RO brodove uz njihove karakteristike, tehničko-tehnološka obilježja i analizu s obzirom na prekrcaj tereta.

Ključne riječi: brodovi za prijevoz automobila, koncept gradnje, luka Kopar, RO-RO.

SUMMARY

Car Carriers (PCCs) are special vessels that are built to transport vehicles on wheels. Cars are sensitive and expensive cargo that is easily damaged, and ships for transporting such cargo are unique due to the equipment and the cargo itself that they transport. RO-RO ships appear in the distant past, but from then until today, a large and accelerated development has followed this type of ship, and this development is reflected in their appearance today. In today's age of ports, Kopar has a developed port system where neighboring ports that are competitive do not reduce the traffic of the port so much and it is constantly growing according to statistical data. The aim of this final work is to present the port of Kopar and RO-RO ships along with their characteristics, technical-technological characteristics and analysis with regard to cargo handling.

Keywords: car carrier, construction concept, port of Kopar, RO–RO.

SADRŽAJ

SAŽETAK	I
SUMMARY	I
SADRŽAJ	II
1. UVOD	1
2. POVIJESNI RAZVOJ I OBILJEŽJA BRODOVA ZA PRIJEVOZ AUTOMOBILA	3
2.1. VRSTE TERETA.....	5
2.2. PODJELA PREMA NAMJENI BRODOVA	7
2.3. PREDNOSTI I NEDOSTACI RO–RO SUSTAVA	9
2.4. PCC BRODOVI – BRODOVI ZA PRIJEVOZ AUTOMOBILA	12
2.5. UČVRŠĆIVANJE TERETA	14
3.KONSTRUKCIJSKE KARAKTERISTIKE BRODOVA ZA PRIJEVOZ AUTOMOBILA	16
3.1. KRITIČNA PODRUČJA	17
3.2. ANALIZA DEFORMACIJA (IZOBLIČENJA) I POMAKA	20
4. TEHNIČKO – TEHNOLOŠKA OBILJEŽJA RO–RO TERMINALA..	22
4.1. TEHNIČKO TEHNOLOŠKE ZNAČAJKE TERMINALA ZA AUTOMOBILE LUKE KOPAR	26
4.2. TEHNIČKO TEHNOLOŠKE KARAKTERISTIKE LUKE KOPAR	32
5. ANALIZA PROMETA LUKE KOPAR S OSVRTOM NA PREKRCAJ VOZILA	34
6. ZAKLJUČAK	38
POPIS LITERATURE	39
POPIS SLIKA	41
POPIS TABLICA	41
POPIS GRAFIKONA	41

1. UVOD

Tema ovog završnog rada je analiza i proučavanje brodova za prijevoz automobila s osvrtnom na razvoj RO-RO terminala luke Kopar. RO-RO brodovi dizajnirani su za prijevoz kotrljajućeg tereta uz pomoć RO-RO tehnologije. RO-RO (roll on – roll off/dokotrljati – odkotrljati) brodovima prevozimo automobile, prikolice te ostala vozila koja krcamo na brod preko brodskih rampi velikih gabarita.

Predmet istraživanja ovog rada je da se utvrdi način funkcioniranja RO-RO brodova, upoznati se sa karakteristikama te načinom rada luke Kopar i RO-RO terminalom. Rad je podijeljen u šest cjelina:

U prvoj cjelini uvodi se u temu završnog rada. Ukratko se opisuje i objašnjava od kojih cjelina je sastavljen rad, objašnjavanje općenitih pojmova u radu i općenito.

U drugoj cjelini opisuje se kratka povijest i obilježja brodova za prijevoz automobila. Naglasak na vrstu tereta, podjelu prema namjeni brodova, prednosti i nedostaci te PCC (Pure Car Carrier) brodovi. RO-RO brodovi su dizajnirani za prijevoz kotrljajućeg tereta kao što su automobili, prikolice i slično. Ova vrsta brodova ima ugrađene unutrašnje rampe različitih vrsta koje dopuštaju ukrcaj i iskrcaj tereta. Na početku korištenja RO-RO brodova, automobilima su trebali isprazniti gorivo i akumulatore prije nego što su prebačeni na brod i osigurani. Taj proces je bio zahtjevan i dugotrajan te nije bio održiv. PCC brodovi su specijalno konstruirani brodovi za prevoženje automobila te ostalog tereta sličnih karakteristika. Dok se svugdje u svijetu teret mjeri u tonama, u RO-RO brodovima se mjeri u lakšoj jedinici odnosno u LIMovima (eng. *Lanes in Meters*). Izračunava se tako da se pomnoži dužina tereta u metrima s dužinom tereta u redovima.

U trećoj cjelini razmatraju se konstrukcijske karakteristike brodova gdje se analiziraju kritična područja i moguće deformacije brodova prilikom korištenja. Deformacije broda moguće je otkloniti na temelju proračuna u dva koraka gdje se gleda proračun globalne poprečne deformacije i FEM analiza poprečnih pregrada i okvira boka broda.

U četvrtoj cjelini prolazi se kroz tehničko - tehnološka obilježja RO-RO terminala u luci Kopar gdje se opisuje način rada i od čega se sastoji. Terminal je mjesto na kraju ili početku transportnog puta za prihvat putnika i robe te rukovanjem tereta. Na terminalu se susreću dvije ili više prometnih grana radi prijevoza odnosno dovoza i odvoza robe od

proizvođača do potrošača. Postoji više vrsta terminala te se mogu podijeliti na integralne i granske, tehnološko – specijalizirane, lučke i kopnene terminale. Lučki terminal se može definirati kao čvorište morskih i kopnenih prijevoznih putova opremljeno za prihvat, pripremu te otpremu putnika. Lučki terminali mogu biti višenamjenski i univerzalni, kontejnerski, za suhe rasute terete i dr. Nadalje, RO–RO specijalizirani terminal mora sadržavati odgovarajuće rampe, servise i parkirališta. Glavno obilježje RO–RO terminala je to što ne obavlja obične lučke manipulacije, nego pruža usluge te možemo reći da ova vrsta terminala predstavlja izravnu vezu između dviju grana prometa. Prilikom planiranja RO–RO terminala potrebno je analizirati sve moguće situacije te ga postaviti tamo gdje nema veliki utjecaj valova da bi se eliminirali pomaci broda prilikom ukrcanja i iskrcanja vozila na brod i sa broda.

U petoj cjelini se najviše proučavaju i objašnjavaju grafovi vezani uz luku Kopar, te se provodi analiza podataka iz koje se mogu izvući podaci o samom poslovanju luke i kako napreduje kroz zadnje tri godine rada.

U šestoj cjelini donosi se zaključak na temelju rada i kratko se opisuje rad isticanjem ključnih stavki dobivenih na temelju informacija kroz sam završni rad.

2. POVIJESNI RAZVOJ I OBILJEŽJA BRODOVA ZA PRIJEVOZ AUTOMOBILA

RO-RO brodovi pojavili su se već u dalekoj prošlosti iako je njihov pravi pojačani razvitak zabilježen u 20. st. Naime, na povijesnim slikama iz 13. st. prikazani su brodovi koji su služili za prijevoz konjanika sa kočijama na kojima se vide bočna vrata. To možemo smatrati jednom od prvih pojava gdje se spominje ova vrsta brodova.

U Škotskoj je 1851. godine prvi put upotrebljen brod za prijevoz vagona željezničke pruge, a nakon toga 1944. godine u velikoj vojnoj operaciji iskrcavanja na Normandiju više tisuća brodova prevozilo je vozila, tenkove, hranu, opremu i vojsku. Moglo bi se reći da su ti mali brodovi sa rampama, malog gaza, prethodili onome što imamo danas. Vrlo brzo nakon drugog svjetskog rata, tvrtka „Atlantic Steam Navigation Company“ počela je koristiti za potrebe prijevoza kamiona brodove koji su bili predviđeni za prijevoz tenkova na ruti London – Hamburg, te se to ističe kao prva organizirana plovidba u sustavu RO-RO brodova.¹

Prvi RO-RO brod naziva „Comet“ izgrađen je 1958. godine u Americi, točnije u Pensilvaniji. Brod je bio predviđen za prijevoz materijala i raznog tereta u Njemačku američkoj vojsci.²

Pojava spomenutog broda prethodila je brzom razvitku ove vrste brodova i tehnologije. U prošlosti, parkirne trake RO-RO brodova bile su od 100 do 200 m dužine dok danas kod nekih brodova znaju iznositi i preko 2000 m. Možemo reći da su zbog svoje posebnosti a i posebnosti vrste tereta doživjeli brzi razvoj koji raste i danas. Nadalje u radu možemo vidjeti fotografiju prvog RO-RO broda prikazanog na slici 1.³

¹ Everything You Need to Know About RoRo Ships, 2021, online: <https://martide.com/en/blog/all-about-ro-ro-ships>

² Marad Maritime Administration, U.S. department of transportation, 2016., online: <https://vesselhistory.marad.dot.gov/ShipHistory/Detail/1077>

³ Vranić, D., Ivče, R.: Tereti u pomorskom prometu, Pomorski fakultet, Rijeka, 2006.



Slika 1 – Prvi RO-RO Brod „Comet“

izvor: Dundović, Č., Lučki terminali, Sveučilište u Rijeci, 2002.

Kroz 1960-e godine uspostavljen je ogroman broj linija na Baltičkom i Sjevernom moru, posebice na kratkim relacijama a zemlje koje su sudjelovale jesu⁴:

- Engleska
- Danska,
- Nizozemska,
- Švedska,
- Francuska,
- Belgija,
- Norveška,
- Grčka,
- Italija.

⁴ Dundović, Č., Lučki terminali, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, 2002.

Tablica 1 - Generacija RO-RO brodova/tehničko - tehnološke značajke

generacija broda	brod			rampa			kapacitet broda	
	duljina (m)	širina (m)	gaz	duljina (m)	širina(m)	nosivost(t)	DWT	TEU
1. generacija	110	16	5	12	6	50-150	3800	300
2. generacija	150	20	7	18	7	200	6000	500
3. generacija	190	27	8	34	15	400	1800	1000
4. generacija	228	35	9	50	24	400	18000	3600
5. generacija	270	35	11	54	28	550	24000	6000

izvor: izradila studentica prema: Dundović, Č., Lučki terminali, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, 2002.

Brzi razvitak RO–RO prometa na tim mjestima nastao kao posljedica ferry - ruta koje su služile za prijevoz putnika i vozila. Kako se RO–RO tehnologija infiltrirala i u teretni promet, to je dovelo do kontinuiranog razvoja RO–RO prometa, najviše u zonama Baltičkog mora. Sve ovo prethodi uspostavljanju preoceanskih ruta RO–RO prometa 70-ih godina.

2.1. VRSTE TERETA

RO–RO brodove možemo podijeliti na brodove za prijevoz putnika i automobila, putnika i tereta te brodove za prijevoz vagona dok RO–RO putničke brodove za prijevoz automobila još dijelimo na manje RO-RO putničke brodove koji služe za plovidbu na udaljenosti do 10 M, zatim na RO–RO putničke brodove za plovidbu na srednjim udaljenostima (do 50 M) i RO–RO putničke brodove za plovidbu na većim udaljenostima (više od 50 M)⁵.

