

# Razvoj inteligentnih terminala u vodnom prometu

---

**Periša, Petra**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

*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:119:363949>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-25**



*Repository / Repozitorij:*

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



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

**Petra Periša**

**RAZVOJ INTELIGENTNIH TERMINALA U VODNOM  
PROMETU**

**DIPLOMSKI RAD**

**Zagreb, 2020.**

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

**DIPLOMSKI RAD**

**RAZVOJ INTELIGENTNIH TERMINALI U VODNOM  
PROMETU**

**DEVELOPMENT OF INTELLIGENT TERMINALS IN  
WATER TRANSPORT**

Mentor: Prof. dr. sc. Natalija Kavran

Student: Petra Periša  
JMBAG: 0135238138

Zagreb, rujan 2020.

## RAZVOJ INTELIGENTNIH TERMINALA U VODNOM PROMETU

**SAŽETAK:** Ubrzan ekonomski razvoj i globalizacija uvelike su povećale obujam robnih tokova u vodnom prometu. Današnji vodni promet obilježava dinamika porasta količine tereta i porast broja transportnih sredstava na terminalu. Terminal predstavlja početnu i završnu odnosno tranzitnu točku transportnog procesa, gdje roba, putnik ili pošiljka ulaze u sustav i izlaze iz sustava. Razvoj inteligentnih terminala u vodnom prometu motiviran je povećanjem poteškoća, političkim i ekonomski te povećanjem transportnih kapaciteta. Inteligentni transportni sustavi pružaju mogućnost boljeg menadžmenta postojećih resursa, suprastrukture i infrastrukture na terminalu. Cilj i zadatak ITS-a je smanjiti zakrčenost, poboljšati sigurnost, ublažiti utjecaj okoline na funkcioniranje terminala, unaprijediti energetske performace i poboljšati produktivnost na terminalima u vodnom prometu. Pri čemu je potrebno definirati skupine tehnologija za zadovoljavanje potreba tržišta. Primjena inovativnih tehnologija je preduvjet razvoja inteligentnih terminala u vodnom prometu.

**Ključne riječi:** inteligentni transportni sustavi; lučki terminal; razvoj u Republici Hrvatskoj; vodni promet.

**SUMMARY:** Accelerated economic development and globalization have greatly increased the volume of goods flows in water transport. Today's water transport is marked by the dynamics of the increase in the amount of cargo and the increase in the number of transport resources at the terminal. The terminal represents the starting and ending or transit point of the transport process, where the goods, passenger or package enter and leave the system. The development of intelligent terminals in water transport is motivated by increasing difficulties, both politically and economically and by increasing transport capacity. Intelligent transport system provide the possibility of better management of existing resources, superstructure and infrastructure at the terminal. The goal and task of ITS is to reduce congestion, improve safety, mitigate the environmental impact on the functioning of terminals, improve energy performance and improve productivity at water transport terminals. It is necessary to define groups of technologies to meet market needs. The application of innovative technologies is a prerequisite for the development of intelligent terminals in water transport.

**Key words:** Intelligent transport system; port terminal; development in the Republic of Croatia; water transport.

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. RAZVOJ I ARHITEKTRA ITS-a.....	3
2.1. RAZVOJ ARHITEKTURE ITS-A.....	6
2.2. KONCEPT I NAČELO ARHITEKTURE .....	8
2.3. RAZINE ARHITEKTURA ITS-a .....	9
2.3.1. FUNKCIONALNI ASPEKT ARHITEKTURE ITS-a .....	9
2.3.2. FIZIČKI ASPEKT ARHITEKTURE ITS-a .....	12
2.3.3. INFORMACIJSKI ASPEKT ARHITEKTURE ITS-a.....	13
2.3.4. KOMUNIKACIJSKI ASPEKT ARHITEKTURE ITS-a .....	14
3. ANALIZA LUČKIH PODSUSTAVA KAO PREDUVJET RAZVOJA .....	15
3.1. LUČKI PODSUSTAVI .....	16
3.2. PODSUSTAV OPERATIVNE OBALE .....	19
3.2.1. OVISNOST LUČKIH OPERATIVNIH POVRŠINA O VELIČINI BRODA.....	20
3.2.2. OVISNOST LUČKIH OPERATIVNIH POVRŠINA O VRSTI TERETA.....	21
3.2.3. OVISNOST LUČKIH OPERATIVNIH POVRŠINA O PROMETU TERETA ...	22
3.3. PODSUSTAV SKLADIŠTA .....	23
3.3.1. ZATVORENA SKLADIŠTA .....	24
3.3.2. KATNA SKLADIŠTA .....	24
3.3.3. FUNKCIONALNI ZAHTJEVI ZA DIMENZIONIRANJE SKLADIŠTA .....	26
3.3.4. OTVORENA LUČKA SKLADIŠTA.....	28
3.3.5. DEFINIRANJE SKLADIŠNIH POTREBA.....	29
4. INTELIGENTNI TERMINALI I SUČELJA.....	31
4.1. MODELIRANJE PROMETNIH PROCESA U TERMINALIMA.....	33
4.2. USKLAĐIVANJE KAPACITETA I POTRAŽNJE .....	35
4.3. PRIMJENA MODELA KANALIZIRANOG PROMETA .....	36
4.4. MJERENJE DOLAZAKA I TRAJANJE POSLUŽIVANJA .....	37
4.5. PRILAGOĐAVANJE POSTOJEĆEG INFORMACIJSKOG SUSTAVA .....	38
4.6. OTKRIVANJE I SPECIFIKACIJA ZAHTJEVA ITS-a PRI RAZVOJU INTELIGENTNOG TERMINALA .....	40
4.7. ANALIZA PERFORMANCE PROPUSNOSTI.....	41
5. INFORMACIJSKI I KOMUNIKACIJSKI ASPEKT INTELIGENTNIH TERMINALA..	43
5.1. INFORMACIJSKI ASPEKT ITS-a.....	43

5.1.1. SUSTAV AUTOMATSKE IDENTIFIKACIJE.....	44
5.1.2. SUSTAV PRAĆENJA I MENADŽMENTA TERETA.....	47
5.1.3. SUSTAV PREKRCAJNE MEHANIZACIJE .....	48
5.1.4. AUTOMATSKI VOĐENA VOZILA .....	49
5.1.5. AUTOMATSKE SKLADIŠNE DIZALICE I ROBOTSKO UPRAVLJANJE .....	50
5.2. KOMUNIKACIJSKI ASPEKT ITS-A.....	51
5.2.1 EDI PROFIL LUČKOG SUSTAVA .....	52
5.2.2. GPS U LUČKOM SUSTAVU.....	54
6. RAZVOJ INTELIGENTNIH TERMINALA U VODNOM PROMETU U EU .....	56
6.1. NOVI KONCEPT KONTEJNERSKOG TERMINALA LUKE RIJEKA.....	58
6.2. ANALIZA KONTEJNERSKOG TERMINALA LUKE ROTTERDAM .....	62
7. ZAKLJUČAK .....	68
LITERATURA.....	69
POPIS SLIKA .....	70
POPIS TABLICA.....	71
POPIS GRAFIKONA .....	72
POPIS SHEMA .....	73

# 1. UVOD

U posljednjih nekoliko godina vodni promet se znatno mijenjao zbog pojave liberalizacije, promjena na tržištu, novih trendova u strukturi i organizaciji poslovanja. Globalizacija transporta i prometa kao proces povezivanja svih transportnih i prometnih aktivnosti, resursa, elementa i potencijala na svjetskome transportnom i prometnom tržištu je generirala niz primjena u sektoru vodnog prometa. Sustav vodnog prometa obilježava izrazita dinamika porasta količine tereta i porast broja transportnih sredstva, te pojava nižih poreza, i pomicanje središta globalne proizvodnje i potrošnje. Inteligentni transportni sustav promatran kao brz i djelotvoran način unaprjeđenja procesa doživio je intenzivnu primjenu u sustavu vodnog prometa, a posebice na terminalima. Osnovni koncept inteligentnih terminala je integracija različitih transportnih podsustava s namjenom prikupljanja, pohranjivanja, obradom i distribucijom informacija o kretanju tereta i putnika. Pred kraj 20. stoljeća počinje razvoj i primjena tehnologija inteligentnih transportnih sustava na terminalima koja svoj vrhunac doživljava zadnjih 5 godina. Terminal je specijalizirani prostor luke ili pristaništa namijenjen određenoj vrsti tereta i određenoj vrsti plovila i opremljen odgovarajućim tehničkim elementima, pri čemu koncept inteligentnog terminala u vodnom prometu podrazumijeva puno širi kontekst. Cilj razvijanja i primjene ITS-a na terminalima je poboljšanje transporta što uključuje smanjenje zagušenja na terminalima, smanjenje kapitalnih i operativnih troškova, povećanje sigurnosti, povećavanje razine produktivnosti transportne infrastrukture na terminalu i smanjenje potrošnje energenata što izravno generira smanjenje zagađenja okoliša.

Cilj ovog diplomskog rada je analiza i obrada postavki razvoja inteligentnih terminala u vodnom prometu temeljem potrebnih zahtjeva za funkcioniranje lučkih podsustava postavljenih od strane korisnika terminala te upravljačke strukture terminala. Također, cilj je analiza preduvjeta razvoja inteligentnih terminala u vodnom prometu u Republici Hrvatskoj. Rad je podijeljen u sedam poglavlja :

1. Uvod
2. Razvoj i arhitektura ITS-a
3. Analiza lučkih podsustava kao preduvjet razvoja
4. Inteligentni terminali i sučelja
5. Informacijski i komunikacijski aspekt inteligentnih terminala
6. Razvoj inteligentnih terminala u vodnom prometu u EU
7. Zaključak

U drugom poglavlju opisan je razvoj i općenita arhitektura inteligentnih transportnih sustava te funkcionalni aspekt arhitekture ITS-a koji sustav mora imati kako bi zadovoljio potrebe interesnih skupina i uspostavio sučelje s okruženjem, a koji u realnom sustavu održava funkcionalnosti koje planirani sustav treba imati.

U trećem poglavlju analizirani su lučki podsustavi, njihova povezanost i usklađenost podsustava u tehničko-tehnološkom i organizacijskom smislu kao preduvjet uspješnog poslovanja i operativnosti terminala te razvoja inteligentnog terminala.

Inteligentni terminali i sučelja predstavljaju početne i završne odnosno tranzitne točke transportnog procesa. Pri razvoju inteligentnih terminala potrebno je uskladiti postojeće kapacitete i aktualnu potražnju za prometnim uslugama (lučkim uslugama) te prilagoditi postojeće stanje sustava i planirati budući razvoj.

U petom poglavlju opisan je razvoj komunikacijskog sustava i njegovo značenje u funkciji upravljanja inteligentnim terminalom, te njegova uska povezanost s dijelovima informacijske funkcije svakog terminala.

Šesto poglavlje prikazuje ulogu Hrvatskih morskih luka i njihov razvojni potencijala, te novi koncept kontejnerskog terminala u luci Rijeka i usporedba s analizom kontejnerskog terminala u luci Rotterdam kao jednoj od od najmodernijih u Europi.



## 2. RAZVOJ I ARHITEKTRA ITS-a

„Učiniti više s postojećom opremom“ osnovna je sintagma inteligentnih transportnih sustava i u potpunosti opisuje brz i djelotvoran način unapređenja procesa sustava vodnog prometa. U kontekstu uvođenja ITS-a logično je promatrati horizontalnu podjelu sustava vodnog prometa na sustav brodarstva, sustav luka i njihovih terminala, neovisno o mediju odvijanja prometa. Optimalno funkcioniranje sustava pretpostavlja usklađenost svih elemenata međusobno i prema okruženju. Prihvatanje koncepta i uvođenja ITS-a može se promatrati sa znanstvenog stajališta i komercijalnog stajališta. Znanstveni pristup ITS-a odnosi se na korištenje znanstvenih spoznaja i metodologija istraživanja načina razumijevanja koncepta inteligencije i procesa razvoja pametnih uređaja. Komercijalni pristup umjetnoj inteligenciji pretpostavlja primjenu sustava integriranog s okruženjem koristeći senzorske tehnologije i nastojeći oponašati ljudski mozak koji ima između 6 i 7 bilijuna senzorskih receptora, kako bi se unaprijedili transportni procesi i kako bi se ostvarila korist.<sup>1</sup>

Kompleksne sustave nužno je promatrati s više motrišta uz odgovarajuću vertikalnu i horizontalnu dekompoziciju. To je ključni razlog zbog kojega se u prometnim, transportnim i komunikacijskim sustavima primjenjuje arhitekturu kao opći okvir i važan korak za efektivno dizajniranje tih sustava. Razvijena arhitektura služi korisnicima, vlasnicima, mrežnim operatorima i davateljima usluga povezujući različite aspekte i operativnog funkcioniranja sustava tijekom cijelog životnog ciklusa. Postoji više definicija i objašnjena arhitekture, pri čemu se koriste i alternativni nazivi.<sup>2</sup>

Osnovni koncept inteligentnih transportnih sustava je integracija različitih transportnih podsustava s namjerom prikupljanja, pohranjivanja, obrade te distribucije informacija o kretanju ljudi i tereta. Osnovne postavke koje su neophodne za razmatranje sustava kao inteligentnog transportnog sustava su: transport, razmjena informacija i integracija transportnih podsustava. Sa stajališta prometne tehnologije, podatak predstavlja prvenstveno supstrat koji treba prenijeti između izvora i odredišta uz definirane kriterije kvalitete usluge i minimalno moguć utrošak resursa.<sup>3</sup>

Sustav ITS predstavlja prvenstveno jaki potencijal, tj. isti potencijal koji je u europskom transportnom sustavu bio katalizator promjena u smjeru integriranog djelovanja različitih načina prijevoza, na način na koji je prije dolaska informacijske i komunikacijske tehnologije bio neizvediv. U djelovanju transportnog sustava su moguće brojne uštede i broja poboljšanja, a u primjeni transportnih usluga se kriju mogućnosti poticaja razvitka novih djelatnosti, usluga s dodatnom vrijednošću prikazna na slici 1. kao i porast ponude nekih resursa koje do sada nije bilo moguće učinkovito prodavati.

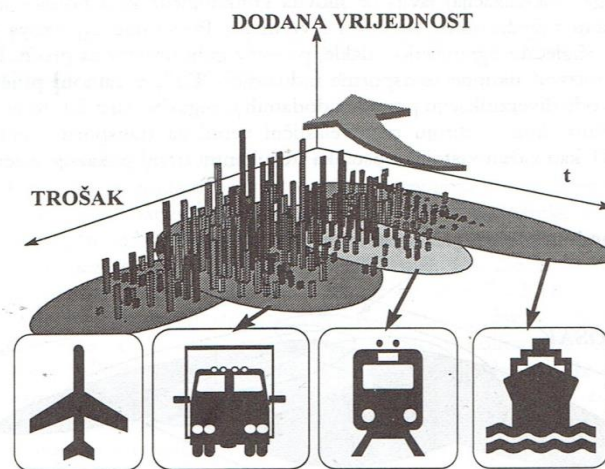
---

<sup>1</sup> Jolić N.: Luke i ITS, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., p.135.

<sup>2</sup> Bošnjak I.: Inteligentni transportni sustavi 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006., p.127.

<sup>3</sup> Bošnjak I.: Tehnologija telekomunikacijskog prometa II, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2000., p.131.

U tom smislu inteligentne transportne sustave je moguće promatrati kao i neke druge investicije u transportni sustav, postoji mogućnost opredijeliti se za učinke i troškove, obraniti zahtjev za kredite, ostvariti profit, oblikovati način poduzetništva i slično.



**Slika 1. Globalna kretanja u transportnom sustavu dimenzijama u pogledu vremena, troškova i dodatne usluge**

Izvor: Rožić N., Vrdoljak M., Begušić D., Afić W.: *Inteligentni transportni sustavi*, FESB Split, Split, 1999.

Takav tretman je preporučljiv jer je lako razumljiv i prepoznatljiv svim korisnicima usluga. Informacijska i komunikacijska tehnologija su, slikovito rečeno, poboljšale vezivno tkivo, koje je bilo preslabo za jače međudjelovanje cestovnog, željezničkog, zračnog, riječnog i pomorskog prometa.<sup>4</sup>

Inteligentni transportni sustavi su vrlo složeni i sastoje se od velikog broja subjekata i sredstava, skupa su te jednom kad su logično razvijeni primjenjuju se što dulje vrijeme. Pri razvijanju ITS-a neophodno je uzeti u obzir sve interesne skupine, njihove interese i prioritete, želje, potrebe, probleme i ideje kako bi se uspostavio sustav koji zadovoljava što veći broj zahtjeva. Cijena inteligentnih transportnih sustava proizlazi iz troškova razvojnih projekata, troškova obrazovanja ITS operatera te troškova integracije velikog broja subjekata, sustava i podsustava od kojih se sastoji. Prometni sustav djeluje u dinamičkom okruženju, izgrađen je i primijenjen sustav koji mora biti fleksibilan i razumljiv jer će biti nužno poboljšanje u skladu sa širenjem sustava i mijenjanjem njegovih potreba tijekom vremenskog razdoblja. Inteligentne autoceste, željeznice, inteligentna vozila, zrakoplovi, vlakovi, brodovi, senzori i upravljački sustavi, ujedinjeni, pružaju putnicima i teretu sigurnije, ugodnije te brže putovanje od izvora prema odredištu. Proizvođači nastoje osigurati ekonomsku dugovječnost kompanije i njezinih proizvoda, s pouzdanjem u korištenje automatizacije u svim fazama proizvodnje. Zauzvrat, automatizacija vodi k nastanku inteligentnih tehnoloških procesa i inteligentnih sustava. Važnost inovacija razvojnih procesa i interakcijski odnos između politika razvoja prijevoznih sredstava, istraživanja i unapređenja, dovode do nužnosti primjene inteligentnih transportnih sustava.

<sup>4</sup> Rožić N., Vrdoljak M., Begušić D., Afić W.: *Inteligentni transportni sustavi*, FESB Split, Split, 1999., p.58.

Telematske tehnike pomažu nastajanju i održavanju intermodalnog i integriranog transporta. Stvaranje baze provjerenih, kvalitetnih, pouzdanih i pravodobnih podataka koji su osnovni preduvjet integracije. Primjena inteligentnih transportnih sustava sadrži komercijalni i proizvodni segment, dok potrošači tijekom iniciranja razvoja i upoznavanja tržišta mogu imati različite potrebe. Tehnologija i infrastruktura koja je potrebna za nastanak ITS-a međusobno su povezane. Izgradnja i primjena ITS-a su izazov za organizaciju koja planira u bliskoj budućnosti prezentirati svoje usluge na tržište i tako unaprijed mogu stvoriti komparativne prednosti u odnosu na druge srodne pružatelje usluga.<sup>5</sup>

Korisnici ITS se mogu klasificirati na različite načine uključujući institucionalne elemente, zemljopisne karakteristike, područja različitih djelatnosti, potrebne korisnika. Općenito se može identificirati sedam skupina korisnika ITS-a, čiji su članovi analizirani u tablici 1.

**Tablica 1. Pregled korisnika ITS usluge**

SKUPINA	KORISNICI
Davatelji transportne infrastrukture	1. Državni uredi 2. Regionalni uredi 3. Županijski uredi 4. Gradski uredi
Potrošači	5. Vozači vlastitih vozila 6. Poslovni korisnici 7. Slobodni korisnici 8. Putnici s posebnim potrebama
Rukovanje teretom	9. Agencije za prijevoz tereta 10. Zračni teret 11. Željeznica 12. Otpremitelj roba 13. Regulatorne ustanove 14. Lučke vlasti
Putničke usluge	15. Službe tranzitnih vozila 16. Privatne službe
Usluge javne sigurnosti	17. Službe za izvanredne situacije 18. Policija, vatrogasci, vučna služba 19. Hitna medicinska pomoć
Davatelji usluga	20. Proizvođači transportnih sredstava 21. Službe održavanja i izgradnje 22. Proizvođači informacijske i komunikacijske tehnologije 23. Integratori i savjetnici sustava
Javne institucije i interesne skupine	24. Savezni uredi 25. Lokalni i državni uredi 26. Sveučilišta 27. Asocijacije/društva 28. Posebni interesi (okoliš, sigurnost)

Izvor: Jolić N.: Luke i ITS, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., p.138.

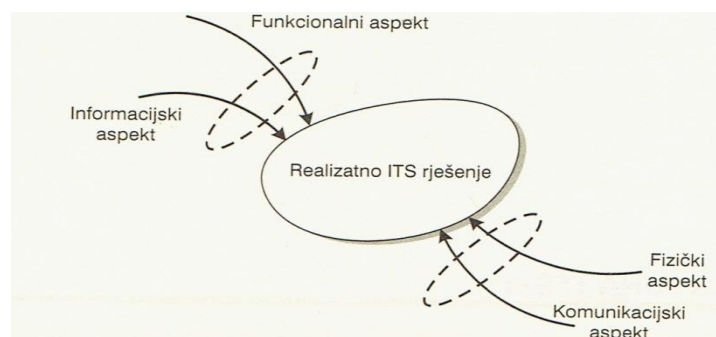
<sup>5</sup> Jolić N.: Luke i ITS, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., p.137.

Obilježja izgradnje inteligentnih transportnih terminala je progresivan rast fiksnih i naročito promjenjivih troškova u skladu s korištenjem opreme na terminalu koja nije tipična za tradicionalnu infrastrukturu i s potrebom održavanja optimalne razine funkcioniranja terminala. Očekivani životni vijek ITS opreme može se produžiti uz redovito održavanje opreme i terminala. Primjena telematskih sustava, integracije elektronike, telekomunikacija i informacijske tehnike rezultirala je unapređenjem tehničkih i tehnoloških procesa koji su vezani uz terminal. Potreba za izgradnjom arhitekture sustava kao okosnice uvođenja inteligentnih transportnih sustava u pojedine transportne grane i poduzimanja prvog koraka k nastanku nacionalnih programa, postaje očita kada se razmotre realno očekivane koristi i uštede takvog koncepta. Pokretanje programa namijenjenih razvoju i integraciji transportnih sustava koji će povećati učinkovitost, ekonomičnost i sigurnost na terminalu predstavlja prvu fazu razvoja inteligentnih transportnih terminala.<sup>6</sup>

## 2.1. RAZVOJ ARHITEKTURE ITS-A

Riječ arhitektura izvedena je iz grčke riječi „architection“ što u prijevodu znači „glavni zidar“ ili „glavni graditelj“, odnosno predstavlja stil gradnje pri čemu izvedbe mogu biti različite. Arhitektura predstavlja temeljnu organizaciju sustava koja sadrži ključne komponente, njihove odnose i veze prema okoline te načela njihova dizajniranja i razvoja promatrajući cijeli životni ciklus sustava. Stvaranje arhitekture sustava zahtijeva visoku kreativnost i viziju zbog nedovoljno preciznog određenja sustava i nepotpuno definiranih zahtjeva korisnika. Sustav se može promatrati s različitih aspekata : funkcionalnog, fizičkog i informacijskog i komunikacijskog.

Prvi korak u razvoju ITS arhitekture je definiranje potreba odnosno zahtjeva korisnika, odnosno interesnih skupina. Nakon toga je potrebno istražiti funkcionalni aspekt kojim se definira niža i viša funkcija potrebna kako bi se zadovoljili zahtjevi i ostvarila sučelja s vanjskim svijetom preko sudionika sustava. Funkcionalni tokovi podataka mogu se promatrati kao zasebna arhitektura ili kao dio funkcionalne odnosno logističke arhitekture. Na slici 2. aspekti (arhitekture) ITS-a realizirano je rješenje inteligentnih transportnih sustava.



**Slika 2. Aspekti ITS-a**

Izvor: Bošnjak I.: Inteligentni transportni sustavi 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.

<sup>6</sup> Jolić N.: Luke i ITS, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., p.139.

Fizička arhitektura definira i opisuje kako dijelovi funkcionalne arhitekture mogu biti povezani tako da formiraju fizičke entitete čije je temeljno značenje pružanje jedne odnosno više usluga zahtijevanih od korisnika te da mogu biti fizički realizirane. Proces formiranja entiteta uključuje fizičke i/ili virtualne entitete. Komunikacijska arhitektura definira oblike komuniciranja među entitetima.<sup>7</sup>

Razlozi razvoja arhitekture su:<sup>8</sup>

- Jasno i jednoznačajno definiranje zahtjeva interesnih skupina
- Uređenje osnovne baze podataka međunarodnog obilježja
- Smanjenje troškova vezanih za razvoj i primjenu ITS-a
- Djelotvoran razvoj integriranih sustava

Pri razvoju inteligentnih transportnih sustava potrebe interesnih skupina klasificiraju se u individualne usluge koje se svrstavaju u sustave i podsustave tvoreći njezinu strukturu u nekoliko razina. Sve identificirane komponente hardvera, softvera i strategija menadžmenta, interoperativnost i kompatibilnost individualnih tehnologija s drugim komponentama identificiranim u arhitekturi podsustava, performance i pouzdanost alternativnih tehnologija u usporedbi s identificiranim zahtjevima sustava, troškove implementacije, operativne troškove, troškove menadžmenta i buduće troškove te vijek evaluacije tehnologija je potrebno promatrati za razvoj arhitekture inteligentnih transportnih terminala.

