

Sustavi za nadzor i praćenje kontejnera na kontejnerskim terminalima

Šafradin, Karlo

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:397624>

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

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



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

ZAVRŠNI RAD

**SUSTAVI ZA NADZOR I PRAĆENJE KONTEJNERA NA
KONTEJNERSKIM TERMINALIMA
CONTAINER TERMINALS CONTAINER MONITORING
AND TRACKING SYSTEMS**

Mentor: izv. prof. dr. sc. tech. Tomislav Rožić

Student: Karlo Šafradin

JMBAG: 0135266260

Zagreb, lipanj 2024.

Zagreb, 27. svibnja 2024.

Zavod: **Zavod za transportnu logistiku**
Predmet: **Robno transportni centri**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 7547

Pristupnik: **Karlo Šafradin (0135266260)**
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Sustavi za nadzor i praćenje kontejnera na kontejnerskim terminalima**

Opis zadatka:

Morske luke su postale ključni element u globalnom opskrbnom lancu, s najvećim postotkom robe u međunarodnoj razmjeni koja dolazi do krajnjih kupaca upravo preko tih luka. Korištenje kontejnera za prijevoz donijelo je značajne sigurnosne rizike. U kontejnerskom pomorskom prometu često dolazi do nezgoda uzrokovanih nepravilnim rukovanjem, krcanjem i slaganjem kontejnera. Način rukovanja kontejnera na brodu značajno utječe na sigurnost posade, lučkih radnika i samog broda. Ključne komponente u osiguravanju visoke kvalitete usluge uključuju praćenje kontejnera i dodatne usluge u kontejnerskom prometu. Ovaj završni rad ističe značaj razvijenosti informacijskih tehnologija i sustava za praćenje u kontejnerskim lukama te njihovu važnost na globalnoj razini.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

izv. prof. dr. sc. Tomislav Rožić

Sadržaj

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Sažetak..... | 1 |
| 1. Uvod..... | 3 |
| 2. Analiza pomorskog kontejnerskog prometa | 5 |
| 2.1. Razvoj kontejnerizacije | 5 |
| 2.2. Trendovi u pomorskom prometu | 8 |
| 3. Sigurnost kontejnerskog terminala | 11 |
| 3.1. Raspored površina unutar kontejnerskih terminala | 13 |
| 3.2. Opasne tvari..... | 15 |
| 3.3. Razvoj tehnologije skeniranja kontejnera | 16 |
| 3.4. Tehnologije za nadzor i praćenje kontejnera | 19 |
| 4. Informacijski sustavi na kontejnerskim terminalima | 21 |
| 4.1. Aktivnosti informacijskih sustava | 22 |
| 4.2. Vrste informacijskih sustava | 25 |
| 4.3. Sustavi za upravljanje kontejnera | 27 |
| 4.3.1 RFID tehnologija | 29 |
| 4.3.2 Sustav za praćenje kontejnera (CTS)..... | 30 |
| 4.3.3 WEB GIS..... | 31 |
| 5. Primjena sustava za nadzor i praćenje kontejnera na kontejnerskim terminalima | 33 |
| 6. Zaključak..... | 37 |
| Literatura | 38 |
| Popis slika | 41 |

Sažetak

Pomorski promet neophodan je za globalnu trgovinu, jer se oko 80% svjetske trgovine odvija putem pomorskog prijevoza. Morske luke su postale ključni element u globalnom opskrbnom lancu, s najvećim postotkom robe u međunarodnoj razmjeni koja dolazi do krajnjih kupaca upravo preko istih. U lukama i u robnoj razmjeni, kontejner ima ključnu ulogu jer je najvažnija prijevozna jedinica u robnoj razmjeni tereta. Korištenje kontejnera za prijevoz donijelo je značajne sigurnosne rizike. U kontejnerskom pomorskom prometu često dolazi do nezgoda uzrokovanih nepravilnim rukovanjem, krcanjem i slaganjem kontejnera. Način rukovanja kontejnera na brodu značajno utječe na sigurnost posade, lučkih radnika i samog broda. Ključne komponente u osiguravanju visoke kvalitete usluge uključuju praćenje kontejnera i dodatne usluge u kontejnerskom prometu. Ovaj završni rad ističe značaj razvijenosti informacijskih tehnologija i sustava za praćenje u kontejnerskim lukama te njihovu važnost na globalnoj razini. Ti sustavi bitni su zbog evidentiranja lokacije kontejnera jer današnje luke imaju velik broj kontejnera na odlagalištima. Stoga, kako bi se ubrzao proces otpreme potrebno je u svakom trenutku znati gdje se koji nalazi. Također, u radu će se analizirati kontejnerski terminali te elementi njihove sigurnosti, kao i tehnologije koje se koriste na suvremenim kontejnerskim terminalima. Posebno poglavlje bavit će se informacijskim sustavima na kontejnerskim terminalima te njihovim vrstama i aktivnostima.

Ključne riječi: morske luke, kontejner, informacijske tehnologije, sustavi za praćenje, sigurnost

Summary

Maritime traffic is essential for global trade, as around 80% of the world's trade is conducted through sea traffic. Seaports have become a crucial element in the global supply chain, with the largest share of goods in international exchange reaching end customers through them. In ports and trade exchanges, the container plays a key role as it is the most important unit in the movement of goods. However, the use of containers for traffic has introduced significant safety risks. In container maritime traffic, accidents often occur due to improper handling, loading, and stacking of containers. The way containers are managed on vessels significantly impacts the safety of the crew, dock workers, and the vessel itself. Key components in ensuring high-quality service include container tracking and additional services in container traffic. This thesis highlights the importance of advanced information technologies and tracking systems in container ports and their significance on a global level. These systems are essential for keeping track of container locations because today's ports handle a large number of containers stored in yards. Therefore, to expedite the shipping process, it is crucial to know the exact location of each container at all times. The thesis will also analyze container terminals and their safety elements, as well as the technologies used in modern container terminals. A special chapter will focus on information systems at container terminals, their types, and their activities.

Keywords: Seaports, container, information technologies, monitoring systems, security

1. Uvod

Uloga morskih luka u globalnoj trgovini je ključna, s obzirom na to da najveći postotak robe u međunarodnoj razmjeni (80%) dolazi do krajnjih korisnika upravo preko tih luka. U lukama i u robnoj razmjeni, kontejner je najvažnija prijevozna jedinica u robnoj razmjeni tereta. Razvoj kontejnerizacije revolucionirao je pomorski promet, omogućujući učinkovitije, brže i sigurnije premještanje tereta. Međutim, uz povećanje volumena kontejnerskog prometa dolazi i do novih izazova, posebice u području sigurnosti i praćenja tereta. Nepravilno rukovanje kontejnerima može dovesti do ozbiljnih nezgoda, ugrožavajući sigurnost posade, lučkih radnika i brodova. Ovaj završni rad analizira sustave za nadzor i praćenje kontejnera na kontejnerskim terminalima.

Cilj je rada ukazati na značaj kontejnerskog prometa te o njegovom utjecaju na globalnu trgovinu, sigurnost operacija, efikasnost terminala, te tehnološki razvoj i inovacije unutar industrije. Također, cilj je naglasiti važnost održavanja infrastrukture luke, postrojenja i opreme u optimalnom stanju kako bi se osigurala sigurnost i učinkovitost operacija. Pritom je naglasak na redovitom održavanju, pregledima i testiranju opreme.

U prvom poglavlju rada raspravlja se o važnosti kontejnerskog prometa u globalnoj trgovini i njegovom utjecaju na pomorske robne tokove. Poglavlje obuhvaća i povijesni razvoj kontejnerizacije, uključujući ključne inovacije i tehnološke napretke koji su oblikovali današnje kontejnerske terminale.

Drugo poglavlje bavi se sigurnosnim aspektima terminala, uključujući raspored površina unutar terminala, rukovanje opasnim tvarima i napredne tehnologije skeniranja kontejnera. Ovdje se detaljno analizira kako se osigurava sigurnost osoblja i infrastrukture te kako se sprječava krijumčarenje opasnih materijala.

Treće poglavlje posvećeno je različitim vrstama informacijskih sustava koji se koriste za upravljanje terminalima. Obrađuju se aktivnosti ovih sustava te njihov doprinos učinkovitom radu terminala. Poseban fokus je na automatskim i poluautomatskim sustavima koji povećavaju produktivnost i sigurnost.

Četvrto poglavlje, "Primjena sustava za nadzor i praćenje kontejnera na kontejnerskim terminalima," analizira specifične sustave i tehnologije korištene u praćenju kontejnera. Primjeri

iz prakse, uključujući implementacije u Luki Rotterdam, ilustriraju kako ovi sustavi poboljšavaju učinkovitost i sigurnost operacija.

U petom poglavlju je napravljen kratki zaključak ovog završnog rada u kojem su daje osvrt na cijeli rad i te objedinjuje ukupnu tematiku rada.

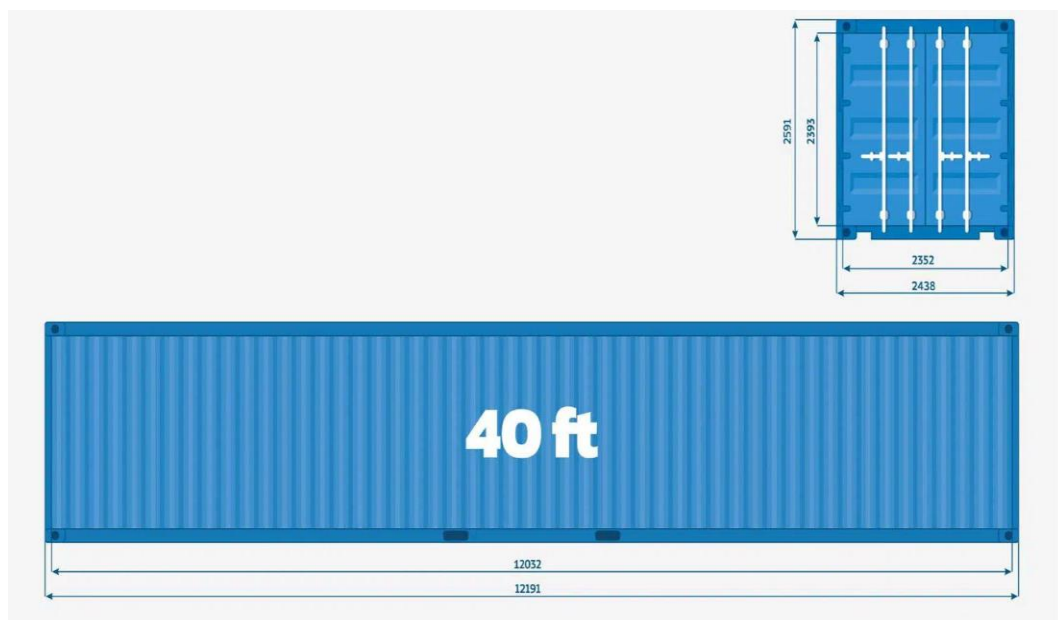
2. Analiza pomorskog kontejnerskog prometa

