

# Analiza značajki kontejnerskog terminala

---

**Kovačević, Petra**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:446690>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-19**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -  
Institutional Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**PETRA KOVAČEVIĆ**

**ANALIZA ZNAČAJKI KONTEJNERSKOG TERMINALA**

**ZAVRŠNI RAD**

**Zagreb, 2021.**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**  
**ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD**

Zagreb, 5. svibnja 2021.

Zavod: **Samostalne katedre**  
Predmet: **Integralni i intermodalni sustavi**

## ZAVRŠNI ZADATAK br. 6317

Pristupnik: **Petra Kovačević (0066257022)**  
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**  
Smjer: **Logistika**

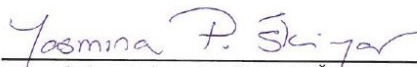
Zadatak: **Analiza značajki kontejnerskog terminala**

Opis zadatka:

U radu je potrebno objasniti pojavu kontejnera i kontejnerizaciju kao i značajke kontejnera. Isto tako potrebno je prikazati razvoj kontejnerskih terminala te objasniti proces automatizacije kontejnerskih terminala. U radu je također potrebno analizirati značajke kontejnerskih terminala.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

  
\_\_\_\_\_  
prof. dr. sc. Jasmina Pašagić Škrinjar

\_\_\_\_\_

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

## **ZAVRŠNI RAD**

### **ANALIZA ZNAČAJKI KONTEJNERSKOG TERMINALA**

### **CONTAINER TERMINAL FEATURE ANALYSIS**

Mentor: prof.dr.sc. Jasmina Pašagić Škrinjar

Student: Petra Kovačević, 0066257022

**Zagreb, rujan 2021.**

## SAŽETAK:

U radu su opisani kontejner, kontejnerizacija, kontejnerski terminal i automatizacija kontejnerskog terminala. Zadatak rada je analizirati značajke samog kontejnerskog terminala. Operacije i rad s kontejnerima predstavljaju glavnu djelatnost kontejnerskog terminala, a sastoji se od manipuliranja kontejnerima pri utovaru, istovaru i pretovaru između raznih grana transporta. Iz tog razloga opisane su tehnologije prekrcaja kontejnera i prekrcajni uređaji. Također opisan je razvoj i značajke kontejnera i kontejnerizacije. Navedene su i prednosti i nedostaci kontejnerizacije. Opisani su razvoj i vrste terminala, te statički i dinamički elementi. Povećanjem broja kontejnera na kontejnerskom terminalu, stvara se potreba za automatizacijom terminala, te se u radu navode načini razvoja automatizacije terminala. Na kraju rada navesti će se i opisati značajke kontejnerskog terminala

KLJUČNE RIJEČI: kontejnerski terminal; kontejner; transport tereta; intermodalnost

## SUMMARY:

The paper describes the container, containerization, container terminal and automation of the container terminal. The task of the paper is to analyze the features of the container terminal itself. Operations and work with containers are the main activity of the container terminal, and it consists of manipulating containers during loading, unloading and reloading between various branches of transport. For this reason, container transshipment technologies and transshipment devices are described. The development and features of containers and containerization are also described. The advantages and disadvantages of containerization are also listed. The development and types of terminals, as well as static and dynamic elements are described. By increasing the number of containers at the container terminal, the need for terminal automation is created, and the paper presents ways to develop terminal automation. At the end of the paper, the characteristics of the container terminal will be stated and described.

KEY WORDS: container terminal; container; containerization; freight transport; intermodality

## Sadržaj

1. UVOD.....	1
2.KONTEJNER I KONTEJNERIZACIJA .....	2
2.1.POVIJEST I RAZVOJ .....	2
2.2.KONTEJNER .....	4
2.2.1.Standardizacija kontejnera .....	5
2.2.2.Podjela kontejnera .....	6
2.2.3.Dimenzije kontejnera .....	9
2.2.4.Identifikacija kontejnera .....	9
2.3.KONTEJNERIZACIJA.....	12
2.3.1.Ciljevi kontejnerizacije .....	12
2.3.2.Prednosti i nedostaci kontejnerizacije.....	13
3.RAZVOJ KONTEJNERSKIH TERMINALA .....	15
3.1.Terminali.....	15
3.2. Kontejnerski terminali .....	16
3.2.1. Vrste i tipovi kontejnerskih terminala .....	18
3.2.2. Karakteristike elemenata terminala .....	19
4. AUTOMATIZACIJA KONTEJNERSKIH TERMINALA.....	24
4.1. RAZVOJ AUTOMATIZACIJE NA KONTEJNRSKIM TERMINALIMA .....	24
4.2. OPREMA AUTOMATIZIRANIH KONTEJNERSKIH TERMINALA.....	27
4.2.1. Sustavi identifikacije i praćenja kontejnera .....	31
4.2.2. Automatski vođena vozila.....	31
4.2.3. Navigacija automatski vođenih vozila.....	34
4.3. TERMINALI SA AUTOMATSKIM SKLADIŠTENJEM/PREUZIMANJEM KONTEJNERA .....	35
5. ANALIZA ZNAČAJKI KONTEJNERSKOG TERMINALA.....	37
5.1. LUČKI KONTEJNERSKI TERMINAL .....	37
5.1.1. Tehnologija prekrcaja kontejnera .....	38
5.1.2. Prekrcajni uređaji .....	41
5.1.3. Skladištenje .....	47
5.1.4.Brodovi za prijevoz kontejnera .....	48
5.2. KONTINENTALNI KONTEJNERSKI TERMINAL.....	51
ZAKLJUČAK .....	55
POPIS LITERATURE .....	57
POPIS SLIKA .....	60

## 1. UVOD

Kontejnerski terminal je infrastrukturni objekt u kojem kontejner predstavlja osnovnu teretnu jedinicu. Terminali su mjesta sučeljavanja dviju ili više prometnih grana, te se s obzirom na vrstu kontejnerskog terminala razvijaju i tehnologije prekrcaja i sami uređaji, te skladišne površine. Javlja se i potreba za standardizacijom kontejnera jer je kontejner unificiran za sve grane prometa, čime dolazi do rasta kontejnerizacije, stoga kontejnerski terminali svojim sadržajem moraju omogućiti skladištenje i manipulaciju kontejnerima.

Rad je podijeljen na četiri glavna poglavlja. U drugom poglavlju govori se o pojavi i razvoju kontejnera i kontejnerizacije. Naglasak je na opisivanju samog pojma kontejnera, dakle podjele, standardizacije, dimenzija i identifikacije kontejnera. Primjenom kontejnera razvija se kontejnerizacija čiji su ciljevi, prednosti i nedostaci navedeni u radu.

U trećem poglavlju opisan je razvoj kontejnerskog terminala. U radu je opisan terminal općenito, jer definicija terminala vrijedi za sve vrste terminala, jedina razlika je u predmetu rada, odnosno teretu i sredstvima za rad, odnosno mehanizaciji za manipuliranje teretom. Nadalje se govori o samom kontejnerskom terminalu, njegovim statičkim i dinamičkim sadržajima, te o tipovima i vrstama kontejnerskih terminala.

U četvrtom poglavlju obrađeni su načini automatizacije terminala. Govori se najprije o samom razvoju automatiziranih terminala, te o samom izgledu i karakteristikama takvog terminala. Za funkcioniranje takvog terminala potrebna je oprema čije su zadaće i načini rada navedeni u radu. Povećanjem broja kontejnera stvara se i potreba za većim skladišnim površinama, ali u radu je navedeno rješenje koje ne stvara potrebu za povećanjem površine terminala, već se kontejneri automatski skladište, odnosno preuzimaju.

U petom poglavlju opisane su vrste kontejnerskih terminala prema svojim značajkama. Navedene se u i opisane tehnologije prekrcaja, te sami prekrcajni uređaji. Opisano je i skladištenje kontejnera na samim terminalima. Također navedene su i vrste kontejnerskih brodova koji služe za prijevoz kontejnera.

## 2.KONTEJNER I KONTEJNERIZACIJA

### 2.1.POVIJEST I RAZVOJ

O vremenu nastanka kontejnera kao sredstva namijenjenog prijevozu mogu se naći različiti podaci. Prvi pisani podaci o primjeni jednog od oblika kontejnera datiraju iz davne 1792.godine, kada su se kutije, slične današnjim kontejnerima koristile za transport robe kočijama u Engleskoj. Neki autori smatraju da je „kontejner“ i „kontejnerizacija“ prvi put definirana u carskoj Rusiji 1898. jer se tada pokušavalo napraviti „odvojiv vagon“ tj., odvojiti teretni prostor od željezničkog podvozja. O pojavi kontejnera u SAD-u, odnosno njihovoj primjeni, svjedoči oglas iz novina iz 1911.godine, kada se govori o mogućnosti primjene kontejnera za selidbe.

Prema izvoru iz Containerisation Internationala na europskom je tlu (u Engleskoj) 1931. godine podneseno izvješće u kojemu se ističe da je uporaba kontejnera put koji sigurno vodi većem napretku, jer su prednosti što ih pruža uporaba kontejnera toliko očigledne da je čudno što se oni ne koriste u većoj mjeri. Prednosti se iskazuju u smanjenju troškova manipuliranja i očuvanju obilježja i integriteta robe. Trebalo je relativno mnogo vremena da i druge zemlje uoče prednosti što ih je pružao kontejner[1].



*Slika 1: Malcolm McLean*

Izvor: [15]

Čovjek koji je svojim vizionarstvom pokrenuo dotadašnji način prijevoza robe zvao se Malcolm McLean (Slika 1.). Njegova je zamisao bila da poboljša i ubrza transportni proces u kojem će se kombinirati nekoliko vidova prijevoza s kontejnerima u kojima se nalazi teret dok bi kompletan



prijevoz robe pratio jedan prijevozni dokument. Dana 26. travnja 1956., prvi put se teretni prostor s karoserije skinuo sa kamiona i ukrcalo ga se na palubu broda „Ideal X (Slika 2.), koji je zapravo bio stari tanker. Prevezio je 58 kontejnera od 33 stope iz Port Newarka do Houstona. Već 1957. godine pojavljuje se brod koji je bio potpuno prerađen za prijevoz kontejnera pod nazivom GATEWAY CITY. Plovio je između luke Puerto Rico i luka u Meksičkom zaljevu, a imao je kapacitet od 226 kontejnera. Nakon toga 23. travnja 1966. godine (točnije 10 godina nakon ukrcaja prvog kontejnera) izvršen je prvi prijevoz kontejnerskim brodom preko Atlantika. Toga dana, brod pod nazivom FAIRLAND, u vlasništvu kompanije SEA LAND, isplovio je s 226 kontejnera.



*Slika 2: Ideal X*

Izvor: [16]

Razvojne faze kontejnerizacije kroz povijest [3]:

- **Uvod (1958-1970):** Od prve komercijalne usluge kontejnera u kasnim 1950-im, pa sve do dizajna prvih čelijskih kontejnerskih brodova u 1960-im, kontejner je bio nepoznata varijabla u globalnoj dostavi. Investicije su bile rijetke zbog visokih rizik u nedokazanoj tehnologiji.
- **Adaptacija (1970-1990):** Kontejner postao priznat kao prijevozni proizvod i investicije u objekte intermodalnog transporta su ubrzane. Tu su uključeni izgradnja i prenamjena nekoliko kontejnerskih terminala, kao i uvođenje čelijskih kontejnerskih brodova.

Faktor rizika postaje manji problem i ulaganja su provedena u skladu s komercijalnim mogućnostima.

- **Rast (1990-2008):** Kontejnerizacija započinje ozbiljno utjecati na globalnu trgovinu strategiju proizvodnje, osobito s ulaskom Kine u globalno gospodarstvo. U istom razdoblju, nove klase Post Panamax kontejnerskih brodova postaju dominantan vektor pomorskog brodarstva. Osim toga kontejnerizacija ulazi u unutrašnji promet povezujući se sa željeznicom. Ne zna je kada će brzi rast kontejnerskog prometa dostići svoj limit.
- **Zrelost (2008 -):** Sazrijevanje kontejnerskog prometa povezano je sa sazrijevanja globalnog gospodarstva. Ono se može povezati s nekoliko faktora, kao što su granice iskorištavanja komparativnih prednosti u proizvodnji, kao i pridružene trgovina neuravnoteženih i viših cijena energenata. Globalna recesije koja je započela u 2008 je povezano sa značajnim promjenama u kontejnerskom prometu.

## 2.2.KONTEJNER

Naziv kontejner potječe od engleske riječi "container" (contain – sadržavati), a znači sve ono što u sebi može sadržavati nešto drugo.

Različiti aspekti razmatranja mogu rezultirati različitim definicijama. U stručnoj literaturi mogu se naći različite definicije kontejnera [1]:

- "Kontejner je transportni uređaj."
- "Kontejner je odvojena karoserija cestovnog vozila, koja zajedno s robom čini veliku robnu jedinicu, koja se lako i za najkraće vrijeme premješta s jednog na drugo transportno sredstvo." "Kontejneri su specijalne posude ili sanduci koji olakšavaju prijevoz robe naročito u kombiniranom transportu."
- "Kontejner je manipulacijska prijevozna oprema, najčešće u obliku zatvorene posude, koja služi za formiranje krupnih manipulativnih jedinica tereta u cilju racionalizacije manipulacijskih i skladišnih operacija."
- "Kontejneri su homogene transportne jedinice kombiniranog transporta."

Međutim, definicija koja je opće prihvaćena je definicija donesena od strane Međunarodne organizacije za standardizaciju (ISO), Carinske konvencije o kontejnerima (iz 1975), Ekonomske komisije za Europu (CEE), Carinske konvencije o međunarodnom prijevozu robe na osnovi karneta TIR (Konvencije TIR)[1], koja govori da je kontejner transportna kutija pravokutnog

oblika, otporan na vremenske prilike, namijenjen prijevozu i slaganju tereta na način da sadržaj bude zatvoren i tako zaštićen od oštećenja i nedostataka, odvojen od prijevoznog sredstva, a njime se rukuje kao jednom jedinicom i prevozi bez prekrcavanja sadržaja[3].

Standardni ISO kontejneri moraju zadovoljiti sljedeće uvjete [1]:

- potpuno ili djelomično zatvoreni, ali da čine odijeljen prostor namijenjen za smještaj robe, s najmanje jednim vratima,
- konstruirani tako da se brzo, sigurno i jednostavno pune i prazne,
- konstruirani tako da se ubrza prijevoz robe jednom ili više prijevoznih sredstava bez indirektnog prekrcaja (pretovara),
- opremljeni uređajima pogodnim za brzo, sigurno i jednostavno rukovanje, posebice za pretovar s jednog na drugo prijevozno sredstvo,
- izrađeni od postojanog materijala i dovoljno čvrsti,
- otporni na vremenske prilike i prikladni za višekratnu uporabu,
- izrađeni s obujmom od najmanje jednog kubičnog metra.

#### 2.2.1. Standardizacija kontejnera

Standardizaciju kontejnera započela je American Standards Association – ASA koja je 1959. predložila standardne veličine - 8 stopa u širinu i visinu te 17, 20, 24, 35 i 40 stopa u dužinu. Godine 1961. ASA je dužine 10, 20 i 40 stopa, uz visinu i širinu 8 stopa odredila za američki standard kontejnera, dok su Sea Land Services i National Navigation Company, dva pionira kontejnerizacije, za vlastite potrebe zadržali dužine 35 i 24 stope.

Danas su najviše u uporabi ISO standardne dimenzije kontejnera. Kontejneri su svrstani prema navedenoj međunarodnoj organizaciji u dvije osnovne skupine.

- 1A, 1B, 1C, 1D, 1E i 1F,
- 2A, 2B i 2C.

Nosivost prve skupine je 5 do 30 t, a druge 7 t. Dužina je u rasponu od 1,52 do 12,2 m (5 do 40 stopa) za prvu skupinu i 1,45 do 2,92 m za drugu[1].

Standardne dimenzije za kontejnere propisala je Međunarodna organizacija za standardizaciju (ISO) 1965. godine, kako bi se mogli koristiti u različitim granama prometa (vodni, željeznički i cestovni) te se slagati jedan na drugi. Standardizacija dimenzija kontejnera dopustila je

brodarima ulaganja u nove brodove, mehanizaciju sustava i opreme koja će automatizirati proces transporta i podići produktivnost.