RO–RO brodovi mogu prevoziti široki spektar tereta, a ne samo automobile i kamione. Iako je naziv RO–RO (roll on – roll off) teret ne mora nužno biti pokretan ili obaviti ukrcaj i iskrcaj na vlastiti pogon.

⁵ Brodovi za prijevoz putnika, online:
<https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#search/srdan.zuskin%40pfri.uniri.hr?projector=1>

Jedan takav teret bez vlastitog pogona koji se prevozi RO–RO brodovima jesu kontejneri koji se skladište na posebnim podlogama koje služe za njihovo skladištenje te se unaprijed krcaju tegljačima s terminala. Visina kasete se prilagođava sigurnosnoj visini koja je propisana za ovakvu vrstu broda.

Osim kontejnera, prikolice su još jedna vrsta koja se ukrcava na ovakve brodove, ali bez kamiona. Također se ukrcaj vrši uz pomoć tegljača koji se nalaze na terminalu. Mjere kojih se treba strogo pridržavati su dužina prikolica koja iznosi 14 metara, zatim širina 3 metra te visina 4 metra. Teški Caterpillar kamioni ukrcaj, tj. iskrcaj vrše na vlastiti pogon ali iziskuju puno prostora za skladištenje i sigurnosni razmak gdje možemo vidjeti primjer tog vozila na slici 2.



Slika 2 - Veliki Caterpillar kamion

izvor: <https://zadarskilist.novolist.hr/ostalo/auto/caterpillar-demonstrirao-sto-moze-njihov-kiper-najvece-elektricno-cestovno-vozilo-na-svijetu/> (24.8.2023.)

Nakon prikolica dolazimo do uobičajenog i najčešćeg tereta koji se ukrcava, a to su automobili, dok sa druge strane imamo težak i masovan teret koji se rijetko prevozi a to su dizel motori namijenjeni novim brodovima.

2.2. PODJELA PREMA NAMJENI BRODOVA

Razvojem RO–RO brodova naišlo se na problem velikog postotka neiskorištenosti prostora na samim brodovima. Kako bi se iskoristio puni potencijal, počeli su se proizvoditi višefunkcionalni RO–RO brodovi. Danas imamo sedam skupina RO–RO brodova koje smo podijelili prema njihovoj namjeni tj. teretu koji prevoze⁶:

- RO–RO,
- CONT,
- CAPA,
- CACA,
- CONV,
- PACA,
- HYBR.

RO–RO brodovi su takozvani čisti brodovi na koje se ukrcaj tereta može izvršiti samo putem horizontalne manipulacije ili se preko brodskih rampi dovozi i odvozi vlastitim pogonom. Dalje se navode objašnjenja za kratice koje se pojavljuju u podjeli iznad ovog teksta⁷:

- CONT – tradicionalni brodovi za prijevoz kontejnera s opcijom RO–RO prilaza na jednu ili više paluba,
- CAPA – brodovi koji prevoze automobile i kamione. Prema SOLAS-u ovakvi su brodovi morali biti građeni prema „standardu jednog prostora“,
- CACA – skupina koja predstavlja brodove čija je uloga prijevoz automobila u dugoj i kratkoj plovidbi,
- CONV – brodovi koji imaju uobičajenu opremu za jedinični teret, ali u kombinaciji sa opcijom RO–RO prilazom na jednu ili više paluba.

ConRo brodovi prevoze automobile i kontejnere. Kontejneri se krcaju na gornje palube, dok se na niže krcaju automobili. „Atlantic star“ najveći ConRo brod na svijetu, na svom prvom putovanju je plovio od sjeverne Europe do Kanade koji se vidi na slici 3.

⁶ Komadina, P.: Brodovi multimodalnog transporta, str 43 – 45.

⁷ Ibidem



Slika 3 - Najveći ConRo brod na svijetu "Atlantic star"

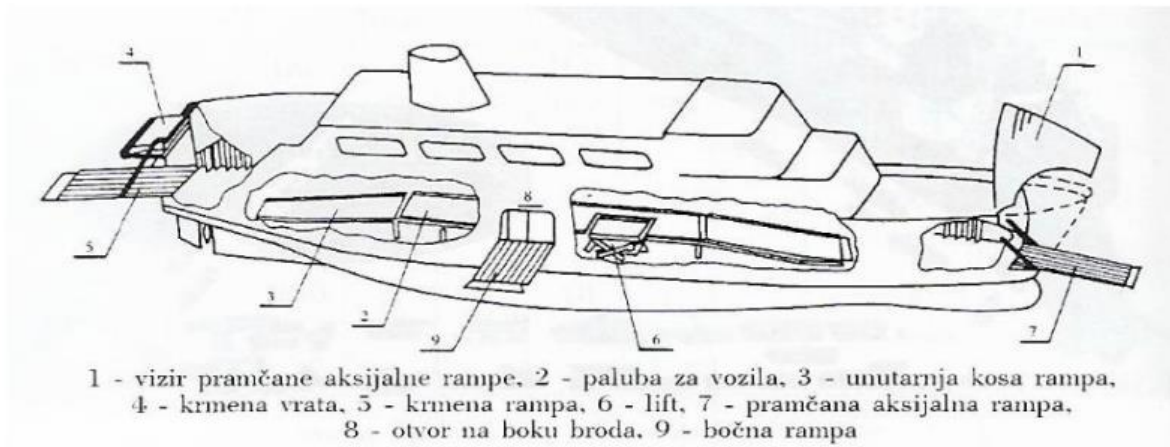
izvor: <https://in.pinterest.com/pin/417145984215625507/> (22.8.2023.)

U PACA skupinu brodova ubrajamo putničke trajekte namijenjene za prijevoz automobila i kamiona na kratkim relacijama. Osim njih, još imamo HYBR skupinu, takozvane hibride koji kombiniraju prijevoz RO–RO tereta sa još nekim specijaliziranim teretom (npr. nafta, plin, ulje...). Također, RO–RO brodove možemo podijeliti i prema duljini relacije (brodovi za duge relacije) u četiri skupine⁸:

- R grupa – tu spadaju čisti RO–RO brodovi za prijevoz tereta na kotačima koji mogu manipulirati teretom samo horizontalno (pure RO–RO vessels),
- G grupa – ovdje su kombinirani brodovi za prijevoz RO–RO tereta na kotačima koji se prekrcava horizontalno preko rampi, ali s opcijom krcanja konvencionalnog generalnog tereta na klasičan način kroz grotla LO–LO sustavom. (RO-RO general cargo vessels),

⁸ Ibidem

- C grupa – kombinirani brodovi za prijevoz tereta na kotačima koji se prekrcava horizontalno preko rampi i kontejnera koji se prenose vertikalnom manipulacijom LO–LO. (RO–RO – container vessels),
- H grupa – u ovu grupu spadaju posebni RO–RO brodovi za ukrcaj i prijevoz posebno teških tereta velikih gabarita. (RO–RO heavy lift vessels).



Slika 4 - Glavni dijelovi RO-RO broda

izvor: Komadina, P., Brodovi multimodalnog transporta, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, 1998.

Kao što se vidi na slici 4, glavni dijelovi RO-RO broda su vrlo bitna stavka kako bi znali kako uopće funkcionira sam brod i način izgradnje broda.

2.3. PREDNOSTI I NEDOSTACI RO–RO SUSTAVA

Fleksibilnost je ključna karakteristika RO-RO sustava. U ovom sustavu, luka postaje protočna jer se teret može ukrcavati na brod istim vozilom kojim je stigao u luku, te se može istovariti s broda i prevoziti do odredišta. Također, teret se može postaviti na prikolicu ili drugo vozilo i prenijeti na brod putem posebne rampe na krmi ili s druge strane broda, nakon čega se sigurno pričvrsti u skladištu. U skladištu se teret istovara s vozila i postavlja na tradicionalan način. Većina RO-RO brodova prevozi različite vrste tereta složene na različite načine, a najviše:

- Teret krcan po sustavu roll on/roll off,
- Konvencionalno slagan teret,
- Operacije lift on/lift off.

Prednosti RO–RO tehnologije u odnosu na ostale vrste tehnologija izražene su u sljedećim čimbenicima⁹:

- Brzina ukrcaja – za razliku od kontejnerskog terminala gdje se kontejnerskim prekrcajnim mostom može prekrcati 30 kontejnera na sat, kod RO–RO brodova sa širokim rampama i uz uvježbane radnike može se prekrcati i do 800 tona na sat, u odnosu na klasičnu tehnologiju gdje se prekrci oko 25 tona po satu uz odgovarajuću obalnu mehanizaciju i naravno veći broj radnika,
- Neovisnost od obalne mehanizacije – kod RO–RO tehnologije nije potrebna skupa oprema na terminalima, jedino prostor za parkiranje te ukrcaj i iskrcaj kamionskih prikolica,
- Eliminiranje zakrčenosti u lukama,
- Mogućnost prijevoza raznih vrsta tereta – ovim sustavom prijevoza može se u globalu prevoziti sav teret koji se prevozi na kotačima,
- Neovisnost o vremenu i mogućnost vršenja prekrcaja tijekom 24 sata, jednako po danu kao i po noći,
- Mala opasnost financijskog neuspjeha za luke - radi malih investicija niska je granična točka rentabilnosti, te ako nema RO–RO tereta u luci, pristan se može koristiti za prekrcaj drugih vrsta tereta,
- Visoka produktivnost – mogućnost ostvarenja visokog godišnjeg prekrcajnog učinka po pristanu, iz razloga što jedan RO–RO pristan može zamijeniti i do 5 klasičnih pristana,
- Najsigurniji i najjeftiniji način prijevoza za specijalne terete.

Posebnost RO–RO sustava je da ne zahtijeva posebne instalacije u luci, a što se tiče pristana, često mu je dovoljan četverovez s pramcem na sidro ili plutače, a krmom na obalu. RO–RO sustav je prigodan za svaku manju luku zbog ne zahtijevanja većih ulaganja u opremu.

U odnosu na druge transportne tehnologije, ovo su nedostaci RO–RO tehnologije¹⁰:

⁹ Dundović, Č., Lučki terminali, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, 2002.

¹⁰ Dundović, Č., Lučki terminali, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, 2002.

- RO–RO transport je skup transport, pogotovo u situacijama kada se tereti voze u samo jednom smjeru,
- Mrtva težina transportnih sredstava na brodu,
- Prisutnost problema brzog obrta vozila jer vozila samo u kretanju obavljaju transportnu uslugu,
- RO–RO brod je razmjerno skup brod jer mora biti čvršće građen od drugih brodova,
- Gubitak broskog prostora između kotača kamiona, tj. prikolica u RO–RO prijevozu,
- Unutrašnje rampe i dizala koji omogućavaju pristup prikolicama zauzimaju prostor koji bi se mogao poslužiti za smještaj tereta,
- Radi visine i širine tereta koji se prevozi RO–RO brodovima, željeznički promet može biti ograničen nedovoljnim brojem prigodnih vagona za teške terete, radi zavoja, tunela i sl.

2.4. PCC BRODOVI – BRODOVI ZA PRIJEVOZ AUTOMOBILA

Kada su u pitanju brodovi koji su specijalizirani za prijevoz automobila, možemo reći da postoje dvije varijacije. Jedna od njih su PCC brodovi (Pure Car Carrier) koji služe za prijevoz lakših i težih osobnih automobila kao što su SUV vozila i terenci. U drugu skupinu spadaju PCTC/LCTC (Pure/Large Car Truck Carrier) – predviđeni za prijevoz automobila te teških vozila poput prikolica, kamiona, autobusa, kampera, buldoždera, MAFI prikolica i kontejnera. Obično su višeg gaza od PCC-a.