Morski robni tokovi su glavni nositelji trgovinske razmjene u svijetu, najveći pokretači međunarodne razmjene dobara te predstavljaju veze koje spajaju najveća industrijska, prometna i trgovačka čvorišta. Budući da se čak 80% globalne razmjene realizira upravo posredstvom kontejnera, luke sudjeluju u stvaranju međunarodnih, regionalnih i lokalnih prometnih mreža. S obzirom na sve veće količine kontejnerizirane robe, kontejnerski promet unutar svjetskih robnih tokova poprima bitnu ulogu te s obzirom na njegovu veličinu i značenje su pozicionirane i najveće kontejnerske luke svijeta. Efikasnost i kvaliteta luka direktno utječu na troškove prometa. Sve velike svjetske luke imaju uređen kontejnerski terminal. Kontejnerski terminali danas predstavljaju glavni izvor dobitka za cjelokupnu lokalnu i nacionalnu zajednicu. Količine tereta koje se prekrcajavu na takvim terminalima toliko su velike da terminali zahtijevaju godišnje rekonstrukcije, proširenja i nova ulaganja u infrastrukturu. [1] Međutim, zastarjela infrastruktura i nedostatak modernih tehnologija dodatno otežavaju situaciju te postaje sve važnije da sve zemlje razviju i unaprijede svoje kontejnerske terminale kako bi podržale ovaj rastući tok trgovine. [3]

2.1. Razvoj kontejnerizacije

Naziv kontejner potječe od engleske riječi „container“ (contain-sadržavati), a znači sve ono što u sebi može sadržavati nešto drugo. Kontejner je manipulativna prijevozna jedinica, koja služi za formiranje krupnih manipulativnih jedinica tereta u cilju racionalizacije manipulacijskih i skladišnih operacija. Kontejnerizacija i kontejnerski promet u posljednjih su nekoliko desetljeća doživjeli transformaciju i razvoj. U tom smislu presudno je bilo uvođenje tehnoloških inovacija i standardizacija dimenzija kontejnera, što je doprinijelo učinkovitijem prijevozu različitih vrsta tereta. Tako je kontejnerizacija postala nezamjenjiv oblik prijevoza robe u okvirima međunarodnog pomorskog i kopnenog prometa. Proizvodnja kontejnera iz godine u godinu ima sve veći uzlazni trend razvoja, kako po broju, tako i po opsegu, ali i po sve većoj suvremenosti. Godišnja proizvodnja iznosi oko 700 tisuća kontejnera raznih dimenzija i namjena. Samo u pomorskom brodarstvu sada u svijetu ima oko devet milijuna TEU (jedinica ekvivalenta dvadeset stopa) kontejnera. Najčešće se koriste kontejneri od 40 stopa kao što je prikazano **Error! Reference source not found.**, ali se sve više proizvode veći kontejneri (od 45, 48, 53 i 60 stopa). [2]

U novije vrijeme u svijetu su se pojavile posebne velike kompanije koje se bave iznajmljivanjem kontejnera na određeno putovanje, nakon čega se prazni kontejneri na određitu prepuštaju vlasniku kontejnera. Kako bi održali stabilnog sustava kontejnera, kontejnerski brodovi imaju službu za praćenje kontejnera. Dobro organizirana služba praćenja kontejnera podrazumijeva sposobne i iskusne kadrove kao i suvremenu opremu koja osigurava dobru povezanost s brodovima te posebice s kontejnerskim terminalima u svijetu te povezanost s poslovnim partnerima po pitanju stanja i kretanja kontejnera. Sustav kontejnerskog prometa privlači veliku pozornost jer je to jedan od najznačajnijih oblika suvremenih tehnologija prometa, a nekoliko zadnjih desetljeća kontejnerizacija ima veliko značenje u prijevozu robe od proizvođača do potrošača. [2]



Slika 1 40' Kontejner

Izvor: <https://fox-container.com/dimenzije-kontinjera/>

U početku osamdesetih godina 20. stoljeća proizvodnja kontejnera premještena je sa Zapada na Daleki istok, posebice Republiku Koreju, koja je imala komparativne prednosti u odnosu na ostale zemlje tržišne ekonomije. Kontejnerizacija pomorskog i kopnenog prometa ne može postojati bez određenog sustava kontejnera. Osim kontejnera za kontejnerizaciju prometa potrebna su prekrajna sredstva te ostala potrebna oprema za podešavanje i privez kontejnera u toku prijevoza. [2]

Količina kontejnerskog prometa azijskih luka, razvijenost i suvremenost terminala, organizacija i podjela rada te stalno ulaganje i napredak, predstavljaju uzor i konkurenciju svim ostalim kontejnerskim lukama. Primjerice Kina, kao najveća i najmnogoljudnija zemlja svijeta posjeduje i najveće kontejnerske luke čiji je godišnji promet izuzetno velik, što je i vidljivo na primjeru Kine te na primjeru azijskih zemalja koje bilježe konstantni porast kontejnerskog prometa. [1] U pogledu Kine, ističe se luka Šangaj, a valja spomenuti i luku Singapur te Hong-Kong. Najveće europske luke su Rotterdam, Antwerpen i Hamburg. [2]

Prednosti kontejnerizacije su:

- brzina prijevoza kontejnera
- sigurnost prijevoza tereta
- integracija svih oblika tereta
- ekonomičnost prijevoza
- primjena suvremenih strategija prometa i logistike
- spoznaje o mogućnosti razvoja kontejnerizacije u budućnosti. [2]

Izgradnja potpuno kontejnerskih brodova velikog kapaciteta i velike brzine kao i osiguranje velikih prekrcajnih mogućnosti na dobro opremljenim kontejnerskim terminalima doveli su do prave revolucije u pomorskom prijevozu te ukupnom prijevozu robe širom svijeta. Uvođenje velikih kontejnerskih brodova u pomorski promet zahtijevalo je izgradnju novih lučkih terminala kao i nabavku novih i skupih prekrcajnih sredstava, kao što su velike dizalice i brojna mehanizacija za rukovanje s kontejnerima na kontejnerskom terminalu. Zbog tih novih koncepcija i značajnih financijskih ulaganja nije bilo stručnjaka u pomorskom brodarstvu i morskim lukama koji su mogli zamisliti tako brzi razvoj kontejnerskih brodova prije pedeset godina. Danas svjetsku kontejnerizaciju označavaju veliki i brzi kontejnerski brodovi, kontejnerski terminali u lukama, velike specijalne dizalice koje su izmijenile izgled velikih morskih luka u svijetu. [2]

U posljednje vrijeme posebice se razvijaju kontejnerski terminali u velikim morskim lukama svijeta koji ne mogu izdržati konkurenciju bez stalnoga razvoja novih oblika i strukture terminala te posebice bez potrebne opreme. Uspješno funkcioniranje najvećih lučkih i kontejnerskih terminala ovisi o povezivanju terminala s njenim zaleđem, automatizaciji i informatizaciji. Zbog toga kontejnerski terminali zahtijevaju stalna istraživanja i usavršavanja. Zbog unaprijeđena

tradicionalnih dokumentarnih procedura koje postaju zapreka ubrzanog i efikasnog poslovanja te komuniciranja razvija se suvremeni informacijski sustav koji osigurava komuniciranje između računarskih sustava na različitim mjestima na kopnu i brodovima. Upravo sve navedene zahtjeve potpuno zadovoljavaju kontejnerski terminali. [2]

Kontejnerski terminal dio je lučkog sustava koji predstavlja posebno izgrađen i opremljen objekt namijenjen prekrcaju kontejnera izravnim ili posrednim rukovanjem između pomorskih brodova i kopnenih prijevoznih sredstava kao što je prikazano na Slika 2. Kontejnerski terminal povezuje najmanje dva prometna sustava, a za uspješno odvijanje procesa upotrebljavaju se specijalizirana prekrcajna sredstva. [2]



Slika 2 Kontejnerski terminal

Izvor: t.ly/eSSoz

2.2. Trendovi u pomorskom prometu

Brodarski sektor nalazi se u središtu rasprave o održivosti zbog svoje uloge u generiranju emisija stakleničkih plinova (eng. *Greenhouse gases* - GHG). Međunarodno brodarstvo, koje prevozi više od 80% svjetske trgovine robom, odgovorno je za gotovo 3% ukupnih globalnih emisija GHG. Kako bi smanjio svoj ugljični otisak i pomogao u sprječavanju opasnih razina globalnog zagrijavanja, ovaj sektor mora brzo postići konsenzus oko regulatornog okvira i mjera za smanjenje emisija. Dekarbonizacija brodarstva važna je za postizanje ciljeva Pariškog sporazuma. [4]

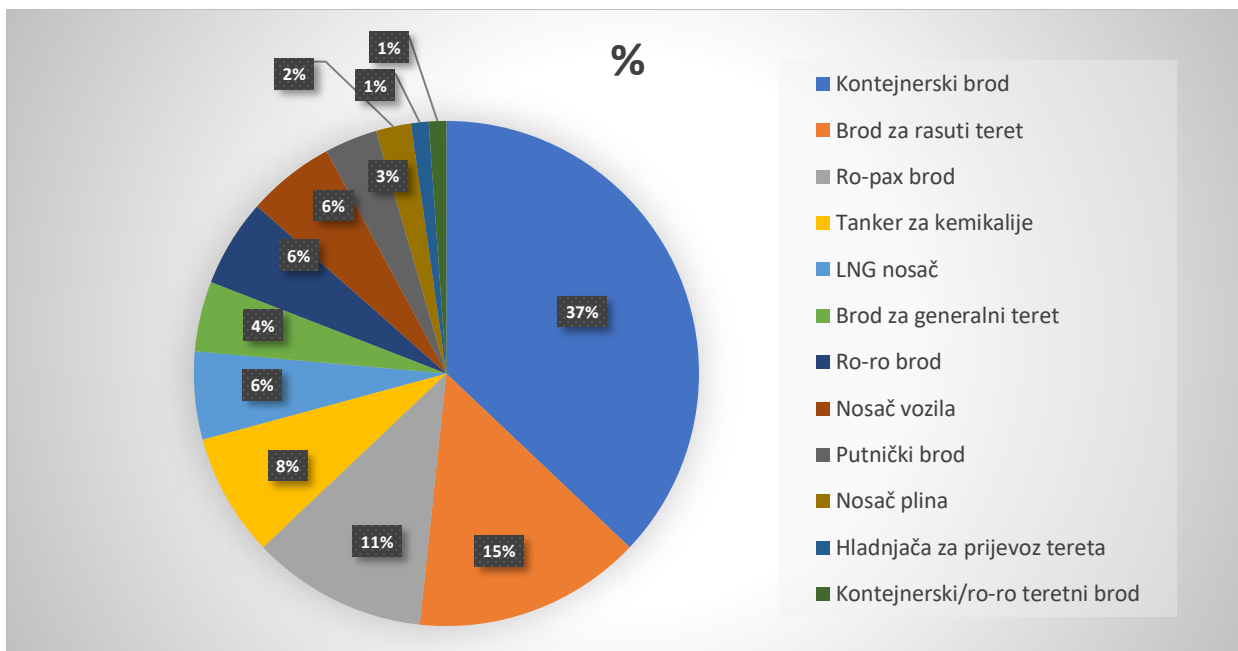
Ovaj Sporazum ima za cilj jačanje globalnog odgovora na prijetnju klimatske promjene, u kontekstu održivog razvoja i napora za iskorjenjivanje siromaštvo, uključujući:

- Zadržavanje porasta globalne prosječne temperature znatno ispod 2°C iznad predindustrijskih razina i nastoji se ograničiti temperatura povećati na 1,5°C iznad predindustrijskih razina, priznajući da bi to značajno smanjiti rizike i utjecaje klimatskih promjena;
- Povećanje sposobnosti prilagodbe nepovoljnim utjecajima klime promijeniti i poticati otpornost na klimu i niske emisije stakleničkih plinova razvoj, na način koji ne ugrožava proizvodnju hrane; i
- Usklađivanje financijskih tokova s putem prema niskom emisije stakleničkih plinova i razvoj otporan na klimu. [5]