Četiri važne ISO odluke standardizirale su kontejnerske dimenzije globalno [3]:

- siječanj, 1968.: R-668 definirana terminologija, dimenzije, kao i klase kontejnera,
- srpanj, 1968. – R-790 definirane identifikacijske oznake,
- siječanj, 1970. – R-1161 izvršene preinake u spajanju kutova kontejnera,
- listopad, 1970. – R-1897 definirane minimalne unutarnje dimenzije transportnih kontejnera.

Prema ISO standardu dimenzije kontejnera se izražavaju stopama, a standardizirano se izražavaju TEU-u (eng. twenty-foot equivalent units). Danas se najčešće koriste ISO dimenzije kontejnera, odnosno DIN/ISO 668 i DIN 15190, a to su: 20, 40, 45, 48 te 53 stopni kontejneri. Kontejneri od 20 i 40 stopa najčešće su korišteni kontejneri za prijevoz tereta općenito u svijetu, dok se 45, 48 i 53 stopni kontejneri najčešće koriste u američkom unutarnjem transportu.

### 2.2.2. Podjela kontejnera

Postoje različiti kriteriji za određivanje kontejnera. Podjela ovisi o aspektu promatrača. Procjenjuje se da postoji veoma veliki broj podjela kontejnera. Mogu se naći izvori po kojima postoji oko 20 000 tipova kontejnera, koji se mogu razlikovati po svojim značajkama i posebnostima [4].

Podjela kontejnera prema namjeni [1]:

#### 1. Univerzalni kontejneri

Vrsta kontejnera namijenjena za prijevoz robe pakirane u tvorničku ambalažu koja je namijenjena za široku potrošnju. Konstrukcijski izvedeni tako da osiguraju uredno i sigurno punjenje i pražnjenje kontejnera s robom i prijevoz kontejnera s robom s mogućnošću prekrcaja s prijevoznog sredstva jedne na prijevozno sredstvo druge grane. Univerzalni kontejneri čine više od 75% cjelokupnog kontejnerskog fonda u većini prometno razvijenih zemalja.

Univerzalni kontejneri imaju više podskupina:

- Kontejneri za opću uporabu – potpuno zatvoreni i nepropustljivi za vodu i prašinu. Karakteristični zbog nepokretnih elemenata ,kao što su pod, krov, bočne i čelne strane( na kojima se obično nalaze po jedna vrata). Namijenjeni za smještaj čuvanje i prijevoz mnogobrojnih tereta.
  - Kontejneri za posebne namjene – nude konstrukcijska rješenja koja pojednostavljaju punjenja i pražnjenja kontejnera s robom. U skupinu kontejnera posebne namjene spominju se sljedeći tipovi kontejnera, a to su otvoreni kontejner, zatvoreni kontejner s provjetravanjem ,kontejner platforme s otvorenim bočnim stranama i s nepotpunom nadogradnjom i kruto pričvršćenim čelnim stranama te kontejneri platforme s otvorenim bočnim stranama i nepotpunom nadgradnjom i sklopivim čelnim stranama.
2. Specijalni kontejneri

Vrsta kontejnera namijenjena prijevozu roba i tereta koji zahtijevaju određene uvjete prijevoza. Toj skupini pripadaju:

- Kontejneri s izotermičkim obilježjima – imaju izolirane zidove, vrata, pod i krov što omogućuje zadržavanje potrebne temperature u kontejneru bez obzira na temperaturu izvan njega. Uređaji za hlađenje i zagrijavanje kontejnera konstruirani su tako da se mogu jednostavno ugraditi ili skinuti s kontejnera. Frigo kontejneri su primjer kontejnera s izotermičkim obilježjima, imaju računalo koje pomoću softvera regulira temperaturu ovisno o vrsti robe koja je se prevozi.
- Kontejneri cisterne – koji su specifični za prijevoz robe u tekućem i plinovitom stanju. Sastoje se od dva osnovna elementa ,to su cisterna i okvir. Cisterna ili cisterne, namijenjene su za punjenje, prijevoz i pražnjenje robe u tekućem ili plinovitom stanju, dok okvir štiti cisternu prilikom utovara, pretovara, prijevoza i istovara kontejner cisterni, odnosno njihovog učvršćivanja na prijevozna sredstva.

Podjela kontejnera prema veličini, odnosno zapremnini i nosivosti [1]:

### 1. Mali kontejneri

Imaju zapremninu od 1 do 3 m<sup>3</sup> i nosivost od 1t do 3 t. Izrađeni su od drveta s metalnim spojkama ili od metala. Mogu imati pregrade ili rešetke za osiguranje tereta. Koriste se otvoreni, zatvoreni, univerzalni i specijalni kontejneri s ili bez kotača. Ne koriste se u

prekomorskom prijevozu, pa nema potrebe za standardizacijom. U Europi se mali kontejneri povezuju sa željeznicom, iako to nije slučaj u Hrvatskoj.

Prema standardu Međunarodne željezničke unije (UIC) mali kontejneri se dijele u tri kategorije:

- Kategorija A unutarnje zapremnine od 1,0 do 1,2 m<sup>3</sup>
- Kategorija B unutarnje zapremnine od 1,2 do 2,0 m<sup>3</sup>
- Kategorija C unutarnje zapremnine od 2,0 do 3,0 m<sup>3</sup>

## 2. Srednji kontejneri

Zapremnina ovih kontejnera je od 3 do 10m<sup>3</sup> i nosivosti od 3 do 5 t, te maksimalne duljine 6 m. Struktura srednjih kontejnera je veoma različita i nalazi se u funkciji vrste robe kojoj je namijenjena. Najčešće služe za prijevoz sirovina, minerala i specifičnog građevinskog materijala. Njihova primjena i zastupljenost je veća u zemljama istočne Europe. U zemljama zapadne Europe najzastupljenija je uporaba tzv. PA kontejnera( „pa“- parteur anemage). Oni su opremljeni uređajima za manipulaciju( tj. Fiksnim kotačima), a prevoze se specijalnim željezničkim vagonima opremljenim uređajima za pričvršćivanje takvih kontejnera. Koriste se uglavnom u željezničkom prometu.

## 3. Veliki kontejneri

Vrsta kontejnera koja ima zapremninu veću od 10 m<sup>3</sup> do 60m<sup>3</sup>, a nosivost od 5t do 30t i vanjsku duljinu veću od 6 m. Pretežito se koriste u pomorskom prometu, stoga se i nazivaju transkontejnerima. Razlikuju se tri osnovne vrste velikih kontejnera prema ISO standardizaciji, to su 20, 30 i 40 stopa duljine i od 8 stopa širine i visine. U SAD-u koriste kontejnere i od 40 i 45 stopa duljine.

Podjela kontejnera s obzirom na vrstu supstrata kojem su namijenjeni [1]:

- kontejneri za suhi (generalni) teret
- izotermički kontejneri
- kontejneri za rasute terete
- kontejneri za plinove
- kontejneri za tekućine

Podjela kontejnera prema vrsti materijala od kojeg su izrađeni:

- drveni

- metalni
- gumeni
- plastični
- aluminijski

Podjela kontejnera prema konstrukcijskim obilježjima:

- sklopivi
- nesklopivi
- s uređajem za samoiskrcavanje ili bez njega

### 2.2.3. Dimenzije kontejnera

Vanjske dimenzije ili dimenzije vanjskog gabarita utječu na racionalno korištenje teretnog prostora vozila i skladišta u kojem su uskladišteni, dok su unutarnje dimenzije dimenzije korisnog teretnog prostora kontejnera. Odnos teretnog sanduka vozila i kontejnera je čimbenik koji utječe na racionalnu eksploataciju i ekonomičnost prijevoza. Dimenzije kontejnera su podešene prema prijevoznim sredstvima, i to najprije prema željezničkim vagonima te kasnije prema brodovima i manje prema cestovnim vozilima.

Vlastita masa kontejnera je masa praznog kontejnera. Masa praznog kontejnera smije iznositi 15-20% bruto mase, ovisno o veličini kontejnera i materijalu od kojeg je izrađen. Za izradu kontejnera koriste se laki i čvrsti materijali poput čelika, aluminijska, drva i plastike.

Radi jednostavnijeg određivanja količine transportiranih kontejnera uvedena je volumna ekvivalentna transportna jedinica (Twenty feet equivalent unit – TEU) prema kojoj se preračunavaju kontejneri različitih dimenzija (kao i izmjenjivi sanduci). Tako, npr., 20-stopni kontejner odgovara 1 TEU, 40 stopni 2 TEU, a 10-stopni 0,5 TEU. TEU predstavlja ekvivalent volumenu koji zauzima jedan dvadesetstopni kontejner. Danas je učestao i prijevoz 40-stopnih kontejnera pa se taj broj može izraziti i u FEU-ima (Forty feet Equivalent Units) [6].

### 2.2.4. Identifikacija kontejnera

Identifikacija kontejnera olakšava međunarodno kolanje kontejnera, carinske procedure u vezi s privremenim uvozom, automatsko ili ručno praćenje kretanja u svakom trenutku, ma gdje se nalazio u intermodalnom prijevozu.

Jedinstven sustav identifikacije prihvatili su [3]:

- Svjetska carinska organizacija kao mogućnost pojednostavnjenja carinskih postupaka, temeljem Carinske konvenciju o kontejnerima (Customs Convention on Containers), Konvencije o kameru TIR i dr.
- Međunarodna asocijacija za zračni promet (International Air Transport Association - IATA)
- Međunarodna udruga (komore) brodara (International Chamber of Shipping - ICS)
- Međunarodni savez za međunarodne selidbe (Federation Internationale des Dimenageurs Internationaux - FIDI)
- Međunarodni sindikat željeznica (International Union of Railways -UIC)
- Međunarodni sindikat cestovnih prijevoznika (International Road Transport Union – IRU)

Konvencija IMCO o sigurnosti kontejnera koja je donesena 1972.godine pod nazivom CSC (Slika 3.) utvrdila je podatke i oznake na kontejneru [4]:

- naziv zemlje koja je izdala potvrđnicu glede sigurnosti
- datum izrade kontejnera
- najveća bruto masa
- identifikacijski broj
- dopuštena masa pri slaganju

Postoje i dopunske oznake na kontejneru [4]:

- naziv zemlje kojoj pripada
- oznaka vlasnika
- posebne oznake vlasnika za identifikaciju



<b>CSC SAFETY APPROVAL</b>	
<b>D-HH-3000 / GL 6000</b>	
DATE MANUFACTURED	MM/YYYY
IDENTIFICATION NO.	XXXX / YY / 123456
MAXIMUM GROSS MASS	34,000 KGS    74,960 LBS
ALLOWABLE STACK WT FOR 1.8G	216,000 KGS    476,190 LBS
RACKING TEST LOAD VALUE	15,240 KGS    33,600 LBS

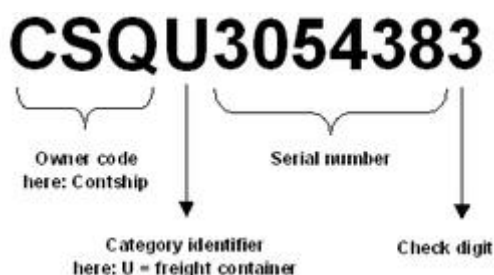
Slika 3:CSC oznake na kontejneru

Izvor: [17]

Da bi se pojednostavio i ujednačio sustav označavanja i identifikacije kontejnera u eksploataciji, Međunarodna organizacija za standardizaciju (ISO) preporučila je jednoznačni sustav numeriranja kontejnera, koju su prihvatili najznačajniji proizvođači kontejnera.

ISO identifikacijski sistem (Slika 4.) sastoji se od četiri osnovna dijela [5]:

- vlasnički kod
- identifikator kategorije tereta
- serijski broj
- kontrolni broj



Slika 4:ISO identifikacijski sistem označavanja kontejnera

Izvor: [18]

Vlasnički kod se sastoji od tri velika pisana slova latinice i mora biti registriran kod «Međunarodne agencije za kontejnere» (engl.International Container Bureau) ili izravno preko državne agencije za registraciju.

Identifikator kategorije tereta se sastoji od jednog velikog pisanog slova latinice:

- U za sve prijevoznike kontejnera
- J za kontejnere s odvojom opremom
- Z za prikolice i podvozja

Serijski broj se sastoji od šest brojeva, koji označavaju točno određeni kontejner u floti istog vlasnika, i on je unikatan.

Kontrolni broj sastoji se od jedne numeričke znamenke koja služi za provjeru ispravnosti i prijenosa vlasničkoga koda[5].

## 2.3.KONTEJNERIZACIJA

Kontejnerizacija je tehnologija transporta koja primjenom kontejnera, prekrcajnih uređaja, prijevoznih sredstava i kontejnerskih terminala omogućuje transport robe. Ona je skup međusobno i uzajamno organizacijski povezanih sredstava za rad i tehnoloških postupaka za automatizirano manipuliranje i transport okrupnjenim jedinicama tereta-kontejnerima-na putu od sirovinske baze do potrošača. Nakon paketizacije i paletizacije, kontejnerizacija je prva suvremena transportna tehnologija koja se afirmirala u svim zemljama svijeta. Kontejnerizacija se smatra najvišim oblikom integralnog transporta, u kojem se roba ne ukrcava direktno na prijevozno sredstvo, već se slaže na palete ili kontejnere koji zajedno s robom postaju teret [1].

### 2.3.1.Ciljevi kontejnerizacije

Najvažniji ciljevi kontejnerizacije su [1]:

- ujedinjavanje komadnog tereta pakiranog u sanduke, kartone, bale, vreće, bačve, gajbe, košare, role, i sl. u veće i standardizirane manipulacijsko transportne jedinice tereta,
- sigurno, brzo i racionalno manipuliranje i prijevoz tereta,
- optimizacija efekata prometne infrastrukture i prometne suprastrukture svih grana prometa,

- kvalitativno i kvantitativno maksimiziranje tehničkih, tehnoloških, organizacijskih i ekonomskih učinaka procesa proizvodnje prometne usluge,
- maksimiziranje efekata rada kreativnih i operativnih menadžera i drugih radnika angažiranih u sustavu kontejnerizacije.

### 2.3.2. Prednosti i nedostaci kontejnerizacije

Osnovne prednosti koje se ostvaruju s aspekta prijevoznika jesu [3]:

- ubrzavanje tehnoloških operacija u transportnom lancu
- smanjenje potreba za manualnim radom
- smanjenje troškova manipulacije po jedinici transportnog rada
- višestruko skraćanje vremena ukrcaja, prekrcaja i iskrcaja
- skraćanje vremena obrta transportnih sredstava i kontejnera uz povećanje brzine dostave robe
- povećanje broja obrta vozila i kontejnera
- povećanje stupnja iskorištenja nosivosti transportnih sredstava i mehanizacije
- univerzalna primjena jedinstvene tehnologije na cijelom prijevoznom putu

Za korisnike prijevoza ostvaruju se:

- ušteda u troškovima pakiranja i osiguranja robe,
- mogućnost horizontalnog i vertikalnog manipuliranja,
- zaštita robe od negativnih utjecaja,
- pojednostavljenje komercijalnih i carinskih operacija
- mogućnost korištenja za posebne vrste roba (specijalni kontejneri)
- uštede u troškovima skladištenja i dr.

S aspekta države ostvaruje se: racionalna podjela rada između pojedinih subjekata u transportnom lancu kroz kooperaciju i koordinaciju rada; uz manju potrošnju energije, neracionalnim prijevozima; manje opterećenje javnih prometnica i dr.

Osnovni nedostaci kontejnerizacije:

- visoke investicije za sredstva i infrastrukturne objekte
- otežane dispozicije kod usklađivanja veza u redovima vožnje

- zahtijeva se određen intenzitet robnih tokova
- potreban je jedinstven nivo tehnologije
- znatna financijska sredstva i druge mjere radi razvoja ove tehnologije
- problem distribucije praznih kontejnera i osiguravanja povratnih ukrvanih vožnji
- djelomično odricanje od vlastite autonomije pojedinih prometnih grana
- problem disponiranja praznih kontejnera na mreži
- prilagođavanje ispunjenju carinskih i drugih državnih propisa

## 3.RAZVOJ KONTEJNERSKIH TERMINALA

### 3.1.Terminali

Terminali su mjesta na kojima se susreću dvije ili više prometnih grana zbog dovoza i predaje, tj. preuzimanja i odvoza tereta za prijevoz, mjesta skladištenja tereta i dr.