Koristi uspostavljenje arhitekture su:<sup>9</sup>

- Povećanje konkurentnosti
- Smanjenje troškova razvoja lokalne ili nacionalne arhitekture
- Smanjenje troškova za razvoj ITS-a, znanje o sustavima
- Smanjenje operativnih troškova, troškova održavanja i troškova korisnika
- Smanjenje rizika razvoja i implementacije sustava
- Poboljšanje komunikacije između sustava entiteta.

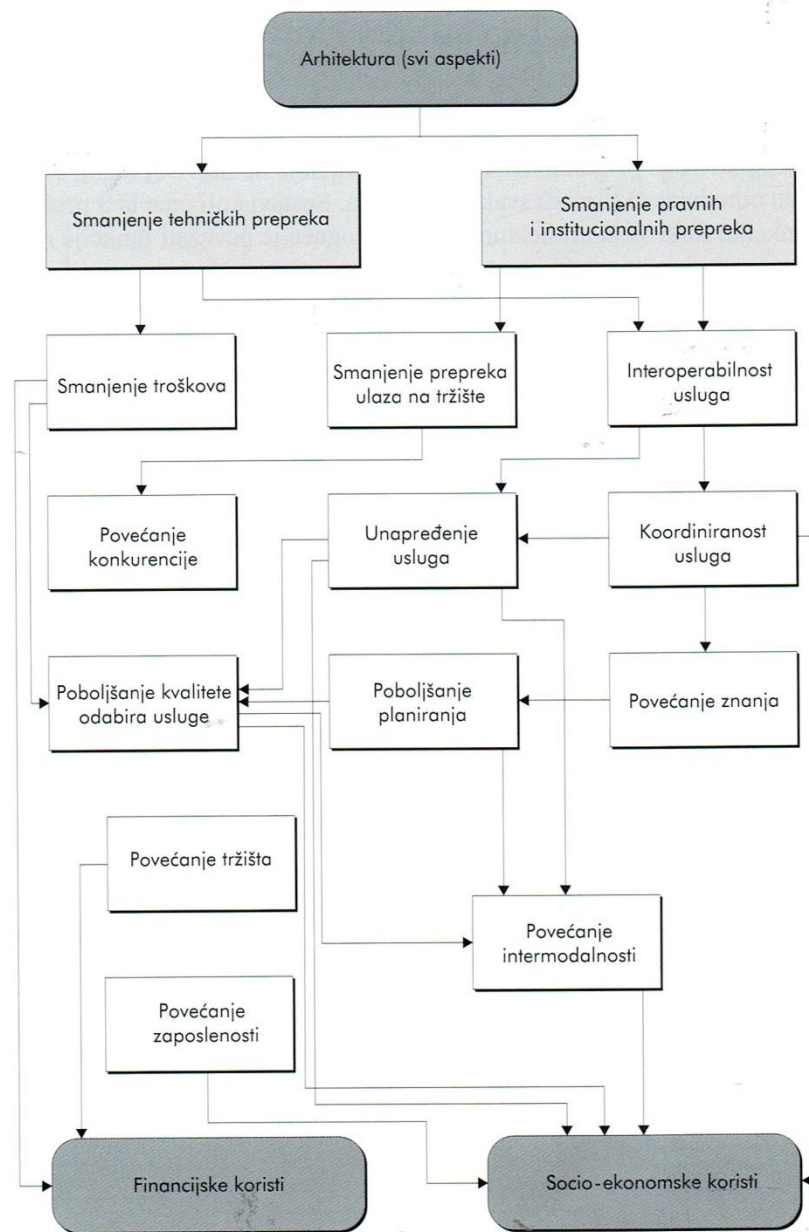
Navedene koristi uspostavljene arhitekture prikazane su shematski (shema 1) pri čemu je strelicama prikazana pojedina prednost, odnosno korist koja vodi drugoj koristi, u nekim situacijama vrijede i obrnuti odnosi.

---

<sup>7</sup> Bošnjak, I.: Inteligentni transportni sustavi 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006., pp.127-128.

<sup>8</sup> Jolić N.: Luke i ITS, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., p.150.

<sup>9</sup> Jolić N.: Luke i ITS, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., p.150.



**Shema 1. Koristi uspostavljene arhitekture**

Izvor: Jolić N.: Luke i ITS, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.

## 2.2. KONCEPT I NAČELO ARHITEKTURE

Koncept arhitekture korišten je uz arhitektonski dizajn koji prethodi detaljno građevinsko inženjerskom dizajnu ili projektiranju. Arhitekt vidi rješenje sustava na globalnoj razini fokusirajući se na one aspekte koji su potrebni korisnicima i okružju. Pri čemu je potrebno uvažiti tehničko- tehnološke mogućnosti i ekonomska ograničenja.

## **2.3. RAZINE ARHITEKTURA ITS-a**

Arhitekturu inteligentnih transportnih sustava čine četiri razine :<sup>10</sup>

- Funkcionalni aspekt
- Informacijski aspekt
- Fizički aspekt
- Komunikacijski aspekt.

Prvi korak u razvoju arhitekture inteligentnih transportnih sustava je detaljno, definiranje potreba i zahtjeva interesnih skupina. Nakon toga potrebno je istražiti funkcionalni aspekt koji definira funkcionalnost potrebne interesnih skupina i sučelja s vanjskim svijetom kroz terminatore<sup>11</sup>. Uključuje i definiciju podataka koje sustav koristi kao ulazne podatke i pretvara ih u izlazne, što dovodi do razvoja informacijskog aspekta. Zadnja razina razvoja arhitekture je fizički aspekt. Funkcionalnost iz funkcionalnog aspekta koje spaja u skupine, koje nazivamo podsustava. Za svaku fizičku lokaciju potrebno je formirati zasebni podsustav. Ako funkcionalnost sadrži složen modul ili ako služi različitim korisnicima, podsustavi se dijele u module sa svojim specifikacijama. Na temelju fizičkog aspekta razvija se komunikacijski aspekt i definiraju se komunikacijske potrebe sustava. Komunikacijski aspekt uključuje zahtjeve potrebne interesnih skupina koji se odnose na specifične komunikacijske zahtjeve. Izlazni podaci komunikacijskog aspekta su specifikacije sustava koje je potrebno definirati kroz sučelje koje zahtjeva određene standarde.

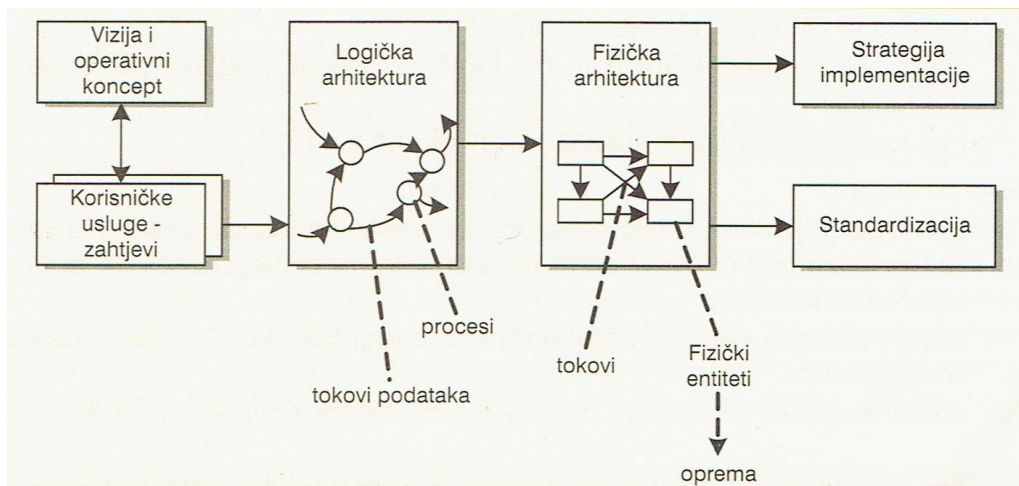
### **2.3.1. FUNKCIONALNI ASPEKT ARHITEKTURE ITS-a**

Funkcionalni aspekt arhitekture inteligentnih transportnih sustava definira i opisuje funkcionalnosti koje sustav mora imati kako bi zadovoljio potrebe interesnih skupina i uspostavio sučelje s okruženjem, što uključuje definicije podataka koje sustav koristi kao ulazne i izlazne podatke. On ima funkciju koja može biti jednostavna ili složena. Funkcija podrazumijeva odradu podataka odnosno proizvodnju informacija koje se šalju drugim funkcijama ili se pohranjuju kao podaci.

Tok kojim se razvija arhitektura ITS-a s prikazom osnovnih značajki odnosa prikazna je na slici 3.

---

<sup>10</sup> Jolić N.: Luke i ITS, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., p.154.



**Slika 3. Tok razvoja arhitekture**

Izvor: Bošnjak I.: Inteligentni transportni sustavi 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.

Definiranje funkcionalnog aspekta ITS-a u lukama predstavlja prvi korak uspostave ITS-a u lukama i uvjetovano je definiranjem funkcionalnih područja uzimajući u obzir višerazinsku strukturu i specifikaciju funkcija na funkcije više i niže razine. U tablici prikazna su funkcionalna područja pomoću imena i opisa predstavljenog pomoću oblika će pružiti koji se odnosi na funkcionalnost.<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Jolić N.: Luke i ITS, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., p. 175.

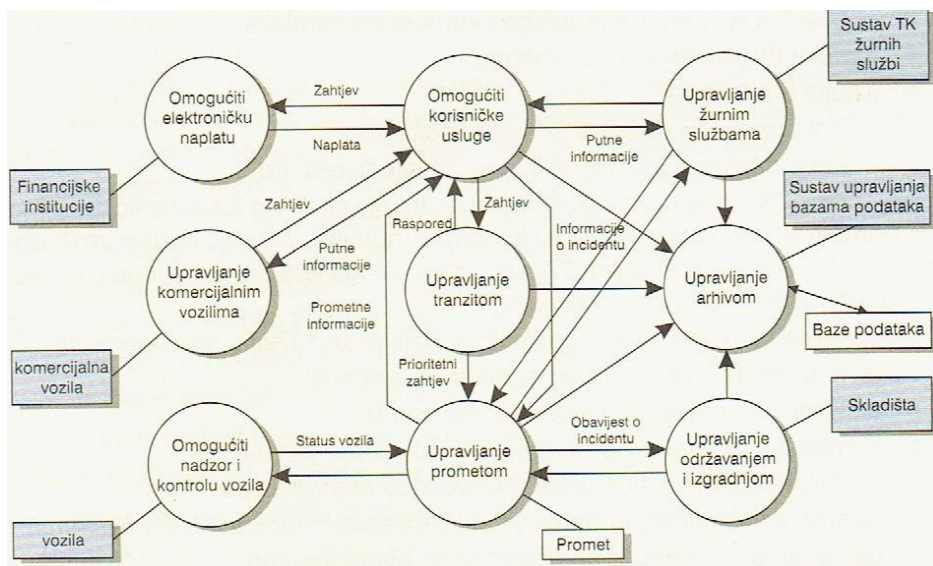


**Tablica 2. Funkcionalna područja funkcionalnog aspekta ITS-a u lukama**

Broj područja	Ime područja	Kratki opis područja
1.	Sustav automatske identifikacije	Ovo područje će pružiti funkcionalnost koja omogućuje automatsko identificiranje opreme, tereta, vozila i vozača odnosno upravljanje i kontrolu morskih i kopnenih vrata lučkog sustava. Ovo područje će imati definirana sučelja s funkcionalnim područjem sustava praćenja i menadžmenta tereta te sustav lučke prekrcajne mehanizacije.
2.	Sustav praćenja i menadžmenta tereta	Ovo područje će pružiti funkcionalnost koja omogućuje praćenje, monitoring i nadziranje kretanja tereta u lučkom sustavu odnosno menadžment tereta s ciljem omogućavanja aktivnosti planiranja, upravljanja i odlučivanja. Ovo područje će imati definirana sučelja funkcionalnim područjem sustava automatske identifikacije i sustav lučke prekrcajne mehanizacije.
3.	Sustav prekrcajne mehanizacije	Ovo područje će pružiti funkcionalnost koja omogućuje obavljanje funkcija prekrcajne mehanizacije. Funkcije ovog područja bit će povezane s funkcionalnim područjem sustava automatske identifikacije i funkcionalnim područjem sustav praćenja i menadžment tereta. U ovom području bit će moguće iskoristiti prednosti i mogućnosti ITS-a s ciljem potpune automatizacije rukovanja teretom.

Izvor: Jolić N.: Luke i ITS, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.

Funkcionalna arhitektura izvodi se iz specificiranih korisničkih zahtjeva te služi za izradu fizičke arhitekture odnosno primjera ITS sustava. Primjer funkcijske arhitekture prikazan je na slici 4.



**Slika 4. Primjer funkcionalne arhitekture**

Izvor: Bošnjak I.: Inteligentni transportni sustavi 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.

Primjer : vozilima omogućava nadzor i kontrolu vozila ujedno prikazuje status promatranog vozila, što omogućava lakše upravljanje vozilom, što poboljšavanja i omogućava korisničke usluge, putne informacije upravljaju žurnim službama, što dovodi do upravljanja arhivom koja dovodi do sustava upravljanja bazom podataka.

Funkcionalnost svakog područja dijeli se na funkcije:<sup>13</sup>

- Funkcije visoke razine – vrlo složene funkcije, služe za razumijevanje i opisivanje, moraju se podijeliti u funkcije niske razine pri čemu ima neke imaju obilježja funkcija visoke razine. Opis funkcije visoke razine sastoji se od pregleda i popisa sustavnih funkcija,
- Funkcije niske razine – to su jednostavne funkcije koje se mogu opisati bez podjele na manje dijelove i predstavljaju najnižu razinu funkcionalnosti svakog područja. Opis funkcija niske razine sastoji se od pregleda, opisa protoka ulaznih i izlaznih podataka s detaljnim funkcionalnim zahtjevima.

Funkcije, kao funkcionalna područja, ima svoje jedinstveno ime koje označava zadatak funkcije.

### 2.3.2. FIZIČKI ASPEKT ARHITEKTURE ITS-a

Pokazuje gdje će se funkcijski smjestiti i prikazuje važna ITS sučelja, odnosno veze između glavnih komponenti sustava kao što su centri, vozači, putnici, vozila, prometnice.

Omogućuje komunikaciju između komponenti žične i bežične komunikacijske mreže. Komunikacijska arhitektura predstavlja dio fizičke arhitekture inteligentnih transportnih sustava.<sup>14</sup>

<sup>13</sup> Jolić N.: Luke i ITS, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.,p. 156.

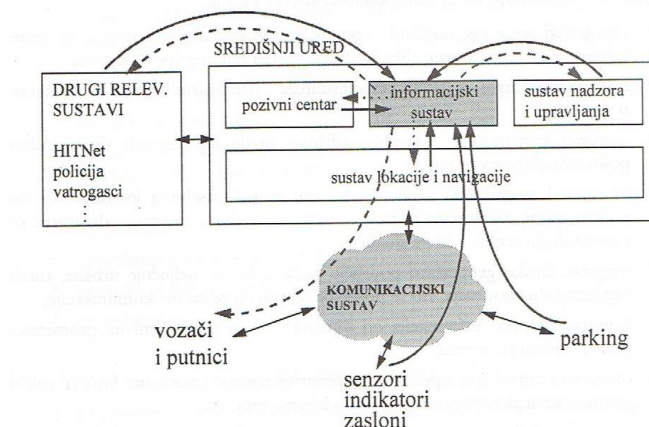
Funkcije su svrstane tako da zadovolje potrebe interesnih skupina, s fizičkog aspekta se definira kao „primjere sustava“ pri čemu svaki dobiva svoje ime, broj i dijagram konteksta te se sastoji od dvaju ili više podsustava. Podsustav izvodi jedan ili više definiranih zadataka i jednog ili više dijelova funkcionalnog aspekta te može komunicirati s drugim podsustavima. Broj podsustava pojedinog primjera sustava ovisi o broju lokacija koje „primjer sustava“ pokriva pri čemu se podsustavi koji pružaju iste ili slične usluge na različitim uslugama smatraju odvojenima.

### 2.3.3. INFORMACIJSKI ASPEKT ARHITEKTURE ITS-a

Informacijski aspekt arhitekture često se naziva i arhitektura podataka jer prikazuje protok informacija u arhitekturi. Orijeniran je na mjesto gdje podaci ulaze u arhitekturu, mjesto pohranjivanja, mjesto manipulacije i mjesto izlaska iz arhitekture. Pohranjivanje i rukovanje podataka događa se u funkcijama i mjestu pohranjivanja podataka funkcionalnog aspekta. On prikazuje podatke koje inteligentni transportni sustav treba i njihove međusobne odnose te ih povezuje s funkcionalnim aspektom i ovise jedan o drugome.

Pri razvoju informacijskog aspekta važni su:<sup>15</sup>

- Dostupnost jer održavanje baze podataka održava se na cjelokupnu dostupnost
- Točnost koja pokazuje da li sadržaj baze podataka stvara situaciju ili uključuje pogrešku nastalu prilikom npr. transformacije očitavanja analognog senzora u digitalnu informaciju
- Distribucija pokazuje način na koji se informacija distribuira izvan sustava
- Sigurnost i privatnost je zapravo sigurnost komercijalno osjetljivih podataka i privatnost privatnih podataka.



**Slika 5. Tok informacija između informacijskog sustava i njegovog okružja**

Izvor: Rožić N., Vrdoljak M., Begušić D., Afić W.: *Inteligentni transportni sustavi*, FESB Split, Split, 1999.

<sup>14</sup> Bošnjak I.: *Inteligentni transportni sustavi 1*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.,p. 134.

<sup>15</sup> Jolić N.: *Luke i ITS*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.,p.157.

#### **2.3.4. KOMUNIKACIJSKI ASPEKT ARHITEKTURE ITS-a**

Komunikacijski aspekt razvijen je iz fizičkog aspekta i opisuje vrste komunikacijskih veza potrebnih u sustavu s ciljem podrške različitih protoka podataka.

Ponekad uključuje određene zahtjeve interesnih skupina koji se odnose na specifične komunikacijske zahtjeve i orijentiran je k iskorištenju prednosti postojeće komunikacijske infrastrukture na načine kako bi se smanjili troškovi. Komunikacijski aspekt je dio fizičkog modela koji opisuje načine na koji podsustavi komunikaciju i orijentiran je na fizičkom prijenosu informacija. Komunikacijski aspekt je povezan s fizičkim aspektom pri čemu se svaka pojedina veza između podsustava opsuje kroz:<sup>16</sup>

- Vrstu komunikacijskog medija (žica, radio, infracrveno, vizualno, i slično)
- Fizička obilježja protoka podataka (volumen, brzina, tehnike dekodiranja, i slično)
- Logička obilježja protoka podataka (latentnost, sastavljanje informacija, i slično)

---

<sup>16</sup> Jolić N.: Luke i ITS, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., p.158.

### 3. ANALIZA LUČKIH PODSUSTAVA KAO PREDUVJET RAZVOJA

Razvoj inteligentnih transportnih sustava motiviran je povećanim poteškoćama, političkim i ekonomskim, te povećanjem transportnih kapaciteta. ITS pruža mogućnost boljeg menadžmeta postojećih resursa, suprastrukture i infrastrukture. Aplikacije ITS-a imaju zadatak smanjiti zakrčenost, poboljšati sigurnost, ublažiti utjecaj okoline na funkcioniranje transportnih sustava, unaprijediti energetske performace i poboljšati produktivnost. Pri čemu je potrebno definirati skupine tehnologija za zadovoljavanje svih tržišnih potreba. Komercijalni pristup uvođenja ITS-a pretpostavlja razvoj sustava inteligentnih podsustava u okruženju, koristeći napredne tehnologije koje s tehnološkog i funkcionalnog aspekta omogućavaju planiranje i menadžment transporta. Tehnologije koje koriste razvoj inteligentnog transportnog sustava uključuju optičke kabele, CD-ROM-ove, elektromagnetsko okruženje, sustave pozicioniranja, laserske senzore, mape digitalnih baza podataka i tehnologije prikazivanja podataka na zaslonima kao što su LDC-i. Napredne tehnologije predstavljaju srž inteligentnih transportnih sustava, te je potrebno razmatrati tehnološke mogućnosti i prednosti koje određuje funkcionalni aspekt ITS-a. Problemi korištenja naprednih tehnologija su brzo zastarijevanje i održavanje željenog standarda u okruženju rapidnog evaluiranja tehnologija. Potrebno je prilikom razvoja ITS-a koristiti sustavske metodologije istraživanja sustava promatrajući njegove glavne veličine, aktivnosti i elemente.

Analiziranjem i proučavanjem lučkih sustava dovodi do razlikovanja triju generacija:<sup>17</sup>

1. generacija u kojoj luke predstavljaju sučelje dvaju prometnih podsustava i obilježava ih nepostojanje razvojnih strategija, organiziranog rukovanja i skladišnih procesa te neusklađenosti sa zahtjevima subjekata
2. generacija u kojoj luke predstavljaju centre transportne, industrijske i trgovačke djelatnosti i obilježava ih postojanje razvojnih strategija, transformacijskih aktivnosti i usklađivanja ciljeva luke sa zahtjevima subjekata, racionalizacija prostora i primjena logističkog pristupa (makrologističkog i mikrologističkog) istraživanja i optimizacija lučkog sustava
3. generacija u kojoj lučki sustav generira (prerasta) u inteligentni transportni sustav obilježen primjenom novih informacijskih i komunikacijskih tehnologija s ciljem integriranja lučkih podsustava radi ostvarivanja prihoda, zadovoljstva korisnika i svih interesnih skupina, kvalitete lučke usluge, pouzdanosti, održivosti lučkog sustava te njegove djelotvornosti i učinkovitosti.

---

<sup>17</sup> Jolić N.: Luke i ITS, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., p.33.