Ovaj će se Ugovor provoditi tako da odražava pravednost i načelo zajedničke, ali diferencirane odgovornosti i odgovarajuće sposobnosti, u svjetlu različitih nacionalnih prilika. [5] Ako se emisije ne smanje, predviđa se porast temperature 2-6°C do kraja stoljeća, što bi imalo razorne posljedice u obliku ekstremnih vrućina, suša i poplava. Stoga je ubrzanje dekarbonizacije u brodarstvu hitna potreba. [4]

Staklenički plinovi (GHG) koji dolaze s brodova najvećim dijelom uključuju CO₂ kao rezultat izgaranja uglavnom fosilnih goriva u brodskim strojevima za izgaranje (tj. motorima, pomoćnim motori, kotlovi itd.). Metan (CH₄) može se emitirati u atmosferu na brodovima koji koriste plin ili motora na dva goriva ili iz spremnika tereta u brodovima za ukapljeni prirodni plin (LNG). Rashladna sredstva se koriste za klimatizaciju i za procese hlađenja tereta i raznih plinova koriste hidrofluorougljik (HFC, perfluorougljik (PFC) i sumpor heksafluorid (SF₆). Druge emisije brodova koje onečišćuju zrak uključuju sumporne okside (SO_x), dušikovi oksidi (NO_x) i fine i ultrafine čestice uključujući crni ugljik (BC). SO_x i NO_x prekursori su čestica odgovornih za negativne učinke na ljudsko zdravlje i zagađivanje vode kada se taloži. U arktičkoj regiji emisije crnog ugljika iz pomorskog prometa značajni su pokretači zatopljenja. [6]

Kao što je prikazano na Slika 3, 2021. godine kontejnerski brodovi imali su najveći udio u emisijama CO₂ u floti i bili su, zajedno sa emisijama tankera za naftu i brodova za rasuti teret, odgovorni za gotovo 60% emisija u globalnoj brodarskoj floti 2021. godine. [6]



Slika 3 Grafički prikaz vrsta brodova sa stupnjem emisija GHG [6]

Međunarodna pomorska organizacija (eng. *International Maritime Organization* - IMO) usvojila je niz kratkoročnih, srednjoročnih i dugoročnih mjera za smanjenje emisija GHG i poboljšanje energetske učinkovitosti u brodarstvu. Ključne regulative uključuju:

1. Indeks energetske učinkovitosti postojećih brodova (EEXI): Tehnička mjera koja se primjenjuje od 2023. godine za sve postojeće brodove iznad 400 bruto tona.
2. Indikator intenziteta ugljika (CII): Operativna mjera koja se primjenjuje od 2023. godine za sve brodove iznad 5000 bruto tona. Brodovi se ocjenjuju na ljestvici od A do E, ovisno o njihovoj emisiji CO₂ u odnosu na nosivost i prijeđenu udaljenost. [4]

IMO je postavio ambiciozne ciljeve za smanjenje emisija, uključujući smanjenje emisija CO₂ po prevezenoj jedinici tereta za 40% do 2030. godine u odnosu na 2008. godinu te potpuno dekarboniziranje sektora do 2050. godine. Ostvarenju ovih ciljeva pridonijet će ulaganja u nove brodove, goriva i zelene tehnologije na brodovima, kao i razvoj infrastrukture za alternativna goriva. Dekarbonizacija brodarstva zahtijeva zajedničke napore svih dionika, uključujući brodovlasnike, države zastave, luke, brodograditelje i financijske institucije, kako bi se osiguralo poštivanje regulativa i postizanje ciljeva smanjenja emisija. [4]

3. Sigurnost kontejnerskog terminala

Ovo poglavlje naglašava važnost održavanja infrastrukture luke, postrojenja i opreme u optimalnom stanju kako bi se osigurala sigurnost i efikasnost operacija. Naglasak je na redovitom održavanju, pregledima i testiranju opreme kako bi se osiguralo da zadovoljava propisane sigurnosne standarde. [7]

Međunarodna lučka industrija datira od najranijih dana civilizacije. Od tog se vremena lučka industrija razvijala tijekom godina, iako su metode rukovanja teretom koje su bile naporne i opasne ostale uglavnom nepromijenjene sve do uvođenja kontejnera i roll-on roll-off sustava ("ro-ro")¹ 1960-ih godina. Od tada se nastavlja tehnički razvoj, uključujući uvođenje sve sofisticiranije opreme za rukovanje teretom sa znatno povećanim kapacitetom i dosegom. [7]

Dok su mnoge od ovih promjena u metodama rukovanja teretom rezultirale značajnim poboljšanjima za sigurnost lučkih radnika, neke su promjene uvele nove opasnosti i lučki se rad još uvijek smatra zanimanjem s vrlo visokim stopama nezgoda. Privatizacija u industriji dovela je do znatnih promjena u organizaciji luka i zapošljavanju ljudi u njima, uključujući povećano korištenje nestalnih radnika. Zbog toga se razvijaju, sustavi za identifikaciju i upravljanje rizicima te se sve više prepoznaje potreba za ulaganjem u obuku i vještine lučkih radnika. Svaka luka treba razviti radne prakse koje će štititi sigurnost i zdravlje lučkih radnika u svjetlu svojih specifičnih okolnosti. [7]

Sigurnost na kontejnerskim brodovima i terminalima je ključna zbog nekoliko razloga:

1. Zaštita života: glavni cilj je sprječavanje nesreća koje mogu dovesti do teških ozljeda ili smrtnog ishoda.
2. Zaštita imovine: održavanje sigurnosti pomaže u sprječavanju oštećenja ili gubitka tereta.
3. Ekološka zaštita: sigurnosne mjere pomažu u sprječavanju ekoloških katastrofa kao što su izlivanje opasnih materijala.

¹ Prekrcajni sustav, brodski, tehnički sustav kojim se provodi premještanje broskog tereta iz luke na brod i obratno, uz pomoć prekrcajne mehanizacije ujednačena učinka. Prekrcajnu mehanizaciju čine svi prekrcajni uređaji na keju ili na brodu koji skuže za premještanje broskog tereta preko obalne crte (Hrvatska enciklopedija, online izdanje).

4. Ekonomija: nesreće mogu uzrokovati velike financijske gubitke zbog prekida rada, popravaka i pravnih posljedica. [7]

Mjere opreza kod ukrcaja i iskrcaja tereta:

1. Kontrola pristupa: stroga kontrola pristupa vozila i pješaka u područja rukovanja kontejnerima.
2. Inspekcija kontejnera: provjera vanjskih oštećenja, prisutnosti blata, invazivnih vrsta ili manipulacije koja može utjecati na sigurnost rukovanja. Kontejneri koji su smanjene nosivosti ili stabilnosti trebaju biti označeni i postavljeni na odgovarajuće mjesto.
3. Twistlocks, odnosno zakretna brava: Twistlock-ovi služe za osiguravanje standardiziranih kontejnera od padanja prilikom podizanja ili slaganja kontejnera jedan na drugoga. [7]

U slučaju hitnosti, svi zaposlenici moraju biti upoznati s evakuacijskim rutama i procedurama. to uključuje:

1. Jasne oznake izlaza: sve izlazne rute moraju biti jasno označene i slobodne od prepreka.
2. Redovite vježbe evakuacije: provode se redovite vježbe evakuacije kako bi se osiguralo da su svi zaposlenici upoznati s procedurama i mogu brzo i sigurno napustiti objekt u slučaju hitnosti. [7]

Kontrola operacija s kontejnerima:

1. Obavezno informiranje: sve osobe koje ulaze u područje rukovanja kontejnerima moraju biti informirane o procedurama koje trebaju slijediti. To se može postići putem znakova, letaka ili kopija relevantnih terminalskih procedura.
2. Verifikacija praznih kontejnera: svi kontejneri deklarirani ili označeni kao prazni moraju biti provjereni prije rukovanja kako bi se osiguralo da su stvarno prazni.
3. Pregled i održavanje: svi kontejneri moraju biti pregledani zbog oštećenja ili pogoršanja stanja prije pakiranja robe. Kontejneri moraju imati valjanu ploču za odobrenje sigurnosti. [7]

Ove mjere su esencijalne za osiguranje sigurnosti svih uključenih u rukovanje i promet kontejnera, kao i za očuvanje imovine i okoliša. [7]

Osiguravanje adekvatne rasvjete u svim dijelovima luke je ključno za sigurnost radnika i opreme. Posebno se ističe potreba za dobrom rasvjetom u radnim zonama, skladištima i tijekom noćnih operacija. Bitno je jasno i dobro održavanim pristupnim putevima te označavanjem svih bitnih dijelova luke, uključujući zone ukrcaja i iskrcaja izlaze u slučaju opasnosti i skladišne prostore. Ovo uključuje i propise za sigurnosne znakove i upute koje moraju biti jasno vidljive i razumljive. [7]

Potrebni su sustavi za gašenje požara koji se moraju instalirati u luci, uključujući hidrante, prskalice, i prenosive aparate za gašenje požara. Jedan takav sustav je prikazan na Slika 4. Također se naglašava potreba za redovitim vježbama i obukom osoblja za korištenje ovih sustava. [7]



Slika 4 Sustav za gašenje požara

Izvor: t.ly/Xkog6

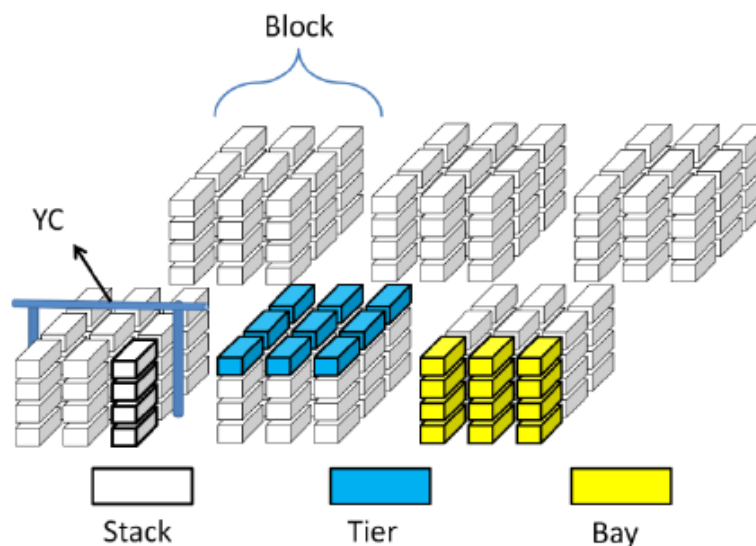
3.1. Raspored površina unutar kontejnerskih terminala

Kontejnerski terminali su specijalizirane luke ili dijelovi luka dizajnirani za rukovanje kontejnerima. Terminali su opremljeni specijaliziranom opremom kao što su dizalice za kontejnere, automatski sustavi za premještanje, skladišni prostori za kontejnere te informacijski

sustavi za praćenje i upravljanje kontejnerima. Sigurnost na kontejnerskim terminalima obuhvaća stroge sigurnosne protokole za rukovanje opasnim materijalima, redovite preglede opreme, obuku radnika, te sustave za nadzor i kontrolu pristupa kako bi se spriječile neovlaštene aktivnosti. [7]

Pohrana kontejnera ključan je element svakog kontejnerskog terminala i zahtijeva posebno definiranu opremu za manipuliranje kontejnerima s broda na brod i na kontejnerskom odlagalištu. Trenutačno se mogu razlikovati tri glavne vrste kontejnerskih terminala u morskim lukama, na temelju odabranih rješenja za slaganje: raskoračni nosači i dohvatni sлагаči, portalne dizalice montirane na tračnice (RMG) i portalne dizalice s gumenim utorima (RTG). [8]