Prekrcajni terminali su bitna spona na transportnom putu tereta od proizvođača do potrošača i zbog toga što služe za doradu, preradu, prepakiravanje, razvrstavanje, carinjenje, uzrokovanje i sličnih usluga nad teretom, potom zbog zaštite od elementarnih nepogoda, za koncentraciju i distribuciju robe, a nerijetko su i čimbenik ujednačavanja prijevoza na pomorske ili kopnene prijevozne kapacitete.

Navedena definicija terminala vrijedi za sve terminale, jedina razlika je u predmetu rada, odnosno teretu i sredstvima za rad, odnosno mehanizaciji za manipuliranje teretom.

Klasificiraju se s dva aspekta:

1. Integralni i granski terminali
2. Tehnološko –specijalizirani terminali

1.Integralni terminali su suvremeni terminali u kojima se transportni proces odvija između najmanje dvije prometne grane, primjeri takvih terminala su: željezničko-cestovni, željezničko-cestovni-pomorski(i obrnuto), cestovno-pomorski i dr.

Granski terminali su terminali u okviru jedne prometne grane, to su: cestovni, zračni, željeznički, pomorski i dr.

2.Tehnološko-specijalizirani terminali dijele se na [4]:

- a) Specijalne za unitizirane(okrupnjene) terete
  - Kontejnerski terminali – Ro-Ro,Ro-Lo
  - Huckepack-terminali, kontejnerski/Huckepack i dr.
- b) Specijalizirane za kombinirane prijevoze
  - Za lakopokvarljivu robu (jaja, ribe, meso, južno voće i sl.)
  - Za plinove
  - Za tekuće terete (kemikalije, nafta, alkoholi i dr.)
  - Za rasute terete (ruda, ugljen, soja, koncentрати i sl.)

Osim navedene klasifikacije, terminali se mogu podijeliti i prema vrsti transportnog supstrata, transportnoj tehnologiji, lokaciji i veličini.

Podjela terminala prema vrsti transportnog supstrata [8]:

- Kontejnerski terminali
- Za generalne terete
- Ro-Ro u kombinaciji s kontejnerskim
- Za sipke terete
- Naftni terminali
- Za drvo i drvene proizvode
- Za stoku
- Za opasne terete

Podjela terminala prema transportnim tehnologijama:

- Integralni i intermodalni
- Bimodalni
- Ro-Ro
- Huckepack
- ostali

Podjela terminala s obzirom na lokaciju:

- lučki (pristanišni)
- kontinentalni

### 3.2. Kontejnerski terminali

Kontejnerski terminali (Slika 5) su infrastrukturni objekti u kojima kontejner predstavlja osnovnu teretnu jedinicu kao najsavršeniji oblik sredstva za transport tereta. Operacije i rad s kontejnerima predstavljaju glavnu djelatnost kontejnerskog terminala, a sastoji se od manipulacija s kontejnerima pri utovaru, istovaru i pretovaru između raznih grana transporta. U realnosti nije moguće ostvariti kontinuirani prijevoz bez prekida, stoga kontejnerski terminali predstavljaju početno-završne točke u određenom gravitacijskom području u kojem se obavljaju zbirne operacije za daljnju otpremu kontejnera, odnosno mjesto iz kojeg se vrši distribucija prispjelih kontejnera do krajnjih korisnika.



*Slika 5:Kontejnerski terminal*

Izvor: [19]

Terminal se u funkciji prijevoznog procesa može promatrati s različitih stajališta kao npr. [9]:

- sa stajališta kretanja prijevozno-manipulacijskih jedinica
- s obzirom na učestalost prispjeća i otpreme i frekvencija operacija
- s aspekta analize tehnologije koja se primjenjuje u terminalu
- s informacijskog aspekta
- s aspekta djelokruga poslova i zadataka
- s aspekta dostupnosti ili prisutnosti pojedinih vidova prijevoza

Navedeni funkcionalni aspekti terminala određuju njegove sadržaje, unutrašnju organizaciju i povezivanje s gravitirajućim područjem. Terminali su također u funkciji racionalizacije transporta ,formiranja optimalnih prijevoznih jedinica, povezivanja više grana prijevoza kao i pošiljatelja i primatelja tereta prevezenog u kontejneru. U otpremi kontejnera zadatak terminala je da se različite vrste robe, različitih oblika i pakiranja formiraju u optimalnu transportnu jedinicu, koja je kontejner, uz maksimalno iskorištenje jedinice kapaciteta.

Osnovni smisao obrade supstrata u terminalu treba dovesti u vezu s iskorištenjem prijevoznih sredstava, jer se uvijek teži da optimalnom iskorištenju. Pripremom transportne jedinice povećava se njezina manipulacijska sposobnost što ubrzava pretovarne manipulacije, koje u

ukupnom transportnom procesu od otpreme do predaje tereta zauzima značajno mjesto i utječe na racionalnost i ekonomičnost prijevoza.

Djelovanje kontejnerskih terminala može se promatrati s dva aspekta vezane uz sadržaje [9]:

- statički i
- dinamički sadržaji

Statički sadržaji terminala su deponij (odlagalište) kontejnera, manipulacijske površine za mehanizaciju, cestovne prometnice i željeznički kolosijeci, kranske staze, otvoreni i zatvoreni skladišni prostori, servis i održavanje kontejnera, paleta, prometnih i manipulacijskih sredstava, uprava i prateći prostori za uslužne djelatnosti.

Pod dinamičke sadržaje ubrajaju se sva pokretna sredstva: dizalice, utovarivači, cestovni tegljači, cestovne i Ro-Ro poluprikolice i kontejnerske platforme, manevarske lokomotive, te sva sredstva cestovnog, željezničkog ili vodnog prometa koja se nalaze terminalu. Pod ovim posljednjim podrazumijevaju se kontejnerski i Huckepack vlakovi., kontejnerski i Ro-Ro brodovi, cestovna vozila i kontejnerske prikolice za prijevoz na veće udaljenosti, teglenice i ostala transportna sredstva. Informacijski sustav također spada u dinamičke sadržaje. Sadržaji i elementi terminala ovise o nizu faktora koji su vezani uz geoprometni položaj, robne tokove, veličinu i vidove prometa koji se susreću u terminalu[9].

### 3.2.1. Vrste i tipovi kontejnerskih terminala

Kontejnerski terminali mogu se podijeliti prema tehničko-tehnološkim karakteristikama i veličini, odnosno kapacitetu. Kod utvrđivanja kapaciteta i tipa kontejnerskog terminala polazi se od geoprometnog položaja planiranog terminala i vidova prometa koji se tu sučeljavaju, gravitacionog područja s tokovima roba (struktura i količine tereta) i ukupnih prometnih potreba[9].

Prema tehničko-tehnološkim karakteristikama i geoprometnom položaju kontejnerski terminali dijele se na :

- Lučke terminale
- Kontinentalne terminale

Kriteriji koji određuju geoprometni položaj i gravitacijsko područje su:

- Postojeći robni tokovi



- Razvijenost prometne mreže i mogućnosti uključivanja na glavne prometnice, dubina akvatorija kod lučkih terminala, povezivanje s najmanje dvije grane prometa (cesta i željeznica)
- Utjecaj na okolinu
- Veličina površina namijenjenih za terminal

S tehničko-tehnološkog aspekta zajedničko za obje vrste terminala je njihovo djelovanje i funkcija u sistemu integralnog transporta.

S obzirom na veličinu, odnosno obrtaju kontejnera dijele se na:

- Male
- Srednje
- Velike

Malim terminalima smatraju se oni u kojima dnevni obrtaj ne prelazi 20 kontejnera, srednji do 100 kontejnera, a preko 100 su veliki kontejnerski terminali.

Lučki terminali spadaju u grupu velikih terminala u okviru kojih se lociraju i Ro-Ro terminali, a u njima se sučeljavaju pomorski, cestovni željeznički promet. Najveći terminali su locirani u velikim svjetskim lukama i imaju velik obrtaj kontejnera, po nekoliko milijuna TEU u godini. Među kontinentalnim terminalima lociranim u značajnim prometnim čvorištima ima velikih terminala, ali glavninu čine srednji i mali terminali čija je glavna zadaća da otpremaju ili prihvaćaju kontejnere iz velikih lučkih terminala[9].

### 3.2.2. Karakteristike elemenata terminala

Dijelovi terminala podijeljeni su na statičke i dinamičke sadržaje koji se kod lučkih i kontinentalnih terminala razlikuju. Također postoje razlike između malih, srednjih i velikih terminala po sadržajima, tako kod malih lučkih nema vezova za feeder brodove, a kod kontinentalnih kolosijeka za Huckepack vlakove i dr. [9].

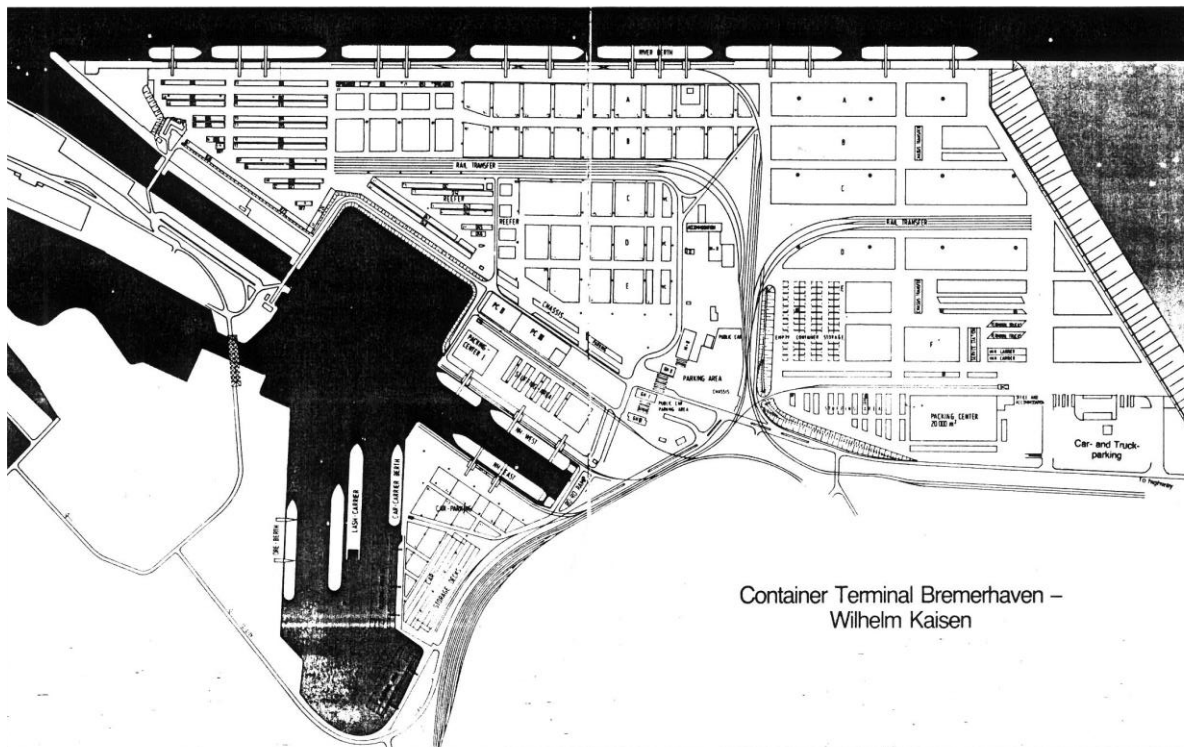
Veliki lučki kontejnerski terminali imaju sljedeće elemente [9]:

- Vezovi za velike kontejnerske brodove
- Vezovi za male kontejnerske brodove
- Vezovi i terminal za Ro-Ro brodove

- Operativno slagalište kontejnera(privremeno odlaganja)
- Slagalište za skladištenje kontejnera
- Željeznički kolosijeci za direktni pristup vezovima
- Željeznički kolosijeci za prihvat i otpremu kontejnerskih vlakova
- Kolosijeci i kranske staze za pretovarne tornjeve, mostove i dizalice
- Zatvorena i otvorena skladišta za obradu kontejnera
- Unutrašnje cestovne prometnice
- Servis za popravak i održavanje kontejnera i transportne ambalaže
- Servis za popravak i održavanje transportnih sredstava i pretovarne mehanizacije
- Pretovarni tornjevi i mostovi, dizalice i ostala pretovarna mehanizacija (side loader, front loader, straddle)
- Transportna sredstva za opsluživanje terminala
- Parkirališta i garaže za pretovarnu mehanizaciju
- Parkirališta i garaže za transportna sredstva
- Parkirališta za zaposlene i poslovne partnere
- Upravna zgrada i informacijski centar
- Carinska zona
- Prostor s predstavništvima drugih organizacija (špediteri, agenti, transportne organizacije, burza tereta, pošta, banka i dr.)
- Restoran, motel, rekreacijski tereni i zelene površine

Pojedini kontejnerski terminali povezani su kopnenim riječnim plovnim putevima, te pored navedenih sadržaja mogu imati vezove za prihvat LASH i BACAT brodova i teglenica, primjeri takvih luka su Rotterdam, Hamburg i Bremerhaven.

Povezivanje pomorskog, riječnog, željezničkog i cestovnog prometa na jednom mjestu vidljivo je iz prikaza sadržaja kontejnerskog terminala Bremerhaven-Wilhelm Kaisen (Slika 6.).

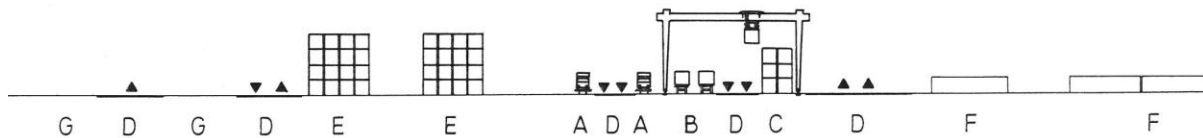


*Slika 6: Kontejnerski terminal Bremerhaven Wilhelm Kaisen*

Izvor: [9]

Po sadržaju elemenata kontinentalni terminali (Slika 7.) se u odnosu na lučke terminale razlikuju samo u tome što nemaju vezove i pretovarne tornjeve za brodove, osim ako nisu locirani u riječnim pristaništima. Kod kontinentalnih terminala imamo manipulacijske površine i kolosijeke za Huckepack transport, odnosno integralni cestovno-željeznički promet, koji se veoma rijetko pojavljuje u lučkim terminalima, osim u onim koji su locirani u manjim morskim akvatorijima kao što su La Manche, Crno more i sl. Strukturu sadržaja i osnovnih elemenata kontinentalnog terminala moguće je prikazati u poprečnom presjeku terminala [9].

**A** kolosijeci za huckepack  
**B** kolosijeci za kontejnerski vlak  
**C** deponija za privremeno odlaganje kontejnera  
**D** prometnice za cestovna vozila  
**E** deponija za prazne kontejnere  
**F** deponija za specijalne kontejnere (frigo i dr.)  
**G** parkiralište za vučna vozila i poluprikolice



*Slika 7: Poprečni presjek kontinentalnog kontejnerskog terminala*

Izvor: [9]

Kontinentalni kontejnerski terminali sadrže sljedeće elemente [9]:

- Kolosijeci za Huckepack promet
- Kolosijeci za kontejnerske vlakove
- Deponij za privremeno odlaganje kontejnera
- Prometnice za cestovna vozila
- Odlagalište za prazne kontejnere
- Odlagalište za specijalne kontejnere (Frigo, tank i dr.)
- Parkiralište za vučna vozila i poluprikolice
- Kranska staza pretovarnog mosta
- Zatvorena i otvorena skladišta za obradu kontejnera
- Servis za popravak i održavanje kontejnera i transportne ambalaže
- Servis za popravak i održavanje transportnih sredstava i prekrcajne mehanizacije
- Pretovarni most, dizalice i ostala pretovarna mehanizacija
- Transportna sredstva za opsluživanje terminala
- Parkirališta i garaže za pretovarnu mehanizaciju
- Parkirališta za zaposlene i poslovne partnere
- Upravna zgrada i informacijski centar
- Carinska zona

- Prostor s predstavništvima drugih organizacija (špediteri, agenti, transportne organizacije, burza tereta, pošta, banka i dr.)
- Restoran, motel, rekreacijski tereni i zelene površine

Struktura sadržaja i elemenata kontejnerskih terminala ovisi od tipa terminala, geoprometnog položaja, gravitacijskog položaja, robnih tokova, veličine i vrste prometa koje se susreću u terminalu [9].