### 3.1. LUČKI PODSUSTAVI

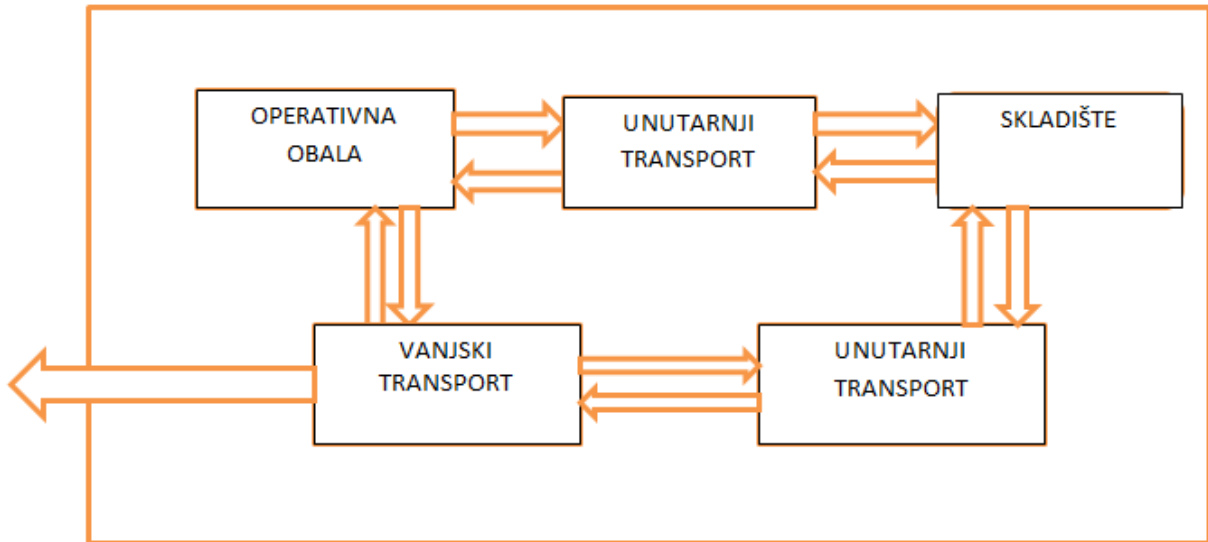
Luka je složeni sustav, kojem je potrebno definirati strukturu i njegove podsustave od kojih je sastavljen. Luka se sastoji od četiri cjeline koje imaju sva obilježja sustava:<sup>18</sup>

1. Podsustav operativne obale – obuhvaća pristane, obalne dizalice i krcališta, te pripadajuće procese. On obuhvaća dio mora uz izgrađenu obalu, a ima ulogu prihvata broda tijekom operacija ukrcaja i iskrcaja broda. Operativna obala je izgrađena čvrsta obalna građevina, najčešće građena paralelno s obalnom linijom (mora, rijeke ili jezera), namijenjena pristajanju brodova radi iskrcaja putnika, tereta ili vozila. Pristan je vodeni prostor uz rub operativne obale ili gata na kojem jedan brod može biti sigurno vezan i obavljati ukrcaj ili iskrcaj putnika, tereta ili vozila, a krcalište je dio operativne obale ili gata, koji leži između linije ruba obale i prostora za smještaj tereta, pogodan za prihvata ljudi, tereta i vozila koji se iskrcavaju iz broda ili se ukrcavaju na brod. Najznačajniji element luke sa svrhom pristana brodova je pristan koji svojom duljinom i dubinom akvatorija uvjetuje veličinu broda, a samim time i mogućnosti povećanja prometa i prisutnost robnih tokova.
2. Podsustav skladišta - nastavljaju se u lokacijskom i tehnološko – organizacijskom smislu kao podsustav operativne obale. Lučka skladišta čine zatvoreni ili otvoreni prostori uređeni za smještaj i čuvanje različitih vrsta tereta do njihove otpreme iz luke. U njima su potrebna i prijevozno – prekrcajna sredstva radi obavljanja skladišnih rukovanja.
3. Podsustav unutarnjeg transporta – obuhvaća sve operacije transporta i rukovanja materijalom : prenošenje materijala od izvora snabdijevanja svih vrsta, cjelokupni transport između pojedinih pogona i distribuciju gotovih proizvoda do potrošača. Te operacije obuhvaćaju razne postupke kao što su : prijam, rukovanje teretom u procesu ukrcaja i iskrcaja brodova i kopnenih transportnih sredstava, rukovanje teretom u postupku skladištenja, prijevoz tereta unutar luke, skladištenje robe, pakiranje i paletizacija, sortiranje i ispitivanje robe, otprema, evidencija, vođenje dokumentacije, itd.
4. Podsustav vanjskog transporta (primopredajne zone za kopnena vozila) – nastavlja se lokacijski i tehnički na podsustav skladišta, ali se procesi isprepliću što je uvjetovano neposrednom lokacijom, te korištenjem istih prijevozno – prekrcajnih sredstava ili nedostatkom prostora.

Podsustavi predstavljaju tehničko-organizacijske cjeline bez kojih luka ne može obavljati svoju funkciju. Luka obuhvaća i elemente koji pridonose efikasnosti rada ili tržišnoj aktivnosti luke, kao što su: prostorije za preradu, doradu, otpremljivanje i pakiranje robe, radionice za popravak i održavanje mehanizacije. Svaki od četiri podsustava ima svoju svrhu i djelovanje kako bi sustav funkcionirao kao cjelina. Među podsustavima potrebna je razina povezanosti i usklađenosti koja će rezultirati uspješnim radom lučkog sustava prikazana na Shemi 2.

---

<sup>18</sup> Hass S.: Stohastički model u upravljanju lučkim sustavom, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 2005., p.48.

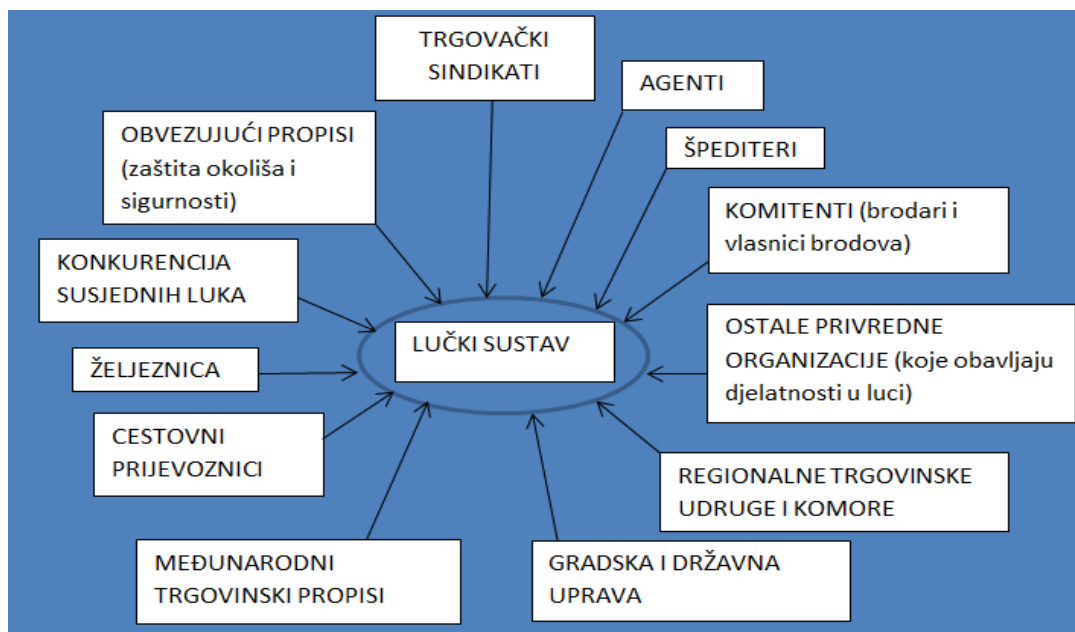


## LUČKI SUSTAV

### PROMETNI SUSTAV

#### Shema 2. Struktura lučkog sustava

Izvor: Hass S.: Stohastički model u upravljanju lučkim sustavom, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 2005.



#### Shema 3. Lučki sustav s aspekta povezanosti luke s ostalim sudionicima

Izvor: Hass S.: Stohastički model u upravljanju lučkim sustavom, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 2005.

Luka je otvoreni sustav, između nje i njezinog okružja neprestano se odvijaju procesi protoka tereta, otpreme i prihvata prijevoznih sredstava, razmjena informacija o teretu, prijevoznim sredstvima, financijskom poslovanju i slično.

Na poslovanje luke utječu sustavi iz njezinog okružja:<sup>19</sup>

1. Sustav morskog brodarstva – frekvencija dolazaka i veličine brodova oblikuje pročelje luke. Luka s većom brojem ticanja brodova i većom frekvencijom, te dolaskom velikih brodova tržišno je atraktivnija pa će potreban napor komercijalne funkcije u aktivizaciji tereta biti manji.
2. Sustav kopnenog prijevoza – kopnene prometnice određuju veličinu i kvalitetu koja određuje potencijal gravitacijskog zaleđa, te kvalitetu prijevoznih kapaciteta u suradnji s poslovnom politikom poduzeća determiniraju stvarne dimenzije lučkog zaleđa.

Na luku utječu i pojave iz okruženja : znanstveni i tehnički procesi, lokacija i raspoložive površine za gradnju i proširenje luke, broj i osobine luke u blizini koje konkuriraju luci, uključujući i prometnu politiku i politiku same luke. Znanstvenih i tehnički procesi diktiraju promjenama tipa i značajkama operativnih sredstava, građevinskih i ostalih tehničkih rješenja. Lokacija i raspoloživa površina bi trebala omogućavati razvitak luke kroz dulje razdoblje prema dinamici godišnjeg porasta prometa u luci. O lokaciji će ovisiti mogućnosti prihvata brodova i povezivanje na magistralnu mrežu kopnenih prometnica, a raspoloživa površina luke determinira oblik luke, a samim time i lokacijski raspored njenih podsustava. Postojanje drugih luka u neposrednoj blizini utječe na konkurenciju među lukama, a to znači da je potrebno da svaka luka ima razvijeno svoje poslovanje u optimalnom pravcu kako bi postigla određenu tržišnu prednost u odnosu na konkurentne luke u svom okružju. Prometna politika i njena sastavnica lučka politika obuhvaćaju metode i mjere kojima se ostvaruju ciljevi razvoja prometa i luke, a u funkciji ostvarivanja nacionalne strategije gospodarskog razvitka. Ako ne postoji luka politika dolazi do stihijskog djelovanja luke, koja se može kretati u rasponu od intenzivnog razvoja do nazadovanja – gašenja lučkih djelatnosti. Ako je definirana lučka politika, ona se može kretati u rasponu od vrlo stimulativne do gotovo indiferentne ovisno o ulozi luke u gospodarstvenom sustavu zemlje. Odnos države prema luci nije u korelaciji s razinom ciljeva razvitka luke ( da li je predviđena vodeća uloga luke u regiji ili luka samo mora zadovoljiti nacionalne potrebe gospodarstva ili neposrednog zaleđa).<sup>20</sup>

---

<sup>19</sup> Hass S.: Stohastički model u upravljanju lučkim sustavom, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 2005., p.55.

<sup>20</sup> Hass S.: Stohastički model u upravljanju lučkim sustavom, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 2005., p.51.



### 3.2. PODSUSTAV OPERATIVNE OBALE

Operativna obala je izgrađena čvrsta obalna građevina, najčešće građena paralelno s obalnom linijom (mora, rijeke ili jezera), namijenjena pristajanju brodova radi iskrcanja putnika, tereta ili vozila. Pristan je vodeni prostor uz rub operativne obale ili gata na kojem jedan brod može biti sigurno vezan i obavljati ukrcaj ili iskrcaj putnika, tereta ili vozila, a krcalište je dio operativne obale ili gata, koji leži između linije ruba obale i prostora za smještaj tereta, podoban za prihvat ljudi, tereta i vozila koji se iskrcavaju iz broda ili se ukrcavaju na brod. Najznačajniji element luke sa svrhom pristana brodova je pristan koji svojom duljinom i dubinom akvatorija uvjetuje veličinu broda, a samim time i mogućnosti povećanja prometa i prisutnost robnih tokova.

Lučke kopnene površine prema funkciji su:<sup>21</sup>

- Obale operativne površine – obale, gatovi, lukobrani
- Skladišne površine
- Prometne površine – ceste, željezničke, površine za sredstva neprekidnog transporta – transporteri, parkirališta
- Površine potrebne za smještaj i funkcioniranje lučke industrije
- Površine namijenjene smještaja transportnih sredstava - servisa brodova, lučkih operativnih sredstava, servisnih stanica, radionica za održavanje i popravak
- Površine za poslovne potrebe, poslovne zgrade, zgrade interesnih skupina lučkog servisa

Jedan od najvećih problem pri projektiranju luke je utvrđivanje dubine pristana. Trend povećanja veličine brodova dovodi projektante u velike dileme pri izboru dubine pristana, jer ono za sobom povlači velike tehničke i financijske posljedice. Događa se da je tek izrađen pristan već zastario s obzirom na njegova tehničko- tehnološka svojstva. Ta se činjenica čini nelogična, ali je stvarna. Ako se pogleda razvoj brodova samo u posljednjih 25 godina uočiti će se konstantno povećanje njegove veličine, koje zahtijeva elemente pristana da se prilagode veličini i potrebama brodova, a to se odnosi na gaz i duljinu brodova. Pri određivanju dubine pristana potrebno je voditi računa o vrsti tereta, odnosno brodovima za njihov prijevoz. Što znači da treba planirati pristane prema njihovoj namjeni, vodeći računa o mogućnostima porasta veličine brodova. Sa dubinom pristana progresivno rastu troškovi njegove izgradnje, potrebna je dobra procjena budućih potreba, jer s jedne strane, prevelika dubina pristana zahtijeva velike investicije, a s druge strane produbljenje pristana često je skuplje od izgradnje novog pristana. Nedovoljna dubina pristana uzrokuje negativne posljedice u toku eksploatacije. Dok kod nedovoljne dubine pristan nije upotrebljiv, kod nedovoljne duljine može se primijeniti pomicanje broda, ako za to postoje mogućnosti, ili okretanje broda za 180°. Prilikom izbora tehničkih elemenata pristana, dimenzije broda su odlučujući faktor. Zbog toga treba razlikovati pristane za generalni teret, suhe rasute terete i tekuće terete, jer se oni prevoze različitim vrstama i dimenzijama brodova.

---

<sup>21</sup> Jolić N.: Luke i ITS, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., p.35.

Za određivanje dubine pristana, ako je luka dobro zaštićena od valova, može se računati minimalna dubina  $H_p$  prema relaciji

$$H_p = T + h_1$$

Dubina  $H_p$  računa se od najniže razine vode. Duljina pristana određuje se prema veličini brodova, putanji plovidbe pri pristajanju brodova te potrebi uzdužnog promjera broda u toku procesa ukrcavanja ili iskrcavanja :

$$L_p = L + \Delta L,$$

pri čemu je:

$L_p$  – duljina pristana

$L$  – duljina broda

$\Delta L$  – rezervna duljina

### 3.2.1. OVISNOST LUČKIH OPERATIVNIH POVRŠINA O VELIČINI BRODA

Veličine operativne površine potrebne za rukovanje teretom u luci ovisi o veličini odnosno nosivosti broda. U tehnici gradnje brodova i tehnologiji transporta konstantno dolazi do stalnih promjena koje se ne smiju zanemarivati. Te promjene značajno utječu ako je potrebno povećanje površina. Treba razlikovati trenutne zahtjeve od onih koji mogu proizaći iz budućeg povećanja veličine brodova u pogledu njihove duljine i nosivosti. Veći brodovi imaju veće vrijednosti, te je ekonomski gledano njihovo zadržavanje u luci vezano iz visoke troškove. Vrijeme boravka broda u luci ovisi o učinku iskrcaja odnosno ukrcaja tereta. Optimalni učinak rukovanja teretom na brodu proizlazi iz najniže sume troškova broda i luke. Pri čemu se za optimalni učinak  $Q$  iskrcaja ili ukrcaja broda može upotrijebiti relacija, u kojoj je  $D$  nosivost broda, dwt.

$$Q = f(D)$$

Učinak rukovanja teretom između broda i kopna odražava se na veličinu prostora na kopnu, koji u svojstvu skladišta služi kao kompenzator između iskrcane količine tereta u luku i odvezene količine tereta iz luke. Učinak iskrcaja je funkcija veličine broda, isto tako je i operativna površina funkcija masenog protoka tereta koji se iskrcava s broda ili ukrcava na brod. Glavnina tereta kojim se rukuje zadržava se na skladištu čiji je kapacitet proporcionalan količini tereta. Tako se za veličinu površine skladišta ( $A$ ) može postaviti relacija

$$A = f(D)$$

Ta relacija prikazuje da je kapacitet skladišta odnosno njegova površina u korelaciji s veličinom odnosno nosivošću broda. U slučaju da planom luke nije predviđeno eventualano povećanje veličine brodova, tada dolazi do problema čija je posljedica ograničenje porasta veličine brodova u odnosu na raspoloživi pristan.

Taj problem je moguće riješiti tako da se na užrb susjednih pristana proširi prostor za prihvat većih brodova, ali tako se remete ostali površinski odnosi.<sup>22</sup>

### 3.2.2. OVISNOST LUČKIH OPERATIVNIH POVRŠINA O VRSTI TERETA

Vrsta tereta i njegova fizička i kemijska svojstva znatno utječu na definiranje prostora koji je potreban za rukovanje i uskladištenje tereta. Svojstva tereta se razlikuju po agregatnim stanjima i po obliku, zbog toga ako se zanemare fizička svojstva tereta može se prouzročiti ograničenje u tehnološkom procesu prekrcanja tereta. To se posebno odnosi na nedovoljnu površinu za aktivnu upotrebu. Eventualne greške izražene kao višak planirane površine čine luku elastičnijom u pogledu širenja lučkih djelatnosti.

Prilikom definiranja potrebnog prostora važno je poznavati faktore skladištenja tereta. Ovdje nije posrijedi takav faktor slaganja tereta kakav se primjenjuje pri krcanju na brod, već slaganje tereta s karakteristikama efekta faktora skladištenja, koji ovise o:<sup>23</sup>

- Faktoru slaganja ili odnosu obujma i težine tereta
- Dopuštenom opterećenju skladišnih zidova
- Dopuštenoj visini slaganja, uključujući kut nasipanja, čvrstoću ambalaže ili promjera i visine cisterni
- Vrsti upotrebljivog prekrcajnog sredstva za transport između broda i skladišnog prostora, potrebnoj širini pristupne linije i njegovu radiusu okretanja
- Veličini prostora potrebnog za razvrstavanje tereta i rukovanje oštećenim teretom
- Veličina prostora potrebnog za ukrcaj i iskrcaj kopnenih transportnih sredstava
- Sigurnosnom prosotrnim faktorom između hrpa, bazena oko cisterni i mjera protiv zagađenja okoliša

Analizom navedenih sedam točaka na praktičnom primjeru proizaći će faktor skladištenja u obliku jedinice težine (ili volumena) po jedinici površine, koji se može upotrijebiti u proračunu prostora koji je potreban za svaki razmatrani teret. Različitosti u faktorima skladištenja proizlaze iz analize sedam navedenih točaka. Primjer, skladištenjem rasutog tereta u visinu od 5 m nastaje određeno opterećenje na podlogu, dok je skladištenjem u visinu od 10 m opterećenje veće, ali je površina bolje iskorištena. Potrebno je znati može li podloga preuzeti povećano opterećenje po jedinici površine, odnosno koliko bi koštalo osposobljavanje podloge za povećanje opterećenja. Drugi primjer je skladištenje kontejnera, kojima se postiže mnogo veće opterećenje po jedinici površine zbog mogućnosti slaganja kontejnera u visinu koja je viša nego u slučaju miješanog sustava generalnog tereta.

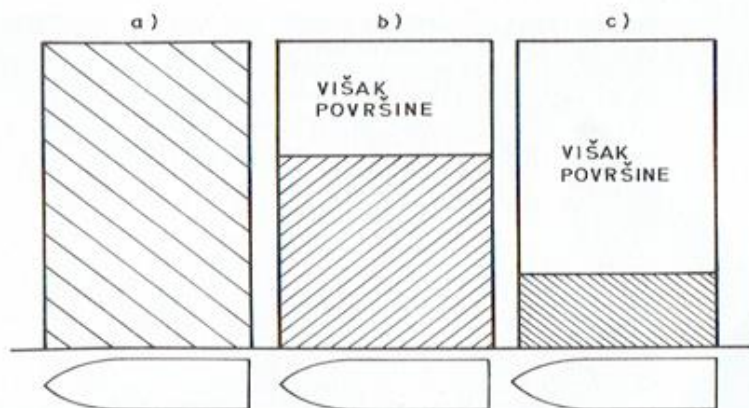
S povećanjem visine slaganja tereta smanjuje se ukupna površina potrebna za njegovo uskladištenje. Faktor skladištenja je bitna karakteristika tereta za određivanje prostornih potreba luke.

---

<sup>22</sup> Kirinčić J.: Luke i terminali, Školska knjiga – Zagreb, Zagreb, 1991., p.140.

<sup>23</sup> Kirinčić J.: Luke i terminali, Školska knjiga – Zagreb, Zagreb, 1991., p.140.

Na slici 6. prikazan je utjecaj faktora na zauzetost površina: a) mali faktor skladištenja, b) srednji faktor skladištenja, c) veliki faktor skladištenja.



**Slika 6. Utjecaj faktora skladištenja na zauzetost površina**

Izvor: Kirinčić J.: Luke i terminali, Školska knjiga – Zagreb, Zagreb, 1991.

### 3.2.3. OVISNOST LUČKIH OPERATIVNIH POVRŠINA O PROMETU TERETA

Pod pojmom godišnjeg prometa tereta podrazumijeva se godišnji prometni kapacitet luke ili pojedinog terminala. Njime se obuhvaćaju aktivnosti prekrcaja, prijevoza i skladištenja tereta u luci. Prometni kapacitet luke ili pojedinog terminala izražen je u jedinici tereta koji prolazi kroz terminal u jedinici vremena. Jedinica tereta može biti kontejner, tona ili neka druga mjera. Za jedinicu vremena obično se uzima 365 dana. Prometni kapacitet obuhvaća ukrcaj, iskrcaj i prekrcaj tereta brodova, ali ne i rukovanje teretom pri njegovom premještanju. Prekrcaj tereta uzima se kao dvostruka vrijednost, jer se radi o iskrcaju tereta s jednog broda, uskladištenju i ponovnom ukrcaju na drugi brod. Luke i terminali moraju posjedovati tehničku opremu za prihvat brodova, tereta i kopnenih transportnih sredstava. Stupanj tehničke opremljenosti ovisi o pretpostavljenom prometnom kapacitetu, koji se ostvaruje odvijanjem pojedinih aktivnosti. Broj aktivnosti i radnih postupaka na terminalu ovisi o vrsti tereta. Kako bi se odvijao promet tereta i pojedinih lučkih aktivnosti potreban je prostor s odgovarajućom kopnenom površinom. Površina jednog terminala sastoji se od:<sup>24</sup>

- Površine operativne obale
- Površine zatvorenog skladišta
- Površine otvorenog skladišta
- Pomoćnih površina – prateći objekti, prometnice, parkirališta, zgrade

Od ukupne kopnene površine terminala, koja ovisi o vrsti tereta i tehnologiji transporta, prema iskustvu iz prakse 50 do 70% površine je skladištenje tereta.

<sup>24</sup> Kirinčić J.: Luke i terminali, Školska knjiga – Zagreb, Zagreb, 1991., p.141.

Potrebna površina za uskladištenje tereta može se izraziti

$$A = \frac{Q_{sk} \cdot T_d \cdot Y}{365 \cdot K_t}$$

pri čemu je:

A – površina skladišta, m<sup>2</sup>

Q<sub>sk</sub> – godišnji promet tereta, t/a

T<sub>d</sub> – prosječno vrijeme zadržavanja robe na skladištu, dana

Y – udio prometa skladišta prema ukupnom godišnjem prometu tereta

K<sub>t</sub> – faktor skladištenja, t/m<sup>2</sup>

### 3.3. PODSUSTAV SKLADIŠTA

Razvojem pomorstva pojavila se i potreba za skladištima u lukama. S daljnjim razvojem transportne tehnike robni tokovi poprimaju goleme razmjere, što utječe na izgradnju velikih skladišnih kapaciteta. Problema skladišta je vrlo značajna jer se u njima istodobno nalaze velike količine dobara visoke vrijednosti i važnosti za nacionalnu privredu i potrebe stanovništva. Slagališta se prostori za privremeno odlaganje raznih vrsta roba u krutom, tekućem ili plinovitom stanju, koje se poslije određenog vremena uključuju u transportni proces. Zadatak skladišta je prihvat određene količine robe namijenjene daljnjem kretanju na putu proizvodnja – transport – distribucija.

U skladištima se prema njihovoj funkciji konstantno izmjenjuje roba, što ih čini vrlo dinamičnim u transportnom lancu. Poslovanje svake luke usko je vezano uz razvoj područja prema kojem gravitira. Zadatak inteligentne luke je da uskladi svoje kapacitete s potrebama svakog zaleđa, te da za prihvat tereta osiguraju odgovarajuće skladišne prostore. Luka svojim skladišnim i ostalim kapacitetima utječe na razvoj svoga geografskog zaleđa, a razvoj zaleđa pridonosi jačanju luke. S povećanjem robnih tokova kroz luku potrebno je izgradnja odgovarajućih skladišta za smještaj tereta. Potrebno je sagledati sve faktore koji se bitni za izgradnju i eksploataciju. Pri izradi projekta ili izgradnji pojedinog objekta koji treba poslužiti za prekrcaj ili smještaj tereta ili za unaprjeđenje tehnološkog procesa rada u luci, nužna je cjelovita analiza svrsishodnosti takvog objekta ili postupka rada. Kako bi se prilikom izgradnje postigli očekivani rezultati, polazi se od niza važnih čimbenika, što uključuje operativnu namjenu, troškove investiranja, vrijeme izgradnje te troškove poslovanja. S obzirom na operativne namjene prednosti imaju skladišta koja omogućavaju kvalitetno i kvantitativno povećanje prometa roba i poboljšanje uvjeta rada inteligentnog terminala.

Operativna namjena skladišta određuje se u lukama prema njihovim lokalnim posebnostima, kao što su:<sup>25</sup>

- Položaj skladišta u odnosu na morsku obalu
- Položaj skladišta u odnosu na kopnene prometnice
- Položaj skladišta u odnosu na osnovnu koncepciju razvoja luka
- Osobitosti poslovanja sudionika u izgradnji.