Kontejnersko odlagalište služi kako bi se ondje nalazili kontejneri koji čekaju otpremu. Ono se sastoji od bloka, koji je pravokutno označen i identificiran skladišni prostor unutar područja za slaganje za slaganje određenog broja kontejnera. Blok je podijeljen u redove prolazima kao što je prikazano na Slika 5. [7]



Slika 5 Prikaz rasporeda kontejnerskog dvorišta [9]

Sve druge osobe koje mogu biti prisutne na poslu u lučkim područjima osim osoba koje obavljaju radnje rukovanja teretom (npr. prijevoznici, članovi posade broda, piloti, agenti za sigurnost i zdravlje brodova u lukama, imigracijski i carinski službenici, inspektori i članovi hitnih službi) trebaju surađivati s upravom lučke uprave i drugim organizacijama s kojima surađuju, te moraju poštivati sve relevantne zakonske zahtjeve. Putnike i druge članove opće javnosti koji

mogu biti prisutni u lučkim područjima, ali ne obavljaju lučke poslove, treba odvojiti od lučkih operacija i uputiti ih u radnje koje trebaju poduzeti putem obavijesti, usmenih uputa ili na drugi način, te se trebaju pridržavati takve upute. [7]

3.2. Opasne tvari

Prijevoz opasnih tvari morem u pakiranom obliku mora se obavljati u skladu s Međunarodnim pomorskim kodeksom opasnih tvari (eng. *International Maritime Dangerous Goods Code - IMDG Code*). Kodeks je postao obvezan od 1. siječnja 2004. prema odredbama poglavlja VII IMO-ove međunarodne konvencije o zaštiti ljudskih života na moru ili SOLAS (eng. *Safety of Life at Sea*). Izradio ga je IMO, a temelji se na preporukama koje je objavio odbor stručnjaka UN-a za prijevoz opasnih tvari. IMDG kodeks se revidira i ponovno objavljuje svake dvije godine. Kodeks zahtijeva sve radnike na obali uključene u rukovanje zapakirane opasne tvari moraju biti osposobljeni na način razmjern njihovim dužnostima. [7]

Prema sustavu klasifikacije Ujedinjenih naroda (UN) pakirana opasna roba dio je međunarodne odredbe. Brodar ili pošiljatelj razvrstava robu koja se prevozi prema klasama. [7]

Devet UN klasa su:

1. klasa 1 – eksplozivi;
2. klasa 2 – plinovi; dijele se na zapaljive, nezapaljive, neotrovne i otrovne plinove;
3. klasa 3 – zapaljive tekućine;
4. klasa 4 – čvrste tvari; dijele se na zapaljive, samozapaljive i opasne kada su mokre;
5. klasa 5 – tvari koje sadrže kisik; podijeljeno na oksidirajuća sredstva i organske peroksidi;
6. klasa 6 – otrovne i zarazne tvari;
7. klasa 7 – radioaktivni materijal; podijeljeno na tri odvojene razine radioaktivnosti plus fizijski materijal;
8. klasa 8 – korozivne tvari; i
9. klasa 9 – razne opasne tvari i predmeti, uključujući tvari opasne za okoliš. [7]



Slika 6 Znakovi za označavanje opasnih tvari [11]

Opću obuku treba osmisлити tako da omogućí upoznavanje s općim opasnostima opasnih tereta kojima se rukuje i relevantnim zakonskim zahtjevima. To bi trebalo uključivati opis klasa opasne robe i njihovo označavanje prikazano na Slika 6, kao i etiketiranje, plakatiranje, pakiranje i odvajanje, dokumentaciju i postupke za hitne slučajeve. Svi lučki radnici trebaju proći obuku i upute o radnjama koje trebaju poduzeti u slučaju izlivanja ili drugog ispuštanja opasne robe. Obuka bi trebala biti stalna i po potrebi povremeno dopunjena prekvalifikacijom. Lučka uprava treba imati ovlasti zabraniti unos opasnih tereta na čuvanje, skladištenje unutar ili tranzit kroz, lučko područje ako se smatra da bi njihova prisutnost ugrozila život ili imovinu zbog njihovog stanja, uvjeta njihovog zadržavanja, stanja njihovog način prijevoza ili uvjeta u lučkom području. [7]

3.3. Razvoj tehnologije skeniranja kontejnera

Tehnologije skeniranja tereta postale su ključne za osiguranje sigurnosti i učinkovitosti međunarodne trgovine i prometa. Povećana prijetnja terorističkim aktivnostima, kao što je krijumčarenje nuklearnih ili radioloških materijala unutar kontejnera, dovela je do razvoja i implementacije naprednih sustava za skeniranje. Ovi sustavi dizajnirani su za otkrivanje

krijumčarene robe, uključujući narkotike, eksplozive i druge opasne materijale, čime se poboljšava sigurnost granica i olakšava siguran protok robe. [12] Skeneri se koriste za otkrivanje različitih prijetnji unutar kontejnera. Postoje različite vrste prijetnji, a to su:

- Nuklearni i radiološki materijali: Kroz pasivnu detekciju gama zraka i neutrona, RPM-ovi mogu identificirati radioaktivne izvore, koji se mogu dalje analizirati kako bi se odredio njihov specifičan izotopski sastav.
- Eksplozivi i kemijski agensi: Sustavi za neutronske analize mogu provjeriti prisutnost eksploziva analizom elementarnog sastava.
- Narkotici: Iako su sustavi poput VACIS-a izvorno razvijeni za detekciju narkotika, prilagođeni su za prepoznavanje drugih prijetnji, pokazujući svoju svestranost u sigurnosnim primjenama. [12]

Narkotici se mogu detektirati korištenjem ovih naprednih tehnologija skeniranja. Sustav za pregled vozila i tereta (VACIS), posebno, optimiziran je za detekciju narkotika i pokazao se učinkovitim u prepoznavanju različitih krijumčarenih predmeta unutar kontejnera. Visokorezolucijsko gama snimanje koje pruža VACIS omogućava operaterima da razaznaju obrise i gustoće skrivenih tvari, uključujući ilegalne droge. [12]

Zaključno, napredne tehnologije skeniranja tereta neophodne su za moderne sigurnosne mjere, nudeći sveobuhvatna rješenja za otkrivanje širokog spektra prijetnji, uključujući narkotike, eksplozive i radiološke materijale. Integriranjem različitih metoda detekcije, ovi sustavi značajno poboljšavaju sigurnost i učinkovitost pregleda tereta na međunarodnim granicama. [12]

Skeneri imaju bitnu ulogu u modernim sigurnosnim protokolima pružajući neinvazivna sredstva za pregled kontejnera s teretom. Ova sposobnost je ključna iz nekoliko razloga:

1. Sigurnost: Sprječavanje krijumčarenja oružja za masovno uništenje (WMD – eng. *Weapons of Mass Destruction*), eksploziva i druge krijumčarene robe.
2. Učinkovitost: Osiguravanje nesmetanog protoka trgovine brzim identificiranjem visokorizičnih kontejnera bez značajnih kašnjenja.
3. Sigurnost: Zaštita javnosti i infrastrukture od potencijalnih terorističkih napada koji uključuju kontejnerski teret. [12]

Koriste se različite vrste skenera za pregled tereta, od kojih svaki koristi različite tehnologije za postizanje specifičnih ciljeva detekcije:

1. Gamma-ray skeneri:

- Mobile VACIS (eng. *Vehicle and Cargo Inspection System*) sustav za pregled vozila i tereta: Pogodan za fleksibilnu upotrebu u lukama, omogućavajući brzo postavljanje i rad na različitim točkama pregleda. Može pregledavati kontejnere dok su stacionarni ili u pokretu kao što je prikazano na Slika 7.



Slika 7 Mobile VACIS skener [12]

- Portal VACIS: Dizajniran za visokopropusno snimanje na ulazima u luke i cestama na Slika 8, pružajući detaljne radiografske slike sadržaja kontejnera za otkrivanje krijumčarene robe i vrijednih predmeta.



Slika 8 Portal VACIS skener [13]

2. Radiation Portal Monitors (RPMs):

- Koriste se za detekciju gama zraka i neutrona, što ukazuje na prisutnost radioaktivnih materijala. Ovi monitori su ključni za prepoznavanje potencijalnih nuklearnih prijetnji, ali zahtijevaju sekundarni pregled za utvrđivanje specifičnog radionuklida odgovornog za alarm.

3. Sustavi za neutronske analize:

- PELAN (Pulsed Elemental Analysis with Neutrons): Koristi neutrone od 14 MeV za uzbuđivanje gama zraka iz nuklearnih reakcija, identificirajući elementarni sastav materijala kao što su eksplozivi ili kemijski agensi.

4. Integrated Container Inspection System (ICIS):

- Kombinira više tehnologija, uključujući gamma-ray snimanje, detekciju radijacije i optičko prepoznavanje znakova (OCR), kako bi se poboljšale mogućnosti detekcije i pojednostavio proces pregleda. [12]

3.4. Tehnologije za nadzor i praćenje kontejnera

Pametni kontejneri su tradicionalni transportni kontejneri opremljeni naprednim tehnologijama poput senzora i komunikacijskih uređaja. Ove nadogradnje omogućuju:

- praćenje lokacije kontejnera u stvarnom vremenu,
- nadzor uvjeta poput temperature i vlage,
- detekciju događaja poput otvaranja vrata. [16]

Zahvaljujući pametnim kontejnerima, dionici imaju bolju vidljivost i kontrolu nad opskrbnim lancem, omogućujući im brzu reakciju na nepravilnosti i optimizaciju svojih operacija. [16]

Blockchain tehnologija osigurava siguran, nepromjenjiv zapis za evidentiranje transakcija i prijenosa podataka unutar opskrbnog lanca, što osigurava transparentnost i povjerenje među dionicima. [16]

Podatkovni kanali, ili Data Pipelines, osiguravaju točno i pravovremeno prikupljanje podataka iz različitih točaka u opskrbnom lancu, omogućujući bolju vidljivost i učinkovitiju razmjenu podataka među svim dionicima, poboljšavajući ukupno upravljanje opskrbnim lancem. [16]

Ove tehnologije zajedno povećavaju vidljivost, učinkovitost i sigurnost operacija u modernim kontejnerskim terminalima, čineći ih ključnim komponentama suvremene logističke infrastrukture. [16]

Standardi su ključni u kontekstu pametnih kontejnera i šireg opskrbnog lanca jer osiguravaju interoperabilnost različitih sustava i tehnologija koje koriste različiti dionici, omogućujući glatku razmjenu podataka i integraciju. Standardi pružaju dosljedan okvir za operacije, što pomaže u održavanju kvalitete i pouzdanosti diljem opskrbnog lanca. Također pojednostavljuju procese i smanjuju složenost, što vodi do učinkovitijih operacija i nižih troškova. Osim toga, standardi pomažu u ispunjavanju regulatornih zahtjeva i osiguravanju sigurnosti robe i podataka kroz cijeli opskrbni lanac. [16]

4. Informacijski sustavi na kontejnerskim terminalima

Primjena informacijskih tehnologija i telekomunikacija u području prometa često je složenija negoli u bilo kojem drugom području. Djeluje u kontekstu koji podrazumijeva pravila, poslovne procese, tehnike menadžmenta te ljudska i organizacijska ograničenja. Komuniciranje kao i tehnološki aspekti komunikacijsko-informacijskog sustava utječu na proizvodnost, ekonomičnost i rentabilnost poslovanja logističkog i distribucijskog sustava. Informacijske i komunikacijske tehnologije (IKT) ključne su za implementaciju suvremenih logističkih procesa na kontejnerskim terminalima. IKT-e nudi značajne mogućnosti za primjenu u različitim aktivnostima kontejnerskih terminala. Jedna od najvažnijih uloga informacijsko-komunikacijskih tehnologija je mogućnost povezivanja kontejnerskih terminala s drugim subjektima u lučkoj zajednici, stvarajući tako elektroničku zajednicu lučkog sustava (Port Community System) kao što je prikazano na Slika 9. [14]