## 4. AUTOMATIZACIJA KONTEJNERSKIH TERMINALA

Kontejnerski promet stalno raste, što je dovelo do velikih problema u rukovanju velikim brojem kontejnera na kontejnerskim terminalima. Terminali su prema tome suočeni sa sve većim brojem kontejnera koje je potrebno prekrcati ili skladištiti u što kraćem vremenu, uz što manje troškove. Automatsko manipuliranje kontejnerima postaje vrlo važan aspekt terminala, koji nudi točna i brza intermodalna rješenja.

### 4.1. RAZVOJ AUTOMATIZACIJE NA KONTEJNERSKIM TERMINALIMA

Automatizirani kontejnerski terminali (eng. Automated controlled terminals - ACT) su opremljeni automatskim sustavom za manipulaciju kontejnerima koji se sastoji od automatski vođenih vozila (eng. Automated guided vehicles – AGV) i automatskih vozila s dizalicom (eng. Automated lifting vehicles – ALV). Dugoročno gledano velika prednost automatizacije je ušteda na radnoj snazi i svođenje ljudskih grešaka koje mogu uzrokovati zastoje i kvarove na minimum.

Međutim, kod dizajniranja AGV sustava, postoje četiri glavna problema s kojima se dizajneri suočavaju [10]:

- Kontrola prometa
- Planiranje ruta prijevoza tereta
- Otprema kontejnera, odnosno lokacija na kojoj AGV treba odraditi prekrcaj kontejnera
- Dizajniranje kompleksa cesta po kojima će se AGV kretati

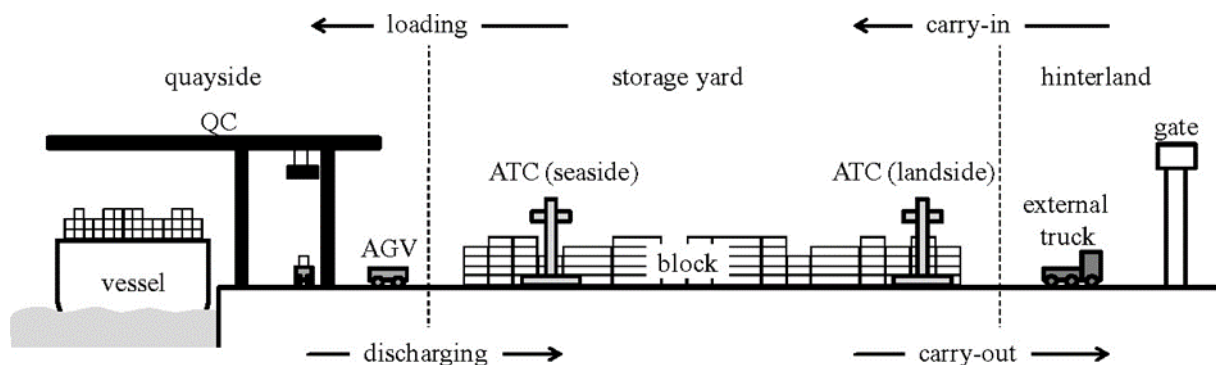
Jedan od prvih automatskih kontejnerskih terminala bio je HHLA (Hamburg Hafen und Logistik) kontejnerski terminal Altenwerder (CTA) u Hamburgu. CTA (Container Terminal Altenwerder) je također automatizirao horizontalni transport. Nakon što je CTA preuzeo automatizaciju, bilo je potrebno nekoliko godina prije nego što je neki drugi automatizirani terminal započeo s radom. Automatizirane dizalice su do 2008.godine bile instalirane tek na nekoliko terminala. Iako su automatizirani terminali u opticaju otprilike već dva desetljeća, trend automatizacije zaživio tek nedavno. Kao posljedica toga, kompetencija, razumijevanje i znanje o tome kako izgraditi moderni automatizirani sustav, nisu još široko rasprostranjeni i izvođači se susreću s mnogim potencijalnim poteškoćama.

Automatizacija omogućuje dizalicama da se automatski prilagode promjenjivim okolnostima, optimizirajući performanse i način rada. S obzirom na izazove s kojima se terminali susreću, kao što su pristanak većih brodova, većim količinama tereta i većim dizalicama, mogu se odrediti četiri glavna čimbenika uspjeha automatiziranog terminala [10]:

- Učinkovite STS(eng. Ship-To-Shore) dizalice
- Inteligentne automatske podizne dizalice (eng .Automated Stacking Cranes – ASC)
- Integracija opreme terminala i broda
- Daljinsko upravljanje terminalom iz kontrolne sobe (eng. Cargo Control Room – CCR)

Automatizirani sustav luke mora biti povezan sa sustavom elektroničke razmjene podataka kojim su prije dolaska broda u luku poslani podaci o teretu i svakom zasebnom kontejneru. Nakon pristajanja broda pri iskrcaju kontejnera automatiziranim dizalicama, sustav automatske identifikacije pruža funkciju očitavanja obilježja kontejnera i provjere istovjetnosti s prije poslanim podacima u lučki sustav [10].

Slika 8. prikazuje odnos i smještaj ulaza, kamiona za prijevoz tereta, lučkih dizalica, skladišta za privremeni smještaj tereta, AGV vozila i pristaništa broda. Prikazan je najčešći oblik terminala (AGV – ACT), gdje je skladište smješteno u sredinu kako bi mu se najlakše moglo pristupiti s morske i obalne strane. Također tada je prostor smještaja kontejnera u dohvat svih lučkih dizalica.



*Slika 8: Princip rada u automatiziranom terminalu s automatski vođenim vozilima*

Izvor: [20]

Skladište je odvojeno cestovnim prostorom koji služi za prijevoz kontejnera na terminal uz pomoć AGV vozila. Ulaz je mjesto koje odvaja obalnu stranu terminala, gdje se operacije odvijaju manualno, i unutarnju (morsku) stranu terminala, gdje se operacije odvijaju

automatski. Predstavlja fizičku separaciju manualnog i automatskog terminala iz razloga sigurnosti i efikasnosti. Pomaže u transportu kontejnera teretnim kamionima jer u ovom slučaju teret može privremeno biti zadržan na skladištu (eng. Storage Yard) nakon iskrcaja, nije potrebna instantna intervencija kamiona. Veličina i karakteristike ACT-a kao što su kapacitet skladišta, broj priveza, broj dizalica i slično, ovisi o očekivanom obujmu posla i kontejnera koje taj terminal mora obraditi u jednome danu, o dolaznoj stopi broda/kamiona/vlaka i o volumenu kontejnera kojega prevoze. Adekvatan ACT terminal može se specificirati i dizajnirati uzimajući u obzir ove parametre zajedno sa opremom koja je dostupna u tom području [10].

Prosječne karakteristike ACT sustava su [3]:

- Kapacitet: otprilike 22 000 TEU-a
- Pristanišne i obalne dizalice: 1 pristanište s 5 dizalica, prosječna brzina svake dizalice za ukrcaj/iskrcaj je 42 prekrcaja po satu, s mogućih 15% odstupanja
- Broj prilaznih teretnih traka(eng Inbound-Gate Lanes): 9 traka, 24h operative, prosječno vrijeme obrade jednog kamiona je 3min
- Broj izlaznih teretnih traka (eng. Outbound-Gate Lanes): 6 traka,24h operative, prosječno vrijeme obrade jednog kamiona je 2min
- Broj dizalica za ukrcaj kamiona: 6 dizalica, prosječne brzine od 34 prekrcaja po satu po dizalici, s mogućim odstupanjem od 10%
- Broj dizalica za ukrcaj vlakova: 2 dizalica, prosječne brzine od 28. prekrcaja po satu po dizalici, s mogućim odstupanjem od 10%

U ACT terminalima, čiji je osnovni princip rada pomoću AGV vozila, koriste se dvije vrste cesta: tranzitna cesta i radna cesta. Tranzitne ceste su označene isprekidanim linijama, a radne ceste su označene punim linijama. Na tranzitnim cestama je strogo zabranjena ikakva vrsta ukrcaja/iskrcaja jer te ceste koriste AGV vozila kako bi prišli različitim područjima terminala. Ukcavanje i iskrcavanje se obavlja na radnim cestama. Horizontalna cesta s 4 trake odvaja skladište namijenjeno za iskrcaj i skladište namijenjeno za ukrcaj jedno od drugoga. Cijelo područje je također podijeljeno u tri bloka s dvije vertikalne ceste s četiri trake. Vertikalna cesta omogućava direktan pristup od ulaza s manualnog dijela terminala do pristaništa, s



ciljem da teret može nesmetano putovati tim dijelom bez daljnjeg zadržavanja u skladištu. Sličan pristup se koristi i za ukrcaj/iskrcaj na željeznicu.

Princip rada u ovakvim terminalima je jednostavan i široke upotrebe. Prvo stiže kamion na ulaz gdje se prijavljuje i dobiva odobrenje za nastavak prema skladištu. Skladišna dizalica iskrcava teret s kamiona, nakon čega kamion ili napušta skladište ili ukrcava novi teret uz pomoć dizalice također. Iskrncani teret s kamiona, dizalica odmah ukrcava na AGV vozilo ili ako nije dostupno trenutno, sprema ga na skladište privremeno. Teret iskrncani na AGV vozilo se direktno vozi na brod ili na određeno mjesto u skladištu ako je tako zahtijevano. Ukrcaj i iskrcaj na/sa AGV vozila obavlja lučka dizalica. Ako teret mora biti ukrcan na brod, AGV prevozi teret do broda gdje obalna dizalica teret ukrcava na brod. Kada se radi o željeznici, lučke dizalice obavljaju sve operacije iskrcaja/ukrcaja, a teret se transportira do željeznice uz pomoć AGV-a [10].

#### 4.2. OPREMA AUTOMATIZIRANIH KONTEJNERSKIH TERMINALA

Tehnologija i tehnike rukovanja teretom u ACT-u su najbitniji dio automatizacije kontejnerskih terminala. U suvremenim uvjetima poslovanja kontejnerskih terminala nemoguće je na efikasan način organizirati aktivnosti i procese bez učinkovitih automatiziranih tehnologija koje moraju omogućiti planiranje i kontroliranje svih aktivnosti i povezivanje lučkog sustava. Kontinuirano nastojanje da se smanje troškovi, poveća konkurentnost i ostvari približavanje korisnicima zadovoljavajući sve njihove zahtjeve čine automatiziranu opremu ACT-a neophodnom za poslovanje kontejnerskih terminala. Automatizirana prekrcajna sredstva uvelike olakšavaju rad i zamjenjuju ljudske resurse potrebne u prekrcajnim aktivnostima, a sve prema unaprijed određenim zadacima isplaniranim TOS (eng. Terminal Operating System) sustavom, koji će biti pojašnjen u nastavku. Omogućuju visok stupanj protoka tereta i znatno smanjenje vremena opsluživanja brodova. Glavni dijelovi automatiziranog terminala su: [10]

- automatski vođena vozila (AGV)
- automatska vozila s dizalicom (eng. Automated lifting vehicle – ALV)
- automatske skladišne dizalice
- operator kontejnerskog terminala



*Slika 9: AGV - automatski vođeno vozilo*

Izvor:[21]

Automatski vođena vozila (Slika 9.) podrazumijevaju tehnička sredstva bez vozača s ugrađenim mikroprocesorom koji dekodira instrukcije i prenosi ih u navigacijski sustav. Najvažnija komponenta sustava je sučelje prema ostalim računalima u lučkom sustavu i središnjem operativnom sustavu luke. Računalo u vozilu, koristeći bežični prijenos podataka komunicira s kontrolnim centrom što omogućuje kretanje do bilo koje točke luke, pružajući učinkovito i fleksibilno manevriranje s minimalnim zahtjevima za ljudskom snagom, velikim protokom tereta uz smanjene troškove, te mogućnost kontinuiranog djelovanja. Navigacijski sustavi postojećih automatskih vozila uključuju vozilo koje slijedi putanju podzemnih žica, foto-fluorescentni i reflektirajući materijal nanesen na pruge putanje, žiroskope. GPS(eng. Global Positioning System) sustave i tehnologije automatske identifikacije za praćenje kretanja. Osnovna obilježja koja potpuni automatizirani sustav mora imati su [10]:

- Potpuna pokretljivost i nadgledanje u stvarnom vremenu koje omogućuje brže rukovanje
- Jedna mreža za video, glas i podatke
- Daljinsko upravljanje iz središnje kontrolne jedinice
- Točno određivanje položaja prema tragovima i IT podršci
- Integracija potpuno automatiziranih podsustava
- Smanjenje troškova, pouzdanost sustava

Navedena su generalna obilježja kao osnova automatskih sustava, dok će kasnije u radu biti spomenuta detaljnija obilježja automatski vođenih vozila.

Zbog predugog reda čekanja za ukrcaj/iskrcaj tereta u kontejnerskim terminalima, kreira se ideja o automatski vođenim vozilima koja bi samostalno ukrcavala/iskrcavala brodove u luci, bez direktnog ljudskog doticaja. Ovakav tip vozila bi bio idealan za kontejnerske terminale s najvećom visinom do dva kontejnera. Koncept ovih vozila zasnovan je na temelju AGV-a. U ovom slučaju AGV bi bio opremljen s vlastitom dizalicom, čime bi stekao sposobnost podizanja/spuštanja tereta. Takvo vozilo naziva se automatsko vozilo s dizalicom (ALV), uz pomoć njega bi se zaobišao rad brodskih i lučkih dizalica i samim time bi se ubrzao proces ukrcaja/iskrcaja tereta (Slika 10.).



*Slika 10: ALV - automatsko vozilo s dizalicom*

Izvor: [22]

Automatske skladišne dizalice koriste se primarno na kontejnerskim terminalima za razmještanje i slaganje u skladištima i odlagalištima točno određenih putanja kretanja. Kreću se na tračnicama a kretanje se kontrolira iz središnje kontrolne jedinice. Automatske dizalice rade kombinirano s AGV-om tako da uzimaju ili stavljaju kontejner s ili na AGV. Većina aktivnosti na terminalu započinje ili završava na skladišnoj zoni, stoga proces skladištenja mora biti učinkovit i usklađen s ostalim aktivnostima [10].

Operator kontejnerskog terminala je osoba zadužena za planiranje, koordiniranje i kontrolu svih aktivnosti na kontejnerskom terminalu. Pri svom radu koristi nekoliko sustava od kojih je najvažniji TOS (eng. Terminal Operating System) sustav za prekrcajne aktivnosti.

Sustavi su podijeljeni u grupe [3]:

- Terminal Operating System– sustav za direktno planiranje prekrcajnih operacija na terminalu. Funkcije TOS sustava su praćenje:
  - Statusa kontejnera: veličina, težina, tip, posebna upute, sadržaj kontejnera
  - Resursa: slobodne operativne površine i površine za slaganje kontejnera, lokacija opreme
  - Ograničenja: karakteristike operativne površine, potrebna oprema
  - Procesu: optimalno slaganje kontejnera, prioriteta u prekrcaju
- ulazni sustav (eng. Gate System) – sustav kontrole i identifikacije kontejnera, propisi za kontejnere, sigurnosne mjere
- komunikacijski sustav (eng. Community System) – sustav za povezivanje lučkih subjekata razmjenu informacija i elektroničkih poruka
- razvojni sustav (eng. Engineering) – sustav za razvijanje i praćenje tehnoloških inovacija na prekrcajnim sredstvima i dijagnosticiranje kvarova,
- pomoćni sustav (engl. Ancillary System) – pomoćni sustav za upravljanje praznim odlagalištima i postajama za popravak kontejnera,
- OCR Handling – sustav manipulacije i praćenja kontejnera temeljen na optičkom sustavu čitanja (eng. Optical Character Reading) tragova u svrhu pripreme kontejnera za prekrcaj,
- Equipment control – prati rad i funkcionalnost opreme na terminalu, trenutne pozicije dizalica i slične opreme te provodi i kontrolu RFID (eng. Radio Frequency Identification System) komponenti,
- PLC/SCADA (eng. System Control and Data Acquisition) - sustav za praćenje i kontrolu opreme, osobito automatski navođenih prekrcajnih vozila putem programibilnog logičkog kontrolora (PLC) te SCADA sustava za prikupljanje i analizu podataka u stvarnom vremenu.