Podjela skladišta može se obavljati na različitim osnovama, ovisno o njihovoj namjeni. skladišta prema namjeni dijelimo na otvorena i zatvorena skladišta

### **3.3.1. ZATVORENA SKLADIŠTA**

Tereti koji se pohranjuju u lukama na kraće ili duže vrijeme, a osjetljivi su na atmosferske promjene, smještaju se u zatvorena skladišta. To su građevine sa zatvorenim i poluotvorenim prostorima zaštićenim od atmosferskog utjecaja. Ti su prostori ograđeni nosivom konstrukcijom s ispunom odgovarajućom vrstom građevnog materijala. Prilikom projektiranja i izgradnje skladišta trebaju ispuniti opće tehničko-tehnološke i ekonomske zahtjeve, te posebne zahtjeve u pogledu funkcionalnosti, elastičnosti u eksploataciji, opremljenosti, sigurnosti te zaštite građevine i pojedinih njegovih dijelova.

Podjela zatvorenih skladišta:<sup>26</sup>

1. Armiranobetonska prizemna skladišta
2. Čelična prizemna skladišta
3. Drvena prizemna skladišta
4. Prizemna skladišta od sintetičkih materijala

### **3.3.2. KATNA SKLADIŠTA**

Katna skladišta su velike višetažne građevine pravokutne tlocrtne površine, podijeljene zidovima na dva ili više dijelova. Grade se od punih armiranobetonskih ili skeletnih konstrukcija. Broj katova je različiti, a ovisi o lokalnim zahtjevima i uvjetima tla s obzirom na troškove temeljenja, koji mogu biti vrlo visoki. To se ponajviše odnosi na luke koje su na nasipima, što je poteškoća pri temeljenju. Radi racionalizacije građenja kod katnih skladišta rade se i podrumi, koje je potrebno zaštititi od prodora vode. Visina kata iznosi između 4,5 m i 5,5 m, a visina prizemlja se uzima oko 1 m više od visine katova. Prizemlje se gradi u razini okolnog tereta ili je njegova razina uzdignuta 1 m do 1,2 m, odnosno za visinu poda vagona ili cestovnog vozila.

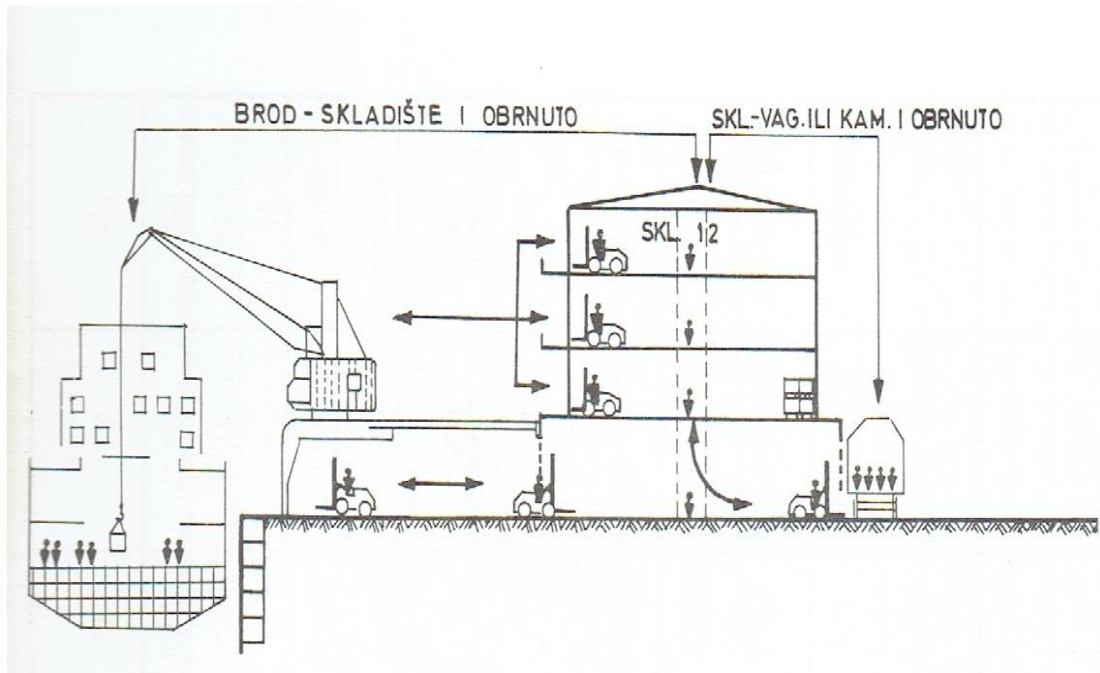
---

<sup>25</sup> Kirinčić J.: Luke i terminali, Školska knjiga – Zagreb, Zagreb, 1991., p.106.

<sup>26</sup> Kirinčić J.: Luke i terminali, Školska knjiga – Zagreb, Zagreb, 1991., p.108.

Unutrašnjost katnog skladišta podijeljena je u uzdužnom i poprečnom smjeru na više polja sa stopovima koji nose više katova. Gustoća stupova odnosno širina polja u skladištu ovisi o opterećenjima za koja su izgrađena etažna skladišta.

U modernim skladištima nosivost poda ne ovisi samo o težini robe koja se skladišti, nego i o tehnici skladištenja i o primjeni prekrajnih sredstava koja se koriste za skladištenje. Na slici 6. prikazano je rukovanje teretom između broda i višekatnog skladišta u kombinaciji s obalnim dizalicama i viličarima.



**Slika 7. Rukovanje teretom između broda i višekatnog skladišta u kombinaciji s obalnim dizalicama i viličarima**

Izvor: Kirinčić J: Luke i terminali, Školska knjiga – Zagreb, Zagreb, 1991.

**Tablica 3. Rukovanje teretom između broda i višekratnog skladišta uporabom obalnih dizalica i viličara**

VRSTA RUKOVANJA	VRSTA TERETA	MASA JEDINIČNA TERETA, kg	NORMATIV rad/t	TEHNIČKA SREDSTVA I ALATI
BROD – SKLADIŠTE	bale, pamuk	800	11/154	obalna dizalica, palete, alat za palete, viličar
BROD-SKLADIŠTE	vreće	1000	11/193	obalna dizalica, palete, alat za palete, viličar
BROD - SKLADIŠTE	općenito - palete	1000	11/193	obalna dizalica, palete, alat za palete, viličar
SKLADIŠTE-VAGON ILI KAMION	bale, pamuk	800	8/128	skladišna dizalica, 2 viličara i palete
SKLADIŠTE – VAGON ILI KAMION	vreće	1000	8/123	skladišna dizalica, 2 viličara i palete
SKLADIŠTE – VAGON ILI KAMION	općenito - palete	1000	8/132	skladišna dizalica, 2 viličara i palete

Izvor: Kirinčić J.: Luke i terminali, Školska knjiga – Zagreb, Zagreb, 1991.

### 3.3.3. FUNKCIONALNI ZAHTJEVI ZA DIMENZIONIRANJE SKLADIŠTA

Površina skladišta u tehnološkom smislu može biti:<sup>27</sup>

- Ukupna (bruto) površina skladišta ( $A_u$ ) pod kojom se podrazumijeva ukupna unutrašnja površina skladišta, bez tlocrtna površine stupova i zidova
- Slobodna površina skladišta ( $A_b$ ) pod kojom se podrazumijeva ukupna (bruto) površina skladišta ( $A_u$ ) umanjena za površine koje zauzimaju kancelarije, sanitarne prostorije, stubišta, dizala i ostale površine koje se ne upotrebljavaju izravno za smještaj tereta i rukovanja njime
- Korisna (neto) površina skladišta ( $A_k$ ) pod kojom se podrazumijeva ona površina koja se upotrebljava za smještaj robe
- Površina hodnika u skladištu ( $A_p$ ) je površina namijenjena putovima za transport i rukovanje teretom, te se zbog tog ne upotrebljava za odlaganje i skladištenje tereta
- Površina uza zidove skladišta ( $A_z$ ) podrazumijeva površine koje se radi sigurnosti ostavljaju između tereta i zidova
- Površina između stupova ( $A_s$ ) je ona površina koja se nalazi uz ispunu zidova između stupova skladišta, a ne može se zbog modularnog sustava slaganja paleta ubrojiti u površinu za smještaj tereta
- Ostala površina skladišta ( $A_g$ ) je ona površina koja se zbog raznih razloga ne upotrebljava za smještaj tereta.

<sup>27</sup> Kirinčić J.: Luke i terminali, Školska knjiga – Zagreb, Zagreb, 1991., p.110.



Među navedenim površinama mogu se postaviti sljedeći odnosi:

$$K_b = \frac{A_b}{A_u}$$

što pokazuje stupanj slobodne površine skladišta i

$$K_k = \frac{A_k}{A_u}$$

što pokazuje stupanj korisne površine skladišta.

Visina etaže skladišta je slobodna visina između poda i međуетажне konstrukcije ili krova skladišta. Za određivanje visine etaže bitna je struktura tereta i dopušteno opterećenje poda skladišta.

Slobodna visina etaže određuje se

$$H = h_t + h_p + h_z$$

pri čemu je:

H – potrebna slobodna visina etaže, m

$h_t$  – visina složenog tereta, m

$h_p$  – visina potrebna za palete, m

$h_z$  – zaštitna visina, m

Zaštitna visina odnosi se na prazan prostor ispod stropa koji iznosi do 1,2 m ili manje od 0,5 m, od čega je 0,3 visine za zaštitu rasvjetnih tijela i sprečavanje utjecaja elemenata rasvjete na osjetljivu robu, a 0,2 m visine za potrebe rukovanja viličarom u skladištu.

Visina složenog tereta  $h_t$  utvrđuje se pomoću izraza

$$h_t = \frac{q - n_p \cdot q_p}{Q_t}$$

pri čemu je:

Q – dozvoljeno opterećenje poda, kN/m<sup>2</sup>

$n_p$  – broj paleta

$q_p$  – težina paleta, kN/m<sup>2</sup>

$Q_t$  – gustoća tereta, kN/m<sup>3</sup>.

Razmak stupova skladišta ovisi u prvom redu o konstruktivnom rješenju. Veliki broj polja koji je odvojen stupovima unutar skladišta stvara smetnju pri kretanju i smještanju tereta. Ako iz konstruktivnog razloga zbog širine skladišta moraju unutar njega biti izgrađeni stupovi, tada treba izabrati najekonomičniji razmak stupova.

Najpovoljnije rješenje konstrukcije skladišta jest ono koje omogućava maksimalno iskorištenje ukupne skladišne površine. Jedan red stupova odvaja skladišta u dva polja i time stvara manje probleme pri rukovanju i smještaju tereta nego veći broj polja za smještaj tereta, što se nepovoljno odražava na odnos korisne i ukupne površine skladišta. U praksi najmanji razmak stupova kod višekatnih skladišta iznosi 6 m. Širina skladišta ovisi o lokalnim uvjetima, njegovoj izvedbi, namjeni i tehnologiji rukovanja teretom. Kod obalnih skladišta širina je funkcija njegove duljine i površine. Prema iskustvima iz prakse širina skladišta iznosi 45-75 metara. Izvode se i skladišta veće širine, ovisno o mogućnostima i svojstvima tereta kojim se rukuje.

Duljina skladišta ovisi o lokalnim uvjetima, njihovoj izvedbi i namjeni. Kod obalnih skladišta duljina determinira duljinom broda i iznosi oko 120 do 150 m, a kod zaobalnih i pozadinskih brojem odjeljenja odvojenih protupožarnim zidovima u skladištu. Podovi skladišta izloženi su statičkom opterećenju od složenog tereta i dinamičkom opterećenju od prekrcajnih sredstava kojima se rukuje teretom unutar skladišta. Vrata skladišta su raznih izvedbi i veličina, ovisno o lokalnim zahtjevima. Povoljnije je da lučka skladišta imaju što šira vrata, jer vreća vrata omogućuju lakše odvijanje procesa i smanjuju nezgode u procesu rada. Vrata moraju biti dovoljno široka za prolaz viličara, autodizalicama i drugih sredstava za rad na kojima se teret prenosi. Širina vrata najmanje 4,5 m, a visina veća od 5 m. Rasvjeta skladišta može biti prirodna i umjetna. Prirodna rasvjeta skladišta danju s prirodnim ili sunčevim svjetlom je povoljnija ako je moguće postići. Ona se izvodi konstrukcijom prozirnog krova ili vanjskih zidova skladišta. Umjetna rasvjeta mora biti izvedena tako da poboljša ili zamijeni prirodno svjetlo.

Ventilacija u skladištu mora biti provedena da bi radniku olakšala i pospješila rad. Ona se izvodi prema propisima odgovarajuće građevine. Može biti prirodna ili umjetna.

Instalacije u skladištu se dijele na električne i vodovodne instalacije. Za dimenzioniranje pojedinih instalacija mjerodavni su propisi. Ovisno o namjeni skladišta i vrsti robe koja se u njima pohranjuje te o primijenjenoj tehnologiji rukovanja teretom, dimenzioniraju se potrebne instalacije u skladištima.

### **3.3.4. OTVORENA LUČKA SKLADIŠTA**

Pojedine vrste, robe, kao masnoće ili ulja u bačvama, pakirani veliki dijelovi strojeva, čelični profili, pluta i slično, pretežno se skladište na otvorenim površinama, koje su posebno uređene i opremljene za prihvat takve vrste tereta. Prema tome otvoren prostor za smještaj robe u luci uvijek je važan, jer se primjenom odgovarajućih prekrcajnih sredstava teret može visoko slagati i brzo otpremati. Površina otvorenog skladišta mora biti ravna kako bi se mogla upotrebljavati prekrcajna sredstva za horizontalni transport. Masovni tereti koji nisu osjetljivi na vremenske nepogode skladište se isključivo na otvorenim skladištima. To se odnosi na željeznu rudu i ugljen, koji se prevoze u velikim količinama i velikim brodovima. Zbog toga su otvorena skladišta nužna za te vrste tereta, jer su ujedno i amortizer u protoku tereta između broda i kopnenih odnosno vodnih transportnih sredstava.

Za ukrcaj, iskrcaj i otpremu tereta na otvorenim skladištima najčešće se primjenjuju specijalna prekrcajna sredstva koja stvaraju posebne probleme zbog velikog opterećenja na podlogu po kojoj se kreću.

Obrada površina na otvorenim skladištima trebaju zadovoljiti zahtjeve robe koja se skladišti i omogućiti primjenu odgovarajuće mehanizacije potrebne u tehnološkom procesu rukovanja teretom. Otvorena skladišta su opremljena električnim i vodovodnim instalacijama, te iste instalacije koriste se i u zatvorenim skladištima.

### 3.3.5. DEFINIRANJE SKLADIŠNIH POTREBA

Veličina skladišta i njegov kapacitet značajni su za prometni kapacitet luke. Njihovi pojedini parametri ovise o obujmu i vrsti tereta kojim se rukuje, gustoći tereta, visini slaganja tereta, vremenu skladištenja, tehnici rukovanja teretom te klimatskim i ostalim faktorima. Za definiranje kapaciteta skladišta može se primijeniti više računskih modela, ovisno o tome da li se radi o tranzitnom, katnom ili otvorenom skladištu. Skladišna površina je determinirana potrebama masenog sadržaja, volumenskog i površine slagališta. Određivanje potrebne slobodne skladišne površine  $A_b$  izvodi se na osnovi potreba računski dobivene korisne odnosno neto površine  $A_k$  prema izrazu

$$A_b = \frac{A_k}{K_k}$$

pri čemu je:

$A_b$  – slobodna površina skladišta,  $m^2$

$A_k$  – korisna površina skladišta,  $m^2$

$K_k$  – stupanj korisnosti površine skladišta.

Korisna površina skladišta  $A_k$  za slaganje tereta određuje se prema izrazu

$$A_k = \frac{G}{q} \quad \text{ili} \quad A_k = \frac{V_u}{V_s}$$

pri čemu je:

$G$  – težina uskladištenog tereta, kN

$q$  – dopušteno opterećenje poda,  $kN/m^2$

$V_u$  – volumenski sadržaj tereta,  $m^3$

$V_s$  – dopušteni obujam po jedinici površine,  $m^3/m^2$ .

Korisna skladišna površina treba biti uvećana za 40% kako bi se zadovoljile ostale potrebe za skladišnom površinom, što uključuje putne prolaze, kancelarije i prostorije ostale namjene. Skladišne potrebe definirane u kapacitetom skladišta koji je teorijska ili hipotetička veličina pretpostavljena uvjetom da se sve radnje obavljaju s maksimalnim mogućnostima. U praksi priroda trgovine i promet robe diktira skladišne kapacitete, a s time i njihove statičke i dinamičke kapacitete koji su funkcija privatnih i prekrcajnih mogućnosti luke.

Prometni kapacitet skladišta  $Q_{sk}$  određuje se izrazom

$$Q_{sk} = \frac{365 \cdot A_k}{A_o \cdot T_d \cdot Y}$$

pri čemu je:

$Q_{sk}$  – teorijski godišnji kapacitet skladišta, t/a

$A_k$  – korisna površina skladišta, m<sup>2</sup>

$A_o$  – prosječna površina po jedinici tereta, m<sup>2</sup>/t

$T_d$  – prosječno vrijeme zadržavanja tereta u skladištu, u danima

$Y$  – odnos ukupnog iskorištenja površine skladišta za smještaj tereta.

Teorijski kapacitet je viši od stvarnog kapaciteta, jer gotovo nikada nisu ispunjeni svi pretpostavljeni uvjeti. Odstupanja se posebno odnose na vrijeme rada skladišta, te se stvarni prometni kapaciteti skladišta dobivaju izrazom

$$Q_{st} = Q_{sk} \cdot K_a$$

pri čemu je:

$Q_{st}$  – stvarni godišnji kapacitet skladišta, t/a

$K_a$  – koeficijent fonda radnih dana u godini < 1.

## 4. INTELIGENTNI TERMINALI I SUČELJA

Temeljna zamisao inteligentnih transportnih terminala koja se temelji na poznavanju prometno inženjerske i transportno-tehnolojske probleme u transportnim terminalnim sustavima postoji mogućnost pristupa performanci ili reinženjeringu tog sustava. Općenito transportni terminalni predstavljaju početne i završne odnosno tranzitne točke transportnog procesa gdje roba, putnik ili pošiljka ulaze u sustav i izlaze iz sustava odnosno mijenjaju mod prijevoza. Kada govorimo o terminalu mijenjanja moda prijevoza, govorimo o intermodalnim transportnim terminalima za putnike i različite vrste terminala.

Uvođenje inteligentnih transportnih sustava funkcionalnosti u terminalne vodnog sustave može bitno podići razinu performanci i kvalitetu usluga što se može mjeriti:<sup>28</sup>

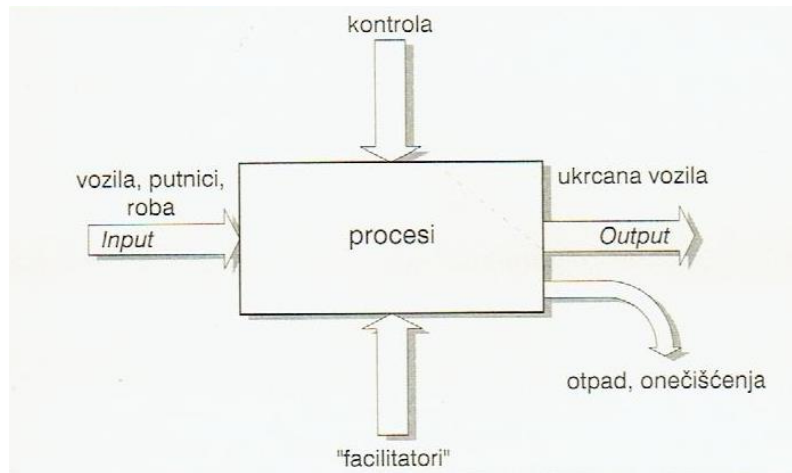
- Većom produktivnošću prijevoznika i davatelja terminalnih usluga
- Smanjenjem čekanja i vremenskim gubicima za putnike, robu i teret
- Smanjenje zagušenja u lukama
- Povećanje sigurnosti i zaštićenosti putnika, tereta i robe
- Većom udobnošću putnika zbog njihove bolje informiranosti
- Smanjenjem onečišćenja i buke

Dizajn inteligentnog transportnog terminalnog sustava je kontekstualno osjetljiv i mora biti uklopljen u širi sustav odnosno okružje s kojima je u input-output relacijama. Pri temeljitom reinženjeringu odnosno redizajniranju postojećih sustava potrebno je analizirati prijevozne zahtjeve i volumen prometa u određenom vremenu, te trenutačne intenzitete protoka putnika, transportnih događaja i tereta. Sve dok je raspoloživi kapacitet ili propusna moć (C) u vremenu promatranja (T) manji od ukupnog volumena prometa za promatrano razdoblje T, postoji mogućnost poboljšanja postojećeg sustava vremenskom preraspodjelom. Moguće je upravljanje sustavima potražnjom djelovati na prilagodbu polaznog vremena i promjenu moda prijevoza do odredišta. Performanca je mjera nekog zahtjevnog ponašanja. Transportni terminalni su stvarnovremenski sustavi tako da se procjena performanci temelji na veličinama ostvarenih outputa i pravovremenosti.

Za sustav opis funkcija terminala koriste se input-output dijagrami procesa prilagođene konkretnom kontekstu. Transportni entiteti (putnici, roba, informacija) te prometni entiteti (vozila, odnosno brodovi) čine osnovne impute u procese koji se odvijaju u terminalu. Roba ili teret mogu se pratiti preko elektroničkih čipova ili „tagova“ kao dio sustava Track & Trace. Facilitatori proces čini odgovarajuća infrastruktura, objekti i uređaji koji omogućuju obavljanje temeljnih i dodatnih funkcija terminala. Izlaz iz procesa su ukrcana ispravna vozila s korisnim teretom te nepoželjni outputi: otpad, onečišćenja. Proces mora biti kontroliran tako da se osigura odvijanje željenih transformacija inputa u outpute. Uspješnost funkcioniranja iskazuje se temeljem kvalitete usluge za krajnje korisnike.

---

<sup>28</sup> Bošnjak I.: Inteligentni transportni sustavi 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006., p.169.



**Slika 8. Input-output model procesa u terminalu**

Izvor: Bošnjak I.: *Inteligentni transportni sustavi 1*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.

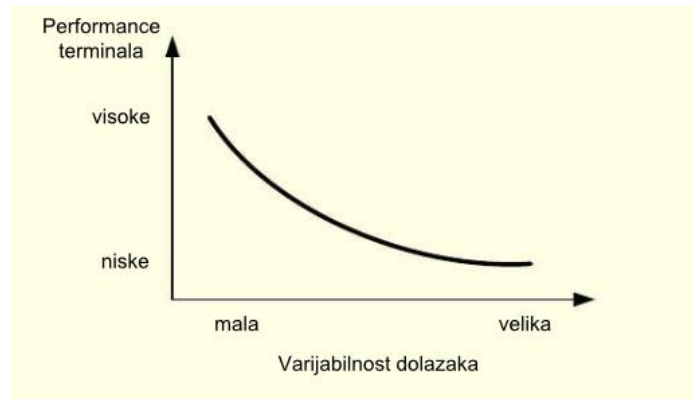
Na slici 7. prikazan je model input-output procesa u terminalu u procese ulazi input koju čine vozila, putnici i roba, ulazi kontrola procesa te facilitatori koji uključuju infrastrukturu, objekte i uređaje za obavljanje funkcija na terminalu. Iz procesa izlazi korisni output i neželjeni output u koji ubrajamo otpad te onečišćenja.

Performance terminala mogu se iskazati pokazateljima kao što su:<sup>29</sup>

1. Dostupnost (barijere pristupa terminalu)
2. Učinkovitost odvijanja procesa
3. Prosječno čekanje u procesu terminalnog posluživanja ( $T_p$ )
4. Varijabilnost trajanja posluživanja ( $\text{Var}(T_p)$ )
5. Razina sigurnosti odvijanja procesa u terminalu
6. Razina zaštite korisnika i tereta
7. Troškovi funkcioniranja terminala
8. Pouzdanost
9. Održljivost opreme
10. Kvaliteta sučelja i dr.

Razina performanci terminala i kvaliteta usluge za korisnike ovisi o veličini prometnog opterećenja i varijabilnosti dolazaka korisnika i brodova. Veća varijabilnost dolazaka bitno smanjuje razinu performanci terminala koje je prikazano na slici 8., uz prometno preopterećenje.

<sup>29</sup> Bošnjak I.: *Inteligentni transportni sustavi 1*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006., p.171.



**Slika 9. Ovisnost performanci terminala o varijabilnosti dolaska**

Izvor: Bošnjak I.: *Inteligentni transportni sustavi 1*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.

#### 4.1. MODELIRANJE PROMETNIH PROCESA U TERMINALIMA

Protoci entiteta na terminalima u vodnom prometu mogu se opisivati pojednostavljenim prometnim modelima uz odgovarajuću interpretaciju i konkretizaciju.