Riječ je o elektroničkoj platformi koja povezuje višestruke sustave koje čine morsku ili zračnu luku. Platforma je transparentna te omogućuje sigurnu razmjenu informacija između javnosti i korisnika. [14]



Slika 9 Prikaz lučkog zajedničkog sustava

Izvor: t.ly/FTCVk

Različiti aspekti informacijsko-komunikacijskih tehnologija na kontejnerskim terminalima čine ih jednim od ključnih resursa i poželjnom investicijom, bez kojih je gotovo nemoguće postići napredak i cilj u pružanju pravovremene i kvalitetne usluge te zadovoljiti potrebe korisnika. [14]

Uvođenje elektroničkih računala na kontejnerske terminale započelo je još šezdesetih godina prošlog stoljeća. Prvi poslovi koje su računala obavljala, bili su obračunski poslovi i podaci o zaposlenicima. Sredinom sedamdesetih njihova primjena se unapređuje pa, između ostalog, računala obavljaju nadziranje i planiranje slaganja kontejnera. Prednosti uvođenja elektroničke obrade podataka na kontejnerskim terminalima prema su:

- prikupljanje informacija na vrijeme i na vjerodostojan način,
- bolja organizacija prikupljenih podataka,
- mogućnost prijema novih informacija u kratkom vremenu,
- jednostavno razotkrivanje podataka u praktičnom i prihvatljivom obliku,
- obrada i brza usporedba velikog broja podataka,
- mogućnost primjene na manjim terminalima,
- smanjenje količine papirnate dokumentacije i broja službenika u uredima,
- manji broj pogrešaka na dokumentima (koje su česte kod ručne obrade podataka). [15]

Razvoj tehnologije značajno je utjecao i na povećanje kapaciteta kontejnerskih terminala te uvođenje brzih promjena na njima radi izgradnje sve većih brodova koji su zahtijevali veće terminale za prekrcaj i skladištenje tereta. [15]

Dobro dizajniran računalni nadzorni sustav kontejnera povećava radne učinke terminala pri čemu su prema glavne koristi koje sustav daje:

- brži ukrcaj i iskrcaj kontejnera,
- povećana produktivnost zbog bržeg obrtaja kontejnera,
- bolji nadzor skladištenja kontejnera,
- veći stupanj ispravnih podataka i dosljednosti informacija. [14]

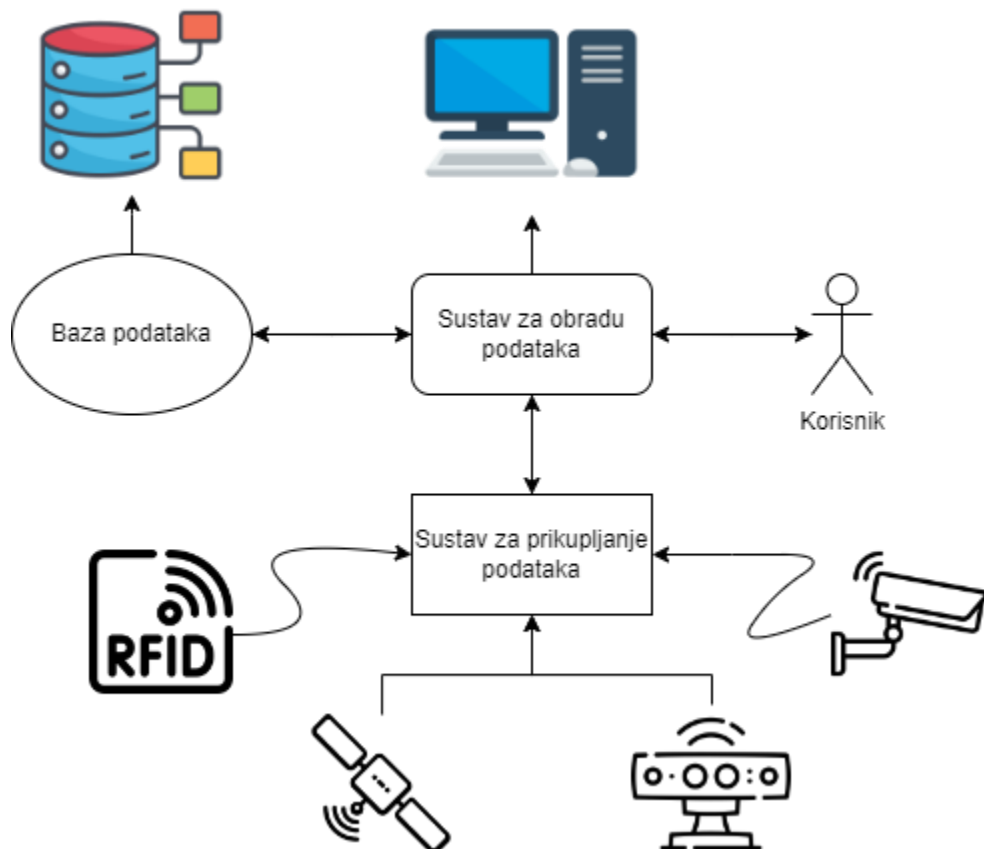
4.1. Aktivnosti informacijskih sustava

Informacijski sustav obavlja pet grupa aktivnosti koje se odnose na:

- unos podataka, koji se sastoji od tzv. ulaznih aktivnosti kao što su sređivanje i zapisivanje podataka,
- obradu podataka koju čine aktivnosti poput kompariranja, kalkuliranja, klasificiranja, sortiranja i sumiranja,
- izlazne aktivnosti koje predstavljaju informacijske produkte namijenjene krajnjem korisniku a sastoje se od izvještaja, poruka, obrazaca i grafičkih prikaza,
- pohranjivanje koje kao temeljna komponenta informacijskog sustava predstavlja aktivnost čuvanja informacija i podataka na organiziraniji način za kasniju upotrebu,
- kontroliranje tj. aktivnost kojom se preko povratne veze utvrđuje radi li sistem u okviru zadanih performansi ili treba napraviti određene promjene. [14]

Informacijski sustav nekog organizacijskog ili tehnološkog sustava je onaj dio sustava koji neprekidno opskrbljuje potrebnim informacijama sve razine odlučivanja i upravljanja u sustavu. Informacije definiramo kao ulazne i izlazne veličine informacijskog sustava. Temeljne aktivnosti informacijskog sustava su: obuhvat, obrada, čuvanje i razdioba informacija/podataka. Obuhvat podataka podrazumijeva zapisivanje podataka na nosioce podataka koji su čitljivi za sustav. [14]

Suvremena informatička tehnologija omogućava direktan unos podataka, te se tako procesi obuhvata i unosa podataka ujedinja. Temeljna prednost takvog sustava za obradu podataka je da se podaci unose direktno na mjestu njihova nastanka i pod kontrolom sustava, što omogućuje veću efikasnost djelovanja sustava i efikasniju kontrolu ispravnosti podataka. Obrada podataka predstavlja proces transformacije ulaznih/izlaznih podataka/veličina u izlazne podatke/veličine.. Takve izlazne podatke/veličine najčešće nazivamo rezultatima obrade kao što je vidljivo na Slika 10. [14]



Slika 10 Prikaz informacijskog sustava

Izvor: t.ly/Nthp8

Proces obrade podataka za razliku od nekih drugih procesa, kao što su npr. kemijski, ne mora stvarno transformirati ulazne podatke. Ti se podaci ne moraju potrošiti u toku proizvodnje, nego se na temelju njih aritmetičkim i logičkim operacijama generiraju rezultati obrade. Čuvanje podataka je važna aktivnost u okviru informacijskog sustava. Dobiveni podatak za primatelja može biti relevantna novost samo na kratko. Poslije taj podatak može još dugo biti relevantan, ali ne više i novost za tog primatelja. No budući da je naše ljudsko pamćenje dosta neprimjereno za neke količine i vrste podataka, memoriranje podataka predstavlja bitnu aktivnost informacijskog sustava. Memorirani podaci smješteni u bazama podataka mogu biti iskorišteni u kasnijim procesima odlučivanja i/ili obrade. Podaci se također memoriraju i u svrhu dokumentiranja. [14]

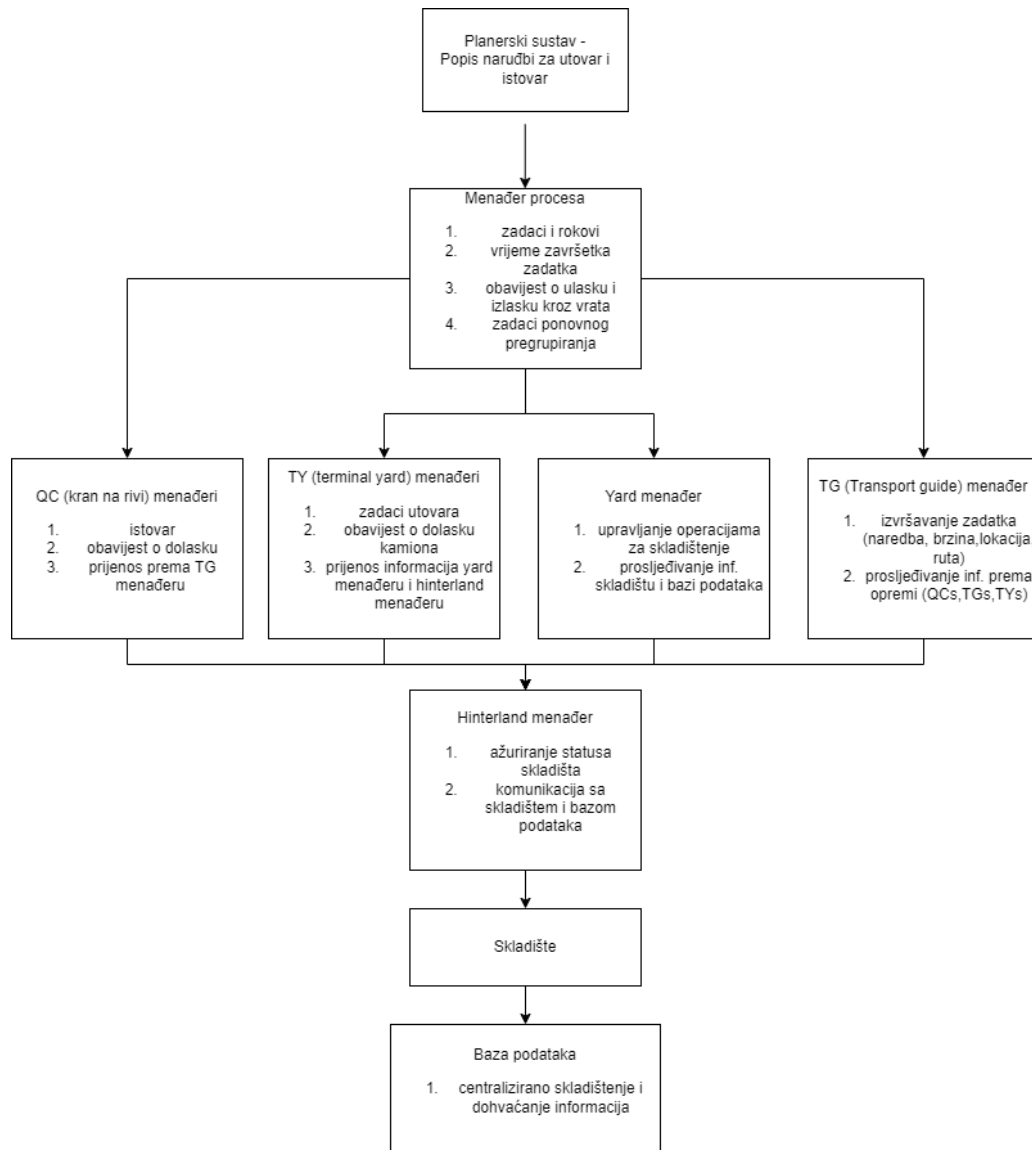
4.2. Vrste informacijskih sustava

Postoji više informacijsko-komunikacijskih sustava na kontejnerskim terminalima. Razlikuju se po softverskim rješenjima pojedinih proizvođača no svi imaju istu svrhu. Najvažniji zadatak informacijsko-komunikacijskih sustava na kontejnerskim terminalima je planiranje prekrcajnih aktivnosti. Operater kontejnerskog terminala kao osoba zadužena za planiranje, koordiniranje i kontrolu svih aktivnosti na kontejnerskom terminalu u svom radu koristi nekoliko sustava od kojih je najvažniji TOS (eng. *Terminal Operating System*) – sustav za prekinute aktivnosti. [14]