Svaki od ovih sustava mora biti povezan s adekvatnom bazom podataka. Točni i brzi podaci ključni su za uspješan rad ovih sustava. Jedan od načina stvaranja pouzdane baze podataka je klasifikacija podataka i upravljanje životnim ciklusom informacija [3].

#### 4.2.1. Sustavi identifikacije i praćenja kontejnera

Evolucijom informacijsko-komunikacijskih tehnologija omogućen je razvoj sustava za identifikaciju i praćenje kontejnera. Važnost ovih sustava proizlazi iz potrebe za nadzorom nad kontejnerom i njegovim sadržajem u luci te za praćenjem kontejnera od ishodišta do odredišta. Za luku, najvažnije vrijeme identifikacije i praćenja nastaje dolaskom kontejnera u lučko područje. Jedna od najčešće korištenih tehnologija identifikacije je RFID (Radio Frequency Identification Technology), tehnologija temeljena na principu bežičnih čitača. Čitači pomoću radiovalova očitavaju najvažnije informacije o kontejneru i koriste se najviše kada se kontejneri odlažu na slagalište. U nekim slučajevima pravi sadržaj kontejnera ne odgovara opisu u dokumentima i čitačima. Korištenjem rendgenskih (X-ray) skenera skenira se cijeli sadržaj kontejnera na principu rendgenske snimke. Kao nadopunjujući sustav koriste se Heartbeat detektori (detektori otkucaja srca) za detekciju živih bića u kontejneru [3].

Korisnici su ključni subjekt dobavnog lanca, stoga njihove želje nisu više ograničene samo na smanjenje troškova, nego žele biti upoznati i sa statusom svoje pošiljke u svakom trenutku. Da bi se uspješno odgovorilo na zahtjeve korisnika osmišljen je cijeli sustav upravljanja nazvan Customer Relationship Management – Upravljanje odnosima s kupcima (korisnicima). Takav moderan sustav se temelji na bazi podataka povezanoj Internet aplikacijama s korisnicima i svim subjektima dobavnog lanca. Subjekti primaju i šalju informacije u bazu podataka te su im na raspolaganju svi podaci vezani za njihove pošiljke - mjesto, vrijeme, moguće komplikacije i sl. Sustavi upravljanja odnosima s korisnicima povezani su sa sustavima za direktno praćenje kontejnera kao što je GPS (Global Positioning System) - globalni pozicijski sustav (jedan od novijih sustava temeljen na satelitskoj tehnologiji). Sustav minimizira mogućnost gubitka kontejnera i omogućuje kontinuirano praćenje kontejnera i na kopnu i na moru [3].

#### 4.2.2. Automatski vođena vozila

Automatizirano vođeno vozilo je vozilo koje se upravlja bez direktnog ljudskog kontakta. S njime upravlja automatizirani sustav koji je u ulozi vozača. Senzori na cesti, infrastrukturi terminala i na brodu ga opskrbljuju s potrebnim mjerenjima i preprekama na lokaciji na kojoj se kreće te o brzini vozila, što automatizirani sustav koristi kako bi donio ispravne naredbe za aktivatore kočnice/papučice gasa. Sve u cilju da bi vozilo stiglo neodređenu poziciju i pridržavalo se sigurne i efikasne brzine. AGV vozila se smatraju najfleksibilnijim tipom opreme u opremi rukovanja teretom. Njihova veličina može biti od malih nosača koji teže nekoliko

kilograma do transportera koji teže 125 tona. Mjesto uporabe može biti od uredskih prostora i kretanja po tapetu do pomorskih terminala. AGV vozilo sastoji se od: [10]

- Vozila.
- Upravljača (eng. Onboard Controller)
- Upravljačkog sustava (eng. Management System)
- Komunikacijskog sustava (eng. Communication System)
- Navigacijskog sustav (eng. Navigation System)

Upravljač AGV vozila nalazi se u samome vozilu. On je odgovoran za pokretanje procedura paljenja i gašenja. Upravlja s propulzijom, upravljačkim sposobnostima, kočenjem i ostalim funkcijama vožnje vozila. Također prati i detektira moguće greške u sistemu i moguće prepreke, pa sukladno s time izdaje potrebnu naredbu ovisno o situaciji.

Upravljački sustav se bavi planiranjem, rasporedom vožnje i kontrolom prometa u korištenom području vozila. Odgovoran je za optimizaciju korištenja vozila, davanje naredbi za transport poput ukrcaja/iskrcaja i za praćenje tereta u proizvodnom okruženju.

Komunikacijski sustav je odgovoran za prijenos podataka od AGV vozila do centralnog upravljača i obrnuto. Ovi podatci se sastoje od informacije o poziciji i statusu vozila, o poziciji od trenutno zadanog posla i poziciji o idućem zadanom poslu.

Navigacijski sustav pruža sigurno vođenje i navigaciju AGV vozilu u proizvodnom okruženju. Navigacija može biti bazirana na fiksno određenoj ruti kretanja vozila ili na slobodnoj ruti kretanja vozila. Kod fiksne rute AGV se mora strogo pridržavati rute i nema fleksibilnosti u mijenjanju smjera kretanja. Fiksne rute uključuju željezničke staze, žičane staze ili druge vrste fiksnih vodiča. Na slobodnoj ruti kretanja, put AGV vozila može se dinamički mijenjati. Ovaj sistem je autonoman i sposoban prepoznati rutu uz pomoć informacija koje prima od upravljačkog sustava, sposoban je prepoznati prepreku te samostalno izbjeći mogući sudar (koliziju).

U kontejnerskim terminalima, AGV vozila su prikladna zamjena za teretne kamione koji zahtijevaju manualnu asistenciju, za prijevoz kontejnera unutar terminala. U ovu svrhu, AGV vozila su automatizirani industrijski transporter koji mogu biti pogonjeni električnim motorima i baterijama (generator ili alternator) ili konvencionalnim dizel motorima. Moderni AGV-i mogu biti opremljeni robotičkim rukama i hvataljkama koje im omogućuju funkciju

rukovanja teretom. Također mogu biti korišteni kao skladištari opremljeni vilicama, u skladištima gdje se teret skladišti do 10 metara visine. Zbog uglavnom ponavljajuće prirode pokreta unutar terminala, AGV-ovi se odlično uklapaju u operacije terminala. Najzaslužniji faktori za uspjeh AGV-a u terminalima su njihova pouzdanost i korisnost koju se može podijeliti na nekoliko osnovnih faktora: [10]

- Visoka protočnost kontejnera
- Kontinuirani rad: 24h dnevno, 365 dana godišnje
- Visoka mogućnost kontrole i pouzdanosti
- Visoki standardi sigurnosti
- Automatizirano i konstantno rukovanje teretom
- Reducirani troškovi rukovanja teretom
- Točnost i preciznost pozicioniranja i smjera kretanja

AGV-ovi su početni uvjeti za luke u mnogim dijelovima svijeta. Trenutno komercijalne primjene AGV tehnologije uključuju sustave u luci Rotterdam, Singapur, Los Angeles i mnogim drugim. Unatoč rasprostranjenosti i velikoj uporabi AGV vozila, još uvijek ova vrsta tehnologije nije 100% provjerena i ima svojih nedostataka koji zahtijevaju daljnji razvoj i nadogradnju. Najveći nedostatak u operativnosti AGV vozila leži u organizacijskom sustavu, gdje je kontrola prometa glavni čimbenik. Razlikuju se dvije kontrole prometa:

- Centralna kontrola prometa (eng. Central traffic control),
- Raspodijeljena kontrola prometa (eng. Distributed traffic control)

Centralna kontrola prometa je sustav gdje sve kretnje u terminalu su direktno kontrolirane i usmjerene od samog sustava. Ova metoda se također koristi u *Delta Port* u Rotterdamu.

Kod raspodijeljene kontrole prometa, AGV vozila su opremljena s određenim obrascem umjetne inteligencije koja ih usmjerava i traži rješenja u slučaju izvanredne situacije. U ovakvom konceptu, komunikacija s AGV vozilima je znatno smanjena i reducirana samo na instrukcije u slučaju izvanredne situacije. Kontrola svih vozila je reducirana samo na ukupnu koordinaciju vozila u terminalu[10][11].

#### 4.2.3. Navigacija automatski vođenih vozila

Transport tereta u terminalu pomoću AGV vozila u AGV-ACT mora biti potpuno siguran i efikasan bez mogućnosti sudara. Terminal u ovom slučaju može se prikazati kao mreža križanja gdje se odvija ukrcaj/iskrcaj. Centralna kontrola mora garantirati konstantan protok prometa, omogućiti mobilnost i riješiti moguće rizične situacije. U prometu s dvije trake, AGV vozilima je dozvoljeno kretanje u desnoj traci. Nakon što je određena destinacija ukrcaja i iskrcaja tereta, određuje se najbrža i najbliža ruta uz pomoć mreže križanja i cesta. Moguća susretanja i sudare između dva ili više AGV vozila, mogu se podijeliti u tri situacije: [10]

- Prilazak križanju iz različitih smjerova u isto vrijeme. U ovakvim situacijama se koristi pravilo tko prvi stigne u križanje, ima pravo prolaska (eng. Modified First Come First Pass). Iako je pravilo komplicirano u slučaju nailaska više vozila u isto vrijeme, može efikasno riješiti problem s konstantnim protokom vozila bez sudara.

Ako više vozila prilazi križanju u različitom vremenskom razdoblju, nastavljaju svojom rutom bez zaustavljanja. Svako drugo vozilo čeka na svoj red prolaska, dok u slučaju dolaska dva vozila u identično vrijeme na križanje, pravo prolaska se određuje nasumično.

- Transport istom rutom, različitim brzinama. U ovoj situaciji može doći do sudara zbog identične rute transporta a različite brzine vozila, jer prosječna brzina vozila s teretom je 6.8 mph, a bez tereta 10 mph. Da bi spriječili ovakvu vrstu sudara, koriste se zone smanjene brzine (eng. Low Speed Zones) u prostorima gdje bi moglo doći do susreta AGV-a s teretom i AGV-a bez tereta. Kada AGV ulazi u zonu smanjene brzine, onda prilagođava brzinu onoj kojom vozi AGV s teretom.

Ove zone se nalaze uz područje veza, iz razloga što je to najprometnije područje AGV-a s ukranim teretom.

- Nenajavljeno zaustavljanje AGV vozila. Za sprječavanje ovakvih situacija, određen je sigurnosni razmak između dva AGV vozila koja putuju u istom smjeru od 45 stopa, iz razloga ako se AGV zaustavi zbog odrađivanja zadanog zadatka ili iz neke određene hitnosti, popratno AGV vozilo tada ima dovoljno vremena za zaustavljanje bez rizika od sudara između dva vozila [10].



### 4.3. TERMINALI SA AUTOMATSKIM SKLADIŠTENJEM/PREUZIMANJEM KONTEJNERA

U ovom poglavlju objasniti će se sustav skladištenja kontejnera koji još nije implementiran u praktičnom radu toliko često koliko su već navedeni sustavi. Ovaj sustav je osmišljen iz nužnosti i potrebe, zbog očekivanog porasta kontejnerskog prometa čak za 50% u 2021.godine. Najveći problem terminala predstavlja nedostatak zemljišta i skladišne površine kako bi ispratili taj obujam i porast posla. AS/RS (eng. Automated Storage/Retrieval System) bi zato trebao imati veliku ulogu u budućnosti, zbog velike gustoće pohrane kontejnera i samog načina pohrane. AS/RS skladišti i izvozi kontejnere samostalno. Može biti izgrađen na znatno manjoj površini nego ostali sustavi i naknadno povećati kapacitet ukupnog skladišta izgradnjom dodatnih katova za skladištenje kontejnera. Visoka produktivnost i efikasnost AS/RS sustava se nalazi u tome što omogućava direktan pristup bilo kojem kontejneru unutar skladišta, bez potrebe za razmještajem ostalih kontejnera [10].

Ovakav tip sustava je jako privlačan u područjima gdje je operativna površina terminala ograničena. Ovakav tip terminala se sastoji od 5 glavnih komponenti:

- skladište
- mehanizam za ukrcaj/iskrcaj kontejnera (eng. Retrieval Machine - SRM)
- struktura nosača (eng. Rack Structure)
- horizontalni sustav rukovanja teretom
- glavna upravljačka jedinica (eng. Control System)

SRM sustav se simultano kreće horizontalno i vertikalno kako bi stigao na određenu lokaciju u strukturi nosača. Putuju uz pomoć podnih tračnica vođenih električnim signalima. Originalni dizajn AS/RS sustava se sastojao od dvije strukture željeznih nosača koje su poslužene jednim SRM-om, no s vremenom se shvatilo da time nije ispunjen potpuni potencijal SRM-a. Napravljene su izmjene kako bi se dodatno smanjio trošak pa sada jedan SRM poslužuje šest struktura željeznih nosača. Željezni nosači su izgrađeni kao fiksna struktura koja pridržava i skladišti kontejnere. Tijekom vremena ostaje ista i ne mijenja se. SRM je dizajniran tako da se kreće od jedne željezne strukture do iduće u svrhu prijenosa i iskrcaja kontejnera. Na strukturi nalaze se dvije ukrcajne/iskrcajne jedinice, svaka na jednoj strani strukture. Svaka ukrcajna/iskrcajna jedinica ima dva mjesta, jedno mjesto je za ukrcaj kontejnera iz skladišta na AGV vozilo, drugo je za iskrcaj kontejnera s AGV vozila. Ove dvije jedinice se još nazivaju

jedinica preuzimanja (eng. Pick-up Point) i jedinica dostavljanja (eng. Delivery point), zajedničkim nazivom P/D [10].

Skladište za uvozne/izvozne kontejnere temelji se na konstrukciji koja na katovima skladište kontejnere u visinu. Kapacitet ovakvog sustava je u prosjeku 22 000 TEU-a. Ceste u ovom sustavu se dijele na radne ceste i tranzitne ceste. Radne ceste su one koje osposobljavaju prilaz ulaznoj jedinici i P/D jedinicama, dok se sve ostale ceste smatraju tranzitnim cestama. Dvije tranzitne ceste su smještene svaka na svojoj strani AS/RS strukture što dozvoljava direktan transport kontejnera bez potrebe za skladištenjem u procesu. Kontejneri koji trebaju biti skladišteni/primljeni u/iz AS/RS strukture se transportiraju uz pomoć AGV vozila od/do lučke dizalice ili željezničke jedinice. Posebna ukrcajna/iskrcajna jedinica, koja je dio AS/RS sustava, obavlja ukrcaj i iskrcaj AGV vozila kod P/D jedinice. AGV vozilo u jednom operativnom ciklusu prenosi uvezeni kontejner od ulazne jedinice do P/D jedinice, gdje se kontejner iskrcava i skladišti u strukturu te AGV vozilo ukrcava izvozni kontejner koji prevozi nazad do ulazne ili željezničke jedinice. U slučaju prisutnosti kontejnera, AGV vozilo se kreće od broda s uvoznim kontejnerom do određene P/D jedinice gdje iskrcava kontejner i preuzima izvozni kontejner kojeg dostavlja natrag do pristanišnog područja, gdje lučka dizalica obavlja posao iskrcaja kontejnera s AGV vozila.

Specifikacije ovog sustava mogu se navesti kroz tri glavne komponente:

- Brzina ukrcaja/iskrcaja P/D jedinica: operacije unutar AS/RS sustava su optimizirane tako da P/D jedinice posluže AGV vozila unutar 45 sek s 10% mogućih odstupanja. S tom brzinom smatra se da P/D jedinice neće biti zasićene od nametnutih zahtjeva AGV vozila.
- Brzina AGV vozila: brzina AGV vozila je u prosjeku 5 mph.
- Broj AGV vozila: minimalan broj AGV vozila potreban za potpunu operativnost AS/RS sustava je 55 [10].