Spomenuti brodovi su jako pogodni za prijevoz ove vrste tereta, a jedan od glavnih razloga je niža cijena prijevoza. Kao i u drugim granama, tako i u pomorstvu sve se na kraju svodi na novac i što bolji profit. PCC brodovi su dizajnirani na poseban način kako bi se mogla prevesti velika količina tereta, tj. veliki broj automobila, uz naravno zadovoljavajući standard efikasnosti i same sigurnosti tereta kako bi se umanjila moguća oštećenja na automobilima. Treba imati na umu da se prevozi vrijedan teret gdje bi i najmanje oštećenje moglo dovesti do neželjenih, dodatnih troškova. Također, PCC brodovi su poznati po tome što je rad u luci vrlo jednostavan zbog njihovog ukrcaja/iskrcaja na vlastiti pogon tako da nema potrebe za dodatnim operacijama sa obale.



Slika 5 - Unutrašnjost broda "Felicity Ace" koji je prevezio oko 4000 automobila koji su zajedno s brodom izgorjeli

izvor: <https://www.foxnews.com/auto/burning-cargo-ship-full-of-porsches-adrift-in-atlantic-ocean>
(23.8.2023.)

Na slici 5. prikazana je unutrašnjost broda koji je prevezio automobile koji su izgorjeli zajedno sa brodom.

Nadalje, PCC brodovi su brodovi koji mogu imati čak i do 13 paluba gdje su 2 obično pokretne. Što se tiče samog kapaciteta tih brodova, kreću se od 1000 CEU do 8000 CEU. Poznato je da su PCC brodovi prepoznatljivi po teškim manevrima zbog jako visokog nadvođa koje stvara dosta problema ne samo u manevriranju. Za manevriranje ovakvih tipova brodova potrebno je višegodišnje iskustvo jer ponekad znaju biti vremenski utjecaji u luci koji otežavaju iskrcaj, kao što je vjetar i kiša. Brodovi sadrže posebne rampe i palube od kojih su neke fiksne a neke pokretljive. U opremu PCC broda ubrajaju se dizala paluba, lashing materijali, sustavi balasta i ventilacijski sustavi. Bitna stavka je u tome što ne zahtjevaju pomoć sa obale i imaju ograničeno vrijeme te svaka minuta utječe na sam trošak broda u luci. Jako bitno je spomenuti da se ovaj teret podrazumijeva pod opasnim teretom odnosno kada se prevoze motorna vozila zbog spremnika goriva koji su najčešće puni. CO2 koji proizvodi automobil i manjak ventilacije mogu dovesti do prekida ukrcaja tereta i opasnih po život situacija.

U današnjici jedan od najpoznatijih brodova jest Hoegh Target koji možemo vidjeti na slici 6, sa kapacitetom od 8500 vozila. S obzirom na druge brodove gdje se količina tereta mjeri u drugoj mjernoj jedinici tj. u metričkim tonama, tereti na ovoj vrsti broda se mjere jedinicom LIM. Kratica LIM označava količinu prostora odnosno staze i računa se tako da se pomnoži dužina tereta sa širinom staze i brojem paluba. Moramo uzeti u obzir da će širina biti različita kod većine brodova te da se govori o jednom standardu tih brodova.¹¹



Slika 6 - Prikaz broda Hoegh Target

izvor: <https://www.vesselfinder.com/vessels/details/9684976> (29.8.2023.)

¹¹ Belamarić, G., Bošnjak, R.: PCC Cargo operations, Pomorski fakultet u Splitu, 2017.

2.5. UČVRŠĆIVANJE TERETA

Teret na RO–RO brodovima se obično slaže pojedinačno, što zahtijeva čvrsto učvršćivanje u svim smjerovima, a to ovisi o karakteristikama broda, vremenskim uvjetima na putovanju i području plovidbe. Pravila za ovu operaciju su sljedeća:

Kočnice na svakom vozilu ili dijelu spoja vozila moraju biti zategnute i učvršćene, te poluprikolice s obzirom na svoju izvedbu, ne smiju se oslanjati na nosače (eng. *Landing legs*) tijekom prijevoza, osim ako su nosači posebno dizajnirani za tu svrhu i označeni kao takvi. Poluprikolice koje nisu spojene moraju biti oslonjene na nosač (trestle) ili sličnu napravu koja je blizu područja gdje se prikolica pričvršćuje. To osigurava da veza između naprave na prikolici (eng. *pick-up date, fifth wheel*) i priključaka na vučnom vozilu (eng. *king pin, clamping device*) nije ometana. Projektanti prikolica trebaju uzeti u obzir potrebne prostore i ojačanja, a odabrane pozicije trebaju biti jasno označene.

Treba obratiti pažnju na mjesto slaganja gdje su vozila izložena dodatnim silama. U nepovoljnim vremenskim uvjetima, kotači vozila moraju biti osigurani kako bi se osigurala dodatna sigurnost. Tijekom putovanja vozila s dizelskim motorima moraju biti isključena.

Što se tiče učvršćivanja, RO-RO brodovi često prevoze različita vozila s kotačima. Budući da kotači imaju manji kontakt s površinom, imaju niži koeficijent trenja, što čini teret osjetljivim na pomicanje ili prevrtanje. Zbog toga je potrebno posebno pažljivo postaviti, učvrstiti i poduprijeti teret kao što je prikazano na slici 7. Uobičajeno je da se teret čvrsto učvršćuje protiv poprečnih sila, a protiv uzdužnih sila samo ako trenje nije dovoljno snažno i ako postoji rizik od vertikalnih sila koje mogu smanjiti trenje zbog privremenog smanjenja težine tereta. Zapovjednici i časnici flote RO-RO brodova obvezni su koristiti upute i preporuke različitih kodeksa kako bi osigurali siguran prijevoz cestovnih vozila na brodovima. Jedan od važnih kodeksa u tom kontekstu je "Kodeks o sigurnom slaganju i učvršćenju tereta" iz 1991. godine, posebno dodatak 4 koji se odnosi na sigurno slaganje i osiguranje tereta na kotačima. Ovaj kodeks pruža smjernice o uređajima za siguran prijevoz cestovnih vozila na ro-ro brodovima, kako bi se teret mogao sigurno i pravilno složiti na brodovima. Prema tim uputama, RO-RO brodovi obavljaju prijevoz različitih cestovnih vozila, uključujući poluprikolice, cestovne vlakove, komercijalna vozila i spojeve vozila.



Slika 7 - Prikaz učvrščivanja automobila na RO-RO brodu

izvor: https://www.autoshippers.co.uk/ro-ro_car_shipping.htm (29.08.2023.)

Za siguran prijevoz cestovnih vozila na brodu potrebno je osigurati otvore namijenjene samo za jedan vez. Svako vozilo mora imati jednak broj točaka zahvata s obje strane, međutim, broj tih točaka ne smije biti manji od 2 niti veći od 6. Točke zahvata na vozilima trebaju biti jasno označene uočljivom bojom. Prilikom postavljanja točaka zahvata na cestovnim vozilima, bitno je osigurati njihov optimalni položaj kako bi se osiguralo efikasno zadržavanje tereta, posebno ako vozilo ima bočne ograde. Unutarnji promjer otvora točke zahvata mora iznositi minimalno 0,8 cm.¹²

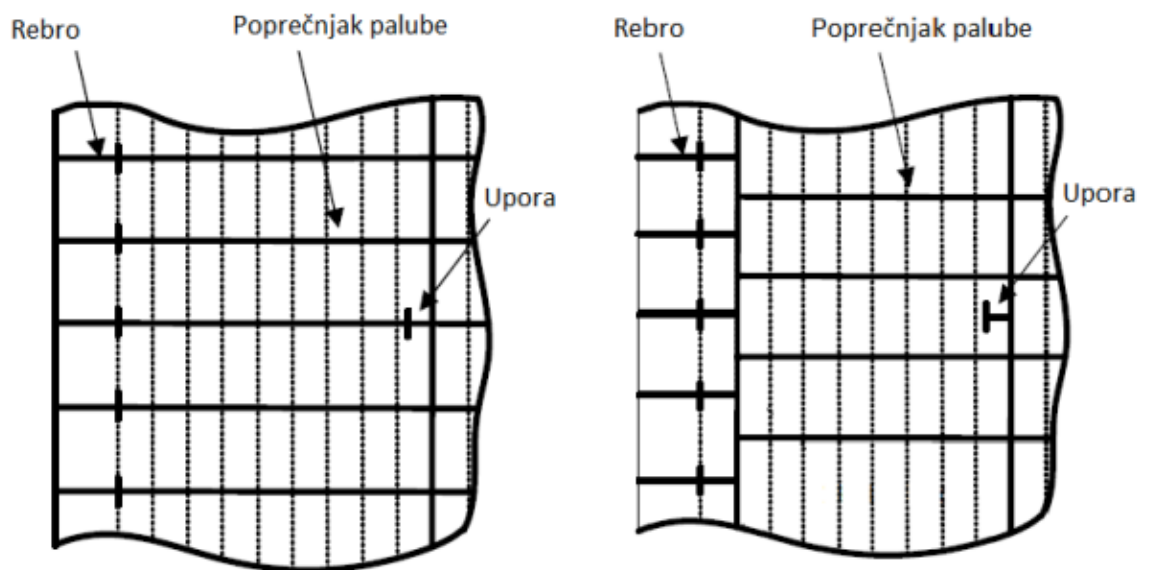
¹² Worldwide weekly roll on roll off (RoRo) car shipping, autoshippers, 2023., online: https://www.autoshippers.co.uk/ro-ro_car_shipping.htm

3.KONSTRUKCIJSKE KARAKTERISTIKE BRODOVA ZA PRIJEVOZ AUTOMOBILA

Postoje dva strukturna koncepta gradnje brodova za prijevoz automobila (*eng. car carrier-a*).

Prvi tip je konvencionalni, gdje su vertikalna bočna rebra u liniji sa palubnim poprečnjacima gdje poprečne sile na palubama urokuju savijanje poprečnjaka, dok će bočna vertikalna rebra te poprečne palubne grede ostati čvrste.

Drugi tip gradnje je ovješeni tj. zglobni (*eng. hinged*), u kojem bočna vertikalna rebra nisu u ravnini sa palubnim poprečnjacima. Bočna vertikalna rebra tada će promijeniti oblik te će prenjeti samo mali postotak poprečnog klimanja snažne palubne sponje. U ovom slučaju također će i druge brodske konstrukcije poput stepeništa, kućišta motora, pikova i sl. nositi poprečni moment klimanja¹³.



Slika 8 - Strukturni koncepti gradnje car carrier-a (konvencionalni i zglobni)

izvor: <https://www.yumpu.com/en/document/read/11254441/classification-note-no-312-strength-analysis-of-dnv-exchange> (16.07.2023.)

¹³ Det Norske Veritas, DNV Classification Note No.31.2., Strength analysis of hull structure in roll on/roll off ships and car carriers, April 2011.