Sustavi su podijeljeni u grupe:

1. Terminal Operating System (TOS) – sustav za direktno planiranje prekinutih operacija na terminalu. Funkcije TOS sustava su praćene:
 - statusa kontejnera: veličina, težina, tip, posebna uputstva, sadržaj kontejnera
 - resursa: slobodne operativne površine i površine za slaganje kontejnera, lokacija opreme
 - ograničenja: karakteristike operativne površine, potrebna oprema
 - proces: optimalno slaganje kontejnera, prioritet u prekrcaju. [14]

Terminalni operativni sustav (TOS) je glavni instrument vođenja, planiranja, kontrole i nadzora svakog terminala, on je integrirani i potpuno automatizirani softverski sustav dizajniran za upravljanje terminalima, kontroliranje isporuke, skladištenje, obradu kontejnera i istovara na terminalima, te vođenje dokumentacije u realnom vremenu. Sve navedene aktivnosti se mogu prikazati dijagramom toka na slika 11. TOS služi radnicima, planerima, nadzornicima, upraviteljima brodova, kamiona, željezničkih pruga, posjetiteljima, regulatorima i analitičarima. Bilo koji TOS sustav počiva na tri temelja: infrastrukturi, bazi podataka i razvojnoj platformi. S obzirom na to sve tri osnove moraju imati: stabilnost, visoku dostupnost, dobre performanse, skalabilnost, sigurnost, zalihost, učinkovitu podršku dobavljača, jednostavnost usluge, preciznost, točnost, fleksibilnost, jednostavnost integracije, jednostavnost prilagodbe, te dostupnost profesionalaca koji ih mogu održavati i poboljšavati. [17]



Slika 11 Prikaz sustava za planiranje operacija na terminalu

Izvor: t.ly/RJ34r

2. Gate System - sustav kontrole i identifikacije kontejnera, propisi za kontejnere, sigurnosne mjere.
3. Community System - sustav za povezivanje lučkih subjekata razmjenu informacija i elektroničkih poruka.
4. Corporate System (sustav za poslovne funkcije) - analizira ljudske resurse, izrađuje financijska i računovodstvena izvješća za menadžere.

5. Engineering - sustav za razvijanje i praćenje tehnoloških inovacija na prekrcajnim sredstvima, dijagnosticiranje kvarova.
6. Ancillary System - pomoćni sustav za upravljanje praznim odlagalištima i postajama za popravak kontejnera.
7. OCR Handling - sustav manipulacije i praćenja kontejnera temeljen na Optical Character Reading - optičkom sustavu čitanja tagova u svrhu pripreme kontejnera za prekrcaj.
8. Equipment control (sustav za kontrolu opreme) - prati rad opreme na terminalu, trenutne pozicije npr. dizalica, utvrđuje zahtjeve za prekrcajnim sredstvima te provodi i kontrolu RFID (radiofrekvencijskih) komponenti. RFID tehnologija ima neke velike prednosti ali i nedostatke u odnosu na bar kod. Proizvodi označeni RFID tagovima mogu se očitavati i u slučajevima kada nisu izravno dostupni čitaču. Čitač podatke može očitavati s udaljenosti čak i do 10 metara. Brzina očitavanja vrlo je velika, tako da se u jednoj sekundi može očitati više stotina tagova. Za razliku od bar kodova koji se vrlo lako mogu oštetiti i time izgubiti informaciju, RFID tagovi su vrlo otporni na fizička oštećenja. Za razliku od tehnologije bar koda koja je jeftina, RFID tehnologija znatno je skuplja. [18]
9. Equipment PLC's/SCADA (eng. *System Control and Data Acquisition*) - sustav za praćenje i kontrolu opreme, osobito automatski navođenih prekrcajnih vozila putem programabilnog logičkog kontrolera (PLC) te SCADA sustava za prikupljanje i analizu podataka u stvarnom vremenu.
10. Information Technologies-Analysis and Design - sustav za dizajniranje i analizu informacijsko-komunikacijskih tehnologija - zajednički svim sustavima, zadužen za analizu svih elemenata hardvera i softvera, djeluje na poboljšanje trenutnih performansi, prati kvarove te analizira učinke primjene određenog softvera.

Svaki od ovih sustava mora biti povezan s adekvatnom bazom podataka. Točni i brzi podaci ključni su za uspješan rad ovih sustava. Jedan od načina stvaranja pouzdane baze podataka je klasifikacija podataka i upravljanje životnim ciklusom informacija. [14]

4.3 Sustavi za upravljanje kontejnera

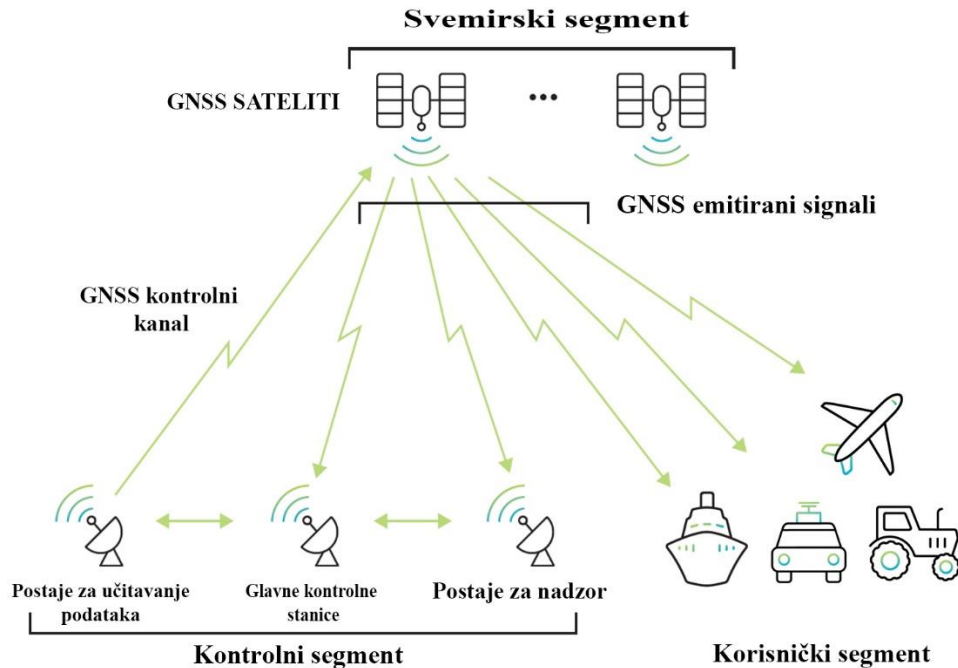
Napretkom informacijsko-komunikacijskih tehnologija omogućen je razvoj sustava za identifikaciju i praćenje kontejnera. Važnost ovih sustava proizlazi iz potrebe za nadzorom nad

kontejnerom i njegovim sadržajem u luci te za praćenjem kontejnera od ishodišta do odredišta. [14].

Praćenje i kontrola kontejnera na terminalima predstavlja jedan od ključnih izazova za brodarske tvrtke i carinske službe. Iz tog razloga prionulo se razvitku tehnologija koje će omogućiti poboljšanje globalne vidljivosti kontejnera te uštedjeti troškove prilikom gubitka ili oštećenja. Važnost ovih sustava je u praćenju kontejnera od ishodišta do odredišta, kao i u nadzoru nad kontejnerom i cijelim njegovim sadržajem. Sve pomorske institucije, posebno lučke uprave, u svoje informacijske sustave implementiraju novije informacijske-komunikacijske tehnologije u svrhu za ubrzanjem i olakšavanjem protoka podataka i informacija. [15]

Svrha tih servisa je poboljšanje učinkovitosti nad kontejnerima kao i pružanje točnih i pouzdanih informacija korisnicima. Svi subjekti koji sudjeluju u dopremi/otpremi jedne pošiljke/kontejnera, a osobito krajnji korisnik, moraju u svakom trenutku raspolagati točnim podacima. [15]

Jezgra sustava za upravljanje kontejnerskim terminalima je GNSS tehnologija (eng. *Global Navigation Satellite System*), odnosno GPS (eng. *Global Positioning System*) sustav za praćenje koji se koristi u kombinaciji s komunikacijskim tehnologijama (sateliti, mobiteli, Wi-Fi). Na taj se način osigurava kontinuirano praćenje u realnom vremenu i praćenje svih resursa tijekom putovanja. Pojednostavljeni prikaz GNSS sustava je prikazan na Slika 12. Te informacije moguće je poslati na server i vizualizirati pomoću geografskog informacijskog sustava (GIS - eng. *Geographic Information Systems*), gdje se svaka stavka može posebno pratiti npr. mjesto, zaustavljanje, prazan hod. [15]



Slika 12 Prikaz GNSS sustava

Izvor: t.ly/dwF8H

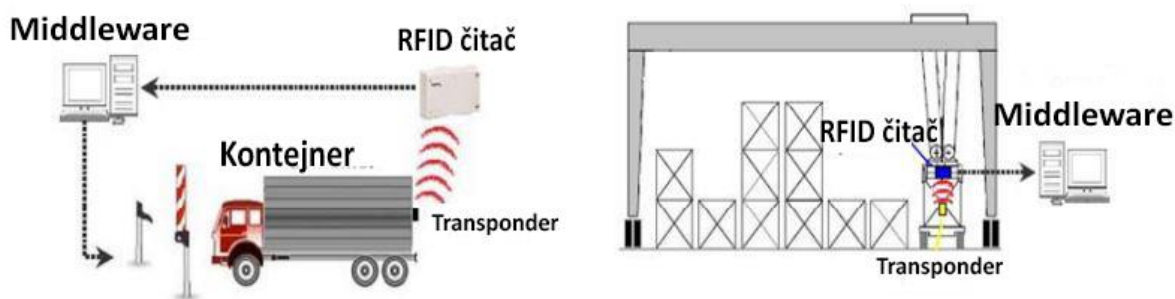
4.3.1 RFID tehnologija

Jedna od najčešće korištenih tehnologija identifikacije je RFID (eng. *Radio Frequency Identification Technology*), tehnologija temeljena na principu bežičnih čitača. Čitači pomoću radiovalova očitavaju najvažnije informacije o kontejneru i koriste se najviše kada se kontejneri odlažu na slagalište. [14]

Komponente RFID sustava uključuju:

1. RFID transponder (koji može biti pasivni, aktivni ili polu-pasivni):
 - Sastoji se od mikročipa, memorije i antene.
2. RFID čitač:
 - Prikuplja informacije s transpondera putem elektromagnetskih signala.
3. Middleware:
 - Skup programskih sučelja koji upravlja protokom podataka i pohranjuje podatke.