Temeljne veličine prometne analize i sinteze prometnih tokova su :

- Srednji intenzitet toka ( $\varphi$ ) ili protok entiteta kroz proces u jedinici vremena
- Srednje vrijeme ( $T_p$ ) boravka u procesu
- Srednji broj entiteta ( $Q$ ) u procesu

Za stacionarne procese vrijedi:  $Q = \varphi \cdot T_p$

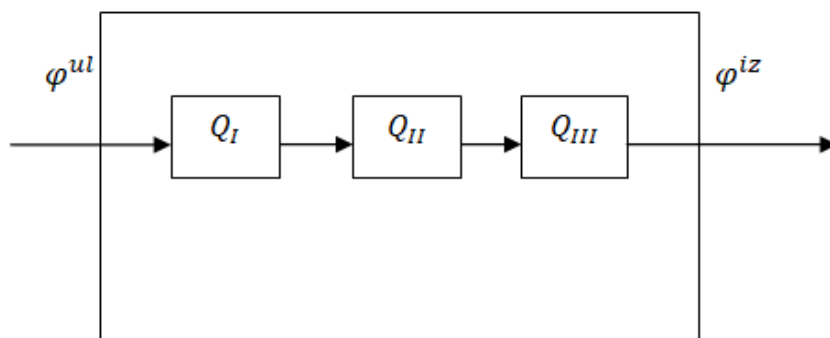
Npr. Ako prosječna gustoća ili koncentracija korisnika tijekom jednog sata iznosi  $Q = 60$  korisnika u prostoru terminala i ako je prosječno vrijeme koje korisnik provede u terminalu tri minute, tada je protok korisnika

$$\varphi = \frac{Q}{T_p} = \frac{60}{3} = 20 \text{ korisnika u minuti ili } \varphi = \frac{Q}{T_p} = \frac{60}{\frac{2}{60}} = 120 \text{ korisnika u satu}$$

Zbog dinamičkog opisa procesa u inteligentnim terminalima u vodnom prometu potrebno je pratiti dinamiku ulaznog i izlaznog toka i gomilanja entiteta. Gomilanje ili akumuliranje entiteta u procesu predstavlja razliku između ulaznog i izlaznog toka :

$$\Delta\varphi(t) = \varphi^{ul}(t) - \varphi^{iz}(t)$$

Ako se proces sastoji od više faza, tada promatramo pojedine potprocese i ukupno ponašanje s obzirom na interakciju potprocesa. Promatrat ćemo trofazni uravnoteženi proces, prikazan na slici 9.



**Shema 4. Model sekvencijalnog trofaznog procesa**

Izvor: Bošnjak I.: Inteligentni transportni sustavi 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.

Srednji brojevi entiteta u granicama promatranog sustava mogu se za slučaj sekvencijalnog trofaznog procesa predstaviti izrazom

$$Q = Q_I + Q_{II} + Q_{III}$$

u kojem je:

$Q$  – ukupan broj entiteta u procesu

$Q_I$  – broj entiteta u prvoj fazi

$Q_{II}$  – broj entiteta u drugoj fazi

$Q_{III}$  – broj entiteta u trećoj fazi

Ukupno vrijeme ( $T_P$ ) koje entitet provede u procesu iznosi

$$T_P = T_{PI} + T_{PII} + T_{PIII}$$

gdje su  $T_{PI}$ ,  $T_{PII}$  i  $T_{PIII}$  srednja vremena po fazama.

Kada imamo slučaj uravnoteženog protoka ( $\varphi$ ) nema akumuliranja entiteta u potprocesima i na sučeljima, tada vrijedi

$$Q_I = \varphi \cdot T_{PI}$$

$$Q_{II} = \varphi \cdot T_{PII}$$

$$Q_{III} = \varphi \cdot T_{PIII}$$

Kako bismo provjerili konzistentnost modela, povezuju se prethodni izrazi, i dobivamo formulu :

$$Q_I + Q_{II} + Q_{III} = \varphi \cdot (T_{PI} + T_{PII} + T_{PIII})$$

što je u skladu s općim izrazom

$$Q = \varphi \cdot T_P$$



Situacija akumuliranja entiteta, čekanja ili „gubitka“ nastaju ako je veličina toka  $\varphi_i$  veća od kapaciteta  $C_i$  na dijelu procesa, odnosno mrežnom elementu  $i$ . Očekivana vremena čekanja računaju se primjenom modela repova ili simulacijom.<sup>30</sup>

## 4.2. USKLADIVANJE KAPACITETA I POTRAŽNJE

ITS rješenja vođenja procesa u terminalni podsustavima mogu znatno poboljšati razliku korištenja kapaciteta i kvalitetu usluge za korisnike. Osnovni zahtjev je da terminal treba dizajnirati tako da zadovolji korisnikove potrebe uz odgovarajuće odmjeravanje kvalitete usluge i troškova funkcioniranja za mrežnog operatora odnosno pružatelja usluge. Kapacitet posluživanja je relativno fiksna i ne može se mijenjati brzinom promjene potražnje. Postoje različite mogućnosti smanjenja varijacija potražnje i sprečavanja preopterećenja vremenskom preraspodjelom prometa. Kako bi se uskladili kapaciteti i potražnja na terminalu potrebno je poznavanje dnevnih varijacija prometa mjerenih u kratkim intervalima. Raspon vrijednosti iznosi

$$R = Q_{max} - Q_{min}$$

pri čemu je:

R – raspon gustoće prometnih entiteta

$Q_{max}$  – maksimalna gustoća prometnih entiteta

$Q_{min}$  – minimalna gustoća prometnih entiteta

Potražnja se promatra kroz određeni prostorno – vremenski okvir odnosno odgovarajuću rezolucijsku razinu, primjer satna ili dnevna potražnja jedne klase usluga na jednom terminalnom sustavu. Mjerenje gustoće ili koncentracije entiteta moguće je u različitim vremenskim intervalima tako da se izračuna srednje vrijednosti zahtijeva da se promjene varijable izraze kao funkcija vremena.

Raspon između minimalne i maksimalne potražnje na inteligentnom terminalu u vodnom prometu tijekom dana odnosno tjedna, mjeseca i godine, može biti veoma visok. Kada bi se kapaciteti inteligentnog terminala dizajnirali prema prosječnoj dnevnoj potražnji (u sezoni i izvan sezone), kvaliteta usluge bi bila neprihvatljivo niska, ali bi iskorištenje kapaciteta bilo vrlo visoko. Zato je potrebno izabrati onaj kapacitet koji će uz zadovoljenu kvalitetu usluge osigurati učinkovito korištenje kapaciteta.

Prilikom rješavanja problema izbora kapaciteta i upravljanja procesima prometni inženjeri i menadžeri moraju koristiti odgovarajuće odmjeravanje učinka i troškova dodatnog kapaciteta.

---

<sup>30</sup> Bošnjak I.: Inteligentni transportni sustavi 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006., p.173.

Ključni pokazatelji razine usluge terminala za korisnike su:<sup>31</sup>

- Dostupnost terminala odnosno vrijeme pristupa do terminala
- Vrijeme provedeno u sustavu, čekanje i posluživanje
- Zadovoljavajuća cijena usluge
- Redovitosti i pouzdanost usluge
- Sigurnost i zaštićenost
- Udobnost

Svaki korisnik različito ponderira pojedine pokazatelje tako da neki prvenstveno preferiraju udobnost i sigurnost dok je drugima najbitnija cijena usluge. Subjektivne procjene kvalitete korisnik donosi temeljem vlastitih preferencija i očekivanja. Objektivne procjene pojedinih pokazatelja moguće su mjerenjem i motrenjem odgovarajućih veličina u procesu. Primjer je vrijeme provedeno na terminalu i vrijeme čekanja mogu se utvrditi snimanjem trenutaka dolazaka, početka i završetka posluživanja, te trenutka odlaska s terminala.

#### 4.3. PRIMJENA MODELA KANALIZIRANOG PROMETA

Prometno opterećenje kod „kanaliziranog“ prometa je određeno odnosom toka i kapaciteta

$$a = \frac{\varphi}{C}$$

gdje je C kapacitet jednog kanala posluživanja (jedne prekrcajne rampe). Veličina prometnog opterećenja ili zauzimanja kapaciteta izražena je u erlanzima. Jedan erlang znači 100% -tno iskorištenje jednog kanala posluživanja tijekom vremena promatranja. Broj kanala posluživanja (m) treba biti veći od prometa izraženog u erlanzima tako da se postigne zadovoljavajuća kvaliteta posluživanja (QoS).

Terminalni vodni sustavi predstavljaju sustave posluživanja s ograničenim čekanjem pri čemu je veličina reda i vrijeme čekanja u nekim prihvatljivim okvirima. Korisnici dolaze slučajno ili prema određenom vremenskom rasporedu tako da je potrebno primijeniti odgovarajuće modele posluživanja koji mogu biti stohastički i/ili deterministički.

U slučaju m- paralelnih kapaciteta i potpune dostupnosti svaki će poslužitelj (kanal) preuzeti dio ulaznog toka, pri čemu ( $\rho$ ) iznosi

$$\rho = \frac{\varphi}{m \cdot C}$$

veličina  $\rho$  ekvivalentna je faktoru iskorištenosti kapaciteta.

---

<sup>31</sup> Bošnjak I.: Inteligentni transportni sustavi 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006., p.177.

#### 4.4.MJERENJE DOLAZAKA I TRAJANJE POSLUŽIVANJA

Za prostorno i funkcionalno definiran terminalni sustav ključne prometne veličine koje treba mjeriti na izvoru sustava dolazaka i trajanje su vremena posluživanja. Čekanje nastaje kada je trenutni broj entiteta u sustavu veći od broja poslužitelja. Sustav će biti stabilan i red se neće beskonačno povećavati ako je prometno opterećenje manje od broja poslužitelja ( $m$ ) odnosno vrijedi uvjet

$$a < m$$

pri čemu je:

$a$  – prometno opterećenje

$m$  – broj kanala/poslužitelja

Prosječno vrijeme provedeno na terminalu računa se prema općem izrazu

$$T_p = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (D_i - A_i)$$

pri čemu je:

$T_p$  – prosječno vrijeme provedeno na terminalu

$N$  – broj entiteta koji ulaze u terminal

$A_i$  – trenutka dolaska  $i$ -tog entiteta u terminal

$D_i$  – trenutak odlaska  $i$ -tog entiteta iz terminala

Vrijeme provedeno na terminalu sastoji se od vremena čekanja i vremena posluživanja. Ovisno o čekanju i razdiobi međudolaznih vremena moguće je da neki entiteti uopće ne čekaju na posluživanje, dok će drugi čekati u istom vremenu razmatranja.

Veličina toka entiteta kroz sustav za određeno reprezentativno razdoblje stabilnog ponašanja može se odrediti prema općem izrazu

$$\varphi_T = \frac{Q_T}{T_p}$$

pri čemu je:

$\varphi_T$  – protok entiteta u promatranom vremenu

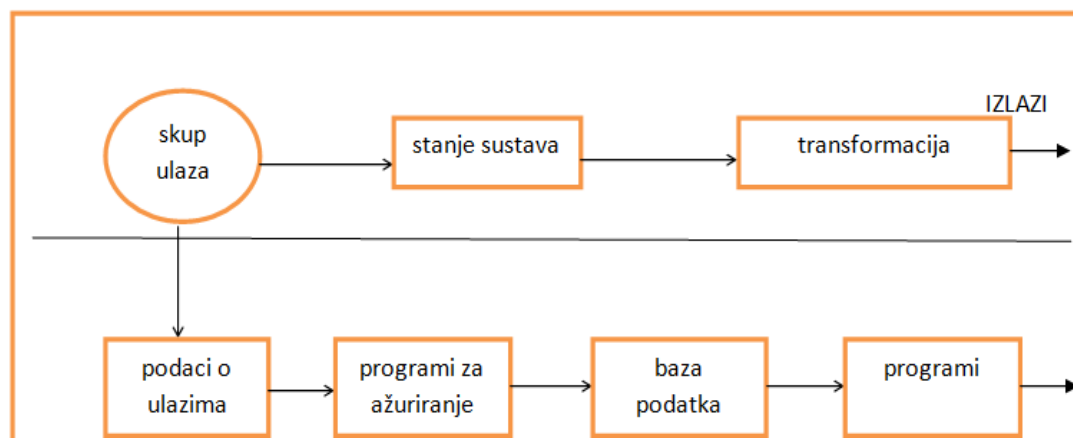
$Q_T$  – gustoća ili srednji broj entiteta u vremenu

$T_p$  – srednje vrijeme provedeno u terminalu

Trenutačna gustoća ili koncentracija entiteta mijenja se svakim dolaskom ili odlaskom. Relevantna srednja vrijednost izračunava se temeljem praćenja trenutačnih stanja u određenom intervalu prometanja koji se može uzeti kao prometni reprezentant. Za potrebe upravljanja poželjno je poznavati ulazni volumen prometa i obavljeni promet pri čemu se mogu pratiti satna i vršna opterećenja.

#### 4.5. PRILAGOĐAVANJE POSTOJEĆEG INFORMACIJSKOG SUSTAVA

Prilikom uvođenja ITS-a u terminale u vodnom prometu već postoje neka rješenja informacijskog sustava podržanog računalom. U taj sustav investirana su sredstva i ljudi su se navikli raditi s instaliranim sustavom pri čemu se stvara otpor prema promjenama. Kod ITS reinženjiranja potrebno je vodni terminalni informacijski sustav definirati, razvijati implementirati kao interni dio ITS-a. Prilikom razvoja informacijskog sustava za inteligentni vodni terminal koriste se objektno orijentirani pristup i metode. Reinženjiranje znači temeljno preispitivanje načina funkcioniranja sustava pri čemu se ne treba preopterećivati postojećim rješenjima. Potrebno je definirati temeljene zahtjeve, postaviti konceptni model i razvijati sustav koji će zadovoljiti zahtjeve uz odgovarajuće odmjeravanje troškova i koristi. Pri modeliranju procesa najviša razina je dijagram konteksta kojim se definira obuhvat promatranja i određuju se granice sustav od „interesa“. Funkcionalni procesi na terminalu u vodnom prometu dekomponiraju se sve dok se ne dobiju primitivne funkcije odnosno aktivnosti koje nije potrebno razlagati. Prilikom analize i projektiranja u inteligentnih terminalnim sustavima u vodnom prometu potrebno je povezati prometno inženjerska znanja s primjenom analitičko dizajnerskih tehnika. Postoji više modela i tehnika koje se primjenjuju u modeliranju procesa na vodnom terminalu uz odgovarajuću informatičku podršku. Inteligentni terminalni sustav u vodnom prometu je stvaran, dinamički sustav koji obavlja određene procese odnosno funkcije.



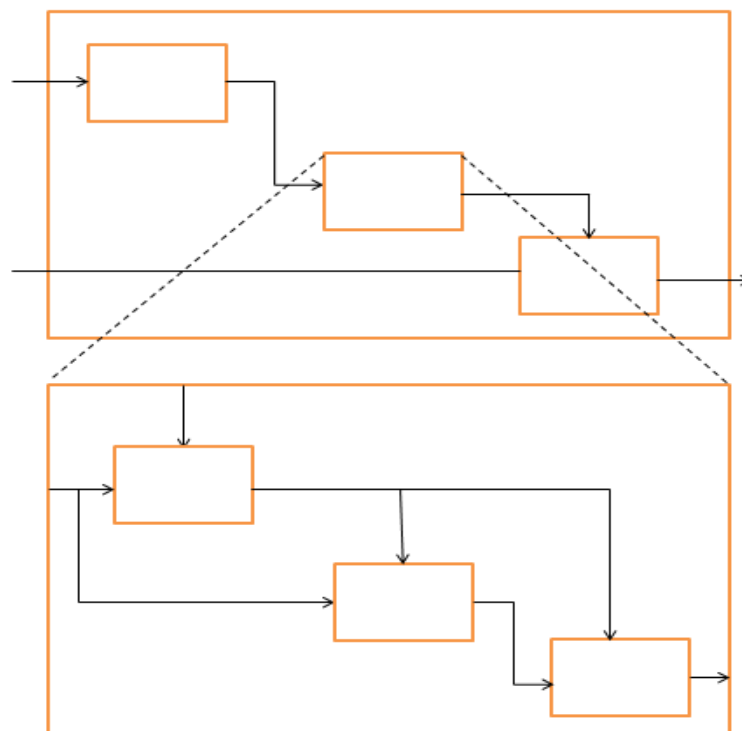
**Shema 5. Terminalni informacijski sustav na terminalu u vodnom prometu**

Izvor: Bošnjak I.: Inteligentni transportni sustavi 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.

Stanje terminala u vodnom prometu mijenjaju ulazi iz okoline. Stanje sustava treba opisati sintezom informacija o prošlosti i sadašnjosti kako bi se djelovanjem mogli postići poželjni izlazi. Promatranjem ili mjerenjem prometnih veličina u inteligentnom prometnom sustavu dolazi se do informacije o stanju sustava. U bazama podataka sadržani su podaci koje sustav opisuje. Odgovarajući programi generiraju izlaze iz baze podataka u obliku izvještaja, podrške odlučivanja.

Model procesa i model podataka se mogu projektirati relativno neovisno pri čemu projektiranje modela procesa može prethoditi modelu podataka ili obrnuto. Osim modela procesa i modela podataka, potrebno je modelirati i model resursa koje uključuju računalnu opremu, stručno osoblje i organizaciju.

Dekompozicija procesa odnosno funkcija na terminalu u vodnom prometu načelno je prikazna na slici 11. Svaki pravokutnik označuje proces, a ulazni i izlazni tokovi predstavljaju tok podataka. Tok s gornje strane naziva se „upravljanje“ i definirane uvjete pod kojima se izvodi proces. Tok s gornjem strane je „mehanizam“ i opisuje resurse koji obavljaju određenu funkciju.



**Shema 6. Dekompozicija procesa**

Izvor: Bošnjak I.: Inteligentni transportni sustavi 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.

Razvijene dijagramske tehnike omogućavaju koncizan opis procesa i komuniciranje ideja koje vode k poboljšanju performanci terminalnog sustava. Što omogućuje kontroliranu funkcionalnu dekompoziciju. Prometni inženjer može se uključiti u strukturnu analizu i dizajn prvenstveno s motrišta prometne analize i dizajna tehnologije na terminalnom sustavu.<sup>32</sup>

<sup>32</sup> Bošnjak I.: Inteligentni transportni sustavi 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006., p.181.

#### 4.6. OTKRIVANJE I SPECIFIKACIJA ZAHTJEVA ITS-a PRI RAZVOJU INTELIGENTNOG TERMINALA

Identifikacija potreba i pokretanje razvoja inteligentnoga lučkog sustava, odnosno pojedinih ITS aplikacija u određenom lučkom sustavu može slijediti iz preliminarnih studija ili uočenih specifičnih problema korisnika lučkog sustava. Nacionalne i regionalne ITS arhitekture uključuju lučki sustav koji bitno pospješuje i ubrzava proces razvoja inteligentnih transportno logističkih rješenja za konkretne luke ITS-a. Kvalitetna usluga za krajnjeg korisnika promatra se „od-kraja-do-kraja“ transportno logističkog lanca.

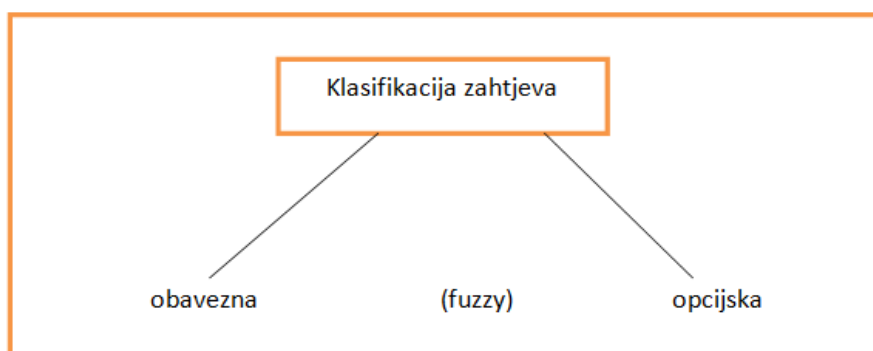
Proces razvoja inteligentnog lučkog sustava ima faze koje su ekvivalentne razvoju drugih inteligentnih transportnih sustava. U skladu s općim načelima koja definiraju i specificiraju zahtjeve interesnih skupina u početnoj fazi potrebno je otkriti i formulirati zahtjeve korisnika. Zahtjeve je potrebno formulirati u skladu s pravilima i kriterijima inženjerstva zahtjeva.

Zahtjevi trebaju biti:<sup>33</sup>

- Jasno formulirani
- Precizni
- Ne preambiciozni
- Neovisni o konkretnoj tehničko-tehnološkoj izvedbi
- Provjerljivi
- Konzistentni.

Prema obveznosti uobičajena je podjela na:

- Obavezne odnosno one koje sustav mora ispunjavati
- Opcijske odnosno one koje sustav može ispunjavati, ali nisu obvezni



**Shema 7. Podjela zahtjeva**

Izvor: Bošnjak I.: Inteligentni transportni sustavi 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.

<sup>33</sup> Bošnjak I.: Inteligentni transportni sustavi 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006., p.182.

Ova podjela je pregruba te je potrebno uvesti i mogućnost fuzzy interpretacije po pravilima fuzzy logike prema određenoj funkciji pripadnosti odnosno obveznosti.

Proces razvoja inteligentnog transportno logističkog sustava luke u fazi „otkrivanja zahtjeva“ sastoji se od:<sup>34</sup>

1. Identifikacija korisnika lučkog sustava i definiranje problema
2. Interakcija s korisnikom i pisanje sustavskih zahtjeva
3. Kontrolni pregled sustavskih zahtjeva
4. Definiranje pokazatelja performanci
5. Validacija sustavskih zahtjeva za ITS

**Tablica 4. Specifikacija zahtjeva za lučki sustav**

Skupina zahtjeva / područja	Evidencijski broj	Opis zahtjeva
Rukovanje teretom	1.1	Sustav mora krcatelju dati podatke o odredištu i osobinama tereta
	1.2	Sustav mora prekrcajne manipulacije uskladiti sa svojstvima i zahtjevima tereta u lučkom sustavu
	1.3	Sustav može pružiti usluge identifikacije tereta u svakom trenutku u lučkom sustavu
	1.4	Sustav može nuditi predviđanja vremena boravka tereta u sustavu

Izvor: I. Bošnjak: Inteligentni transportni sustavi 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.

Različiti pokazatelji performanci ITS rješenja mogu se primijeniti za Inteligentne transportne logističke sustave. Mjerenje učinka ITS-a prati se poboljšanjem performanci i kvalitete usluge za krajnje korisnike.

#### **4.7. ANALIZA PERFORMANCE PROPUSNOSTI**

Propusnosti lučkog sustava je ključna performanca koja se može mjeriti prosječnim vremenima i varijacijama zadržavanja transportnih entiteta u lučkom sustavu. Snimanjem trenutačnih dolazaka i odlazaka iz promatranog sustava te podacima o koncentraciji entiteta mogu se odrediti relevantne veličine protoka. Razlika izmjerenih vremena zadržavanja u lučkom sustavu i teorijskog vremena ukazuje na prostor poboljšanja propusnosti primjenom ITS tehnologije i organizacijskim reinženjeringom.

<sup>34</sup> Bošnjak I.: Inteligentni transportni sustavi 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006., p.183.

Promjena odnosno ušteda vremena prikazuje se izrazom

$$\Delta T = T_{izmj} - T_0$$

pri čemu je:

$T_{izmj}$  – izmjerena vremena zadržavanja transportnih entiteta određene vrste u promatranom lučkom sustavu

$T_0$  – vrijeme zadržavanja u lučkom sustavu bez vremenskih gubitaka

Opći višefazni procesi modeli i izračunu protoka, koncentracije i vremena zadržavanja – primjenjivi su uz odgovarajuću interpretaciju na bilo koji lučki sustav. Nestabilnosti i nestacionarna ponašanja opisuju se dinamičkim i simulacijskim modelima.

Načelne mogućnosti inteligentnoga transportnoga logističkog sustava luke uključuju:<sup>35</sup>

- Upravljanje pristupom u luku
- Optimizaciju protoka entiteta
- Praćenje tereta
- Zaštitu

Budući da se radi o višefaznom procesu, potrebno je identificirati i otkloniti uska grla:

- Neodgovarajući kapacitet pristupa luci
- Nedovoljnu opremljenost prekrcajnom mehanizacijom
- Nepostojanje stvarnovremenskih informacija o teretu
- Nedostatno integriranje lučkih informacijskih podsustava

Idealna protok znači kontinuirani protok tereta bez zadržavanja na međufaznim sučeljima i vez potrebe skladištenja. U praksi je gotovo nemoguće postići kontinuirani tok bez potrebe skladištenja zbog:

- Neusklađenosti dolaska i odlaska pomorskih i kopnenih prijevoznih sredstava
- Meteoroloških nepravilnosti
- Carinskih postupaka i procedura
- Kvarova i drugih incidentnih situacija
- Čekanja za daljnju manipulaciju
- Dodatne aktivnosti na teretu

---

<sup>35</sup> Bošnjak I.: Inteligentni transportni sustavi 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006., p.184.