Uobičajeno se kod palubnih struktura koristi uzdužni sustav gradnje, dok se struktura paluba namijenjenih za smještaj vozila obično sastoji od tankih limova paluba, uzdužnjaka i poprečnjaka paluba, podveza i upora. Poprečnjaci podupiru palubne uzdužnjake, a poprečnjaci su poduprti podvezama, dok podveze drže upore.

Raspored tipičnog broda za prijevoz automobila sastoji se od krmene rampe, koja je glavna za ukrcaj i iskrcaj vozila roll on/roll off tehnikom. Zatim imamo glavnu palubu ispod i iznad koje se nalaze ostale palube sa određenim minimalnim razmakom koji mora biti između njih. Na palubi nadvođa montirana je krmena paluba. Palube mogu biti pomične i fiksne, što nam pruža smještaj vozila različitih dimenzija, dok se strojarnica nalazi ispod glavne palube u krmenom dijelu broda. Kaštel je smješten na palubi nadgrađa, a kormilarnica se nalazi u prednjem dijelu kaštela zbog uvjeta za vidljivost prilikom upravljanja. Također, za bolju upravljivost postavljaju se pramčani propulzori a u skladu sa SOLAS zahtjevima o stabilitetu ispod palube nadvođa, uobičajena je dvostruka oplata na boku, te se ti prostori koriste kao tankovi goriva i/ili balastni tankovi. Za te potrebe u teretni prostor se postavljaju i poprečne nepropusne pregrade.

3.1. KRITIČNA PODRUČJA

Postoji nekoliko kritičnih stavki na koje treba obratiti pozornost. Poprečna čvrstoća je bitna kako bi se omogućio što veći kapacitet smještaja automobila, poželjno je da poprečnih pregrada ima što manje. Kritično je, posebno pri stanju nagiba te valjanja, poprečno klimanje broda. Međutim, jakim okvirnim nosačima boka i parcijalnim nepropusnim pregradama taj problem se rješava. U tom slučaju se najbrojnija naprezanja stvaraju u kutovima velikih otvora tih poprečnih elemenata gdje dolazi do stvaranja pukotina. No, te moguće deformacije se mogu otkloniti uz pomoć proračuna u dva koraka¹⁴:

1. Proračun globalne poprečne deformacije istežanja u nagnutom stanju broda kao grede, ili FEM modela sa grubom mrežom preko cijele duljine broda gdje se razmatraju opterećenja težine vozila, vlastite težine paluba uključujući hidrodinamički tlak u nagnutom stanju broda i silu inercije,

¹⁴ Det Norske Veritas, DNV Rules for classification of ships, Part 3 , Ch.1, Hull Structural Design, Ships with Length 100 meters and above, July 2011.

2. FEM analiza poprečnih pregrada i okvira boka pod napinjanjem poprečnog klimanja sa glatkim mrežama kritičnih detalja. Problem kritičnih detalja može se riješiti stavljanjem debljih pločica oko točke naprezanja te zaobljenjem kutova.

Osim poprečne čvrstoće, treba obratiti pozornost i na uzdužnu čvrstoću. Zbog veće visine broda te većeg broja paluba, kod uzdužne čvrstoće moment otpora poprečnog presjeka daje zadovoljavajuće rezultate. Na mirnoj vodi kod momenta savijanja, prevladava pregibni moment, dok se on ne pojavljuje kod tipičnog stanja krcanja¹⁵:

- Rampe - između susjednih paluba, fiksne rampe moraju biti izgrađene tako da podnesu moguće poprečne deformacije između njih. Pogotovo iznad glavne palube te kod već spomenutog ovješnog tipa gradnje. Ostale rampe (unutarnje, bočne, krmena rampa...) sve su optereće tijekom ukrcaja/iskrcaja vozila. Mora se napomenuti da je bitna zadovoljavajuća sigurnost i funkcionalnost operacija koje se putem rampi izvršavaju,
- Palube - čvrstoću palube izračunavamo prema lokalnom opterećenju od kotača vozila (*eng. wheel load*). Limovi paluba imaju dovoljnu čvrstoću za opterećenje od vozila iako njihova debljina iznosi skromnih 5 mm. Također, kako se lim palube ponaša kao prirubnica poprečnjaka palube, treba skrenuti pažnju na projektiranje palube na izvijanje kao uzrok tlačnog naprezanja zbog savijanja palubnih sponja,
- Ventilacijski vodovi i upore - ventilacijski vodovi izvedeni su kao nosači koji povezuju više paluba te su zbog toga, uz upore, izloženi relativnoj poprečnoj izobličenosti među palubama. Upore koje nam služe za podupiranje i spajanje susjednih paluba moraju biti izgrađene tako da bi mogle izdržati reativna poprečna izobličenja između paluba.

¹⁵ Det Norske Veritas, DNV Rules for classification of ships, Part 3 , Ch.1, Hull Structural Design, Ships with Length 100 meters and above, July 2011.

Postoji nekoliko tipova rampi na RO-RO brodovima sa kojima ćete se upoznati u tekstu niže.

Prvo ćemo spomenuti Aksijalne rampe koje se nalaze na krmi ili pramcu broda. Brodovi za prijevoz automobila najčešće su opremljeni baš ovim tipom rampi. Ove rampe se većinom koriste u lukama u kojima je poznato da je oscilacija između plime i oseke jako mala. Neke od ključnih karakteristika aksijalnih rampi su poprilično mala masa (oko 50 tona), jeftinija cijena proizvodnje, nezahtjevna konstrukcija, te zbog svoje mogućnosti zatvaranja pramčanog ili krmenog otvora nema potrebe za vodonepropusnim vratima.

Otklonjene (eng. *Quarter*) rampe su naš drugi tip rampi koje se postavljaju na krmenoj ili pramčanoj strani na takav način da zatvaraju kut od 30 do 45 stupnjeva s uzdužnom osi broda. Ova vrsta rampi ne zahtijeva obalu "L" profila ili četverovez. Sa otklonjenim rampama jednostavno se vrši ukrcaj i iskrcaj tereta LO-LO tehnologijom.



Slika 9 - prikaz otklonjene rampe PCC broda

izvor: <https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/ramps> (26.08.2023.)

Na slici 9 se može vidjeti čelična užad te sekcijaska podjela rampe.

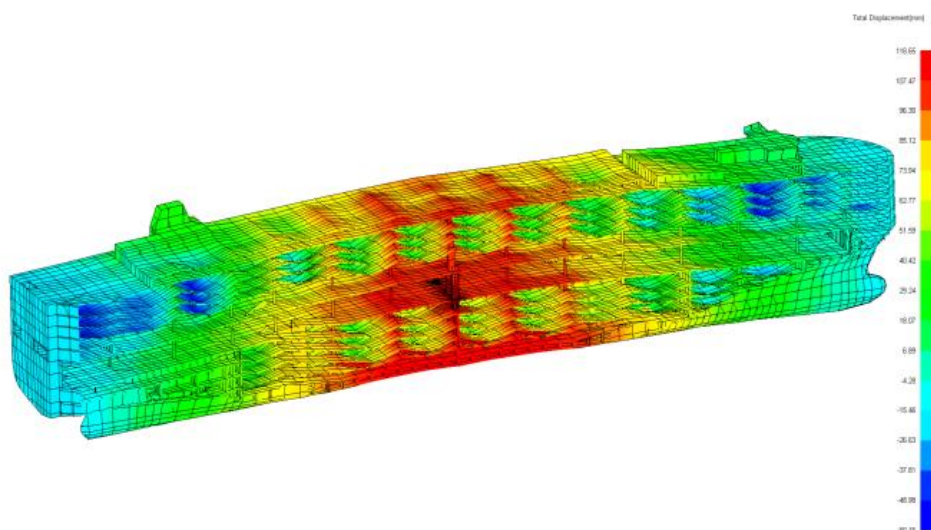
Otklonjena rampa se temelji na tri sekcije. Sadrži zglobne hidraulične cilindre koji su smješteni između prve i druge sekcije, te oni na sebi imaju senzore koji služe tome da

usklađuju položaj rampe u visini obale. Na fotografiji 8 prikazana je otklonjena rampa PCC broda.

Krmene okretne (eng. *slewing*) rampe su rampe koje svojim karakteristikama podsjećaju na otklonjene rampe. Krmene okretne rampe moguće je smjestiti u tri različita položaja. Ravno po uzdužnici broda, na desni bok ili na lijevi bok. Hidraulična vitla pomažu pri spuštanju rampe do određenog kuta kao i kod otklonjenih rampi. Rampa treba zatvarati kut od 164 stupnja prije nego dostigne kontakt s obalom. Ova vrsta rampi sastoji se od četiri sekcije. Osim njih postoje i Jumbo rampe čija veličina iznosi 50 m duljine i 12 m širine.

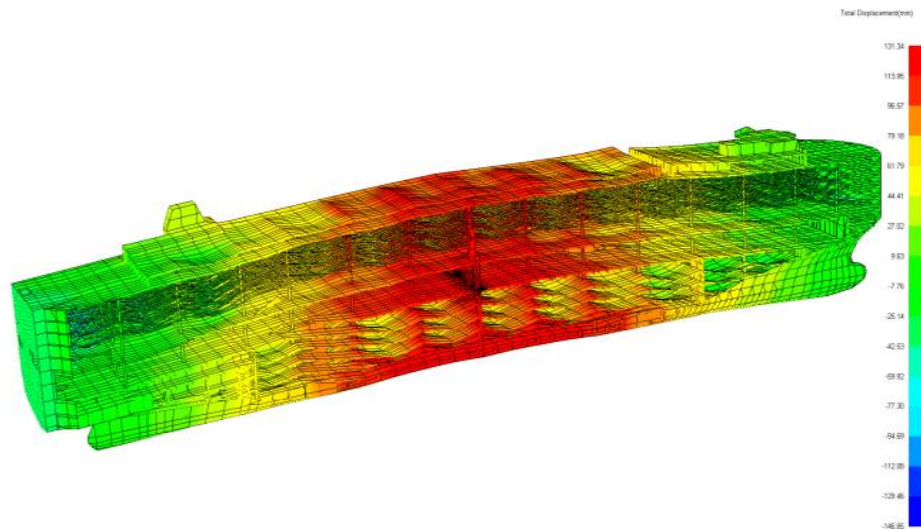
3.2. ANALIZA DEFORMACIJA (IZOBLIČENJA) I POMAKA

Potrebno je posebno obratiti pažnju na progibe koji se javljaju uslijed opterećenja. Tu se posebno misli na velike progibe kod brodova za prijevoz automobila koji se javljaju po sredini broda, budući da ne postoje pune poprečne pregrade iznad glavne palube, te minimalnog broja upora radi mogućnosti skladištenja što većeg broja automobila, palube i potpalubne strukture većim su dijelom svoje širine nepoduprte.



Slika 10 - Ukupni progibi konvencionalnog modela cijeloga broda u stanju opterećenja

izvor: <https://manualzz.com/doc/7244434/maestro-manual---design-systems-and-technologies>



Slika 11 - Ukupni progibi hibridnog modela cijelog broda u stanju opterećenja

izvor: <https://manualzz.com/doc/7244434/maestro-manual---design-systems-and-technologies>

Na prethodnim slikama 10 i 11 prikazan je pregib konvencionalnog i hibridnog modela u stanju opterećenja, gdje se najveće opterećenje može vidjeti na sredini broda označeno crvenom bojom.

