

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET U RIJECI**

GORDAN KLARIĆ

**TEHNOLOŠKI PROCESI PRIJEVOZA KONTEJNERA U
POMORSKOM PROMETU**

DIPLOMSKI RAD

Rijeka, 2014.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET U RIJECI

**TEHNOLOŠKI PROCESI PRIJEVOZA KONTEJNERA U
POMORSKOM PROMETU**
**TECHNOLOGICAL PROCESSES OF CONTAINER
TRANSPORTATION WITHIN NAVAL TRAFFIC**
DIPLOMSKI RAD

Kolegij: Tehnološki procesi u prometu

Mentor: dr.sc. Svjetlana Hess

Student: Gordan Klarić

Studijski smjer: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 01120274553

Rijeka, rujan 2014.

Student: Gordan Klarić

Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 01120274553

IZJAVA

Kojom izjavljujem da sam diplomski rad s naslovom **TEHNOLOŠKI PROCESI PRIJEVOZA KONTEJNERA U POMORSKOM PROMETU** izradio samostalno pod mentorstvom prof. dr. sc. Svjetlane Hess.

U radu sam primijenio metodologiju znanstvenoistraživačkog rada i koristio literaturu koja je navedena na kraju diplomskog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo u diplomskom radu na uobičajen, standardan način citirao sam i povezao s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Suglasan sam s objavom diplomskog rada na službenim stranicama.

Student:

Gordan Klarić

SAŽETAK

Kontejnerizacija je uvelike utjecala na transport robe u svijetu što se može vidjeti prema prevezenom broju kontejnera u svijetu. Ona je sa sobom donijela lakši način rukovanja teretom te je smanjila troškove prijevoza određenog tereta. Budući da je ovaj način transporta izuzetno zastupljen lako je zaključiti da su sve manipulacije vezane uz sam prijevoz kontejnera od izuzetne važnosti. Tehnoloških procesa na kontejnerskim terminalima ima mnogo te ćemo ih kroz ovaj rad pokušati pobliže prikazati i pojasniti.

Ključne riječi: kontejner, kontejnerski terminal.

SUMMARY

Containerization had a great impact on transport of goods worldwide which can be noticed by the number of containers transported. It is an easier way to handle cargo and it reduces the transport costs of specific cargo. Since this way of transport is popular it is easy to conclude that all manipulations that include container handling are of major concern. There are many of technological processes in container terminals and we will try to describe them in further text.

Keywords: container, container terminal.

SADRŽAJ

SAŽETAK	I
SUMMARY	I
SADRŽAJ	II
1. UVOD	1
1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA.....	1
1.2. RADNA HIPOTEZA	1
1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA	1
1.4. ZNANSTVENE METODE	2
1.5. STRUKTURA RADA	2
2. KONTEJNERIZACIJA ROBE	3
2.1. VRSTE KONTEJNERA.....	3
2.2. SREDSTVA ZA RAD U KONTEJNERIZACIJI ROBE.....	7
2.3. PREDNOSTI I NEDOSTACI KONTEJNERIZACIJE	7
3. TEHNOLOŠKI PROCESI TRANSPORTA TERETA U LUCI	9
3.1. PROIZVODNI UČINAK LUČKOG PRISTANA	10
3.2. DEFINIRANJE TOKA TERETA U LUCI.....	16
4. PROMETNO TEHNOLOŠKI PROCESI NA LUČKOME KONTEJNERSKOM TERMINALU	23
4.1. PRIJEVOZ I SLAGANJE KONTEJNERA UPORABOM POLUPRIKOLICA	27
4.1.1. Dovoz kontejnera.....	27
4.1.2. Operacije na slagalištu kontejnera	28
4.1.3. Prekrcaj kontejnera s broda na brod	29
4.2. PRIJEVOZ I SLAGANJE KONTEJNERA UPOTREBOM PORTALNOG PRIJENOSNIKA	31
4.2.1. Ulaz i prekrcaj kontejnera.....	31
4.2.2. Ukrcaj i iskrcaj kontejnera s broda.....	31
4.3. PRIJEVOZ I SLAGANJE KONTEJNERA UPOTREBOM PORTALNOG PRIJENOSNIKA VELIKOG RASPONA.....	32
4.3.1. Prekrcajne operacije na slagalištu	34
4.3.2. Ukrcaj i iskrcaj broda	34