## 5. ANALIZA ZNAČAJKI KONTEJNERSKOG TERMINALA

### 5.1. LUČKI KONTEJNERSKI TERMINAL

Lučki kontejnerski terminal (Slika 11.) dio je luke, namijenjen prekrcaju kontejnera između morskih i kopnenih prijevoznih sredstava, izravnim ili neizravnim rukovanjem. U svijetu postoje glavne luke (eng. mother ports) koje imaju jedan ili više velikih glavnih terminala (eng. mother terminal) iz kojih se promet disperzira u veći broj pomoćnih.



*Slika 11: Lučki kontejnerski terminal*

Izvor: [23]

O opremljenosti i razvijenosti lučkih i skladišnih prostora ovisi i efikasnost željezničkoga, cestovnog i riječnog prometa. Upravo zbog tih razloga u svijetu su razvijeni veliki, srednji i mali kontejnerski terminali. Bitan element u opremi lučkoga kontejnerskog terminala su pomični prekrcajni kontejnerski mostovi ili kontejnerske portalne dizalice koje se kreću po tračnicama ugrađenima paralelno s operativnom obalom.

Efikasnost funkcioniranja kontejnerskih terminala podrazumijeva koordiniran rad kontejnerskih prekrcajnih mostova i kontejnerskih prijevozno-prekrcajnih sredstava (mosne dizalice na kotačima ili tračnicama – transtainers, portalni prijenosnici malog raspona - stradle carriers, itd.). Intenzivno povećanje obujma prekrcaja kontejnera zahtijevalo je povećanje

brzine protoka kontejnera kroz luku što se postiglo automatizacijom radnih procesa, uvođenjem cjelovitog upravljačkog sustava i kontrole kompletnog prekrcajno-prijevoznog sustava [3].

Dnevni kapacitet terminala neposredno ovisi o vrstama i veličinama kontejnera koji se u njemu obrađuju. Prosječni kapacitet izražava se u TEU-ima (Twenty Feet Equivalent Unit), odnosno kontejnerima različitih izmjera svedenih na dvadesetstopne kontejnere.

### 5.1.1. Tehnologija prekrcaja kontejnera

Tehnologija prekrcaja kontejnera obuhvaća skup resursa (radna snaga, sredstva mehanizacije prekrcaja, zahvatni uređaji itd.) i metoda i postupaka korištenja tih resursa u procesu premještanja kontejnera na malim udaljenostima. Definiranje tehnologije rada, predstavlja proces usklađivanja odnosa između tehnoloških elemenata i tehnoloških zahtjeva koji se javljaju u procesu rada, a osnovni ulazni parametri toga procesa su: [13]

- karakteristike tereta (kontejnera)
- vrsta (i varijanta) manipulacije s teretom (kontejnerom)
- karakteristike transportnog sredstva (vagona, kamiona, broda)
- karakteristike raspoloživih infrastrukturnih objekata (gatovi, vezovi, prometnice)
- karakteristike raspoloživih sredstava mehanizacije
- karakteristike raspoloživih zahvatnih uređaja

Uz pomoć suvremene mehanizacije kontejneri se smještaju u brodska skladišta u vertikalnim ćelijama s vodilicama, koje uz pomoć uređaja za centriranje kontejnera omogućuju slaganje točno jednoga na drugi, ovisno o veličini broda i dubini njegova skladišta.

Uz to, važnu ulogu imaju i pokretna transportna sredstva, parkirališna površina, otvorena i zatvorena skladišta, operativna zgrada i drugo. Na suvremenim kontejnerskim terminalima s velikim prometom uobičajeno je da se operacije na pristaništu obavljaju s dvije ili više obalnih kontejnerskih dizalica. Svaka ima nekoliko tegljača za dovoz i odvoz prikolica. Broj tegljača ovisi o udaljenosti pristaništa od slagališta.

Na kontejnerskim terminalima mogu se s pomoću automatizirane mehanizacije realizirati šest osnovnih manipulativnih operacija na relaciji: brod - obala, i obratno, obala - skladišni prostor,

i obratno, i skladišni prostor - kontinentalni transport, i obratno. Zbog specifičnosti i kompleksnosti nabrojanih operacija, potrebno je točno unaprijed znati koja će se operacija rabiti za pojedini brod, to jest koja kombinacija operacija i u kojoj mjeri.

Razvitak jediničnog tereta suvremene tehnologije transporta i nove tehnike rukovanja teretom intenzivno su utjecale na promjenu tehničko-tehnoloških obilježja luka. Radne operacije rukovanja teretom između broda i kopna u uvjetima lučkih terminala zahtijevaju, s obzirom na svoju složenost, razmatranje mnogobrojnih varijabilnih čimbenika. Tako primjerice, brzina iskrcaja i ukrcaja nije stalna, već ovisi o vrsti tereta, vrsti broda, načinu slaganja tereta, tehničkim obilježjima prekrcajnih sredstava, vještini radnika i nizu drugih utjecajnih čimbenika [12].

Pokretna mehanizacija upotrebljava se za obavljanje sljedećih tehnoloških operacija: prihvat kontejnera, transport kontejnera do broda, vagona ili kamiona, slaganje kontejnera na skladištu terminala, utovar i istovar kontejnera iz vagona i cestovnih prikolica, prijenos kontejnera na terminalu, prijevoz kontejnera do servisnih radionica i dr.

Čitav tehnološki proces u interakcijskoj je vezi s veličinom i strukturom prometa. Uspješno koncipiran tehnološki proces na terminalu preduvjet je i većeg prometa robe kontejnerima, dok istodobno suvremeni trendovi razvoja kontejnerskog prometa nameću potrebu što kvalitetnijeg procesa prekrcaja i skladištenja kontejnera, te besprijekornu organizaciju rada na kontejnerskim terminalima.

Kontejnerski terminali opremaju se s dva osnovna sustava u tri verzije rukovanja, iz kojih proizlaze načini prekrcaja i skladištenja kontejnera, a to su: [13]

- LO-LO sustav – okomiti način rukovanja koji prevladava u zoni operativne površine luke
- RO-RO sustav – vodoravni način rukovanja
- LO-RO sustav – kombinirani način rukovanja koji prevladava u zoni skladišne, primopredajne i servisne zone terminala

Glavni dio cijelog prekrcajnog sustava je brodski odnosno obalni prekrcajni sustav preko kojeg treba proći sav teret bilo u ukrcaju ili iskrcaju.

Teret s broda može biti upućen kroz obalni prekrcajni sustav na tri moguća načina: [12]

- direktan sustav prekrcaja – kontejneri se direktno ukrcavaju/iskrcavaju iz/u sredstva kopnenog prijevoza
- poludirektan sustav prekrcaja – kontejneri se iskrcavaju na obalu i kasnije otpremaju kontejnerima
- indirektan sustav prekrcaja – kontejneri se odlažu na otvorena slagališta gdje čekaju daljnju otpremu sredstvima kopnenog prijevoza

Metode rukovanja kontejnerima na kontejnerskom terminalu mogu se razvrstati na:

- slaganje kontejnera pomoću poluprikolice
- slaganje kontejnera pomoću portalnog prijenosnika
- slaganje kontejnera pomoću pokretne mosne kontejnerske dizalice i kombinirane metode

S obzirom na to da se kontejnerski promet stalno povećava luke ulažu znatna sredstva u modernizaciju svojih terminala. Neke od novih tehnologija su: [25]

- Primjena transportera za prijevoz kontejnera obala-skladište i obratno – koriste se transporteri umjesto tegljača i prikolica
- Vučni vlak ili Multi-Trailer System (MTS) i automatski vođena vozila (AGV) – sastoji se od vučnog vozila i nekoliko specijalno proizvedenih prikolica. Vlak je opskrbljen automatskim sustavom priključenja vučnog vozila i prikolica (Slika 12.)
- Tehnologija prekrcaja za kratke morske rute (short-sea) – cilj tehnologije je što kraći boravak kontejnera na terminalu (u prosjeku dva dana), a glavni dio sustava je kontejnerska dizalica s vrlo velikim mostom
- Sustav Roll'hydro – prijenos i prekrcaj kontejnera obavlja se pomoću specijalnih podizača (fiksni ili prenosivi) koji omogućuju podizanje kontejnera s cestovnog vozila i spuštanje na tlo ili neko drugo prijevozno sredstvo [12]



*Slika 12: Vučni vlak*

Izvor: [31]

### 5.1.2. Prekrcajni uređaji

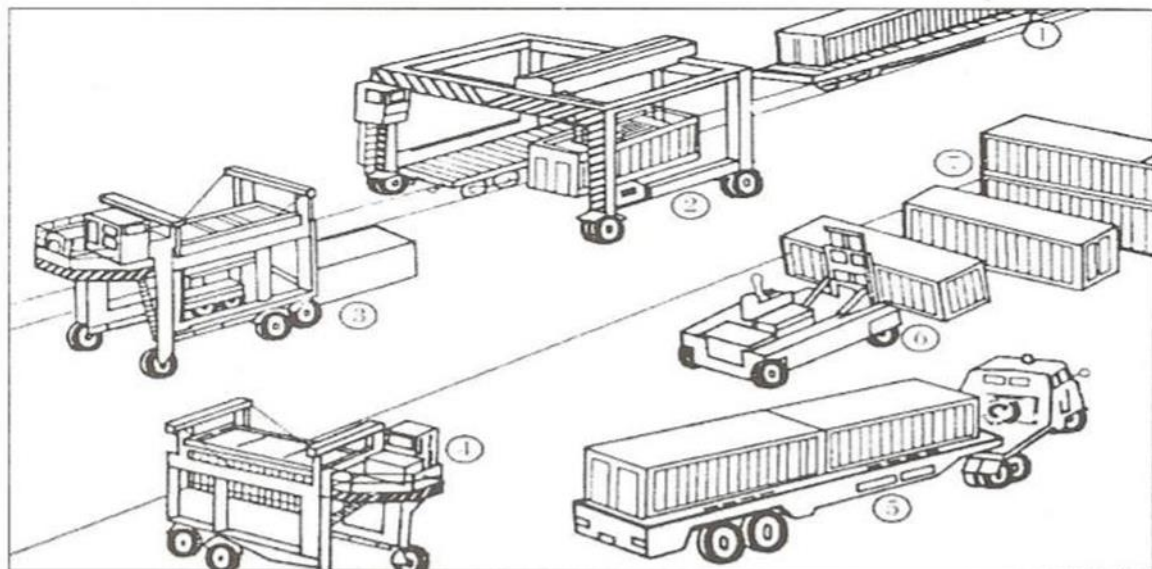
Razvojem intermodalnog sustava, a samim time i kontejnerizacije, stvorila se potreba za razvojem i prekrcajne mehanizacije.

Kvalitetna usluga koju pruža prekrcajna mehanizacija podrazumijeva pružanje pravilnog smještaja i rukovanja teretom, njegovo čuvanje te da radna postrojenja imaju odgovarajuću opremu u ovom slučaju mehanizaciju. Modernizacija prekrcajne mehanizacije automatski se odražava na bolju i kvalitetniju uslugu transporta. Modernizacija i nabavljanje novih strojeva za prekrcaj robe za sobom povlače velike troškove, stoga treba procijeniti dali se isplati nabavljati neki stroj i hoće li se kroz neko određeno vrijeme njegovim radom vratiti sva uložena sredstva uz dodatno ostvarenje profita.

Stoga, prekrcajna mehanizacija (Slika 13.), što se tiče transporta kontejnera u osnovi dijeli na viličare, dizalice i prijenosnike. Pod dizalicama i prijenosnicima podrazumijevaju se sredstva koja se primjenjuju kod prekrcaja i prijenosa većih jedinica tereta, odnosno transportnih uređaja u operativnim zonama manipulacije ili smještaja [12].

Tako se na lučkim kontejnerskim terminalima za prekrcaj kontejnera upotrebljavaju obalne kontejnerske dizalice, lučke mobilne dizalice te prijevozno-prekrcajna sredstva kao što su:

portalni prijenosnik velikog raspona, portalni prijenosnik malog raspona, bočni prijenosnik, bočni viličar, čeonni viličar, autodizalice, traktori, hvatač kontejnera.



1 - željeznički plato-vagon za kontejnere, 2 - mosna dizalica za utovar i istovar vagona, 3 - prijenosnik za kontejnere (prazan), 4 - prijenosnik za kontejnere, sa zahvaćenim kontejnerom, 5 - kamion-tegljač za prijevoz kontejnera, 6 - viličar za prijenos kontejnera, 7 - kontejneri na slagalištu

*Slika 13: Prekrcajna mehanizacija na kontejnerskom terminalu*

Izvor: [24]

Osim dizalica i prijenosnika neizostavna sredstva manipulacije i prekrcaja su viličari. Na današnjem stupnju razvoja tehnologije prometa postoje i koriste se razne vrste i tipovi viličara, što se može uočiti na sljedećim slikama. Njihova primjena i uloga gotovo je nezamjenjiva u većini proizvodnih procesa, na terminalima i u skladištima. Pri opisu značajki viličara najčešće se kaže da su to strojevi sa suvremenim ekonomsko-tehničkim rješenjima i značajkama koje im osiguravaju pouzdanost i ekonomičnost u primjeni[7].

Ali i viličar može biti u funkciji prijenosnika, kao što može, u odgovarajućem smislu, poslužiti i kao dizalica s ograničenim djelovanjem. I u jednom i u drugom slučaju viličar, međutim, ostaje s klasičnim zahvatnim organom za razliku od hvatača koji se najčešće pojavljuje kao zahvatni organ u dizalica i prijenosnika.

Čeonni viličar (Slika 14.) je zasigurno jedan od najrasprostranjenijih motornih viličara današnjice. Razlog tome je vrlo laka upravljivost, relativno niska cijena te vrlo velika produktivnost i fleksibilnost. Za rad na kontejnerskim terminalima upotrebljavaju se viličari



nosivosti 300 do 500 kN koji s obzirom na izvedbu teleskopa i broj vodilica, mogu slagati do 5 kontejnera u visinu. Nedostatak čeonih viličara u procesu rukovanja kontejnerima je veći broj oštećenja kontejnera u odnosu na druga prijevozno – prekrcajna sredstva [12].