## **5. INFORMACIJSKI I KOMUNIKACIJSKI ASPEKT INTELIGENTNIH TERMINALA**

Složenost upravljačke funkcije nameće potrebu za nalaženjem optimalnih rješenja u sustavima organizacije, informatizacije i komunikacije cjelokupnog lučkog sustava i njegovog okružja. Svi lučki podsustavi su međusobno povezani, iako postoji podjela na zasebne organizacijske cjeline. Značenje temeljnih pojmova se očituje i u korištenju zajedničkih kadrovskih, programskih i informacijskih resursa inteligentnih terminala, iako brojni analitičari podjednako vrijednuju doprinos svakog sustava u upravljačkoj funkciji inteligentnog terminala. Uz najbolju organizaciju i suvremenu obradu informacija bez kvalitetnog i bonitetnog komunikacijskog sustava za prikupljanje, obradu, pohranjivanje i distribuciju relevantnih informacija iste ne bi bile dostupne upravljačkim strukturama poslovnih korporacija za donošenje poslovnih odluka. Komunikacijski sustav može svoju djelotvornost iskazati u okviru svoje poslovne informacijske funkcije, zbog čega je neophodno potrebno dati i prikazati iste kroz strukturu, zadaću i resurse iste u okviru inteligentnog terminala. Temeljni resursi kao što su kapital, znanje i sposobnosti za donošenje valjanih odluka ističu i potrebu interakcija istih s komunikacijskim sustavom inteligentnog terminala. Zbog toga se umjesto zaključnih razmatranja daju sažete odrednice razvoja komunikacijskog sustava i njihovo značenje u funkciji upravljanja inteligentnim terminalom, te njihova uska povezanost s ostalim dijelovima informacijske funkcije svakog terminala.

### **5.1. INFORMACIJSKI ASPEKT ITS-a**

Sustav je skup međusobno povezanih komponenata koje rade zajedno, a informacijski sustav je sustav koji procesira, pohranjuje i distribuira informacije, prihvaća ulazne podatke iz okoline, obrađuje ih i šalje prerađene informacije natrag u okolinu. Svaki informacijski sustav djeluje tako da povezuje političko, pravno i ekonomsko okružje, koja uključuju pravila, poslovne procese, tehnike menadžmenta te ljudska i organizacijska ograničenja. Ključ uspješnog razvoja sustava je razumijevanje načina na koji predloženi informacijski sustav međusobno djeluje s okolinom u kojoj će funkcionirati.

Prednosti uvođenja sustava elektroničke obrade podataka na terminalima su:<sup>36</sup>

- Prikupljanje informacija na vrijeme i vjerodostajno
- Bolja organizacija prikupljanja podataka
- Mogućnost prijama novih informacija u kratkom vremenu
- Jednostavno razotkrivanje podataka u praktičnom i prihvatljivom obliku
- Obrada i baza usporedbe velikog broja podataka
- Mogućnost primjene na manjim terminalima
- Smanjenje količine papirne dokumentacije i broja službenika u uredima
- Manje pogrešaka na dokumentima

---

<sup>36</sup> Dundović Č.: Lučki terminali, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2002. p. 127.

Inteligentni transportni sustavi pokrivaju širok raspon tehnologija, kojima je cilj povećati djelotvornost, učinkovitost i sigurnost postojećih transportnih sustava i kao takvi izravno su povezani s izgradnjom informacijskih sustava s ciljem boljeg upravljanja transportnim sustavima. Uvjet uspostave inteligentnog transportnog sustava je inteligencija dvaju glavnih disciplina: informacijskih sustava koji uključuju hardver, softver i komunikacijske mreže i transportnih sustava koji uključuju transportnu infrastrukturu, tehnička sredstva i uređaje. Osnovni uvjet uspostave srži ITS-a je raspolaganje informacija u stvarnom vremenu. Informacije služe operaterima kao pomoć u optimiziranju tokova složenih sustava i korisnicima služi za planiranje i odlučivanje. Operateri ne mogu primijeniti ITS ako nemaju dovoljno znanja o njemu, zato obučavanje profesionalnog osoblja predstavlja esencijalan preduvjet za uspjeh. Informacijski sustav fizički je smješten u središnjem uredu i njegova uloga je prikupljanje podataka koji su potrebni za rad inteligentnog transportnog sustava.

Podaci u informacijskom sustavu prikupljaju se od podsustava samog ITS-a, koji se sastoji od:<sup>37</sup>

- Sustava automatske identifikacije
- Sustav praćenja
- Menadžmenta tereta
- Sustav prekrcajne mehanizacije

### **5.1.1. SUSTAV AUTOMATSKE IDENTIFIKACIJE**

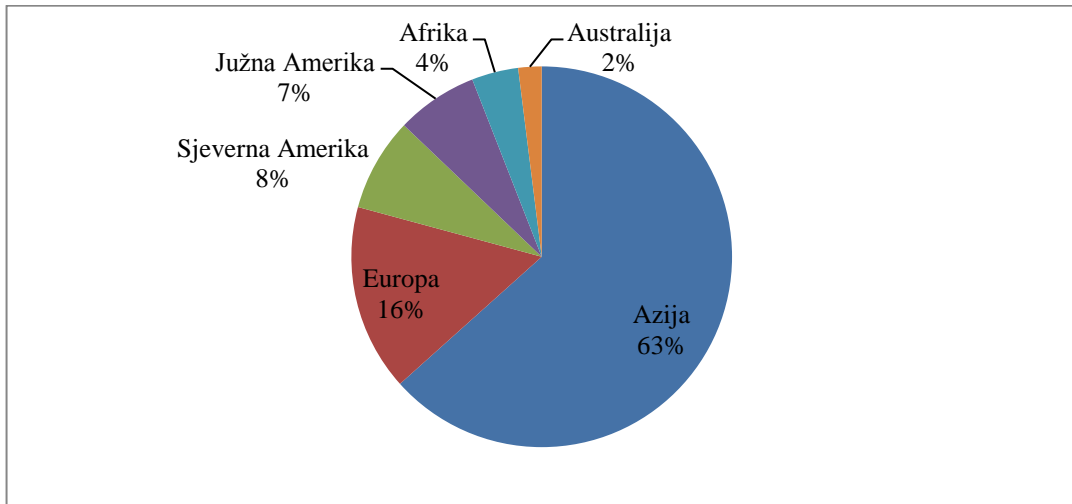
Ključ uspostave ITS-a na inteligentnom terminalu je pristup kvalitetnoj informaciji kada je to potrebno. Sustav identifikacije i kontrole tereta u lukama, osim u lukama s visokosofisticiranom opremom i godišnjim promet koji iznosi nekoliko stotina milijuna tona, manualan je, dokumenti koji prate brod i teret su u papirnatom obliku, a rezerviranje i najam broskog prostora obavlja se koristeći prijenos podataka telefonom ili faksom. Primjena automatske identifikacije tereta pri ulasku u luku i izlaska iz luke i integracija sa sustavom elektroničke razmjene podataka utječe na poboljšanje operacija rukovanja teretom, smanjenje vremena zastoja u luci i pred lukom, smanjenje pogrešaka, te povećanje protoka u lukama, pristaništima i terminalima.

Automatska identifikacija u lukama služi za ažuriranje informacija prema korisnicima o položaju ukrcajne/iskrcajne jedinice u lučkom sustavu odnosno podsustavu prometnog sustava te služe kao podrška procesima planiranja u lučkom sustavu, monitoringu i kontroli te dokumentaciji koja prati tok tereta. Pri automatskoj identifikaciji tereta u lukama misli se na teret koji je objedinjen kontejnerima budući da danas takav teret u svjetskoj trgovini sudjeluje s otprilike pedeset milijuna TEU-a.

---

<sup>37</sup> Jolić N.: Luke i ITS, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.,p. 190.

Na grafikonu 1. prikazan je promet kontejnera u kontejnerskim luka prema kontinentima, Azija je kontinent čije kontejnerske luke čine 63 % ukupnog svjetskog kontejnerskog prometa, nakon toga slijedi Europa koja zauzima 16 % od ukupnog prometna kontejnerima u svijetu. Podaci koji su korišteni odnose se na 2019. Godinu.



**Grafikon 1. Promet luka za prijevoz kontejnera po kontinentima (2019. godine)**

Izvor: [https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2019\\_en.pdf](https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2019_en.pdf) (17.4.2020.)

Sustav automatske identifikacije koristi se za kratkodometno praćenje brodova i općenitog pomorskog prometa. To je brodski sustav emitiranja koji djeluje kao transponder te je sposoban za rukovanje više od 4500 izvješća u minuti. Postojeća regulativa koja je stupila na snagu 2004. godine govori da sustav automatske identifikacije mora biti postavljen na sve brodove koji obavljaju međunarodna putovanja te im je bruto tonaža veća ili jednaka 300, teretne brodove koji nisu uključeni na međunarodna putovanja te im je bruto tonaža veća ili jednaka 500 i na sve putničke brodove bez obzira na veličinu. Također brodovi opremljeni sa AIS-om moraju držati sustav uključen u svako doba osim kada međunarodni ugovori, pravila ili standardi osiguravaju zaštitu navigacijskih informacija.

Svaki AIS sustav se sastoji od jednog VHF (*Very High Frequency*) odašiljača, dva VHF TDMA (*Time Division Multiple Access*) prijemnika, jednog VHF DSC (*Digital Selective Calling*) prijemnika te standardnih brodskih elektroničkih komunikacijskih veza prema brodskom zaslonu i sensorima. Na slici 13. prikazan je rad mreže sustava automatske identifikacije vozila.

Informacije vezane uz poziciju i vrijeme proizlaze iz integriranog ili vanjskog satelitskog navigacijskog sustava GPS. Ostale informacije koje sustav automatske identifikacije emitira su dobivene elektroničkim putem iz brodskih uređaja putem standardnog sustava brodske komunikacije.

Svakih 2-10 sekundi, brod koji je opremljen sa AIS sustavom prenosi sljedeće podatke:<sup>38</sup>

- Brzina kretanja broda, od 0 – 120 čvora
- MMSI (*Maritime Mobile Service Identity*) broj
- Navigacijski status brod – usidren ili brod na putu
- Položaj broda
- Stopa okreta, 0-720° po minuti
- Smjer i kurs broda
- Vremenska oznaka

Također, svakih 6 minuta se prenose sljedeće podatke:<sup>39</sup>

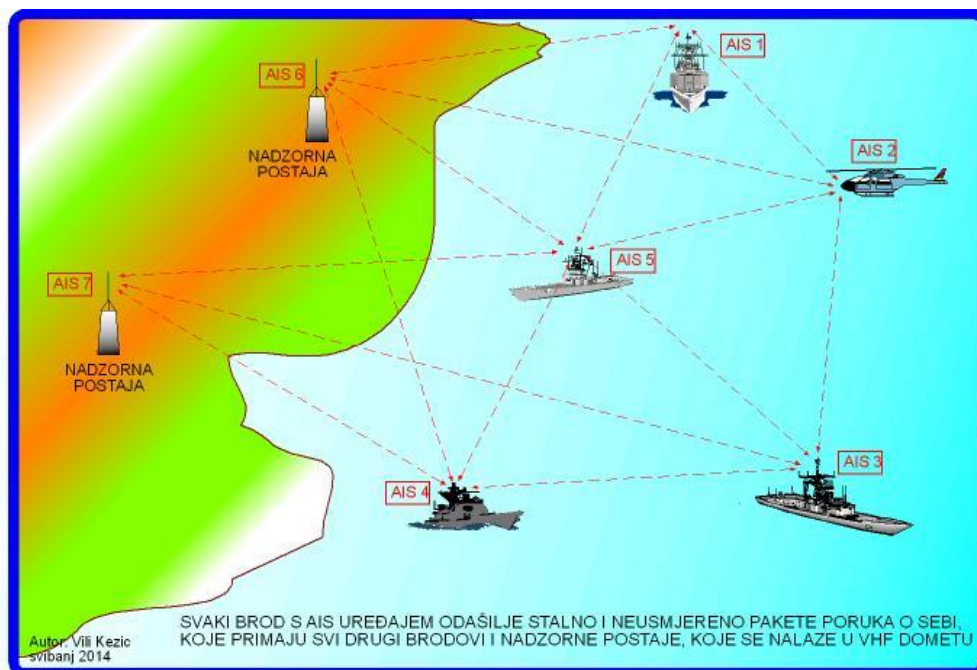
- Dimenzije broda
- Gaz broda
- Identifikacijski broj međunarodne pomorske organizacije
- Naziv broda
- Odredište
- Pozivni znak
- Procijenjeno vrijeme dolaska broda na odredište
- Vrsta broda ili tereta

Koristi se SOTDMA (*Self-Organizing Time Division Multiple Access*) tehnologija kako bi se zadovoljila visoka stopa emitiranja podataka i kako bi se osigurala sigurna komunikacija između brodova.

---

<sup>38</sup> <http://intrasus.eu/sustav-automatske-identifikacije/> (29.6.2020.)

<sup>39</sup> <http://intrasus.eu/sustav-automatske-identifikacije/> (29.6.2020.)



**Slika 10. Rad mreže sustava automatske identifikacije vozila**

Izvor: <https://obris.org/hrvatska/meki-napadi-na-ais-moguci-i-na-jadraniu/> (29.6.2020.)

### 5.1.2. SUSTAV PRAĆENJA I MENADŽMENTA TERETA

Sustav praćenja i menadžment tereta promatra kontejneriziran teret. Kontejneri se opremaju sensorima za očitavanje temperature, vlažnosti, vibracija i stanje vrata koji imaju uspostavljeno sučelje s kontrolom kontejnerske jedinice.

Mobilnu jedinicu predstavlja brod u navigaciji odnosno prekrajno sredstvo u luci i ima sučelje prema kontroloru mobilne jedinice i postojećoj komunikacijskoj opremi. Treći segment sustava praćenja i menadžmenta tereta je kontrolor tereta gdje se terete nalazi u mirovanju.

Prilikom proučavanja sustava praćenja tereta bitan je transportni tok kontejnera. Sustav praćenja i menadžment tereta treba obuhvatiti cijeli tok, jer je lučki sustav dio transportnog sustava te on počinje kod pošiljatelja i završava kod primatelja. Sustav praćenja pridonosi aktivnostima usklađivanja fizičkih i administrativnih operacija kako bi pružila usluge korisnicima da bi se ubrzali ciklusi i omogućilo optimalno korištenje infrastrukture inteligentnog terminala. Menadžment informacijskog toka koristi svim lučkim interesnim skupinama jer je uvjetovan postojanjem i funkcioniranjem sustava praćenja tereta. Sustav praćenja brodova ima tehničku podršku u primjeni tehnologije transpondera i omogućuje komunikacijske infrastrukture odnosno u mobilnim komunikacijskim sustavima (GSM) i sustavu određivanja položaja (GPS).

Kontejner odnosno teretna jedinica mora biti opremljena:<sup>40</sup>

- Kontrolorom kontejnerske jedinice
- Detektorima temperature, vlage i stanja vrata
- Radion i antenom
- Antenom i ID platformom
- Električnim kabelima

Mobilna jedinica mora biti opremljena:

- Kontrolorom mobilne jedinice
- GSM vezom
- GPS prijamnikom
- Radiom i antenom
- Antenama za GSM i GPS
- Antenom za detekciju vrata

Pojam menadžment tereta podrazumijeva optimalno planiranje, kontroliranje i monitoring tereta s ciljem planiranja lučkih aktivnosti, osobito planiranje korištenja lučkih resursa. Uspostava uvjetovana je protokom podataka i prema unutarnjim i prema vanjskim interesnim skupinama i od njih. Integracijom sustava praćenja tereta s obilježjima telematskog sustava, sustava menadžmenta flote i elektroničke razmjene podataka omogućuje se stvaranje baze podataka u realnom vremenu, odnosno interesne skupine imaju mogućnost pravodobnog i usklađenog upravljanja informacijama te prijenosa strukturiranih podataka računalom.

### **5.1.3. SUSTAV PREKRCAJNE MEHANIZACIJE**

Napredne tehnologije poboljšale su rukovanje teretom jer ostvaruju vrijednosti 24 sata na dan, 7 dana u tjednu. Teret može kasniti u luku ako nedostaje dozvola ili komunikacija između subjekata, a napredne tehnologije ublažavaju neusklađenost aktivnosti. Koncept inteligentnog transportnog sustava razvijen je u podsustavu lučke prekrcajne mehanizacije kao dijelu lučkog sustava pruža mogućnost identificiranja, praćenja i monitoringa automatizirane mehanizacije u stvarnom vremenu. Razvijaju se sustavi automatizacije s ciljem smanjenja i eliminacije manualnog rada.

Za luku s visokim troškovima radne snage, automatizacija sustava rukovanja teretom je najpouzdaniji način uštede. Osim smanjenja manualnog rada cilj automatizacije je poboljšanje produktivnosti terminala i same luke. Prilikom izbora automatiziranog sustava rukovanja utječu različiti čimbenici. Manji i specijalizirani terminali lakše se prilagode unaprijeđenom sustavu rukovanja nego veliki i višenamjenski terminali.

---

<sup>40</sup> Jolić N.: Luke i ITS, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., p.183.

Čimbenici koji utječu na odabir sustava automatiziranog rukovanja na terminalu:<sup>41</sup>

- Operativnost terminala – poboljšanje produktivnosti, smanjene troškova i poboljšanje razine sigurnosti
- Obilježja terminala – specijalizirani ili višenamjenski terminali, veliki ili mali terminali i dostupno zemljište terminala

#### **5.1.4. AUTOMATSKI VOĐENA VOZILA**

Automatski vođena vozila (AGV- *Automated Guided Vehicle*) se koriste za prijevoz kontejnera unutar terminala, umjesto traktorske poluprikolice. Primjena ovog sustava povećava učinkovitost terminala, smanjuje troškove rada za 80%, potreba za održavanjem sustava smanjuje se za 50%, a troškovi energije za 10%. Vozila s automatskim vođenjem (AGV) su bespilotna vozila koja se kreću automatskim upravljačkim sustavom. Senzori na infrastrukturi i na vozilu daju informacije o mjestu i brzini vozila, na temelju kojih sustav upravljanja šalje vozilu odgovarajuće naredbe kako bi mogao pratiti određene putanje i kretati se odgovarajućom brzinom. AGV sustav sastoji se od vozila, ugrađenog upravljača, upravljačkog, komunikacijskog i navigacijskog sustava. Ugrađeni kontroler je zadužen za uključivanje i isključivanje vozila, upravljanje pogonskim, upravljačkim i kočnim sustavom vozila, kontrolira svoj rad i izdaje potrebne naredbe za ispravljanje pogreške. Upravljački sustav koristi se za optimizaciju staza i operacije planiranja koje je potrebno izvesti. Komunikacijski sustav prenosi podatke između vozila i centralnog upravljačkog sustava i obrnuto. Navigacijski sustav osigurava upravljanje i vođenje vozila tijekom rada. Vozilo se može voziti fiksnom ili slobodnom stazom.

U slučaju kada se vozilo vozi fiksnom stazom ne može se mijenjati putanja, a u drugom slučaju kada se vozilo slobodnom stazom se može promijeniti internetskim informacijama, sustavom za otkrivanje prepreka, kao i sustavom za izbjegavanje sudara s drugim vozilima.<sup>42</sup>

---

<sup>41</sup> Jolić N.: Luke i ITS, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., p.185.

<sup>42</sup> <http://www.automobilizam.net/automatski-vodjena-vozila-agvs-%E2%80%93-automated-guided-vehicle-system/> (1.7.2020.)



**Slika 11. Automatski vođeno vozilo za transport kontejnera**

Izvor: <http://www.automobilizam.net/automatski-vodjena-vozila-agvs-%E2%80%93-automated-guided-vehicle-system/>

AGV sustavi koriste se najčešće na kontejnerskim terminalima za ukrcaj kontejnera na način da preuzima kontejner s obale, uvozi s broda, spušta i vraća se po drugi. Na slici 14. prikazan je AGV sustav za transport kontejnera, AGV sustav može imati razvijeno sučelje prema drugim automatiziranim sustavima na terminalu kao što je automatizirano skladište.

### **5.1.5. AUTOMATSKE SKLADIŠNE DIZALICE I ROBOTSKO UPRAVLJANJE**

Automatske skladišne dizalice (ASC – *Automated Stacking Crane*) koriste se za kontejnerske terminale za razmještanje i slaganje kontejnera u skladištima i odlagalištima. ASC se kreće po tračnicama i kretanje se kontrolira iz središnje kontrolne jedinice. Radi u kombinaciji s AGV tako da uzima odnosno stavlja kontejner pomoću spreadera s AGV na AVG. Većina aktivnosti na terminalu za kontejnerizirani teret započinje na skladišnoj odnosno odlagališnoj zoni, zbog toga skladištenje mora biti efikasno i usklađeno s ostalim aktivnostima. Ograničen prostor, veliki troškovi radne snage i prekrcajne mehanizacije te velika osjetljivost sustava na točnost dolaska predstavlja motive implementacije automatiziranih i robotiziranih sustava.

Obilježja potpuno automatiziranih i robotiziranih sustava:<sup>43</sup>

- Potpuna pokretljivost, 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/mreža

<sup>43</sup> Jolić N.: Luke i ITS, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., p.187.



Prednosti korištenja ASC sustava:<sup>44</sup>

- Povećana produktivnost (povećan protok roba, brži pristup robi, nema “izgubljenih” roba, mogućnost povećanja broja okretaja zaliha u jedinici vremena)
- Smanjenje greški
- Optimalna iskorištenost prostora (smanjeni troškovi izgradnje objekta, smanjeni troškovi grijanja, ventilacije, ...)
- Potreban manji broj ljudi za rad u skladištu
- Povećana sigurnost radnog osoblja
- Reducirani troškovi rukovanja materijalom i brža inventura

Uštede u troškovima prilikom korištenja potpuno automatiziranog terminala odnose se na održavanje, troškove energije i školovanja. 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 što brod pristane, prilikom iskrcanja kontejnera automatiziranim dizalicama, sustav automatske identifikacije pruža funkciju očitavanja obilježja kontejnera i provjere njihove istovjetnosti s prije poslanim podacima u lučkom sustavu.

## 5.2. KOMUNIKACIJSKI ASPEKT ITS-A

Kako bi se udovoljilo zahtjevima za većom produktivnošću, potrebno je povećati protok tereta na terminalu boljom organizacijom unutrašnjeg prometa na terminalu. Poboljšanje organizacije procesa prekrcaja i skladištenja na terminalu moguće je ostvariti na sljedeći način:<sup>45</sup>

- Uvođenjem komunikacijske mreže unutar terminala s kompletnom i snažnom bazom podataka
- Točnom procjenom prijevozno-prekrcajnih operacija
- Razvijanjem automatskog upravljanja operacijama (automatski vođenja vozila bez vožaća, automatske mosne dizalice)
- Uvođenje buffer (puffer) elemenata u sustav

Puffer-sustav je jedno od rješenja koje može unaprijediti proces prekrcaja i ostvariti automatizirani protok kontejnera na terminalu. Kod ovog sustava kontejneri se prenose u dvije razine preko pokretnih platformi.

---

<sup>44</sup> <https://www.primatlogistika.hr/hr/proizvodi-i-sustavi/skladisni-sustavi/automatizirani-skladisni-sustavi/automatizirani-skladisni-sustavi> (3.7.2020.)

<sup>45</sup> Dundović Č.: Lučki terminali, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2002. p. 128.