RFID čitač odašilje elektromagnetske signale određene frekvencije putem antene. Ti signali se primaju na anteni transpondera, koja odmah vraća podatke. Ovi podaci se zatim primaju i dekodiraju na anteni čitača, unose u računalo i dalje obrađuju kao što je vidljivo na Slika 13. [14]



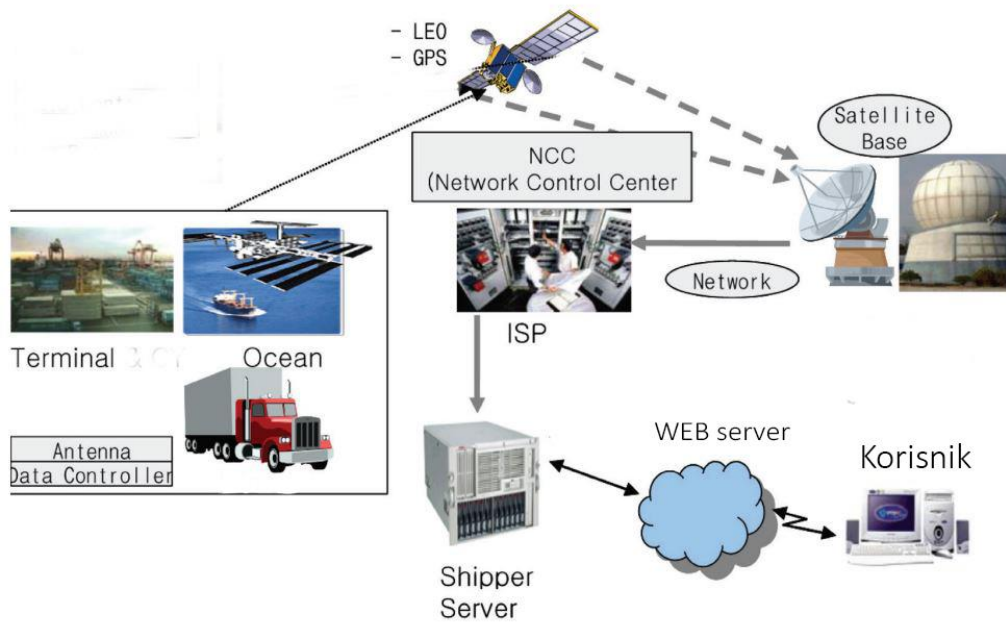
Slika 13 RFID sustav

Izvor: t.ly/0X2WK

Podaci prikupljeni RFID tehnologijom najviše pridonose smanjivanju krijumčarenja i povećanju nacionalne sigurnosti. Vlast u svakom trenutku može locirati sumnjivi kontejner te ga kontrolirati, kako na brodu, tako i na lučkom skladištu. [14]

4.3.2 Sustav za praćenje kontejnera (CTS)

Sustav za praćenje kontejnera (CTS - eng. *Container Tracking Service*) koristi LEO (eng. *Low Earth Orbit*) satelite za pronalazak kontejnera u minimalnom vremenu. LEO redovito prikuplja potrebne podatke te ih šalje na web server ili na korisnikov PC kao što je prikazano na Slika 14. Time brodarske tvrtke i carine dobivaju više informacija poput statusa o vratima, temperaturi i uređajima unutar kontejnera. CTS se sastoji se od četiri glavna elementa, a to su: antena, prijemnik, RF modul i baterija. [14]



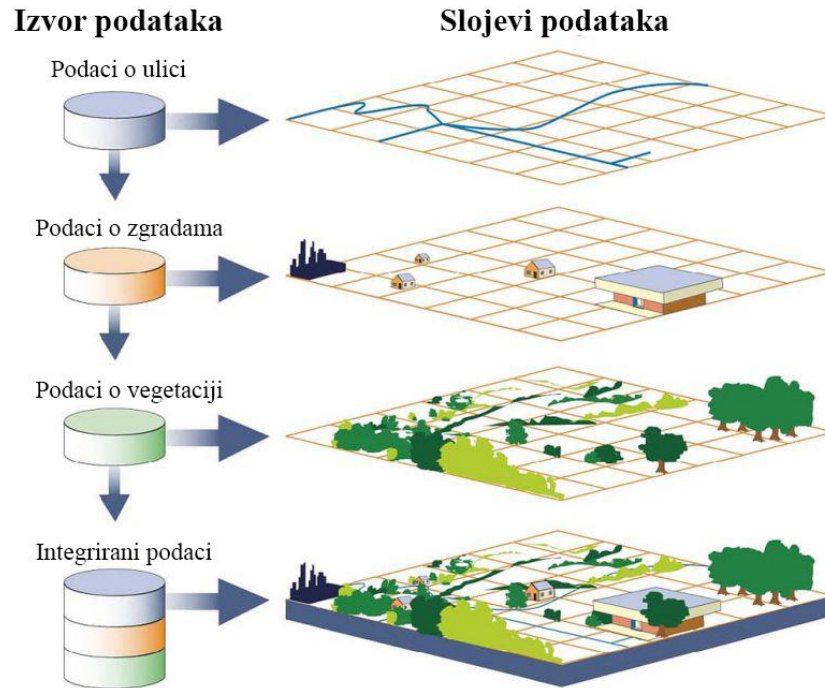
Slika 14 CTS sustav

Izvor: t.ly/COBJF

4.3.3 WEB GIS

Internet otvara novo tržište prostornih podataka i pruža razne usluge korisnicima iz područja geoinformatike. Sa sve dostupnijom tehnologijom povećava se broj razvijatelja web GIS aplikacija. [15]

Geografski informacijski sustav (GIS) je tehnologija koja se koristi za stvaranje, upravljanje, analizu i mapiranje svih vrsta podataka. GIS povezuje podatke s kartom, integrirajući podatke o lokaciji (gdje se nešto nalazi) s raznim vrstama opisnih informacija (kakvo je nešto na toj lokaciji), kao što je prikazano na Slika 15. [15]



Slika 15 Prikaz GIS sustava

Izvor: t.ly/_NvyF

To omogućuje stvaranje temelja za kartiranje i analizu koji se koriste u znanosti i gotovo svim industrijama. GIS pomaže korisnicima da razumiju obrasce, odnose i geografski kontekst. Prednosti uključuju poboljšanu komunikaciju, učinkovitost, upravljanje i donošenje odluka. S vrlo jednostavnom globalnom kartom, sustav može predočiti točnu lokaciju kontejnera. Korisnik može vrlo lako odabrati kontejner od interesa i pretraživati željene podatke. [15]

5. Primjena sustava za nadzor i praćenje kontejnera na kontejnerskim terminalima

U ovom poglavlju prikazat će se sustav nadzora i praćenja kontejnera na kontejnerskom terminalu luke Rotterdam.

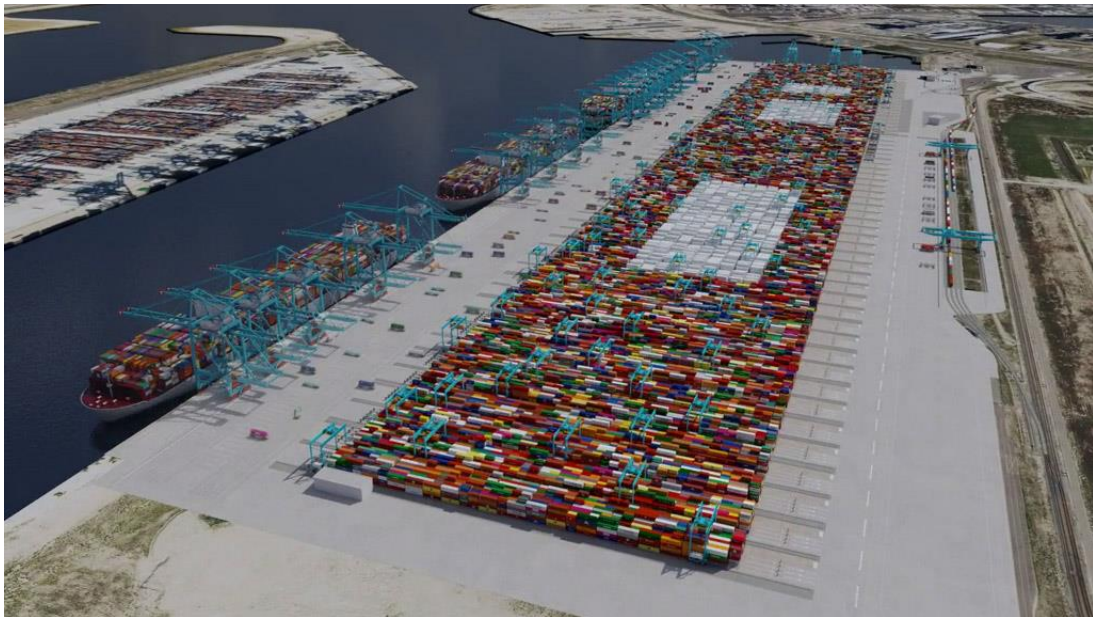
Luka Rotterdam je najveća luka u Europi i ima značajan utjecaj na ekonomiju Nizozemske. U 2022. godini, kroz luku je prošlo 8.3 milijuna TEU-a, odnosno 427 milijuna tona tereta, što je čini najvećom kontejnerskom lukom u Europi. Ova luka je odgovorna za 28% ukupnog kontejnerskog prometa u Europi, dok su njezini najveći konkurenti luke Antwerp i Hamburg, kroz koje je prošlo 8,06 milijuna TEU-a ili 254 milijuna tona tereta, odnosno 6,3 milijuna TEU-a ili 103 milijuna tona tereta. Međutim, globalno, luka Rotterdam je tek na 14. mjestu po veličini kontejnerskog prometa, što ukazuje na sve jaču konkurenciju iz drugih svjetskih luka, odnosno iz azijskih luka, koje prema Eurostatu zauzimaju prvih 13 mjesta. Unatoč ovome, luka Rotterdam je i dalje ključna ekonomska točka, doprinoseći 3.5% nizozemskom BDP-u. [19]

Portbase je osnovni sustav za komunikaciju i razmjenu podataka među različitim akterima u luci. Osnovan 2009. godine, ovaj sustav omogućuje elektroničku razmjenu podataka umjesto papirnatih obrazaca, što štedi vrijeme i novac. Portbase povezuje lučke operatore, broderske kompanije, špeditere i carinske organe kroz centraliziranu platformu. [19]

Povećanje efikasnosti u luci Rotterdam utječe na više razina unutar same luke. Razmjena informacija u realnom vremenu poboljšava pouzdanost planiranja među akterima u luci, što može smanjiti razinu zagušenja, ozbiljan problem koji uzrokuje kašnjenja u iskrcavanju velikih kontejnerskih brodova. U luci Rotterdam brodovi ponekad moraju čekati do 92 sata na slobodan vez. Bolja razmjena informacija može smanjiti ovo čekanje i povećati efikasnost, skraćujući vrijeme mirovanja između dva broda koje trenutno iznosi najmanje šest sati. [19]

Na razini terminala, povećana razmjena informacija može dovesti do prilagođavanja redoslijeda slaganja kontejnera, povećavajući efikasnost. U 2022. godini Rotterdam je imao 3. i 4. najučinkovitije terminale (EuroMax Terminal Rotterdam ECT i APM Terminal) u Europi, Africi i Bliskom Istoku. Najefikasniji terminali na svijetu, poput onih u Yokohami, dosežu produktivnost od 163 pomaka po satu, dok je u Rotterdamu produktivnost 109 pomaka po satu, što ukazuje na veliki potencijal za poboljšanje. [19]