*Slika 14: Čeoni viličar*

Izvor: [25]

Bočni viličari (Slika 15.) imaju niz tehničkih značajki vrlo sličnih čeonim viličarima, no sam naziv upućuje na to da se kontejnerima rukuje s pomoću hvatača koji se nalazi paralelno s uzdužnom osi sredstava. Bočni viličar omogućuje veću iskoristivost skladišnog prostora, te može manipulirati teretom po dužini u smjeru kretanja, jer ima uređaj koji se može bočno izvući, dok se čeoni viličar za utovar i istovar tereta mora okrenuti u radnom prostoru kako bi se postavio okomito u odnosu na teret . Pogone se motorima SUI s hidrauličkim uređajem za dizanje i spuštanje tereta, a za rad s kontejnerima imaju nosivost 320 do 450 kN s brzinom vožnje i do 50 km/h.[12]



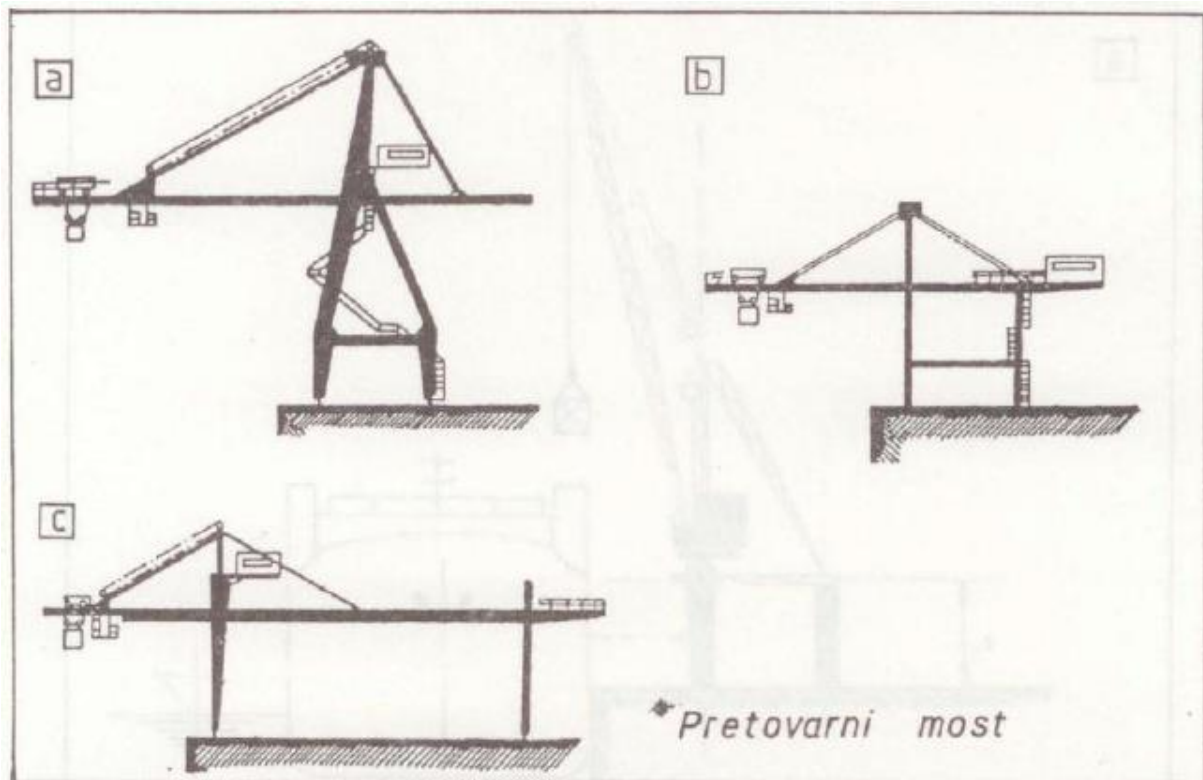
*Slika 15: Bočni viličar*

Izvor: [30]

Pod kontejnerskim dizalicama razumijevaju se sredstva za manipulacije, koja se koriste za pretovar velikih tzv. transkontejnera. Za manipulacije s malim kontejnerima upotrebljavaju se različite vrste viličara. Dimenzije i raspon dizalica ovise o tomu radi li se o lučkom ili kopnenom (kontinentalnom) terminalu, o širini brodova koje treba uslužiti, o broju željezničkih kolosijeka, cestovnih prometnica i odlagališnih trakova. Nosivost dizalica vezana je uz veličinu i težinu kontejnera koje uslužuje. S obzirom na intenzivan rast kontejnerskog prometa i broj kontejnera u opticaju, kapacitet dizalica stalno se povećava.

Na velikim terminalima za manipulacije koriste se mješoviti sustavi dizalica, prijenosnika i viličara. Pri projektiranju i izgradnji terminala moraju se iznalaziti cjelovita rješenja i kombinacija raznih vrsta sredstava za manipulacije s kontejnerima.

Na primjeru tvrtke IHI iz Japana, u lučkim terminalima moguća su tri rješenja za manipulacije: sustav pokretnih dizalica i pretovarnih mostova velikog raspona (a), sustav portalnih dizalica i pokretnih dizalica malog raspona (b) i sustav prijenosnika malog i velikog raspona (c) prikazani na slici (Slika 16.).



Slika 16: Prikaz različitih izvedbi portalnih dizalica

Izvor: [26]

Usporedbom svih triju rješenja, pri čemu se polazi od toga da se u danu skladišti 2.500 kontejnera od 20', moguće je uočiti prednosti i nedostatke svakog od njih. Kod dizalica druge i treće generacije povećana je nosivost do 450 kN, brzina dizanja tereta 8 - 10 m u minuti, brzina kretanja teleskopske hvataljke 40 m u minuti i brzina kretanja cijele dizalice 80 m u minuti. Visina dizanja tereta je 10,5 - 15,5 m, a to omogućuje odlaganje kontejnera do razine od 4 - 6 kontejnera. Obalne portalne dizalice prikazane na slici 13. mogu imati različit dohvat tereta, 25 - 35 m. Dohvat dizalica je različit prema izvedbi u pravcu broda i prema kopnu.

Povećanje kapaciteta u ukrcaju i iskrcaju postiže se kod pretovarnih tornjeva tipa "škotska samarica" koja ima veliko zakretanje kрана, a pokretna je i po uzdužnoj osi. Na kopnenim kontejnerskim terminalima pretovarni kontejnerski mostovi mogu biti različite izvedbe glede raspona, brzine dizanja i kretanja visine dizanja što ovisi o namjeni terminala, broju željezničkih kolosijeka, cestovnih prometnica, odlagališnih trakova i njihovoj duljini.

Konstrukciju dizalice čine sljedeći osnovni elementi:

- nosivi portalni ram, izrađen od čeličnih limova i čeličnih nosača koji se prilikom izrade zavaruju uz stalnu radiografsku kontrolu
- uređaj za dizanje tereta (klizno- kolutni motor, čeljusne kočnice, reduktor)
- uređaj za vožnju dizalice
- hidraulični hvatač za kontejnere

Svi osnovni sklopovi su rastavljivi čime su olakšani transport i montaža. Na dizalicama su ugrađena kliješta – hvataljke (engl. Spreader) prikazane na slici 17., koja automatski prikvače kontejner, tako da se on ukrcava ili iskrcava vertikalno u brod, ili iz broda. Lučke kontejnerske dizalice mogu biti visoke do 90 m i teške do 700 t . Automatizacijom rada kontejnerskih dizalica prekrcajni učinak povećan je na 30 – 35, pa čak i do 50 (YanShan, Shanghai, s dvostrukim hvatačem) kontejnera na sat.



*Slika 17: Hvataljke za kontejnere*

Izvor: [27]

Za pretovar kontejnera s kopnenih transportnih sredstava i njihovo odlaganje u lučkim i kontinentalnim terminalima koriste se prijenosnici širokog raspona, dok se prijenosnici malog raspona koriste za pretovar i razmještanje kontejnera na odlagalištima. Najpoznatiji proizvođači prijenosnika u svijetu su tvrtke: Valmet, Belotti, Mijack, Sea Containers i drugi. Nosivost jednih i drugih prijenosnika je 300 - 450 kN i predviđeni su za manipulacije s kontejnerima od 20 do 40 stopa.

Portalni prijenosnik malog raspona ima slijedeće značajke: može podizati teret do 400 kN, kontejnere od 20 - 40 stopa, brzina dizanja tereta od 400 kN je 9 m/min, prazni hod 10 m/min, pokreće ga dizelski motor od 220 - 300 kW, vlastita težina 122 kN. Pri zahvaćanju kontejnera koriste se različite vrste hvataljki, tako da se za portalne dizalice, kontejnerske mostove i prijenosnike ugrađuju teleskopske hvataljke. Teleskopske hvataljke zahvaćaju kontejner s gornje strane i vertikalnim podizanjem i spuštanjem obavlja se pretovar [14].

Portalni prijenosnici velikog raspona koji se često nazivaju i mosnim dizalicama mogu se kretati na gumenim kotačima (RTG dizalice) ili po tračnicama (RMG dizalice). Portalni prijenosnici velikog raspona konstrukcijski su izvedeni u obliku portala po čijem se gornjem dijelu kreće vozno vitlo sa hvatačem za kontejnere. Portal Transtainera može premostiti 5 do 15 redova kontejnera složenih u tri do četiri reda u visinu [12]. Kod pojedinih dizalica i prijenosnika postoji mogućnost zakretanja hvataljke za 90° što povećava manipulacijsku sposobnost dizalica i prijenosnika. Izbor hvataljke ovisi o vrsti kontejnera koji se najčešće susreću u kontejnerskom terminalu. Kontejneri od 10 stopa pretovaruju se viličarima dok se za kontejnere iznad 20 stopa koristi mehanizacija s hvataljkama. Izbor potrebnih manipulacijskih sredstava obavlja se na temelju stvarnog ili pretpostavljenog obujma pretovara, tehničkih značajki pojedinoga manipulacijskog sredstva i proračuna potrebnih sredstava prema danim parametrima. Za navedene manipulacije u manjim se terminalima mogu koristiti autodizalice, kranomobili i viličari, a u srednjim i velikim, osim tih sredstava, koriste se različite vrste kontejnerskih utovarivača.

### 5.1.3. Skladištenje

Skladišta su izgrađeni objekti ili pripremljeni prostori za smještaj i čuvanje kontejnera od trenutka preuzimanja do vremena njihove otpreme. Skladišta za kontejnere dijele se u dvije skupine i to na otvorena skladišta (slagališta) i zatvorena skladišta [12].

Slagalište kontejnera kao posebna vrsta skladišta, služi za prihvat tereta koji nije osjetljiv na vremenske utjecaje. Slaganje kontejnera obavlja se prema unaprijed utvrđenom planu, a u skladu s odabranim kriterijima, od kojih su najčešći prema: vlasnicima kontejnera, brodskim linijama, vremenu otpreme, vrsti kontejnera, vanjskom stanju kontejnera i po tome da li su kontejneri puni ili prazni. Odvojeno se uvijek slažu kondicionirani kontejneri čiji uređaji za proizvodnju mikroklima trebaju biti priključeni na električnu mrežu smještenu u kutijama u podlozi ili sa strane prostora za smještaj kontejnera.

Zatvorena skladišta za kontejnere su prizemne, lagane konstrukcije opskrbljene uređajima za vaganje robe i punjenje kontejnera, pregled i carinsku kontrolu. Zatvorena skladišta se izgrađuju u uvjetima kada terminal radi po sustavu „od luke do luke“ (pier to pier) jer zahtijeva punjenje kontejnera u luci, u odlasku iz luke i pražnjenje pri dolasku u luku. Luke s jakim industrijskim zaledem skupljaju određenu robu za određenu brodsku liniju ili vlasnika u zatvorena skladišta, pune je u kontejnere i pripremaju za ukrcaj u brod [12].

#### 5.1.4. Brodovi za prijevoz kontejnera

Kontejnerski brodovi (Slika 18.) su teretni brodovi koji prijevoze teret u kontejnerima kao okrupnjene jedinice. Tereti koji su preveliki za prijevoz kontejnerima, prevoze se u otvorenim kontejnerima platformama, (eng. platforms flat racks). Također postoje kontejnerski brodovi tzv. RO-RO (engl. roll-on, roll-off) koji koriste brodsku rampu za ukrcaj i iskrcaj [13]. Koriste se na kraćim putovanjima jer je njihov kapacitet mnogo manji od kontejnerskih brodova. Zbog svoje fleksibilnosti, brzine plovidbe, ukrcaja i iskrcaja tereta, mnogo se koriste na kontejnerskom tržištu. Kontejnerski brodovi su napravljeni tako da ne ostavljaju mnogo izgubljenog prostora (engl. Open Space). Kapacitet im se mjeri u TEU. To je broj, tj. mjera 20-stopnih kontejnera koji taj brod može prevesti [12].

Međutim, danas je učestao i prijevoz 40-stopnih kontejnera pa se stoga taj broj može izraziti i u FEU-ima (engl. Forty foot Equivalent Units). Na štetu tereta kojeg nosi, veliki kontejnerski brodovi obično nemaju vlastite dizalice već operacije ukrcaja/iskrcaja obavljaju na terminalima posebno opremljenim za takve operacije. S druge strane, kontejnerski manji brodovi do 2.900 TEU su obično opremljeni s vlastitim dizalicama i nazivaju se feeder kontejnerskim brodovima. Oni prikupljaju teret iz manjih luka za veće kontejnerske terminale ili ih iz njih raznose. Razvoj gradnje kontejnerskih brodova išao je u smjeru povećanja kapaciteta i željom za sigurnosti kako u pitanju stabilnosti tako i u želji da se na što sigurniji način prevoze opasni tereti.



*Slika 18: Primjer kontejnerskog broda*

Izvor: [28]

Svi kontejnerski brodovi su otvorene konstrukcije i moraju tako biti napravljeni da sa svojom strukturom omoguće slobodan ukrcaj/iskrcaj kontejnera dizalicama tzv. Top Spreader i slično.

Kako bi se dobila skladišta bez prepreka i pravokutnog oblika ovi brodovi se obično konstruiraju s dvije oplata - dva trupa, (eng. Double Hull System). Skladište ili njegov dio koji je neprikladan za prijevoz kontejnera, obično je izvučen iz skladišta i iskorišten za tank tako da kontejnerski brod nema duplih paluba.

Razlikuje se nekoliko vrsta kontejnerskih brodova, a to su: [13]

- kontejnerski brodovi bez grotala - samo skladišta broj 1. i 2. imaju poklopce grotala kako bi se omogućio prijevoz opasnih tereta, a ostala nemaju poklopce radi ekonomičnijeg rukovanja teretom

- kontejnerski brodovi za prijevoz kontejnera s hladjenim teretom - skoro svaki kontejnerski brod ima zasebne električne utičnice za uključivanje kontejnera za hladjene terete, ali su kod ove vrste broda one zastupljene u većem broju
- kontejnerski putnički brodovi – relativno su novijeg datuma, a u Kini, Rusiji i dr. postaju sve važniji u obalnom i/ili međuotočnom prometu,
- Feeder kontejnerski brodovi - prikupljaju kontejnere iz drugih luka u području velikog kontejnerskog terminala, odnosno razvoze kontejnere iz terminala do luka i vezova u tom području
- Ore Bulk kontejnerski brodovi - dizajnirani su za prijevoz rasutih tereta kao i za prijevoz kontejnera. Struktura skladišta dizajnirana je da izdrži pritisak rasutih tereta, ali se veliki dio grotala može otvoriti i u ista skladišta smjestiti 40-stopni kontejneri
- RO-RO brodovi i brodovi trajekti – posjeduju ukrcajnu rampu i rampe ili dizala koji služe za komunikaciju između paluba, a ako RO-RO prevozi i putnike tada se može govoriti o RO-RO putničkom brodu
- X-Bow brodovi - trgovački brodovi s izokrenutim pramcem koji je prvi put porinut 2005. godine
- nosači teglenica – specijalni brodovi za prijevoz teglenica koje se do brodova dovoze remorkerima. Dimenzije teglenica nisu standardizirane, tako da mogu biti različitih veličina, ovisno o veličini broda, tehnologiji prijevoza i načinu prekrcaja. Postoji više sustava i brodova za prijevoz teglenica kao što su [32]:
  - LASH brodovi
  - SEEABEE brodovi
  - BACAT brodovi, CAPRICORN sustav, CONDOCK brodovi

Učvršćivanje kontejnera na brodovima za prijevoz kontejnera od izuzetne je važnosti za sigurnost i stabilnost broda u luci, a posebno u navigaciji. To je težak i odgovoran posao.

Prilikom slaganja tereta u obzir se mora uzeti utjecaj vanjskih sila na teret, kao što su udari vjetrova i utjecaj valova. Utjecaj valova uzima se u obzir, tj. postaje opasan samo pod određenim kutom. Svi kontejneri na brodu trebaju biti osigurani od klizanja i iskakivanja te se treba voditi računa o tome da se osigura da nosivi dijelovi kontejnera nisu postavljeni iznad dopuštenih visina.



Osnovna oprema na kontejnerskim brodovima dijeli se na fiksnu opremu koja je nerazdvojni dio broda ili poklopaca skladišta i prenosivu opremu u koju spada sva druga oprema koja nije čvrsto vezana za trup broda.

U fiksnu opremu spadaju [13]:

- kontejnerske vodilice na dnu skladišta
- fiksni nosivi čunjevi
- konstrukcija nosećih platformi
- fiksni i klizajući temelji zakretnih zatvarača
- fiksne privezne točke ili privezni prsteni

U prenosivu opremu spadaju: [13]

- nosivi posredni čunjevi koji mogu biti jednostruki, dvostruki ili četverostruki
- blokirajući nosivi čunjevi
- nadomjesni nosivi podmetači ili nadomjesni nosivi čunjevi
- bočni ublaživači sila
- mosni stegači
- stegači
- pritezne motke
- zakretni zatvarači
- povezne ploče

Redoviti pregledi opreme su veoma važni jer sva oprema za učvršćivanje kontejnera mora biti ispravna i spremna za uporabu kako bi se izbjeglo bilo kakvo zakašnjenje broda ili oštećenje tereta i broda za vrijeme plovidbe. Većina prijenosne opreme za učvršćivanje kontejnera proizvedena je od posebnih materijala te je popravak na brodu često nemoguć. Takva oprema mora se zamijeniti ispravnom i voditi briga da nova oprema odgovara opremi koja je propisana Priručnikom za učvršćivanje kontejnera.