4. TEHNIČKO – TEHNOLOŠKA OBILJEŽJA RO–RO TERMINALA

Od RO–RO tehnologije luke su imale velike koristi, od povećanja prometa luka uz minimalne dodatne troškove za građevinske radove te dopunsku lučku mehanizaciju za manipulaciju teretom. Kako bi jedna luka implementirala RO–RO tehnologiju, potrebno je omogućiti da na uskom području operativne obale stvori uvjete za pristajanje RO–RO broda. Temeljnim obilježjem RO–RO terminala možemo smatrati to što RO–RO terminal ne vrši uobičajene lučke manipulacije s teretom već samo pruža usluge, pa možemo ustanoviti da RO–RO terminal uspostavlja direktnu povezanost između pomorske grane prometa i cestovne grane prometa. Gradnja RO–RO terminala uvjetovana je veličinom pojedine luke te sukladno tome RO–RO terminali se dijele na¹⁶:

Manje luke, gdje postoji potreba za pristanom odgovarajuće dubine i duljine kako bi nesmetano mogao pristati brod tih gabarita. U ovom slučaju brodovi posjeduju iskrcajnu rampu pa ne postoji potreba za instaliranjem iste na strani luke. Od velike važnosti je da luka sadrži dobru prilaznu, prometnu infrastrukturu do pristana te površinu za parkiralište.

Srednje luke kroz koje imaju veliki obim posla tj. veliki promet. One moraju imati posebne pristane isključivo predviđene za prihvat RO-RO brodova. Također, najbolje je da se takav pristan nalazi na kontejnerskom terminalu zbog mogućnosti obavljanja dvojnih operacija (RO–RO/LO–LO)

Velike luke sa izgrađenim specijalnim terminalima za prihvat svih vrsta RO–RO brodova gdje se podrazumijeva da takvi pristani mogu primiti najveće RO–RO brodove. Na njima se nalaze posebno izgrađene cestovne i željezničke prometnice, površine za parkiranje vozila, prostori za skladištenje te obalne rampe.

¹⁶ Dundović, Č., Lučki terminali, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, 2002.

Svjetska RO–RO konferencija u Gothenburgu 1983. godine donijela je odluku o tri osnovne skupine RO–RO terminala¹⁷:

- Čisti RO – RO ili isključivo RO–RO terminali (eng. Pure RO–RO terminals/ RO–RO exclusively),
- Višenamjenski tzv. RO–RO/LO–LO terminali (eng. RO–RO/LO–LO multi purpose terminals),
- Specijalizirani RO–RO terminali (specialised RO–RO terminals).

Tablica 2 - Infra i suprastruktura RO-RO terminala

INFRASTRUKTURA	TIP TERMINALA		
	1. RO-RO	2. RO-RO + LO-LO	3. SPECIJALIZIRANI
Obalne rampe	X	X	X
Obalne dizalice	-	X	O
Interni, terminalski transport	X	X	X
Prostor za smještaj kontejnera	-	X	O
Površina za smještaj RO-RO jedinica	X	X	X
Sustav EOP	O	X	X
Objekti za smještaj i uslugu putnika	-	-	X
Dodatni terminalski servisi	O	X	O

izvor: Dundović, Č., Lučki terminali, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, 2002.

Objašnjenje podataka koji se nalaze u tablici:

X = uvjetovano

O = nije uvjetovano

- = ne dolazi u obzir

¹⁷ Integralni i multimodalni Transport, online:

https://www.pfri.uniri.hr/web/dokumenti/uploads_nastava/20180409_121811_sakan_4.IMT.2018.Predavanje_4.pdf

Kako bi se isplanirao funkcionalan RO–RO terminal za korištenje, nužno je voditi brigu o tome da se pristan smjesti u dijelu luke koji nije izložen valovima kako bi se izbjegli pokreti broda koji značajno mogu zakomplicirati promet vozila preko rampe. Ako se luka nalazi u području gdje je razlika između plime i oseke mala, nema potrebe za posebnim uređajima na obali, već je dovoljna brodska rampa. Kada se planira potrebna površina za izgradnju RO–RO terminala, bitno je sjetiti se da plan modernog RO–RO terminala iziskuje veću površinu od kontejnerskog zbog toga što se veći dio tereta ne može slagati u visinu kao što je slučaj kod slaganja kontejnera. Zatim, glavna misao uspješnog funkcioniranja i rada RO – RO sustava jest brzina prekrajnih manipulacija te je zbog toga bitno da površina terminala primi sav brodski teret u nekoliko sati. Uz to su bitne dobre cestovne prometnice i sam prilaz terminalu.

Ako se radi o tome da se dodatne površine RO–RO terminala nalaze izvan područja luke, potrebno je i na samom pristanu imati dovoljno površine za operativne poslove kako ne bi došlo do prekidanja manipulacija i čekanja na teret.

Prije nego što objasnimo kojim uvjetima moderan RO–RO terminal treba udovoljavati, za lakše shvaćanje prvo ćemo morska područja podijeliti na slijedeće kategorije¹⁸:

Tablica 3 - Prikaz morskih područja prema kategorijama

Područje A«	označava morsko područje koje se nalazi izvan područja B, C i D
»Područje B«	označava morsko područje čije geografske koordinate ne dosežu dalje od 20 milja od obalne crte ni u jednoj točki, s obzirom na srednju visinu morskih mijena. Nalazi se izvan morskih područja C i D
»Područje C«	označava morsko područje čije geografske koordinate ne dosežu dalje od 5 milja od obalne crte ni u jednoj točki, s obzirom na srednju visinu morskih mijena. Nalazi se izvanorskog područja D (ako ga ima).
»Područje D«	Označava morsko područje čije geografske koordinate ne dosežu dalje od 3 milje od obalne crte ni u jednoj točki, s obzirom na srednju visinu morskih mijena.

izvor: izradila studentica prema: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_01_8_167.html

¹⁸ Narodne novine, Pravila za statutarnu certifikaciju putničkih brodova u nacionalnoj plovidbi, online: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_01_8_167.html

Zatim brodove dijelimo po klasama:

Klasa A - putnički brodovi koji vrše nacionalnu plovidbu u područjima A, B, C i D,

Klasa B - putnički brodovi koji vrše nacionalnu plovidbu u područjima B, C i D,

Klasa C - putnički brodovi koji vrše nacionalnu plovidbu u područjima C i D,

Klasa D - putnički brodovi koji vrše nacionalnu plovidbu u područjima D.

Osnove kojima suvremeni pristan RO–RO terminala mora udovoljavati jesu:

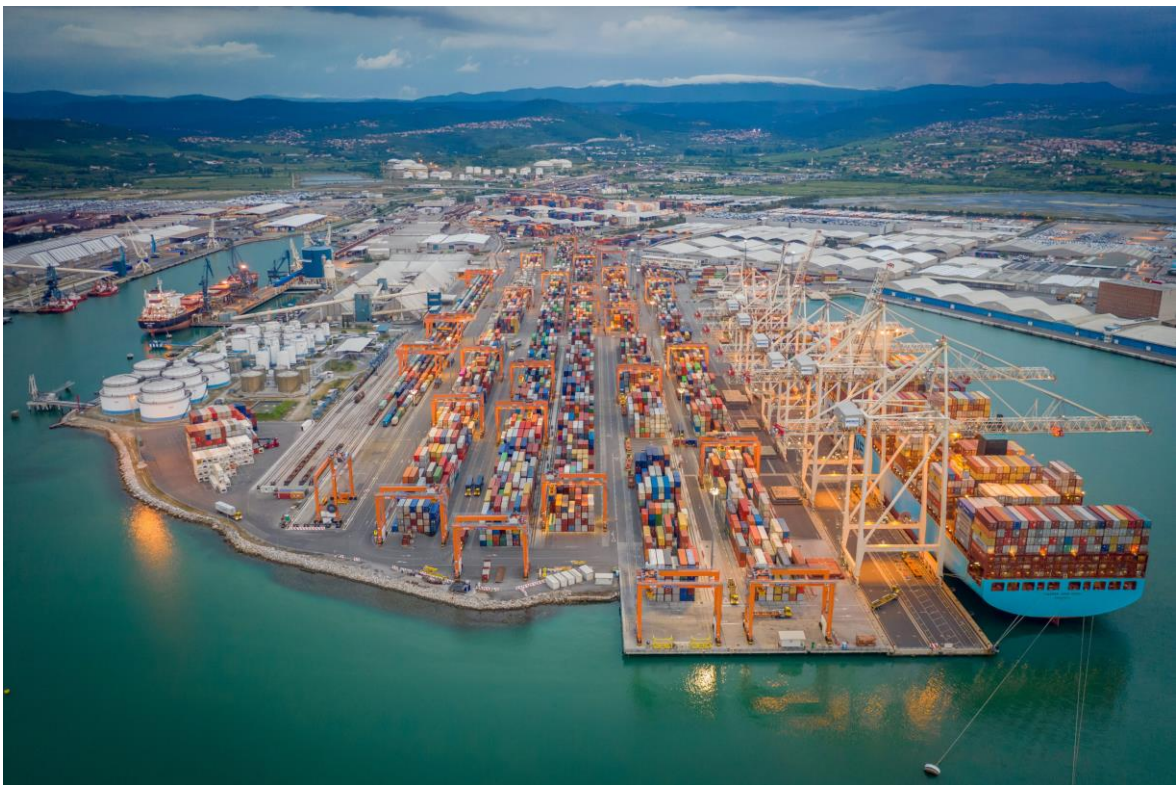
- Siguran vez,
- Odgovarajuća dužina pristana: za brodove klase A 150 m, brodovi klase B 250 m,
- Odgovarajuća dubina mora: za brodove klase A 10 m, brodovi klase B 15 m,
- 30.000 m² operativne površine uz pristan, od toga 10.000 m² za parkirališta,
- Poželjno zatvoreno skladište od cca. 3.000 m² ako ima mogućnosti za isto,
- Parking za vozila uz dva željeznička kolosijeka do broda kako bi se omogućila implementacija huckepack sustava,
- Jedna do dvije obalne dizalice nosivosti 100 kN za rad s kukom¹⁹.

Cestovna vozila kao teret RO–RO brodova, dijele se u dvije skupine: nova vozila, te vozila koja čine dio RO–RO tehnologije. U skorije vrijeme vidi se veliki značaj novih vozila u prometu nekih luka. Pojedine luke znaju prekrcati i do 500.000 novih automobila godišnje te je takvim lukama potrebno imati slagalište na koje mogu privremeno smjestiti 20.000 – 30.000 vozila u blizini luke. Luke koje imaju manji promet, nisu primorane imati toliko velike prostore za parking već su im dovoljne manje površine koje se čak ne moraju niti nalaziti u blizini obale. Luka Kopar se može pohvaliti najboljim prometom automobila na ovim krajevima te zbog toga je neophodna ogromna površina za parking vozila.