Kontejneri u luci Rotterdam mogu biti opremljeni elektroničkim pečatima (plombama za kontejnere) koji bilježe je li pečat bio slomljen. U kombinaciji s podacima o realnom vremenu lokacije, ova informacija pomaže carini u osiguravanju kontejnera tijekom prijevoza. Rotterdam koristi visoko automatizirane terminale za povećanje efikasnosti. Na primjer, novi APM Terminal na Maasvlakte II na Slika 16 je gotovo potpuno automatiziran. Automatizirani terminali pružaju pouzdane informacije, poput procijenjenog vremena odlaska, što može pomoći u daljnjem planiranju. [19]



Slika 16 APM Terminal na Maasvlakte II

Izvor: t.ly/-Qacu

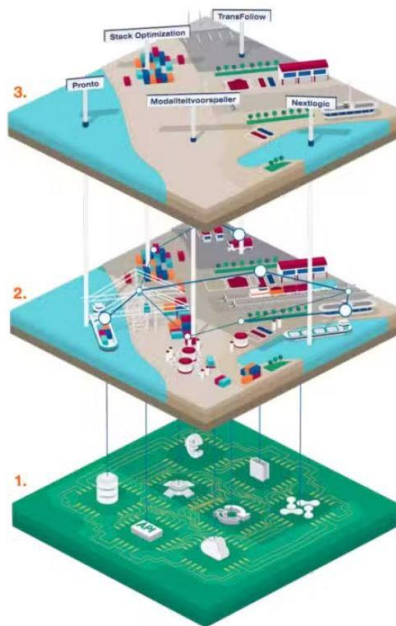
Primjena Internet of Things (IoT) tehnologija omogućuje poboljšanu razmjenu informacija među akterima u luci, što može smanjiti razinu zagušenja i povećati efikasnost terminala. Bolja razmjena informacija može smanjiti vrijeme čekanja brodova i povećati produktivnost lučkih operacija. [19]

Vrijeme se može uštedjeti formalnim rješavanjem dokumentacije za teret preko grupe za autorizaciju. Portbase je standardna komunikacijska platforma za nizozemske tvrtke, ali nije obavezna za strane brodove. Korištenje Portbase-a može postati obavezno za strane brodove, što bi povećalo efikasnost i za rotterdamske tvrtke i za strane korisnike. Portbase omogućuje preciznije

rizik-profiliranje zahvaljujući informacijama o sadržaju, rutama i otvaranju kontejnera kroz tri načina:

1. Digitalna infrastruktura koja omogućuje sigurnu i učinkovitu razmjenu podataka. Ova komponenta uključuje baze podataka, upravljanje identitetima, upravljanje pristupom i druge potrebne tehnološke komponente.
2. Rješenja za zajednicu su usluge koje je razvio Portbase kako bi digitalno podržali važne lučke procese. Ova komponenta osigurava jedinstven način suradnje između različitih sudionika u lancu.
3. Digitalni ekosustav u kojem različite strane nude usluge koje koriste podatke dostupne kroz rješenja za zajednicu. Ova komponenta omogućuje da se podaci dijele i s drugim stranama za različite namjene, na temelju odgovarajućih dopuštenja. [19]

Slika 17 prikazuje pojednostavljeni prikaz Portbase sustava.



Slika 17 Portbase sustav

Izvor: <https://www.portbase.com/en/community-solutions>

Obavezna upotreba Portbase-a na novom Maasvlakte II terminalu već je povećala broj razmijenjenih poruka i promovirala korištenje sustava. Ove promjene i poboljšanja trebale bi povećati ukupnu efikasnost luke Rotterdam, smanjiti zagušenja, ubrzati rukovanje kontejnerima i poboljšati carinske postupke, čineći luku konkurentnijom na globalnoj razini. [19]

6. Zaključak

Morske luke su vitalni dijelovi globalnog opskrbnog lanca, a kontejnerizacija je značajno doprinijela njihovoj učinkovitosti i kapacitetu. Unatoč tome, sigurnosni rizici ostaju značajni, što naglašava potrebu za kontinuiranim unapređenjem tehnologija i sustava za nadzor i praćenje kontejnera. Korištenje naprednih tehnologija i integracija informatičkih sustava omogućuje bržu i precizniju identifikaciju tereta, smanjujući vrijeme čekanja i povećavajući sigurnost. Automatizacija terminala dodatno doprinosi učinkovitosti operacija, omogućujući bolju organizaciju i smanjenje zastoja.

Razvojem informacijskih tehnologija i sustava za nadzor i praćenje ima bitnu ulogu u unapređenju sigurnosti i operativne učinkovitosti kontejnerskih terminala. Unapređenje ovih tehnologija ne samo da poboljšava sigurnost i efikasnost, već i omogućuje globalnoj trgovini da se odvija neometano i sigurnije. Ovaj rad ističe potrebu za stalnim ulaganjima u nove tehnologije i edukaciju osoblja kako bi se osiguralo da kontejnerski terminali ostanu sigurni i učinkoviti dijelovi globalnog logističkog lanca.

Poboljšanje učinkovitosti i sigurnosti na kontejnerskim terminalima ima izravan utjecaj na globalni opskrbeni lanac. Luka Rotterdam, kao jedan od vodećih svjetskih terminala, služi kao primjer uspješne primjene ovih tehnologija, što rezultira smanjenjem kašnjenja, povećanjem produktivnosti i boljom sigurnošću za sve sudionike u procesu. Razvoj i implementacija ovih sustava ključni su za održavanje konkurentnosti i održivosti u globalnoj pomorskoj industriji.

Literatura

- 1 Fabian A., Krmopotić M., Analiza kontejnerskog prometa u pomorskim robnim tokovima, Pomorski zbornik 45 (2008)1, 99-110, Pomorski fakultet u Rijeci, Stručni rad Preuzeto s : <https://core.ac.uk/download/pdf/14425112.pdf>
- 2 Rudić B., Gržin E.: Razvoj kontejnerizacije u svijetu i analiza kontejnerskog prometa u luci Rijeka Zbornik Veleučilišta u Rijeci, Vol. 8 (2020), No. 1, pp. 427-442, Stručni rad Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/file/348589>
- 3 Danladi C, Tuck S, Tziogkidis P, Tang L, Okorie C. Efficiency analysis and benchmarking of container ports operating in lower-middle-income countries: a DEA approach. Journal of Shipping and Trade. 2024;9(7). Preuzeto s: <https://jshippingandtrade.springeropen.com/articles/10.1186/s41072-024-00163-2>
- 4 United Nations Conference on Trade and Development. Review of Maritime Transport 2023. Geneva: UNCTAD; 2023. Preuzeto s: https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2023ch3_en.pdf
- 5 United Nations Framework Convention on Climate Change. Paris Agreement. Paris: UNFCCC; 2015. Preuzeto s: https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf
- 6 European Commission. Commission Staff Working Document. Impact Assessment Report: Strengthening the EU's Climate Target. Brussels: European Commission; 2023. Preuzeto s: https://climate.ec.europa.eu/system/files/2023-03/swd_2023_54_en.pdf
- 7 International Labour Organization. Minimum Wage Policy Guide: Forms, Levels, and Adjustment Procedures. Geneva: ILO; 2016. Preuzeto s: https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@ed_dialogue/@sector/documents/normativeinstrument/wcms_546257.pdf
- 8 Gharehgozli A, Zaerpour N, De Koster R. Container terminal layout design: transition and future. Marit Econ Logist. 2020 Dec;22(4). Preuzeto s: https://www.researchgate.net/publication/336572010_Container_terminal_layout_design_transition_and_future

- 9 Gharehgozli A, Zaerpour N, De Koster R. Layout of storage area of a container terminal. ResearchGate. 2020. Preuzeto s: https://www.researchgate.net/figure/Layout-of-storage-area-of-a-container-terminal_fig1_258118451
- 10 New straddle carriers boost Gothenburg capacity. Y&F 2014. Preuzeto s: <https://www.ynfpublishers.com/2014/12/new-straddle-carriers-boost-gothenburg-capacity>
- 11 The 9 classes of dangerous goods. Storemasta Blog. 2018. Preuzeto s: <https://blog.storemasta.com.au/9-classes-dangerous-goods>
- 12 Orphan V, Muenchau E, Gormley J, Richardson R. Advanced γ ray technology for scanning cargo containers. Applied Radiation and isotopes : including data, instrumentation and methods for use in agriculture, industry and medicine. 2005;63(6-7):723-732. Preuzeto s:(PDF) [Advanced \$\gamma\$ ray technology for scanning cargo containers \(researchgate.net\)](https://www.researchgate.net/publication/228118451)
- 13 Portal VACIS x-ray. Wikimedia Commons. 2010. Dostupno na: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File>
- 14 Tijan E, Agatić A, Hlača B. Evolucija informacijskog-komunikacijskih tehnologija na kontejnerskim terminalima. Pomorstvo. 2010;24(1):27-40. Preuzeto s:<https://hrcak.srce.hr/file/83538>
- 15 Šarić M. Tehničko-tehnološki procesi razvoja lučkih kontejnerskih terminala. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2018. Preuzeto s: <https://repozitorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz:1520>
- 16 United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). White Paper on Smart Containers. Geneva: UNECE; 2020. Preuzeto s: <https://unece.org/fileadmin/DAM/cefact/GuidanceMaterials/WhitePaperSmartContainers.pdf>
- 17 Oulovsky N. Prikaz suvremenih informacijsko komunikacijskih sustava u robno transportno centrima. Završni rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2016. Preuzeto s: <https://core.ac.uk/download/pdf/198102111.pdf>
- 18 Žubrinić K. Korištenje sustava za radiofrekvencijsku identifikaciju u poslovanju. LAUS novosti. 2004. Preuzeto s: <https://bib.irb.hr/datoteka/578624.KZubrinic-Koristenje-RFID-sustava.pdf>

19 van Kersbergen S. The Internet of Things in the Port of Rotterdam: Literature review about Internet of Things. Rotterdam: Erasmus University Rotterdam, Erasmus School of Economics, Department of Economics; 2014. Preuzetos: <https://thesis.eur.nl/pub/31064/BA-thesis-Sander-van-Kersbergen-v1.pdf>

Popis slika

| | |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1 40' Kontejner | 6 |
| Slika 2 Kontejnerski terminal | 8 |
| Slika 3 Grafički prikaz vrsta brodova sa stupnjem emisija GHG [6] | 10 |
| Slika 4 Sustav za gašenje požara | 13 |
| Slika 5 Prikaz rasporeda kontejnerskog dvorišta [9] | 14 |
| Slika 6 Znakovi za označavanje opasnih tvari [11] | 16 |
| Slika 7 Mobile VACIS skener [12]..... | 18 |
| Slika 8 Portal VACIS skener [13]..... | 19 |
| Slika 9 Prikaz lučkog zajedničkog sustava..... | 21 |
| Slika 10 Prikaz informacijskog sustava | 24 |
| Slika 11 Prikaz sustava za planiranje operacija na terminalu..... | 26 |
| Slika 12 Prikaz GNSS sustava | 29 |
| Slika 13 RFID sustav | 30 |
| Slika 14 CTS sustav | 31 |
| Slika 15 Prikaz GIS sustava..... | 32 |
| Slika 16 APM Terminal na Maasvlakte II..... | 34 |
| Slika 17 Portbase sustav | 35 |

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je _____ završni rad
(vrsta rada)

isključivo rezultat mojega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom Sustavi za nadzor i praćenje kontejnera na kontejnerskim terminalima , u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:



(ime i prezime, potpis)

U Zagrebu, 06.09.2024