## 5.2. KONTINENTALNI KONTEJNERSKI TERMINAL

Kako su kopnene grane prijevoza (cestovne i željezničke) počele prihvaćati tehnologije transporta kontejnerima, tako su prema njima prilagođavala svoja postojeća prijevozna sredstva (kamione, vagone) te razvijala neke nove tehnologije prijevoza. U suvremenim

uvjetima kad se govori o povezivanju pomorskog, riječnog i kopnenog prometa odgovarajućih prijevoznih sredstava, pod time se najčešće misli na tehnologiju multimodalnog transporta jer se to povezivanje očituje u prijevozu jednog transportnog sredstva drugim, bez obzira na to koja se tehnika primjenjuje [12].

Na kopnenim kontejnerskim terminalima najzastupljenija je Huckepack tehnologija, u SAD - u poznata kao Piggy – back, a u Francuskoj kao Kangoourou tehnologija.

Huckepack tehnologija transporta je specifična tehnologija transporta za koju je karakterističan horizontalni i/ili vertikalni utovar, prijevoz i istovar cestovnih prijevoznih sredstava, kao na primjer: utovarenih ili praznih kamiona s prikolicama, prikolica i poluprikolica te utovarenih zamjenjivih sanduka ili spremnika (poput kontejnera) koji se jednostavno prevoze cestovnim vozilima i barem na jednom dijelu prijevoznog puta na željezničkim vagonima. Razlikuju se tri vrste Huckepack tehnologije [8]:

- **A tehnologija** – podrazumijeva ukrcaj/iskrcaj tereta navoženjem vozila s teretnim sandukom preko rampi na specijalne vagone. Ako se ukrcaj i iskrcaj ne može obaviti vodoravno, to će se učiniti posebnom dizalicom po sustavu okomite tehnologije rukovanja. Nedostatak ove tehnologije je u velikoj bruto-težini koja uključuje težinu vozila i težinu vagona za prijevoz vozača cestovnih vozila.
- **B tehnologija** – uključuje prijevoz cestovnih poluprikolica i prikolica bez vučnog vozila čime je otklonjena nedostatak tehnologije A (težina vučnog dijela vozila i vagona za vozače cestovnih vozila). Ukrcaj/iskrcaj poluprikolica i prikolica može se ostvariti uz pomoć rampi ili uporabe specijalnih prijenosnika.
- **C tehnologija** – je prijevoz izmjenjivih teretnih sanduka i kontejnera čiji se prekrcaj obavlja specijalnim prijenosnikom. Prednost tehnologije je brzo obavljanje prekrcaja, mali udio tare (nije uključeno cestovno podvozje), potpuno iskorištavanje kapaciteta prijevoznih sredstava. Nedostatak je primjena cestovnih prijevoznih sredstava s relativno niskim podom, a konstrukcija sanduka zahtijeva primjenu različitih dopunskih zahtjeva u željezničkom prometu.

Mrežu kopnenih kontejnerskih terminala treba programirati nizom malih terminala koji zadovoljavaju potrebe svog gravitacijskog područja uz mogućnost šireg povezivanja s većim centrima u zemlji i inozemstvu. Prometno obilježje kopnenih kontejnerskih terminala nameće

proučavanje prometa kroz tehnološki podsustav uz angažiranje određenih kapaciteta. Zbog toga se prišlo sustavnom pristupu u sveobuhvatnosti i složenosti terminala koji je karika cestovno – željezničkom prometu kontejnera.

Da bi se izbjegle pogreške u smještaju kopnenih terminala potrebno je proučiti lokaciju na kojoj će se terminal nalaziti. Problem lokacije terminala može se promatrati na makro i mikro razini. Makrolokacijska razina promatranja analizira potencijalna mjesta za razvoj terminala na razini države, regije, kontinenta, dok se mikrolokacijska razina odnosi na prostor aglomeracije, grada, industrijskog kompleksa itd.

Radi projektiranja cestovno–željezničkog kontejnerskog terminala potrebno je provesti utvrđivanje gravitacijskih zona prema stvarnim troškovima prijevoza kopnenim prometnicama, a na osnovu ukupnih troškova prijevoza i metoda kojom se ocjenjuju logistički elementi značajni za određivanje veličine zone terminala.

Prostorno uređenje kopnenih terminala treba ispuniti privredne, prometno –ekonomske, tehnološko – tehničke, građevinske i urbanističke uvjete, radi organiziranja proizvodnog procesa. Definiranjem kapaciteta osnovnih i pratećih sadržaja kontejnerskog terminala i veličine slagališta određuje se njegova optimalna veličina.

Od velike važnosti za djelovanje kopnenih kontejnerskih terminala ima i odabir prekrcajne mehanizacije i prijevoznih sredstava kao nositelja prekrcajnog procesa. Oblikovanje organizacije pri projektiranju cestovno – željezničkog terminala važno je uvođenje informacijsko – komunikacijskog sustava koji ima veliku ulogu u svim aspektima poslovanja, pa tako i na kontejnerskim terminalima gdje su danas jedan od najvažnijih elemenata. Rezultat toga su brze i ispravne odluke pri pružanju operacija prihvata otpreme kontejnera. Time se postiže viša razina sigurnosti i pouzdanosti odvijanja prometa, kao i povećanje ekonomskih efekata.

Osnovni uvjeti za izbor lokacije i izgradnju cestovno – željezničkog terminala su [13]:

- fizički obujam i struktura potencijala
- koncentracija i sjecište raznih prometnica, ponajprije željezničkih i cestovnih, a ako je moguće i riječnih

- postojeća i potencijalna povezanost s pomorskim i riječnim prometom, prije svega kontejnerskim
- mogućnost uklapanja u kontejnersku tranzitnu mrežu te tranzitne i druge prometnice i gospodarske pravce i tokove
- određeni stupanj već prethodno razvijene kontejnerizacije na željeznici, posebice na trasama na kojima se locira kontejnerski terminal
- utvrđeni mogući stupanj racionalizacije i uzajamnih ekonomskih veza

## ZAKLJUČAK

Revoluciju u razvoju transportnih tehnologija izazvala je pojava kontejnera. Kontejner kao jedinstvena transportna jedinica predviđena je za višekratnu upotrebu i prijevoz tereta u raznim oblicima, prilagođena je manipulacijskim i transportnim sredstvima svih grana prometa. Dolazi do razvoja kontejnerizacije čiji su ciljevi ujedinjavanje komadnog tereta; sigurno, brzo i racionalno manipuliranje i prijevoz tereta; optimizacija efekata prometne infrastrukture i prometne suprastrukture svih grana prometa; zatim kvalitativno i kvantitativno maksimiziranje tehničkih, tehnoloških, organizacijskih i ekonomskih učinaka procesa proizvodnje prometne usluge, te maksimiziranje efikasnosti svih sudionika uključenih u transport i manipulaciju kontejnerima.

U realnosti ne postoji kontinuirani transport bez prekida, te se su iz toga razloga razvili terminali, u ovom slučaju kontejnerski terminali. Oni su zapravo početno – završne točke u određenom gravitacijskom području u kojem se obavljaju zbirne operacije za dalju otpremu kontejnera, odnosno mjesto iz kojeg se vrši distribucija prispjelih kontejnera do krajnjih korisnika. Ovisno o stajalištu s kojega se promatra kontejnerski terminal, dalje se određuju njegovi sadržaji, unutrašnja organizacija i povezivanje s gravitirajućim područjem. Također potrebno je formirati optimalne prijevozne jedinice, povezati više grana transporta kao i pošiljatelja i primatelja tereta prevezenog u kontejneru.

Porast kontejnerskog prometa utjecao je na uvođenje novih promjena na kontejnerskim terminalima. U suvremenim uvjetima poslovanja kontejnerskih terminala nemoguće je na efikasan način organizirati aktivnosti i procese bez učinkovitih automatiziranih tehnologija koje moraju omogućiti planiranje i kontroliranje svih aktivnosti i povezivanje kontejnerskog sustava. Kontinuirano nastojanje da se smanje troškovi, poveća konkurentnost i ostvari približavanje korisnicima zadovoljavajući sve njihove zahtjeve čine automatizaciju terminala neophodnom za poslovanje kontejnerskih terminala. Dolazi do pojave TOS (eng. Terminal Operating System) sustava koji omogućuje visok stupanj protoka tereta i znatno smanjenje vremena opsluživanja brodova. Osim automatizirane opreme na terminalima, razvijaju se sustavi identifikacije i praćenja kontejnera zbog nadzora od ishodišta do odredišta, a jedna od najčešće korištenih tehnologija je RFID (Radio Frequency Identification Technology). Transport tereta u automatiziranom terminalu mora biti siguran i efikasan bez mogućnosti sudara, te je potrebno upravljati navigacijom automatski vođenih vozila. Povećanjem obrtaja kontejnera

javlja se i potreba za automatskim skladištenjem, odnosno preuzimanje kontejnera koje je omogućeno uporabom AS/RS sustava (eng. Automated Storage/Retrieval System). Dugoročno gledano prednost automatizacije je ušteda na radnoj snazi i svođenje ljudskih grešaka na minimum.

Tehnologija prekrcaja, prekrcajni uređaji, skladištenje i brodovi za prijevoz kontejnera u lučkom kontejnerskom terminalu, odnosno cestovnih i željezničkih vozila u kontinentalnom kontejnerskom terminalu čine značajke kontejnerskog terminala. Odabir prekrcajne mehanizacije i prijevoznih sredstava kao nositelja prekrcajnog procesa je rezultat pružanja više razine sigurnosti i pouzdanosti odvijanja prometa, kao i povećanje ekonomskih efekata. Zbog optimalnih operacija s kontejnerima na terminalima potrebno je paziti na odabir prekrcajne mehanizacije i automatizacije sustava terminala.

## POPIS LITERATURE

- [1] Rajsman, M: „Tehnologija cestovnog prometa“, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2012.
- [2] Korman, J: Organizacija kontejnerskog prijevoza-primjer iz prakse, Sveučilište Sjever, Varaždin, 2017.
- [3] Rogić, K: „Sigurnost u vodnom prometu 2“, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2013.
- [4] Božićević D, Kovačević D: Suvremene transportne tehnologije, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2002.
- [5] Striebl, L: Podjela i obilježja kontejnera, Pomorski fakultet Sveučilište u Rijeci, Rijeka, 2020.
- [6] Pašagić Škrinjar, J: „Integralni i intermodalni sustavi 3“,Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
- [7] Županović, I: Tehnologija cestovnog prijevoza, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2002.
- [8] Brnjac, N: Model razvoja kombiniranog transporta u Republici Hrvatskoj, Fakultet prometnih znanosti Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2005.
- [9] Ivaković, Č: Model kontejnerskog terminala u funkciji integralnog transporta, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu,Zagreb,1990.
- [10] Krstulović, D: Automatizirani pomorski kontejnerski terminali, Pomorski fakultet Sveučilište u Splitu, Split, 2018.
- [11] Antolos, D: Optimizacija tehnoloških procesa na intermodalnim terminalima, Pomorski fakultet u Rijeci Sveučilište u Rijeci, Rijeka, 2013.
- [12] Dundović, Č: Lučki terminali, Sveučilište u Rijeci, Rijeka, 2002.
- [13] Belamarić, G: Tehnologija prijevoza kontejnera, Pomorski fakultet, Split, 2014.
- [14] Ivaković Č, Jurum J: Metodologija utvrđivanja potrebite mehanizacije za rad i usluživanje kontejnerskog terminala, Fakultet prometnih znanosti, 1995.

- [15] <https://nextbigcoins.io/parallels-between-satoshi-and-blockchains-with-malcom-clean-and-containerization/> (kolovoz 2021.)
- [16] <https://transportgeography.org/contents/chapter1/the-setting-of-global-transportation-systems/idealx-first-containeriship-1956/> (kolovoz 2021.)
- [17] <https://wiki.unece.org/display/TransportSustainableCTUCode/1%09Safety+plates> (kolovoz 2021.)
- [18] <http://abe2010.weebly.com/news/iso-container-codes> (kolovoz 2021.)
- [19] <https://radio.hrt.hr/clanak/kontejnerski-terminal-na-brajdici-nocas-rusi-rekord-iz-2008-godine/133747/> (kolovoz 2021.)
- [20] <https://repozitorij.pfst.unist.hr/islandora/object/pfst%3A463/datastream/PDF/view> (kolovoz 2021.)
- [21] <https://container-mag.com/2019/03/29/psa-singapore-orders-80-automated-guided-vehicles-tuas-port/> (kolovoz 2021.)
- [22] [https://www.mpa.gov.sg/web/wcm/connect/www/77be1924-7840-4862-8d58-b2d0736064d0/tan\\_cm\\_reframing\\_future.pdf?MOD=AJPERES](https://www.mpa.gov.sg/web/wcm/connect/www/77be1924-7840-4862-8d58-b2d0736064d0/tan_cm_reframing_future.pdf?MOD=AJPERES) (kolovoz 2021.)
- [23] <https://www.mep.hr/kontejnerski-terminal-brajdica-2/> (kolovoz 2021.)
- [24] Marković, I: Nove tehnologije transporta i njihov utjecaj na privredu, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1985. (kolovoz 2021.)
- [25] <https://www.njuskalo.hr/ceoni-vilicari/kontejnerski-vilicar-kalmar-drg-450-60s5x-oglas-28931083> (kolovoz 2021.)
- [26] <https://dokumen.tips/documents/pretovarna-sredstva-i-industrijski-transport-pretovarni-mostovidocx.html> (kolovoz 2021.)
- [27] <https://www.containerspreaders.com/> (kolovoz 2021.)
- [28] <https://www.brodosplit.hr/hr/brodogradnja/kontejnerski-brodovi/> (kolovoz 2021.)
- [29] <https://www.porteconomics.eu/wp-content/uploads/2016/06/Evolution-of-containerships.png> (kolovoz 2021.)



[30] <http://ba.gslifttruck.com/material-handling-equipment/side-loader/side-forklift.html>

(rujan 2021.)

[31] Govender T, Brooks M, Bemont C: The effect of multi-trailer systems on the efficiency of container movements between the ship and the stacks at the Durban container terminal, 2017; 28(4): 81-82

[32] Brnjac, N: Intermodalni transportni sustavi, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012.

## POPIS SLIKA

Slika 1: Malcolm McLean .....	2
Slika 2: Ideal X.....	3
Slika 3:CSC oznake na kontejneru .....	11
Slika 4:ISO identifikacijski sistem označavanja kontejnera .....	11
Slika 5:Kontejnerski terminal .....	17
Slika 6: Kontejnerski terminal Bremerhaven Wilhelm Kaisen .....	21
Slika 7: Poprečni presjek kontinentalnog kontejnerskog terminala .....	22
Slika 8: Princip rada u automatiziranom terminalu s automatski vođenim vozilima .....	25
Slika 9: AGV - automatski vođeno vozilo .....	28
Slika 10: ALV - automatsko vozilo s dizalicom.....	29
Slika 11: Lučki kontejnerski terminal.....	37
Slika 12: Vučni vlak .....	41
Slika 13: Prekrcajna mehanizacija na kontejnerskom terminalu .....	42
Slika 14: Čeoni viličar .....	43
Slika 15: Bočni viličar .....	44
Slika 16: Prikaz različitih izvedbi portalnih dizalica .....	45
Slika 17: Hvataljke za kontejnere .....	46
Slika 18: Primjer kontejnerskog broda .....	49



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

### IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj \_\_\_\_\_ završni rad  
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na  
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.  
Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz  
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.  
Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj  
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.  
Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu \_\_\_\_\_ završnog rada  
pod naslovom **Analiza značajki kontejnerskog terminala**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom  
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 6.9.2021 \_\_\_\_\_

Student/ica:

Kovačević  
(potpis)