¹⁹ Narodne novine, Pravila za statutarnu certifikaciju putničkih brodova u nacionalnoj plovidbi, online: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_01_8_167.html

4.1. TEHNIČKO TEHNOLOŠKE ZNAČAJKE TERMINALA ZA AUTOMOBILE LUKE KOPAR

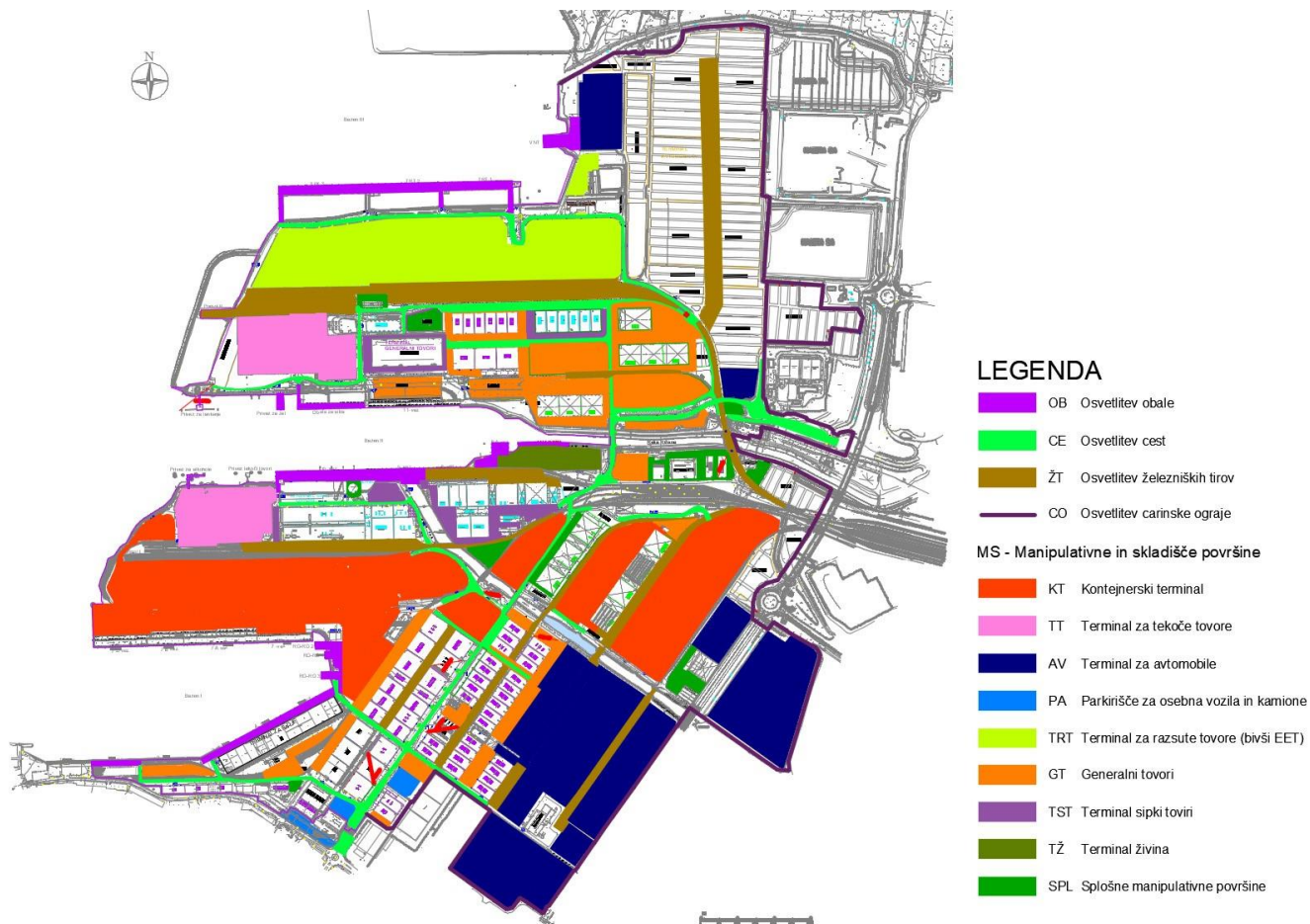
Tvrtka Luka Kopar je svoje korijene povukla sve do 1957. godine. Iako nema duboko ukorijenjenu pomorsku tradiciju, luka Kopar je ubrzo krenula na put razvoja, te je samo dvadeset godina nakon svog osnutka otvorila svoj kontejnerski terminal. Danas, luka Kopar uspješno povezuje Europu i ostatak svijeta, što značajno doprinosi njenom poslovanju. Ovaj uspjeh proizlazi iz njenog strateškog položaja u središtu TEN-T (engl. Trans-European Network - Transport) europske transportne mreže, gdje se susreću dva ključna koridora: Mediteranski koridor i Baltičko - jadranski koridor. Također, luka Kopar aktivno sudjeluje kao član organizacije NAPA (engl. North Adriatic Ports Association) te ostvaruje plodonosnu suradnju s brojnim svjetskim lukama.



Slika 12 - Zračni prikaz luke Kopar

izvor: <https://www.luka-kp.si/en/terminal/container-terminal/#gallery-6192421-2> (05.06.2023.)

Slika 12 prikazuje luku Kopar, sa ove strane preciznije je prikazan kontejnerski terminal.



Slika 13 - Slikovni prikaz luke Kopar (terminali, prometnice i sl.)

izvor: <https://www.luka-kp.si/en/> (05.06.2023.)

Luka Kopar ima 12 terminala te svi imaju izgrađenu potrebnu cestovnu infrastrukturu što omogućuje direktnu i jednostavniju manipulaciju tereta te sami transport. Također, cestovna povezanost luke s unutrašnjosti preko autoceste je poboljšana:

- smjer A1 – Ljubljana,
- smjer A1 – Austrija, smjer A2 – Tunel Karavanke (A),
- smjer A1 – cesta G1 – Dolga vas (M),
- smjer A1 i smjer A3 – Ferneti (IT),
- ceste A1 i A11 – Trst (IT).

U luci Kopar, svih 12 terminala opremljeno je adekvatnom željezničkom infrastrukturom koja objedinjuje više od 30 km željezničke pruge, koja osigurava direktnu manipulaciju brodskim teretom.

U luci Kopar dnevno prođe više od 450 vagona, a čak 60 % tereta se dovozi te odvozi željezničkim putem. Bitno je spomenuti kako je luka umrežena sa svim velikim ekonomskim centrima u unutrašnjosti Europe.

Tablica 4 - željezničke linije luke Kopar (2023.g)

Austria	Koper – Graz (Cargo Center Graz)	Do 10x tjedno
	Koper – Villach – antenna to Vienna, Linz, Salzburg, Wolfurt (RCO/Adria Kombi)	Do 6x tjedno
	Vienna – Koper (Adria Kombi/RCO dedicated)	2x tjedno
	Koper – Enns – Salzburg – Koper with antenna to Wolfurt (SETG)	2x tjedno
	Ybbs, Krems – Koper (Metrans) – export trains (Metrans)	2x tjedno
	Linz – Koper (export trains) (Metrans – export)	4x tjedno
	Koper – Dunajska Streda – Koper – roundtrip trains with antennas to Krems (Metrans)	7x tjedno
	Koper – Enns – Graz – Koper (TFG)	2x tjedno
Hungary	Koper – Budapest (Adria Kombi/RCO dedicated)	9x tjedno
	Koper – Budapest – Koper roundtrip trains (Metrans)	14x tjedno
Slovakia	Koper – Žilina (Adria Kombi / RCO dedicated)	Do 6x tjedno
	Koper – Žilina (Metrans dedicated)	3x tjedno

	Koper – Bratislava – Terminal RCO (Adria Kombi / RCO)	4x tjedno
	Koper – Bratislava – Spap Terminal (PKP) roundtrip dedicated	2x tjedno
	Koper – Dunajska Streda – Koper (Metrans) roundtrip trains with antennas to Kosice, TIPP Žilina	14x tjedno
Czech Republic	Koper – Č. Trebova with antennas to Prague/Ostrava/Plzen (Metrans) – via Dunajska Streda (Metrans)	5x tjedno
	Koper – Ostrava (PKP – Terminal Paskov) dedicated (PKP)	1x tjedno
	Koper – Ostrava Terminal Senov (Metrans dedicated)	2x tjedno
	Koper – Nošovice (Adria Kombi / RCO)	4x tjedno
	Koper – Dunajska Streda – Koper roundtrip trains with antennas to Česka Trebova (Metrans)	7x tjedno
	Brno – Koper (Adria Kombi/RCO dedicated)	2x tjedno
Germany	Koper – München (Adria Kombi)	3x tjedno
Poland	Koper – Wroclaw(Siechnice) Ostrava – Koper (Baltic Rail)	2x tjedno

	Koper – Wrocław (Terminal Oleśnica) – Katowice (Terminal Włosienica) (Baltic Rail)	2x tjedno
	Koper – via Ostrava (CZ Terminal Senov) – South Poland roundtrip trains (Metrans)	7x tjedno
Croatia	Koper – Ljubljana – Zagreb (Adria Kombi)	5x tjedno
Serbia	Koper – Ljubljana – Beograd (Adria Kombi)	3x tjedno
Slovenia	Koper – Ljubljana – Celje – Maribor (Adria Kombi)	2x tjedno
Romania	Ploiesti – Budapest – Koper (Adria Kombi/RCO Hungary)	1x tjedno
	Koper – Budapest – Arad /Afluent Terminal (Metrans)	3x tjedno

izvor: izradila studentica prema <https://www.luka-kp.si/en/services-terminals/port-connections/railway-connections/>

4.2. TEHNIČKO TEHNOLOŠKE KARAKTERISTIKE LUKE KOPAR

Luka Kopar je vrlo bitna za ekonomski razvoj Slovenije i ovog dijela Europe jer predstavlja višenamjensku slovensku luku i bitna je za gospodarstvo. Tvrtka Luka Koper d.d. može se pohvaliti statusom ovlaštenog gospodarskog operatora. Prekrcaj i skladištenje tereta i dobara spadaju pod najvažnije djelatnosti luke, iako luka Kopar pruža korisnicima i cjelokupnu logističku podršku.

Na 270 ha površine, proteže se lučko područje na kojem je osigurano 28 vezova te zatvoreno i otvoreno skladište. Zatvoreno iznosi 48,4 ha dok otvorenih skladišnih prostora imamo 109,6 ha. Luka ima dvanaest specijaliziranih lučkih terminala na kojima se provodi skladištenje. Ostale funkcije koje luka nudi:

- skladišni i distribucijski centar za svaku skupinu tereta,
- nudi usluge sortiranja, paletizacije, vaganja te uzorkovanja, zatim zaštite i etiketiranja te sl. – ovisno o potrebama te potražnji klijenata,
- nudi integrirana logistička rješenja i između ostalog, upravlja lučkim područjem.

Cjelokupni sistem terminala za automobile je potpuno automatiziran.

Tablica 5 - Prikaz tehničko-tehnološke karakteristike luke Kopar

duljina	840 m
vezovi	6
RO – RO rampe	5
Željezničke pruge s utovarnim rampama	15 kolosijeka duljine 7,1 km
Otvoreni prostori skladišta	750 000m ²
Natkriveni prostori skladišta	225 000m ² – 10 000 parkirnih mjesta
Natkrivene površine	44 000 jedinica
Otkrivene površine	670 000m ² – 34 000 parkirnih mjesta
Ukupan godišnji propusni kapacitet	850 000 jedinica

izvor: izradila studentica prema <https://www.luka-kp.si/en/terminal/car-and-ro-ro-terminal/>

Luka Kopar upravlja jednim od najmodernijih i najvećih automobilskih terminala na Mediteranu. Prevoze vozila više od 20 svjetskih proizvođača, kontroliraju robne tokove

europske izvozne proizvodnje, te uglavnom japanske, južnokorejske i turske uvozne proizvodnje.