Sva rješenja komunikacijskog sustava ITS-a dijele se u tri osnovne kategorije:<sup>46</sup>

- Stacionarne (žične) komunikacije koje omogućuju komunikaciju između središnjeg ureda i pojedinih podsustava ITS-a i putem njih prikupljaju informacije. Uključuju različite tehnologije koje se upotrebljavaju u javnim i privatnim komunikacijskim mrežama odnosno javnu telefonsku mrežu, digitalnu mrežu integriranih usluga, mreža za prijenos okvira
- Širokopodručne pokretne (bežične) komunikacije koje omogućuju komunikaciju između pokretnih elemenata ITS-a i nepokretnih elemenata komunikacijske infrastrukture na širokom području. Namijenjene su prijenosu različitih vrsta informacija prema sudionicima lučkog sustava i nisu u mogućnosti ostvariti vezu s bazom podataka ili drugim subjektima preko sustava stacionarnih komunikacija
- Usko područne pokretne (bežične) komunikacije koje omogućuju komunikaciju između pokretnih elemenata ITS-a i nepokretnih elemenata komunikacijske infrastrukture na uskom području

### 5.2.1 EDI PROFIL LUČKOG SUSTAVA

EDI (*Electronic Data Interchange*) sustava – sustav elektroničke obrade podataka od strane svih subjekata lučkog sustava. Komunikacijski sustavi su primjenjivi u pomorskom prometu služe povezivanju njegovih komponenata i omogućuju predstavljanje, razvoj i djelotvornu primjenu širokog spektra korisničkih usluga pomorskog prometa, pri čemu EDI predstavlja stratešku aplikaciju u području informacijske tehnologije koja predviđa rast razine automatizacije i integracije u telematskoj razmjeni podataka među partnerima. Ključni čimbenik EDI tehnologije je integracija s drugim telematskim aplikacijama. Edi između subjekata lučkog sustava stvara temeljne pretpostavke za pravodobno, pouzdano i usklađeno upravljanje aktivnostima.

Programi za elektroničku razmjenu podataka (EDI softver) rabe se za oblikovanje, adresiranje i procesiranje EDI poruka ili datoteka i konverziju u formate prilagodljive za prijenos putem računalnih mreža, a mogu se sistematizirati na program za aplikacijsko sučelje, program za provođenje poruke i program za komunikacijsko sučelje.

---

<sup>46</sup> Jolić N.: Luke i ITS, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., p.202.

Prednosti elektroničke razmjene podataka su:<sup>47</sup>

- Smanjenje dokumentacije u kreiranju i arhiviranju
- Poboljšanje preciznosti zbog smanjenja ručne obrade
- Povećanje brzine prijenosa narudžbi ostalih podataka
- Smanjenje administrativnih napora za uvođenje podataka, slanje poštom i drugih zadaća
- Smanjenje cijena davanja narudžbi, obrade i rukovanja
- Poboljšani pristup informacijama zbog brzine potvrde i obavijesti o ukrcaju
- Smanjenje poslovnog opterećenja i poboljšanje točnosti u ostalim odjelima povezivajući EDI sa srodnim sustavima, kao što je bar-code tehnologija i elektronski prijenosni fond.

Najveći korisnici EDI-a u lučkom sustavu su lučka uprava, lučki operateri, štivadur, pomorski agenti, otpremnička poduzeća, cestovni i željeznički prijevoznici te carinska uprava.

Subjekti sustava mogu EDI koristiti u sljedeće svrhe:<sup>48</sup>

- Lučka uprava : cargo manifest, informacije o opasnim teretima, alokacija pristana
- Lučki operateri/štivaduri : manifest tereta, plan slaganja, informacije o opasnim teretima
- Otpremnička poduzeća: uvozno-izvozna deklaracija
- Pomorski agenti: manifest tereta, rezervacije, plan slaganja
- Željeznički prijevoznici: teretnica, informacije o opasnim teretima
- Carinska uprava: deklaracija o teretu, manifest tereta, deklaracija vozila

Prilikom korištenja EDI sustava važno je promatrati troškove i rastaviti ih na troškove hardvera, softvera, aplikacijskih sučelja, telekomunikacijskog softvera, usavršavanja, održavanja, slanja odnosno prijenosa. Cestovni prijevoznici nemaju uspostavu elektroničke razmjene podataka s lukom iako kamioni voze oko 60% teretnog toka prema europskim lukama i od europskih luka. Najveći cestovni prijevoznici imaju EDI kontakt sa svojim partnerima u zaleđu. Špediteri koriste elektroničku razmjenu informacija s carinskom upravu u administrativne svrhe. Uspješna primjena informacijskih tehnologija u lučkom sustavu uvjetovana je spregom softverskih poduzeća i interesnih skupina. Interesne skupine nemaju dovoljno znanja i spoznaja o inovativnim informacijskim i komunikacijskim tehnologijama, a pružatelji novih tehnologija nemaju dovoljno spoznaje o zahtjevima za korištenje u praksi.

Kada sustav, primjerice praćenja i nadziranja, funkcioniraju, što zahtijeva trenutnu informaciju o statusu tereta, vozila, opreme i prometnog toka, moguće je postići integriranost sustava. Potpuna primjena podrazumijeva inteligentne informacijske sustave odnosno generiran inteligentni transportni sustav u luci.

---

<sup>47</sup> Jolić N.: Luke i ITS, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., p.198.

<sup>48</sup> Jolić N.: Luke i ITS, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., p.198.

## 5.2.2. GPS U LUČKOM SUSTAVU

Globalni pozicijski sustav (GPS) satelitski je radionavigacijski sustav koji se koristi u različitim ITS aplikacijama vezano za određivanje položaja na površini i u prostoru oko površine.

Što uključuje:<sup>49</sup>

- određivanje pozicije i najbliže točke ili broda
- povezivanje GPS antene s navigacijskim sustavom i vođenjem do odredišta
- sigurnosne aplikacije i zaštita broda i posade

GPS se sastoji od 24 satelita s visinom putanje 20.183 km uz vrijeme obilaska Zemlje od 11 sati i 58 minuta. Korisnici u svakom trenutku na raspolaganju stoje 6 do 11 satelitatako da prijamnik za pozicioniranje odabire četiri najpovoljnija satelita.

U ITS aplikacijama se mogu koristiti i precizniji diferencijski GPS sustavi (*DGPS*) koji je vrsta relativnog pozicioniranja gdje monitorska stanica prima satelitske signale i izračunava pogreške. Taj podatak prikazuje se korisnicima u određenom području polumjera od stotinjak kilometara.

Određivanje položaja korisnika GPS sustava temelji se na mjerenju vremena preleta signala od satelita iz čega se izračuna udaljenost prema izrazu

$$I = c \cdot t_{pr}$$

pri čemu je:

I – udaljenost od satelita do korisnika

c – brzina svjetlosti (u vakuumu)

$t_{pr}$  – vrijeme proleta signala

---

<sup>49</sup> Bošnjak I.: Inteligentni transportni sustavi 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006., p.212.

Prednosti GPS-a su:<sup>50</sup>

- umjesto točke na elektroničkom zaslonu obrisi broda se prikazuju kao ikone što olakšava snalaženje pomorcima i pruža bolju sigurnost
- moguće je motrenje broda stalo, čak i tijekom manevara
- moguće je simulirati kritične faze putovanja
- prijamnik sa specijalnim antenskim sustavom omogućuje rukovanje informacijama bez pogrešaka kao pri korištenju žirokompasa
- vertikalna komponenta informacija o položaju može pomorcima pružiti trenutačne informacije o plimi i oseki
- GPS modul je ugrađen u GMDSS opremu da bi pružio kontinuirane obnavljane informacije o položaju
- Znatno smanjenje broja pomoćnika pri navigaciji
- Kombiniranjem GPS-a s komunikacijskim vezama moguće je razviti automatski obavještavajući sustav koristeći GPS za pozicioniranje i senzore za dobivanje informacija o vremenu
- Većina usluga praćenja brodova do nedavno se temeljila na radarima, no ubuduće će biti temeljeni na diferencijalnim GPS (*DGPS*) i raditi po njihovom principu

---

<sup>50</sup> Jolić N.: Luke i ITS, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., p.205.

## 6. RAZVOJ INTELIGENTNIH TERMINALA U VODNOM PROMETU U EU

Današnji sustav vodnog prometa obilježava dinamika porasta količine tereta u sustavu i porast broja transportnih sredstava u sustavu, koji je izazvan eliminacijom međunarodnih trgovačkih prepreka, nižim poretima i pomicanjem središta globalne proizvodnje i potrošnje. Predviđa se da će transport tereta kontejnerima porasti jer kontejneri objedinjuju sve više vrsta robe. Najvažiji trend razvoja sustava vodnog prometa i prometnog sustava je uspostava održivog razvoja. Održivi razvoj podrazumijeva strateško planiranje, razvoj djelotvornosti, učinkovitosti i integriranih transportnih podsustava uvažavajući potrebe zaštite okoliša na globalnoj razini. Ubrzan ekonomski razvoj i globalizacija uvelike su povećale obujam robnih tokova u svim modovima prijevoza. Pojačan promet imao je značajan utjecaj na morske i riječne luke u Europi. Ubrzan ekonomski i socijalni razvoj podrazumijevaju potrebu za brzim i dinamičnim razvojem prometa, primjenom modernih tehnologija prometa. Inteligentna tehnologija podrazumijeva ispunjavanje novostvorenih zahtjeva kao što su brzina, pouzdanost, efikasnost, smanjene troškova te povećanje sigurnosti. Razvoj i primjena inteligentne tehnologije na terminalima utječe na cijenu robe i povećanje lučkih kapaciteta, što utječe na isplativost ulaganja, a samim time i na razinu i strukturu međunarodne razmjene. U ovom poglavlju ćemo ispitati mogućnosti implementacije projekta inteligentnog transportnog sustava u hrvatskim pomorskim lukama što je vrlo važno za Hrvatsku koja je zemlja s velikim kapacitetima za razvoj inteligentnih transportnih sustava. U posljednjih dvadeset godina uloženi su veliki naponi u znanstveno istraživanje u pogledu širenja znanja o upravljanju složenim sustavima i procesima koristeći nove informacijske tehnologije kako bi se pronašla rješenja za razvoj ITS-a u vodnom prometu. ITS je novi kritički koncept koji mijenja pristup i razvoj trendova u prometu također mijenja i tehnologiju prijevoza ljudi i robe. ITS pokušava pri brzom rastu prometa pronaći rješenja za zagušenje prometa i zagađenje okoliša kako bi se povećala učinkovitost transporta, sigurnost i zaštita robe i ljudi u vodnom prometu. Osnovne pretpostavke koje su potrebne za analizu sustava kao inteligentnog prometnog sustava su : prijevoz, razmjena informacija i integracija prometnih podstava u sustavu u lukama kako bi se prikupljali, spremali, obrađivali i distribuirali podaci odnosno informacije o kretanju ljudi i tereta. Hrvatske morske luke zbog povoljnog geografskog položaja imaju važnu ulogu i imaju veliki potencijal za razvoj.

Od ukupnog broja hrvatskih luka, njih sedam je važno za međunarodni prijevoz:<sup>51</sup>

- Pula
- Rijeka
- Zadar
- Šibenik
- Split
- Ploče
- Dubrovnik

---

<sup>51</sup> <https://bib.irb.hr/datoteka/609321.MIC4213.pdf> (1.8.2020.)

Hrvatske morske luke, osobito luka Rijeka, propustile su investicijski ciklus moderne tehnologije u osamdesetim godinama prošlog stoljeća, tako da je većina postojećih lučkih tehnologija datirana. Luke Koper i Trst u susjednim zemljama, u tom razdoblju investirale su tih godinama u modernizaciju i razvoj novih objekta. U periodu od 1980. -1989. godine u luku Koper je uloženo tri puta više nego u luku Rijeka. U tom razdoblju luke Koper i Trst izgradile su i opremile novi kontejnerski i Ro-Ro terminala i tako prilagodile svoje objekte novim zahtjevima koje je nametnuo razvoj pomorskog tržišta. Do 1990. godine nisu uložena nikakva značajna investicijska sredstva u luku Rijeka.

Hrvatske luke zbog svojih neučinkovitih ulaganja, stvorile su visoke troškove i visoke cijene lučkih usluga, nadmećući se međusobno i postupno su gubile korak s međunarodnim pomorskim tržištem. Neodgovarajuće i zastarjele željeznice i ceste u Hrvatskoj su razlog preusmjeravanja međunarodnog prijevoza na susjedne luke, ali čak i na luke koje se nalaze u središtu Europe. Država svojim mjerama prometne politike i adekvatnom infrastrukturom pruža stvaranje prometnih koridora. Nepostojanje dosljedne ekonomske i prometne politike u prošlosti u Hrvatskoj, te prevelika orijentacija na cestovni promet, zanemarivanje obalni kapaciteta, podcjenjivanje uloge morskih i riječnih luka, te pomorskog prometa i brojnih objektivni i subjektivni čimbenici odgovori su za zaostajanje Hrvatskog lučkog sustava. Razvoj autocesta i bolja povezanost obalnog područja sa zaleđem dovest će do rasta prometa kroz Hrvatske luke. Očekuje se da će se ulaganjima u prometne veze smanjiti i vrijeme prolaska kroz lučki sustav.

Nedovoljan broj linija s skromnim domaćim prometom i znatan pad tranzitnog prometa uzrokovali su zaostajanje u hrvatskim lukama. Domaći prijevoz ne može biti baza za brz i temeljit oporavak hrvatskih morskih luka zbog skromne trgovine robom te strukture naše vanjske trgovine. Mađarska, Austrija, Češka i Slovačka predstavljaju dobar primjer trenda sa kojim se posljednjih deset godina tranzitni prijevoz susjednih i srednjoeuropskih zemalja smanjio se gotovo na pola. Razlog tom trendu je u većoj konkurentnosti morskih luka Sjeverne Europe i otvaranju kanala Raina-Maina-Dunav i preusmjeravanju dijela tranzitnog prometa prema lukama sjevernog Jadrana u Trstu i Kopru. Neka poboljšanja mogu se naći u povećanoj međunarodnoj konkurentnosti morskih luka i povećanju tranzitnog prometa te također poboljšanjem konkurentnosti Hrvatske luke modernizacijom i modernim pristupom prema zahtjevima kupaca lučkih usluga. Nekontroliran i neadekvatan razvoj hrvatskog lučkog sustava uzrokovao je izostanak dosljedne pomorske i lučke politike. Nacionalne pomorske politike obično potiču razvoj jedne ili dvije luke imajući u vidu nacionalni, međunarodni, gospodarski i pomorski razvoj prometne industrije. Nedefinirani postupak litoralizacije pruža osnovu za upravljanje hrvatskim lukama da njeguju iluzije u prošlosti da svaka luka može preuzeti vodstvo i postati svjetska luka. Zbog toga lučki kapaciteti nisu prilagođeni prometnim potrebama i često ih nadjačavaju. Luke se sporo prilagođavaju novim prometnim tehnologijama i uvjetima pomorskog tržišta, a njihovi ljudski resursi i upravljanje nisu se mogli suočiti s globalnim izazovima i riješiti tehnološke, organizacijske, marketinške informacijske, gospodarske i cargo probleme te pitanja okoliša i razvojne strategije s kojima se suočava suvremena luka.

U usporedbi s lukom Koper, koja je još 1974. godine shvatila važnost koordinacije i usklađivanja tarifa na pojedinačnim prometnim linijama i uvela jedinstveno tijelo za koordinaciju tarifnih politika luka i željeznica, hrvatske morske luke i ostali sudionici prometa još uvijek nemaju adekvatnu zajedničku politiku za određivanje kvalitete i tarifa na pojedinačnoj prometnoj liniji. Navedena lučka infrastruktura, tarifna i tranzitna politika i nedovoljna razina specijalizacije infrastrukture i nadgradnje, neadekvatna, loša poslovna organizacija i niska kvaliteta i efikasnost rada, višak administrativnog osoblja te neadekvatna upravljačka i marketinška stručnost ključni su faktori zbog kojih morske luke i hrvatski pomorski sustav zaostaju u konkurentnosti. Temeljne zakonodavne pretpostavke za razvoj hrvatskog morskog sustava iznose se u Zakonu o morskim lukama iz 1995. godine (Zakon o morskim lukama) i Pomorskom zakoniku iz 1994.

Pomorski zakonik koji morske luke definira kao pomorsko dobro. Zakon o morskim lukama razvrstava morske luke i definira lučka područja, lučke usluge i njihov rad. Izgradnja i uporaba lučke nadgradnje i podstrukture, uspostava upravljanja lukom, struktura i rad, kodeks ponašanja u morskim lukama i privatizacija postojećih javnih lučkih poduzeća također su definirani u Zakonu o morskim lukama.

## **6.1. NOVI KONCEPT KONTEJNERSKOG TERMINALA LUKE RIJEKA**

Novi koncept kontejnerskog terminala u luci Rijeka prema Baričeviću i Poletanu prometno-geografski položaj kompleksa luke Rijeka važan je čimbenik za njegovu bržu integraciju u europski prometni sustav. Na slici 16. prikazan je kontejnerski terminala u luci Rijeka. Sadržaji postojeće infrastrukture sa svojim prometnim i tehničkim elementima pokazuju sklonost skladnom funkcioniranju pomorskog i cestovnog i/ ili željezničkog prometa. Dundović i Hlaća luku Rijeka vide kao luku od nacionalnog interesa otvorena za nacionalni i međunarodni javni prijevoz. Riječka luka igra važnu ulogu u prijevozu kontejnera. Kao što je predstavljeno u klasifikaciji luka i prostornom uređenju Primorske županije, Rijeka ima poseban međunarodni poslovni značaj za Hrvatsku. Većina hrvatskog izvoza i uvoza robe ostvaruje se kroz riječku luku, koja je glavna tranzitna luka u Hrvatskoj za robu iz Mađarske, Slovačke, Češke, Austrije, Italije i Srbije. Njegov geo-transportni položaj i fizičke karakteristike, kao i povezanost sa zaleđem, ujedno su i prednosti riječke luke. Također, prema Baričeviću i Poletanu, uspoređeni podaci o trajanju kopnenog i željezničkog teretnog prometa na riječkoj i konkurentnoj ruti pokazuju izrazitu prednost riječke luke kao polazišta i u pogledu trajanja prijevoza. Izgradnjom novih željeznica od Zagreba do Rijeke, rekonstrukcijom i dogradnjom autoceste Rijeka-Zagreb do autoceste koja usmjerava rijeku Savu od Šamca do Siska te izgradnjom kanala Vukovar-Šamac, Rijeka će postati važna luka za dunavsko-jadranske rute.

U budućnosti se može očekivati porast kontejnerskog prijevoza, a riječka luka dosegla je gornju granicu kada je u pitanju kapacitet skladištenja i pretovarenosti kontejnerskog terminala. Ako riječka luka želi zadržati svoju konkurentnost na slivnom području sjevernog Jadrana, potrebno je uslijediti odgovarajuće unapređenje i ulaganja kako bi se odgovorilo na povećane potrebe prijevoza.





**Slika 12. Kontejnerski terminal Jadranska vrata**

Izvor: <https://www.portauthority.hr/rgp-kontejnerski-terminal-jadranska-vrata/>

Zemljopisni položaj, pomorska tradicija i blizina europskog tržišta s intenzivnom prekomorskom trgovinom, povezanost pomorskih i kopnenih putova pomogli su riječkoj luci da nadjača svoj nacionalni kontekst. Dobre prometne veze i infrastruktura, posebice cestovna mreža i brodski vodovi, potrebni su Rijeci kako bi stekla primarnu tranzitnu luku za susjedne zemlje na putu za Sredozemlje, Bliski i Daleki Istok i Afriku. Najveći transportni rasuti teret u tranzitu kroz riječku luku postignut je prije 17 godina i iznosio je 7,5 mil.t. u godini. Nedostatak odgovarajućih cesta koje bi povezivale glavne autoceste s lukom koja se nalazi u središtu grada predstavlja značajan problem za Rijeku.

Uz to, nedostatan željeznički kapacitet također predstavlja nedostatak. Cilj budućih državnih inicijativa je pokušaj povećanja konkurentnosti i pomoći u održavanju rasta i učinkovitosti prometa koji će ubrzati proces nove izgradnje i modernizacije morskog pristaništa, uključujući izgradnju novih terminala i dogradnju starih. Međutim, važno je napomenuti da povećanje konkurentnosti riječke luke nije moguće bez modernizacije cestovnog i željezničkog koridora V i X.

2003. godine Svjetska banka odobrila je Republici Hrvatskoj kredit u iznosu od 155 milijuna američkih dolara i potpisala partnerstvo s Riječkom upravom luke, Riječkom lučkom tvrtkom i Gradom Rijekom radi provedbe planiranog ulaganja (Projekt Gateway). Projekti su vezani za modernizaciju postojećih terminala i dogradnju novih lučkih terminala. Složenost projekta ogleda se u modernizaciji riječke luke i rekonstrukciji ulazne rute, istovremeno osiguravajući adekvatan urbani razvoj s novom gradskom točkom i javnom infrastrukturom.

Projektom su osigurane financijske usluge konzultanata u vezi s poboljšanjima upravljanja, priprema ugovora zasnovanih na BOT-u za proširenje pristaništa „Zagrebačka obala“ i izgradnja nove ceste D-404 te nadzor nad građevinskim radovima. To su aktivnosti koje dovode do povećane učinkovitosti i sigurnosti rada luka 239 korištenjem novog sustava elektroničke razmjene podataka (EDI) i povezivanjem lučkih uprava i lučkih usluga.

Uz to, projekt osigurava i fond za financiranje programa zaštite radnika, uključujući mirovine. Projekt također predviđa odgovarajući sustav financijskog upravljanja i obuke. U tablici 5. prikazan je kontejnerski promet luke Rijeke od 2005. godine do 2019. godine.

**Tablica 5. Kontejnerski promet luke Rijeke (TEU)**

GODINA	TEU
2005.	76 258
2006.	94 390
2007.	145 024
2008.	168 761
2009.	130 740
2010.	137 048
2011.	150 677
2012.	171 945
2013.	169 943
2014.	192 004
2015.	200 102
2016.	214 348
2017.	249 975
2018.	260 375
2019.	305 049

Izvor: <https://www.portauthority.hr/statistike-i-tarife/> (5.8.2020.)

Iz tablice 5. vidljivo je da je od 2005. godine do 2019. godine kontejnerski promet luke Rijeke se povećao za četiri puta. Početak globalne gospodarske krize 2009. godine imao je utjecaj na cjelokupno gospodarstvo, što se odrazilo i na pad kontejnerskog prometa za 23 % u odnosu na godinu ranije (2008.). Sljedećih godina bilježi se ponovo trend rasta prometa, ali oporavak iz krize vidljiv je tek 2012. godine.

Očekuje se da će se ovim projektom postići određene izravne ekonomske koristi, kao i pozitivni učinci u smislu transporta, socijalne skrbi i zaštite okoliša. Izravni ekonomski učinci uključuju sljedeće:<sup>52</sup>

- Povećani lučki prijevoz i prihod
- Smanjenje operativnih troškova i cestovnog prometa zbog kašnjenja
- Poboljšanje prometne usluge na temelju trgovine i ekonomskog rasta uzrokovanog povećanim tranzitnim prijevozom
- Smanjenje dugoročnog stanja podrška luci Rijeka
- Poboljšano upravljanje lukama
- Povećana produktivnost rada
- Poboljšani uvjeti rada i okoliša (smanjeni prometni zastoji, zagađenje zraka i razina buke)
- Poboljšane prometne veze između riječke luke i transeuropske cestovne mreže putem koridora Vb

Brz rast prometa kroz kontejnerski terminal riječke luke podrazumijeva potrebu brze izgradnje odgovarajućih lučkih kapaciteta. Postojeći terminal dostigao je svoj maksimalni kapacitet od oko 100.000 TEU, a postoji potreba za izgradnjom novog. Novi prostor za pohranu dobit će se proširivanjem postojećeg spremišta. Novi kontejnerski terminal koji će moći primiti veće brodove i omogućiti prolaz između 150.000 i 200.000 TEU bit će smješten na novoizgrađenim obalama. Osigurat će se i nova kontejnerska dizalica i skladište za prijevoz tereta.

Lukama u Republici Hrvatskoj potrebna je implementacija informacijskog podsustava i sustava mrežne usluge u području modernog prometa kako bi se postigla visoka kvaliteta logistike prometa, posebno se to odnosi na pomorski promet. Za razvoj inteligentnih terminala potrebna je komunikacijska tehnologija, dobro razvijena prometna infrastruktura, inteligentna plovila, prekrcajna sredstva i inteligentna prekrcajna mehanizacija.

Potrebna su velika ulaganja u računalne aplikacije i njihov razvoj, također je bitno i ulaganje u ljudske resurse kako bi se održao razvoj ITS sustava u inteligentnim terminala u vodnom prometu, potrebno je razviti na adekvatan način logistički lanac. Prilikom razvoja inteligentnih terminala u vodnom prometnu potrebno je razmotriti interesne skupine, njihove želje, ideje i uočiti probleme kako bi taj sustav maksimalno iskorištavao sve resurse i zadovoljio potrebe svih korisnika terminala. Razvijen sustav mora biti fleksibilan i mora predviđati buduća poboljšanja koja se temelje na proširenju terminala i zadovoljavanju potreba korisnika terminala, a da se pritom što manje onečišćuje okoliš u okružju terminala. Svi korisnici terminala odnosno sudionici u transportu trebali bi biti povezani zajedničkim informacijskim sustavima. Taj sustav uključuje lučki informacijski podsustav i sustav upravljanja, pomorski sustav te sustav prijevozničkih poduzeća. To je sustav koji omogućuje koordinaciju u radu i poslovanju i istovremeno povećava konkurentnog susjednih terminala.