Osim novih i rabljenih osobnih automobila na terminalu se vrši pretovar teretnih i drugih specijalnih vozila. Skladišni prostori su ograđeni, popločeni i osvijetljeni, te sadrže i 10.000 natkrivenih parkirnih mjesta za skladištenje automobila.

Namjenski video sustav pruža najvišu razinu zaštite 24 sata dnevno, a operativni rad na terminalu je u potpunosti računalno podržan. Također luka Kopar pruža na terminalu za automobile i niz dodatnih usluga na vozilima, na zahtjev klijenata²⁰:

- Terminalna oprema,
- Servisiranje vozila,
- PDI – nulta usluga,
- Mehanički popravci, popravak šminke i auto-čelika.



Slika 14 - Terminal za automobile i RO-RO Kopar

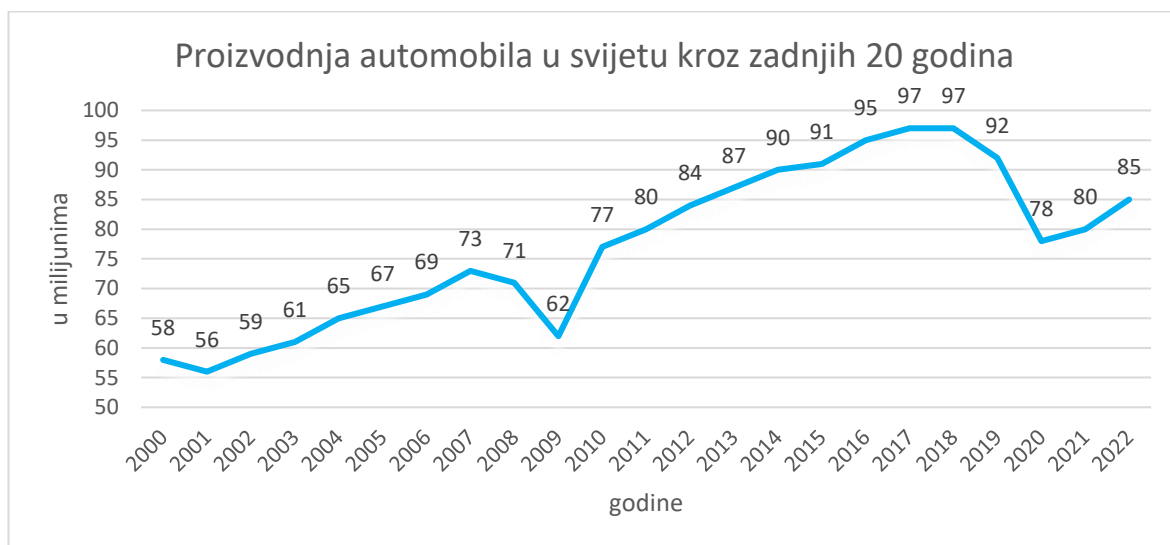
izvor: <https://www.luka-kp.si/en/terminal/car-and-ro-ro-terminal/#gallery-12887178-2> (07.06.2023.)

Slika 14 prikazuje veliki terminal za automobile i RO–RO čime se luka Kopar ponosi. Terminal se prostire na velikoj površini.

²⁰ Luka Koper, 2023., online: <https://www.luka-kp.si/en/services-terminals/>

5. ANALIZA PROMETA LUKE KOPAR S OSVRTOM NA PREKRAJ VOZILA

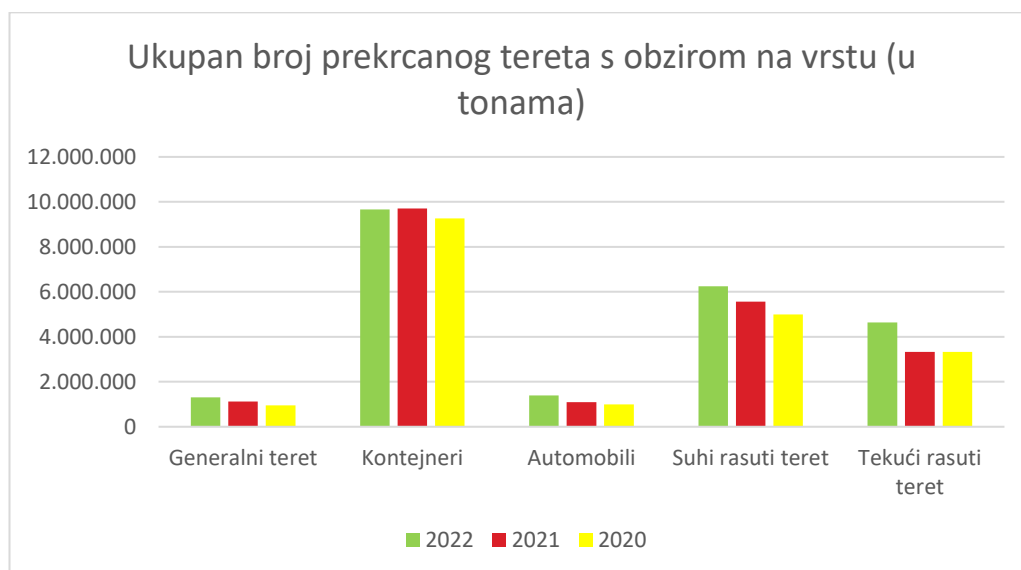
Automobilska industrija je profitabilna, globalna i jako utjecajna. Velike količine novca koje se konstantno ulažu u razvoj automobilske industrije samo potvrđuju njen neupitan značaj. Nakon oporavka od svjetske financijske krize, automobilska industrija je ponovno dočekala svoj rast i razvoj te je brzo postala jedna od najboljih pomorskih sektora.



Grafikon 1 - Proizvodnja automobila u svijetu kroz zadnjih 20 godina

izvor: izradila studentica prema: <https://www.statista.com/statistics/262747/worldwide-automobile-production-since-2000/> (22.8.2023.)

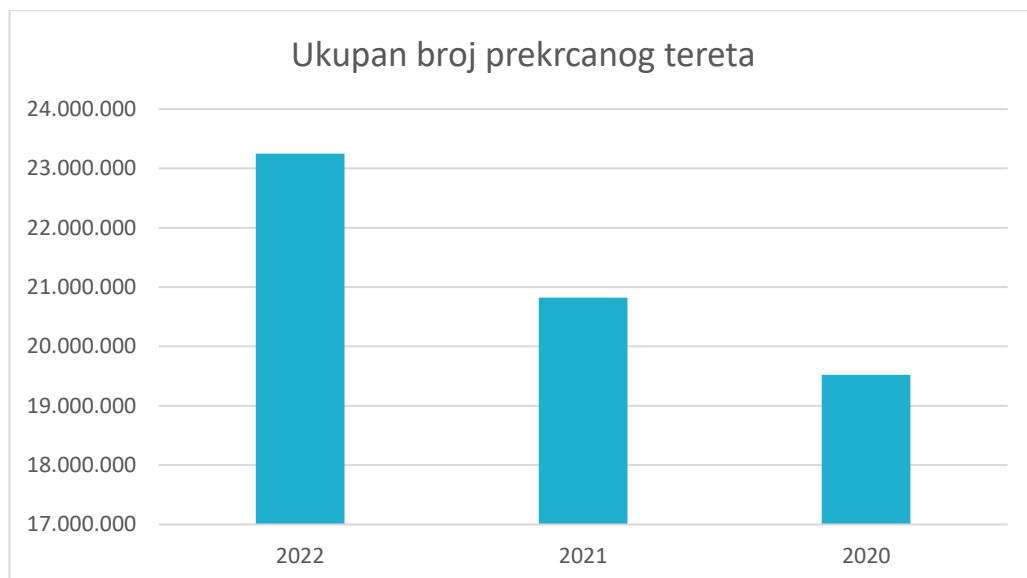
Proizvodnja automobila u zadnjih 20 godina je u lijepom rastu gdje se naravno mogu vidjeti padovi uzrokovani zbog globalnih utjecaja kao što je prikazano na grafikonu 1. Prvi veliki pad 2008. godine zbog gospodarske krize imao je udar na proizvodnju te je sa 71 milijun palo na 62 milijuna automobila koja su se proizvela godišnje u svijetu. Nadalje možemo vidjeti vrhunac proizvodnje u automobilskoj industriji gdje su 2017. i 2018. godina skoro dostigle 100 milijuna. Sljedeći značajniji pad je pad 2020. godine zbog utjecaja COVID-19 gdje je bilo i očekivan pad zbog nemogućnosti proizvodnje automobila kroz tih par mjeseci a i cijelu godinu.



Grafikon 2 - Ukupan broj prekrčanog tereta s obzirom na vrstu tereta (u tonama) u luci Kopar

izvor: izradila studentica prema https://www.luka-kp.si/wp-content/uploads/2022/02/ENG_statistika-pretovora-2021-20.pdf (25.8.2023.)

Na grafikonu 2 promatramo sve vrste tereta koje su ušle i izašle iz luke Kopar te vidimo kako kontejneri dominiraju uz suhe i tekuće terete. Naravno, automobili su na razini generalnog tereta zbog veličine terminala ali moramo uzeti u obzir da ima najveći terminal za automobile na Mediteranu te se fokus odvija na samu luku što se tiče RO-RO prometa. Bitno je naglasiti da se ovo odnosi na tone te zato statistika nije ista sa brojkom koja se nalazi u donjem grafikonu za automobile. Promatramo lagani rast svih vrsta tereta u od 2020. što je dobar pokazatelj rada i razvoja luke u zadnjih 3 godine.

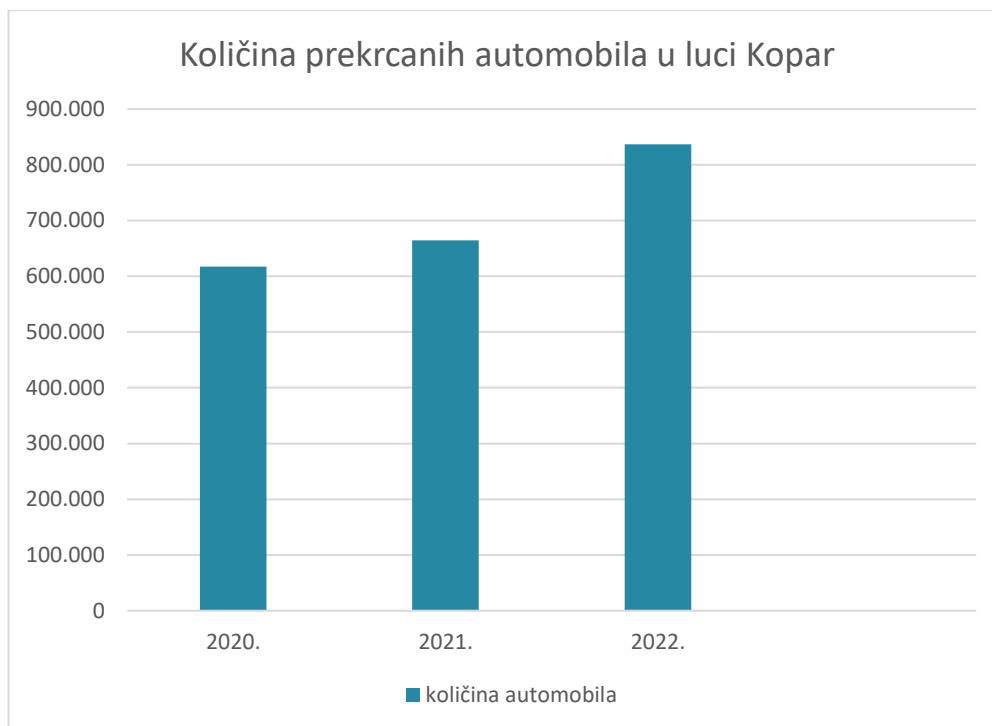


Grafikon 3 - Ukupan broj prekrcanog tereta (u milijunama tona)

izvor: izradila studentica prema: https://www.luka-kp.si/wp-content/uploads/2022/02/ENG_statistika-pretovora-2021-20.pdf (25.8.2023.)

Grafikon 3 prikazuje ukupni prekrcani teret, također u tonama gdje se vidi razlika u zadnje 3 godine gdje je u 2020. ukupno bilo 19.523.133 tona tereta, a u 2022. godini je ukupno bilo 23.248.468 tona tereta što pokazuje povećanje od 3.725.335 tona.

Nakon pregleda grafikona u kojem se nalaze podaci ukupne proizvodnje automobila u svijetu, te tablica ukupnog prekrcaja u luci Kopar, sada dolazimo do grafikona 4 u kojoj je statistički prikazan prekrcaj automobila u luci Kopar u razdoblju od 2020. do 2022. godine.



Grafikon 4 - Količina prekranih automobila u luci Kopar

izvor: izradila studentica prema https://www.luka-kp.si/wp-content/uploads/2022/02/ENG_statistika-pretovora-2021-20.pdf (18.7.2023.)

Na grafikonu 4 gdje se prikazuje količina prekranih automobila u luci Kopar, vidljivo je povećanje svake godine, dok 2022. premašuje sva očekivanja. U odnosu između 2020. i 2022. godine, možemo vidjeti znatno povećanje od okvirno 200.000 vozila koji su prekrani RO–RO brodovima. Naravno, moramo uzeti u obzir da je 2020. bila godina COVID-19 te je zapravo i očekivan manji prekrcaj vozila zbog zabrane plovidbe kroz tu godinu.

6. ZAKLJUČAK

Nakon završenog osvrta na ovu temu, možemo zaključiti da su brodovi za prijevoz automobila (PCC – Pure Car Carriers) posebna plovila koja prevoze vozila na kotačima. Iz razloga što su automobili osjetljiv i skupocjen teret koji se lako oštećuje, brodovi za prijevoz takvog tereta su jedinstveni zbog opreme a i samog tereta koji prevoze. Razvojem RO–RO brodova naišlo se na problem velikog postotka neiskorištenosti prostora na samim brodovima. Kako bi se iskoristio puni potencijal, počeli su se proizvoditi višefunkcionalni RO–RO brodovi. Danas imamo sedam skupina RO–RO brodova koje smo podijelili prema njihovoj namjeni tj. teretu koji prevoze.

Posebnost RO–RO sustava je da ne zahtijeva posebne instalacije u luci, a što se tiče pristana, često mu je dovoljan četverovez s pramcem na sidro ili plutače, a krmom na obalu. RO–RO sustav je prigodan za svaku manju luku zbog ne zahtijevanja većih ulaganja u opremu.

Što se tiče brodova specijaliziranih za prijevoz automobila, možemo reći da postoje dvije varijacije. Jedna od njih su PCC brodovi (Pure Car Carrier) koji služe za prijevoz lakših i težih osobnih automobila kao što su SUV vozila i terenci. U drugu skupinu spadaju PCTC/LCTC (Pure/Large Car Truck Carrier) – predviđeni za prijevoz automobila te teških vozila poput prikolica, kamiona, autobusa, kampera, buldoždera, MAFI prikolica i kontejnera. Kako bi se isplanirao funkcionalan RO–RO terminal za korištenje, nužno je voditi brigu o tome da se pristan smjesti u dijelu luke koji nije izložen valovima kako bi se izbjegli pokreti broda koji značajno mogu zakomplicirati promet vozila preko rampe. Ako se luka nalazi u području gdje je razlika između plime i oseke mala, nema potrebe za posebnim uređajima na obali, već je dovoljna brodska rampa.

Tvrтка Luka Kopar postoji od 1957. godine. Iako nema duboko ukorijenjenu pomorsku tradiciju, luka Kopar je ubrzo krenula na put razvoja, te je samo dvadeset godina nakon svog osnutka otvorila svoj kontejnerski terminal. Danas, luka Kopar uspješno povezuje Europu i ostatak svijeta, što značajno doprinosi njenom poslovanju. Luka Kopar je vrlo bitna za ekonomski razvoj Slovenije i ovog dijela Europe jer predstavlja višenamjensku slovensku luku. Luka Kopar upravlja jednim od najmodernijih i najvećih automobilskih terminala na Mediteranu. Osim novih i rabljenih osobnih automobila na terminalu se vrši pretovar teretnih i drugih specijalnih vozila. Nakon pregleda grafikona u kojem se nalaze podaci ukupne proizvodnje automobila u svijetu, te tablica ukupnog prekrcaja u luci Kopar, po grafikonu 4 u kojem je statistički prikazan prekrcaj automobila u luci Kopar u razdoblju od 2020. do 2022. godine možemo zaključiti da luka Kopar drži rekordan broj u prekrcaju automobila.

POPIS LITERATURE

KNJIGE:

1. Dundović, Č., Lučki terminali, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, 2002.
2. Komadina, P., Brodovi multimodalnog transporta, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, 1998.
3. Vranić, D., Ivče, R.: Tereti u pomorskom prometu, Pomorski fakultet, Rijeka, 2006.

INTERNETSKI IZVORI:

1. Zadarski list, Novi list, 2022., online:
<https://zadarskilist.novilist.hr/ostalo/auto/caterpillar-demonstrirao-sto-moze-njihov-kiper-najvece-elektricno-cestovno-vozilo-na-svijetu/> (07.06.2023.)
2. Pinterest, 2022., online: <https://in.pinterest.com/pin/417145984215625507/> (22.8.2023.)
3. Fox News, Fox News Network, 2023., online:
<https://www.foxnews.com/auto/burning-cargo-ship-full-of-porsches-adrift-in-atlantic-ocean> (23.8.2023.)
4. Vessel finder, 2022., online: <https://www.vesselfinder.com/vessels/details/9684976> (29.8.2023.)
5. Statista, 2022., online: <https://www.statista.com/statistics/262747/worldwide-automobile-production-since-2000/> (22.8.2023.)
6. Luka Koper, 2022., online: https://www.luka-kp.si/wp-content/uploads/2022/02/ENG_statistika-pretovora-2021-20.pdf (25.8.2023.)
7. WÄRTSILÄ Encyclopedia of Marine and Energy Technology, Wartsila, 2023., online: [Ramps \(wartsila.com\)](https://www.wartsila.com/en/encyclopedia/marine-technology/ramps) (26.8.2023.)
8. Worldwide weekly roll on roll off (RoRo) car shipping, autoshippers, 2023., online:
https://www.autoshippers.co.uk/ro-ro_car_shipping.htm (01.06.2023.)
9. Everything You Need to Know About RoRo Ships, 2021, online:
<https://martide.com/en/blog/all-about-ro-ro-ships> (01.06.2023.)
10. Det Norske Veritas, DNV Rules for classification of ships, Part 3 , Ch.1, Hull Structural Design, Ships with Length 100 meters and above, July 2011. (02.06.2023.)
11. Det Norske Veritas, DNV Classification Note No.31.2., Strength analysis of hull structure in roll on/roll off ships and car carriers, April 2011. (02.06.2023.)

12. M.Stipčević, S.Kitarović, D.Dundara, V.Radolović, “Evaluation of composite sandwich panel structural variants for fixed car decks in the upper cargo hold of the Ro-Ro car and truck carrier“, Proceedings of IMAM 2015 Congress, pp. 317-325, Pula, Croatia, 2015. (03.06.2023.)
13. Prof. dr. sc. Serđo Kos, Integralni i multimodalni transport, Rijeka, 2018., https://www.pfri.uniri.hr/web/dokumenti/uploads_nastava/20180409_121811_sakan_4.IMT.2018.Predavanje.4.pdf (07.07.2023.)
14. Dr. sc. Srđan Źuškin, Sredstva pomorskog prometa, <https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#search/srdan.zuskin%40pfri.uniri.hr?projector=1> (10.08.2023.)
15. Narodne novine, Pravila za statutarnu certifikaciju putničkih brodova u nacionalnoj plovidbi, https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_01_8_167.html
16. Maritime manual, 2023., [Ro-Ro Ship: Interesting facts, Types, & Uses \[Updated 2023\] \(maritimemanual.com\)](https://www.maritimemanual.com/ro-ro-ship-interesting-facts-types-uses)
17. Auto shippers, car shipping blog, 2019., [The History of Roll On Roll Off Shipping | Auto shippers Blog](https://www.auto-shippers.com/blog/the-history-of-roll-on-roll-off-shipping) (30.08.2023.)

POPIS SLIKA

Slika 1 – Prvi RO-RO Brod „Comet“	4
Slika 2 - Veliki Caterpillar kamion	6
Slika 3 - Najveći ConRo brod na svijetu "Atlantic star"	8
Slika 4 - Glavni dijelovi RO-RO broda	9
Slika 5 - Unutrašnjost broda "Felicity Ace" koji je prevezio oko 4000 automobila koji su zajedno s brodom izgorjeli	12
Slika 6 - Prikaz broda Hoegh Target	13
Slika 7 - Prikaz učvršćivanja automobila na RO-RO brodu.....	15
Slika 8 - Strukturni koncepti gradnje car carriera (konvencionalni i zglobni).....	16
Slika 9 - prikaz otklonjene rampe PCC broda	19
Slika 10 - Ukupni progibi konvencionalnog modela cijeloga broda u stanju opterećenja	20
Slika 11 - Ukupni progibi hibridnog modela cijelog broda u stanju opterećenja	21
Slika 12 - Zračni prikaz luke Kopar	26
Slika 13 - Slikovni prikaz luke Kopar (terminali, prometnice i sl.)	27
Slika 14 - Terminal za automobile i RO-RO Kopar.....	33

POPIS TABLICA

Tablica 1 - Generacija RO-RO brodova/tehničko - tehnološke značajke	5
Tablica 2 - Infra i suprastruktura RO-RO terminala.....	23
Tablica 3 - Prikaz morskih područja prema kategorijama	24
Tablica 4 - željezničke linije luke Kopar (2023.g).....	29
Tablica 5 - Prikaz tehničko-tehnološke karakteristike luke Kopar	32

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1 - Proizvodnja automobila u svijetu kroz zadnjih 20 godina	34
Grafikon 2 - Ukupan broj prekrcanog tereta s obzirom na vrstu tereta (u tonama) u luci Kopar.....	35
Grafikon 3 - Ukupan broj prekrcanog tereta (u milijunama tona)	36
Grafikon 4 - Količina prekrcanih automobila u luci Kopar.....	37