---

<sup>52</sup> <https://bib.irb.hr/datoteka/609321.MIC4213.pdf> (1.8.2020.)

Republika Hrvatska ima problem po pitanju stanja pomorskog lučkog sustava prilikom implemetacije ITS sustava zbog toga što je većina lučkih objekta tehnički zastarjela te ona imaju nisku produktivnost. Potrebno je povećati ulaganja u moderne objekte i tehnologije, modernizirati terminale te povećati kvalitetu prometne infrastrukture na lučkim terminalima. Potrebna je provedba dosljedne prometne i tarifne politike te lučke politike. Važno je upotreba ITS-a u lukama kako bi se postigla bolja konkurentnosti luke, pristaništa i terminala.

## **6.2. ANALIZA KONTEJNERSKOG TERMINALA LUKE ROTTERDAM**

Najmoderniziranije lučke terminale u najvećim europskim luka imaju Rotterdam, Antwerpen i Hamburg. Luka Rotterdam je jedna od najstarijih i najvećih morskih luka u Europi, bila je najprometnija luka na svijetu od 1962. do 1986. godine, danas su to azijske luke Singapur i Šangaj. Luka Rotterdam strateški je važna distribucijska točka u Europi jer je okružena visoko naseljenim industrijskim središtima – njemačku Ruhr, London i Pariz. Lukom Rotterdam i njezinim industrijskim područjem upravlja lučka uprava PoRa. To je dioničko društvo čiji je većinski vlasnik općina Rotterdam 75% i preostalih 25 % je u državnom vlasništvu Nizozemske.

Lučka uprava je odgovorna za rukovanje pomorskog prometa i razvoj javne infrastrukture i postojećih lučkih područja. Glavni cilj je jačanje konkurentske pozicije luke s povećanjem njezine veličine i kvalitete pružanja lučkih usluga.<sup>53</sup>

Luka Rotterdam nalazi se među 20 vodećih svjetskih kontejnerskih luka prema podacima iz 2018. godine, na tablici 6. bit će prikazan njezin poredak, te podaci o protoku robe izraženi u milijunima TEU-a.

---

<sup>53</sup> <https://www.ship-technology.com/projects/portofrotterdam/> (5.8.2020.)

**Tablica 6. 20 vodećih svjetskih kontejnerskih luka**

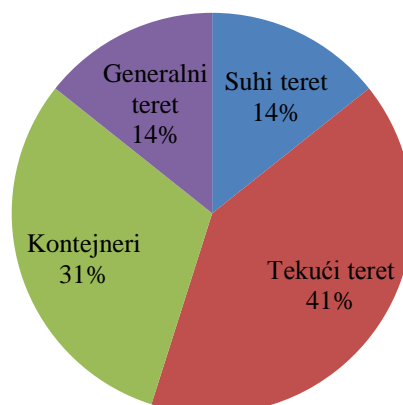
NAZIV KONTEJNERSKE LUKE	PROTOK TERETA (TEU)
Shanghai	42 010 000
Singapur	36 600 000
Ningbo-Zhoushan	26 350 000
Shenzhen	25 740 000
Guangzhou	21 920 000
Busen	21 660 000
Hong Kong	19 600 000
Qingdao	19 320 000
Tianjin	16 000 000
Dubai	14 950 000
Rotterdam	14 510 000
Klang	12 030 000
Antwerpen	11 100 000
Xiamen	10 700 000
Kaohsiung	10 450 000
Dalian	9 770 000
Los Angeles	9 460 000
Tanjung Pelepas	8 790 000
Hamburg	8 780 000
Long Beach	8 070 000

Izvor: [https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2019\\_en.pdf](https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2019_en.pdf) (10.8.2020.)

Na jedanaestom mjestu u poretku 20 najvećih svjetskih kontejnerskih luka nalazi se Europska luka Rotterdam koja ima godišnji protok robe od 14.5 milijuna TEU-a, što je rekordan broj za luku Rotterdam, u postocima povećanje u odnosu na 2018. godinu iznosi 5,7%.

Ukupna dužina luke Rotterdam iznosi 42 km, ukupna lučka površina iznosi 12 713 hektara. Protok luke Rotterdam u 2019. godini iznosio je 469.4 milijuna tona, od čega 74.5 milijuna tona suhog tereta, 212.2 milijuna tona tekućeg tereta i 152.9 milijuna tona rasutog tereta, podaci su prikazani grafički na grafikonu 2. koji nosi naziv podjela protoka tereta prema vrsti tereta u luci Rotterdam u 2019. godini, u postocima.

### Podjela protoka tereta prema vrsti u luci Rotterdam prema podacima iz 2019. godine



**Grafikon 2. Podjela protoka robe prema vrsti u luci Rotterdam prema podacima iz 2019. godine**

Izvor: <https://www.portofrotterdam.com/en/our-port/facts-and-figures/facts-figures-about-the-port/throughput> (10.8.2020.)

Luka Rotterdam kao jedna od vodećih svjetskih luka razvija se u smjeru da bude 'najpametnija luka', odnosno inteligentna. Njihovi terminali su opremljeni najvećim dizalicama koje osiguravaju siguran i pouzdan prekrcaj kontejnera. Terminali su izravno spojeni sa Sjevernim morem i pružaju izvrsnu povezanost s europskom željeznicom, unutarnjim plovnim putevima te cestovnim mrežama. Lučka uprava prihvaća energetske tranzicije i digitalizaciju kao priliku za logističke lance koji prolaze kroz Rotterdam, kako bi bila što učinkovitija, pouzdanija i tako postigla konkurentnost. Savršen primjer inovativne ambicije Rotterdama je realizacija kontejnerske rute (CER). Luka Rotterdam se sastoji od pet neovisnih kontejnerskih terminala. Lučka uprava Rotterdam uvodi rutu razmjene kontejnera koji je najveći i najnapredniji sustav razmjene kontejnera. CER se temelji na namjenskoj infrastrukturi, zajedničkim logističkim sporazumima i ICT sustavima koji povezuju sve lučke kontejnerske kapacitete. CER omogućava prijevoz kontejnera na Maasvlakte. Namjenska cestovna mreža povezuje sve terminale, skladišta, distribucijske centre i carinske objekte na Maasvlakte. Na toj mreži automatski vođena vozila prevoze kontejnere do odredišta, brzo i učinkovito te nesmetano. CER nudi fleksibilnost, kraće vrijeme čekanja i uštedu vremena. Omogućuje zamjenu spremnika bez problema i pomaže u optimizaciji opskrbnog lanca. Inovativna IT rješenja se temelje na praćenju i nadzoru cijelog procesa preko cloud (oblak) platforme. Luka Rotterdam naporno radi na inovativnoj tehnologiji kao što je oblak računalstvo, senzorskoj tehnologiji i umjetnoj inteligenciji kako bi osigurala najviše standardu sigurnosti i operativnoj izvrsnosti. Ruta za razmjenu kontejnera planira se aktivirati 2021. godine i očekuje se da će obraditi više od milijun kontejnera godišnje.<sup>54</sup>

<sup>54</sup> <https://www.portofrotterdam.com/en/doing-business/port-of-the-future/innovation/container-exchange-route-cer> (12.8.2020.)

Najznačajniji primjer inovacija i održivog razvoja luke Rotterdam je Maasvlakte 2. To su dva najsuvremenija svjetska kontejnerska terminala na kojima se upravlja najvećim svjetskim kontejnerskim brodovima, te su stavljene ogromne vjetrenjače koje pokreće vjetar s mora. Ukupno 1 000 hektara će s vremenom postati dostupno za inovativnu, održivu, lučku industriju vezanu za terminal.

APM terminal Rotterdam jedan je od najvećih kontejnerskih terminala u Europi, otvoren je u listopadu 2020. godine, njegov godišnji kapacitet iznosi 3,25 milijuna TEU-a. U studenom 2009. godine postao je prvi ekološki kontejnerski terminal s vjetrom koji generiraju električnu energiju za dizalice i druge prekrcajne operacije. Rotterdam je glavni pretovarni centar za britansko, irsko, skandinavsko i baltičko tržište, s multimodalnim pristupom za čak 320 milijuna potrošača te poslovnim i industrijske središte kontinentalne Europe. APM terminala je svjetska mreža od 20 300 zaposlenika u 68 zemalja. Na njemu se obavlja ukrcaj i iskrcaj kontejnera s broda na druge brodove, vlakove i kamione. Propusnost za terminale je 2,5 milijuna TEU-a godišnje. APT terminal je rangiran kao jedan od najproduktivnijih terminala u posljednjih 3 godine. Terminal je opremljen s 13 Post Panamax dizalica od kojih 5 mogu dosegnuti do 23 reda, jednom teretnom dizalicom, 2 250 hladnjača na površini od 100 hektara zemljišta i 1 600 metara obalnog zida. Dubina gaza na području ovog terminala je 20 metara. Na slici 17. prikazana je jedna Post Panamax dizalica na APM terminalu u luci Rotterdam.<sup>55</sup>



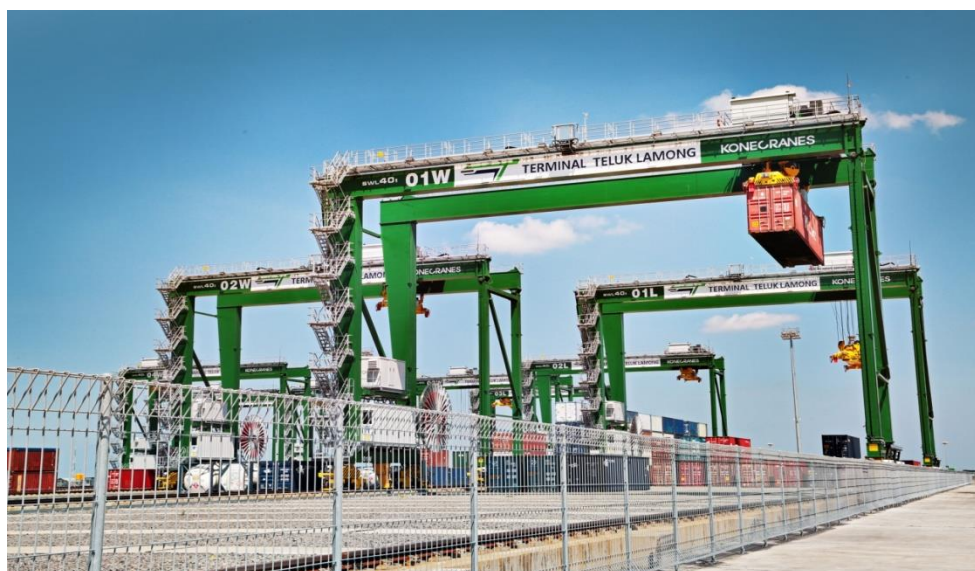
**Slika 13. Post panamax dizalica na APM terminalu u luci Rotterdam**

Izvor: [https://www.joc.com/port-news/european-ports/port-rotterdam/union-protections-forefront-hutchison-deal-buy-rotterdam-terminal\\_20191219.html](https://www.joc.com/port-news/european-ports/port-rotterdam/union-protections-forefront-hutchison-deal-buy-rotterdam-terminal_20191219.html)

---

<sup>55</sup> <https://www.apmterminals.com/en/rotterdam/about/our-terminal> (12.8.2020.)

Euromax terminal Rotterdam nalazi se na sjeverozapadnom dijelu Maasvlatke, započeo je s radom u lipnju 2010. Terminal ima kapacitet od 5 milijuna TEU. Terminal Euromax Rotterdam u luci Rotterdam jedan je od najsofisticiranijih centara za prijevoz kontejnera na svijetu. Terminal posjeduje visoke performanse, fleksibilnost, sigurnost, učinkovitosti i niski troškovi ključni su kriteriji u vezi s dizajnom, izgradnjom i radom terminala. Površina tog terminala je 84 hektara, dubina mora je 16,8 m, a maksimalna dubina lučkog bazena iznosi 19,6 m. Terminal Euromax Rotterdam sposoban je za rukovanje najvećih brodova, 24 sata dnevno bez ograničenja. Njegov izgled i dizajn u potpunosti su usmjereni na visoku produktivnost uz niske troškove. Inovativni koncept logistike terminala primjenjuje se i provodi kako bi se osigurala optimalna razina produktivnosti. Automatiziran i isplativ dizajn terminala razvijen je na temelju inovativne tehnologije i dugogodišnjeg iskustva. Terminala kombinira dobre elemente automatizacije ECT Delta terminala i kontejnerskog terminala Altenwerder u Hamburgu uz postizanje visoke produktivnosti koji je tipičan za azijske terminale. Automatizirani koncept koji je primijenjen na ECT Delta Terminal dodatno je profinjen i proširen na ETR. Sve dizalice na Euromax Terminalu Rotterdam su polu automatske te su opremljene sa sekundarnim kolicima kako bi se povećala razina produktivnosti. Automatizirano vođena vozila prevoze kontejnere do odlagališta. To se odvija na način da se kontejneri premeštaju u svaki red odlagališta pomoću dvije dizalice ARMG (Automated Rail Mounted Gantry) gdje se jedna nalazi na morskoj strani, a druga na kopnu, prikaz ARMG dizalice nalazi se na slici 18. Tako se stvara optimalna učinkovitost. Povezanost sa zaleđem luke Rotterdam, u sklopu ERT-a se manipulira i vlakovima koji se nalaze na željezničkom terminalu opremljenom s dvije dizalice. Vozači kamiona su unaprijed obaviješteni da se mogu indentificirati sa svojim teretnim karticama na ETR, prilikom uzimanja ili stavljanja kontejnera na kamion.<sup>56</sup>



**Slika 14. Automatski ARMG sistem dizalica**

Izvor: <https://www.konecranes.com/equipment/container-handling-equipment/automated-rmg-armg-system>

<sup>56</sup> <https://myservices.ect.nl/Terminals/rotterdamterminals/euromaxterminal/Pages/default.aspx> (15.8.2020.)



Terminal Rotterdam World Gateway ima godišnji kapacitet 2,35 milijuna TEU-a. Najvećim i najnovijim generacijama kontejnerskih brodova na tom terminalu se rukuje svakodnevno. Brodovi se istovaruju i utovaruju automatskim vođenim dizalicama, koja upravljaju operateri i nadgledaju ih. Prijevoz kontejnera na terminalu od pristaništa do prostora za skladištenje obavljaju automatski vođena vozila. Iz skladišta kontejneri nastavljaju put prema zaleđu i prekrcajavaju se na druge brodove, vagone ili kamione. Terminal je opremljen s jedanaest dizalica za preoceanske brodove, tri dizalice za feeder brodove i teglenice, dvije željezničke dizalice, 50 automatskih dizalica za automatsko skladištenje, 84 automatski vođena vozila. U Rotterdam Word Gateway terminalu 65 % kontejnera koji su namijenjeni za daljnji prijevoz do krajnjeg odredišta, prevoze se brodovima na unutarnju plovidbu ili vlakom umjesto kamionom kako bi se smanjilo oštećenje okoliša. Informacijski procesi na terminalu su u potpunosti digitalizirani, što se odnosi i na carinsku kontrolu kontejnera. Kako bi postigli najučinkovitiji tok logistike za sve korisnike terminala, koriste Portbaseom sustav lučkih zajednica luke Rotterdam. Prijevoznici moraju digitalno dostaviti sve potrebne podatke o kontejnerima putem Portbase-a prije dolaska na terminal. Ispravna prethodna najava olakšava isporuku i prikupljanje podataka. Portbase omogućuje jednostavnu i učinkovitu razmjenu informacija između korisnika terminala.<sup>57</sup>

---

<sup>57</sup> <https://www.rwg.nl/nl/de-terminal/het-proces> (16.8.2020.)

## 7. ZAKLJUČAK

Razvojem inteligentnih terminala u svijetu vidi se potreba za funkcionalnijim odnosom luke i njezine unutrašnjosti odnosno zaleđa. Razvoj inovativnih transportnih tehnologija i rukovanja teretima utjecao je na intenzivan razvoj inteligentnih terminala u vodnom prometu, čime se postigao kvalitetan pomak u odnosu na dosadašnji način rada terminala. Iznimno visoke investicije, umijeće i znanje, potrebni su za razvoj terminala, time se pridonosi prometu na manji broj velikih svjetskih luka koje mogu zadovoljiti postavljene kriterije. Tradicionalno rukovanje teretom u lukama, koje nedovoljno valorizira potrebe i važnost brzog prilagođavanja razvitku inovativnih transportnih tehnologija i upravljanja tokovima robe, čini jedan od bitnih razloga pogrešnih procjena, a uzrok tome su zaostajanje luke i slabe iskoristivosti prekrcajnih postrojenja lučkih terminala. Luke su na nove zahtjeve koje je nametnulo tržište različito odgovorile, jer s jedne strane postoji rizik da se u slučaju zakašnjenja izgubi veliki dio prometa, a s druge strane da novoizrađeni terminali budu samo djelomično iskorišteni. Takva tendencija u razvitku prometa robom vodnim putem stavila je sve luke u približno jednak tehnički položaj i zahtijevala je usku povezanost brodarstva, luke, terminala, kopnenih prijevoznika, što postaje složenih tehnički proces izvedbe terminala, prijevoznih i prekrcajnih sredstava terminala. Suvremeni lučki terminali moraju zadovoljiti tehničke zahtjeve dubine mora, duljinu i širinu operativne obale, moraju posjedovati odgovarajuće skladišne površine, organizirati rad na adekvatan način, potrebna su i nova tehnička rješenja prekrcajnih sredstva, koja omogućuju ostvarivanje visoki prekrcajni učinak. Intenzivan napredak vodnog prometa, osobito pomorskog obilježava visoki stupanj mehanizacije, visoki prekrcajni učinci, priprema tereta prije ukrcaja, specijalizirane brodove, zahtijeva i prilagođavanje luka specijaliziranim prometnih tehnologijama, uz uvjet da se oko njih stvori što veći broj interesnih skupina.

Hrvatske luke propustile su investicijski ciklus moderne tehnologije, tako da je većina postojećih lučkih tehnologija zastarjela. Hrvatske luke su zbog svojih neučinkovitih ulaganja stvorile visoke troškove i visoke cijene lučkih usluga te su izgubile korak s međunarodnim tržištem. Zastarjele željeznice i ceste u Republici Hrvatskoj jedan su od razloga preusmjerenja međunarodnog prometa na susjedne luke i luke u središtu Europe. Prevelika orijentacija Republike Hrvatske na cestovni promet, neadekvatna ekonomska i prometna politika, neadekvatna infrastruktura na terminalima razlog su zaostajanja Hrvatskih lučkih sustava. Potrebna su nova ulaganja u pomorske veze kako bi se smanjilo vrijeme prolaska kroz lučki sustav. Hrvatska ima povoljan zemljopisni položaj, pomorsku tradiciju i nalazi se u blizini Europskih zemalja s intenzivnom prekomorskom trgovinom,. Dobre prometne veze i infrastruktura posebice cestovne i željeznička veze potrebni su luci Rijeka kako bi bila primarna tranzitna luka za susjedne zemlje na putu k Sredozemlju. Cilj budućih investicija je pokušaj povećati konkurentnost i pomoći u održavanju rasta i učinkovitosti prometa koji će ubrzati proces nove izgradnje i modernizacije lučkih terminala u RH, osobito luci Rijeka. Lukama u RH potrebna je implementacija informacijskog podsustava i sustava mrežne usluge u području prometa, kako bi se postigla visoka kvaliteta prometa. Odličan primjer je luka Rotterdam koja je jedan od najvećih luka u Europi, pratila je razvoj i zadovoljila potrebe tržišta, te tako stvorila najmodernije terminale.

## LITERATURA

### Knjige :

1. Bošnjak I.: Inteligentni transportni sustavi 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.
2. Bošnjak I.: Tehnologija telekomunikacijskog prometa II, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2000.
3. Dundović Č.: Lučki terminali, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2002.
4. Hass S.: Stohastički model u upravljanju lučkim sustavom, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 2005.
5. Jolić N.: Luke i ITS, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.
6. Kirinčić J.: Luke i terminali, Školska knjiga – Zagreb, Zagreb, 1991.
7. Rožić N., Vrdoljak M., Begušić D., Afić W.: Inteligentni transportni sustavi, FESB Split, Split, 1999.

### Internetski članci :

1. <http://intrasus.eu/sustav-automatske-identifikacije/> [Pristupljeno: lipanj 2020.]
2. <http://www.automobilizam.net/automatski-vodjena-vozila-agvs-%E2%80%93-automated-guided-vehicle-system/> [Pristupljeno: srpnja 2020.]
3. <https://bib.irb.hr/datoteka/609321.MIC4213.pdf> [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
4. <https://myservices.ect.nl/Terminals/rotterdamterminals/euromaxterminal/Pages/default.aspx> [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
5. <https://obris.org/hrvatska/meke-napadi-na-ais-moguci-i-na-jadrano/> [Pristupljeno: lipanj 2020.]
6. [https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2019\\_en.pdf](https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2019_en.pdf) [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
7. [https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2019\\_en.pdf](https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2019_en.pdf) [Pristupljeno: travanj 2020.]
8. <https://www.apmterminals.com/en/rotterdam/about/our-terminal> [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
9. <https://www.konecranes.com/equipment/container-handling-equipment/automated-rmg-armg-system> [Pristupljeno: lipanj 2020.]
10. <https://www.portauthority.hr/statistike-i-tarife/> [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
11. <https://www.portofrotterdam.com/en/doing-business/port-of-the-future/innovation/container-exchange-route-cer> [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
12. <https://www.portofrotterdam.com/en/doing-business/port-of-the-future/innovation/container-exchange-route-cer> [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
13. <https://www.portofrotterdam.com/en/our-port/facts-and-figures/facts-figures-about-the-port/throughput> [Pristupljeno: lipanj 2020.]
14. <https://www.primatlogistika.hr/hr/proizvodi-i-sustavi/skladisni-sustavi/automatizirani-skladisni-sustavi/automatizirani-skladisni-sustavi> [Pristupljeno: srpanj 2020.]
15. <https://www.rwg.nl/nl/de-terminal/het-proces> [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
16. <https://www.ship-technology.com/projects/portofrotterdam/> [Pristupljeno: kolovoz 2020.]

## POPIS SLIKA

Slika 1. Globalna kretanja u transportnom sustavu dimenzijama u pogledu vremena, troškova i dodatne usluge.....	4
Slika 2. Aspekti ITS-a .....	6
Slika 3. Tok razvoja arhitekture .....	10
Slika 4. Primjer funkcionalne arhitekture .....	12
Slika 5. Tok informacija između informacijskog sustava i njegovog okružja .....	13
Slika 6. Utjecaj faktora skladištenja na zauzetost površina.....	22
Slika 7. Rukovanje teretom između broda i višekatnog skladišta u kombinaciji s obalnim dizalicama i viličarima .....	25
Slika 8. Input-output model procesa u terminalu .....	32
Slika 9. Ovisnost performanci terminala o varijabilnosti dolaska .....	33
Slika 10. Rad mreže sustava automatske identifikacije vozila.....	47
Slika 11. Automatski vođeno vozilo za transport kontejnera.....	50
Slika 12. Kontejnerski terminal Jadranska vrata .....	59
Slika 13. Post panamax dizalica na APM terminalu u luci Rotterdam .....	65
Slika 14. Automatski ARMG sistem dizalica .....	66

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Pregled korisnika ITS usluge .....	5
Tablica 2. Funkcionalna područja funkcionalnog aspekta ITS-a u lukama .....	11
Tablica 3. Rukovanje teretom između broda i višekratnog skladišta uporabom obalnih dizalica i viličara.....	26
Tablica 4. Specifikacija zahtjeva za lučki sustav .....	41
Tablica 5. Kontejnerski promet luke Rijeke (TEU) .....	60
Tablica 6. 20 vodećih svjetskih kontejnerskih luka .....	63

## **POPIS GRAFIKONA**

Grafikon 1. Promet luka za prijevoz kontejnera po kontinentima (2019. godine).....	45
Grafikon 2. Podjela protoka robe prema vrsti u luci Rotterdam prema podacima iz 2019. godine .....	64

## POPIS SHEMA

Shema 1. Koristi uspostavljene arhitekture .....	8
Shema 2. Struktura lučkog sustava .....	17
Shema 3. Lučki sustav s aspekta povezanosti luke s ostalim sudionicima .....	17
Shema 4. Model sekvencijalnog trofaznog procesa .....	34
Shema 5. Terminali informacijski sustav na terminalu u vodnom prometu .....	38
Shema 6. Dekompozicija procesa .....	39
Shema 7. Podjela zahtjeva.....	40