4.4.	KOMBINIRANE METODE PREKRCAJA, PRIJEVOZA I SLAGANJE KONTEJNERA NA KONTEJNERSKIM TERMINALIMA.....	35
4.5.	NOVIJE TEHNOLOGIJE RADA NA KONTEJNERSKIM TERMINALIMA	35
4.5.1.	<i>Operacija brod-obala i obratno</i>	37
4.5.2.	<i>Operacija obala-slagalište i obratno</i>	40
4.5.3.	<i>Operacija obala-vagon ili obala-vozilo</i>	40
4.5.4.	<i>Interne operacije</i>	41
4.5.5.	<i>Učinak sustava transportera</i>	42
4.6.	MULTI-TRAILER SYSTEM - VUČNI VLAK	44
4.7.	SHORT-SEA TEHNOLOGIJA.....	45
4.8.	SUSTAV ROLL'HYDRO	46
5.	MODELIRANJE I OCJENJIVANJE PERFORMANCE KONTEJNERSKIH LUKA	47
5.1.	ANALITIČKI MODEL	47
5.1.1.	<i>Brodski učinak</i>	49
5.1.2.	<i>Modeliranje brodskih aktivnosti</i>	51
5.2.	SIMULACIJSKI MODEL.....	53
6.	INFORMACIJSKO KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE NA KONTEJNERSKIM TERMINALIMA	55
6.1.	VAŽNOST PRIMJENE INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKIH TEHNOLOGIJA NA KONTEJNERSKIM TERMINALIMA	55
6.2.	POSTOJEĆI INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKI SUSTAVI NA KONTEJNERSKIM TERMINALIMA.....	56
7.	ZAKLJUČAK.....	59
	LITERATURA	60
	KAZALO KRATICA.....	61
	POPIS SLIKA:	62

1. UVOD

1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA

Problem istraživanja su tehnološki procesi koji se javljaju prilikom transporta kontejnera. Prekrcaj kontejnera mora biti čim kraći zbog troškova te mora biti siguran. Objekti istraživanja su sljedeći: kontejneri, kontejnerski terminali te tehnološki procesi u lukama.

1.2. RADNA HIPOTEZA

Trenutnim saznanjima o tehnološkim procesima prijevoza kontejnera u pomorskom prometu i tehnologijama koje se koriste za realizaciju istog možemo predložiti rješenja kao što su korištenje novijih tehnologija kako bi cijeli proces bio optimalan.

1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Svrha istraživanja je istražiti sve faktore koji utječu na naš problem te dobiti informacije koje su nam potrebne za rješavanje istog.

Cilj istraživanja je doći do rješenja koja se mogu primijeniti za utjecanje na navedeni problem.

Da bi mogli doći do prethodno navedene svrhe i cilja ovog rada potrebno je odgovoriti na sljedeća pitanja:

- 1) Što je kontejnerizacija robe?
- 2) Koje su vrste kontejnera?
- 3) Koje su prednosti i nedostaci kontejnerizacije?
- 4) Koji su tehnološki procesi transporta tereta u luci?
- 5) Koji su načini slaganja kontejnera?
- 6) Koje su novije tehnologije rada s kontejnerima?

1.4. ZNANSTVENE METODE

Pri istraživanju koristile su se sljedeće znanstvene metode: induktivna i deduktivna metoda, metoda analize i sinteze, statistička metoda, teorija sustava te metoda promatranja.

1.5. STRUKTURA RADA

U **Uvodu** su navedeni problem, predmet i objekt istraživanja, radna hipoteza i pomoćne hipoteze, svrha i ciljevi istraživanja, znanstvene metode i obrazložena je struktura rada.

U drugom dijelu rada **Kontejnerizacija robe** navedene su vrste kontejnera koji se koriste u transportu, sredstva koja se koriste za rad s istim te prednosti i nedostaci kontejnerizacije.

Treći dio pod nazivom **Tehnološki procesi transporta tereta u luci** opisuje na koji način se mjeri proizvodni učinak lučkog pristana te prikazuje tok tereta u luci.

Prometno tehnološki procesi na lučkome kontejnerskom terminalu predstavlja četvrti dio rada te opisuje na koji način se kontejneri slažu na kontejnerski terminal tj. koje tehnologije se koriste za navedeno.

Peti dio **Modeliranje i ocjenjivanje performance kontejnerskih luka** opisuje način na koji se ocjenjuju performance kontejnerskih luka različitim metodama.

Informacijsko komunikacijske tehnologije na kontejnerskim terminalima je šesti dio rada te navodi informacijsko-komunikacijske tehnologije prisutne na terminalima.

U posljednjem dijelu, **Zaključku**, dana je sinteza rezultata istraživanja kojima je dokazivana postavljena radna hipoteza.

2. KONTEJNERIZACIJA ROBE

Kontejnerizacija robe je tehnologija moguća primjenom kontejnera, prekrcajnih uređaja, prijevoznih sredstava i kontejnerskih terminala. Ona je skup međusobno organizacijski povezanih sredstava za rad i tehnoloških postupaka za automatizirano manipuliranje i transport okrupnjenim jedinicama tereta - kontejnerima od sirovinske baze do potrošača.¹

Sam sustav kontejnerizacije povezuje jedinične komadne ili paletizirane terete u kontejnere. Time se omogućuje uspostavljanje neprekidnog transportnog lanca od sirovinske baze do potrošača. Samim time možemo reći da je to najsloženiji oblik integralnog transporta budući da omogućuje odvajanje tereta od transportnog sredstva.

Najvažniji ciljevi kontejnerizacije jesu²:

- ujedinjavanje komadnog tereta pakiranog u sanduke, kartone, bale, vreće, bačve, gajbe, košare, role i sl. u veće i standardizirane manipulacijsko-transportne jedinice tereta,
- sigurno, brzo i racionalno manipuliranje i prijevoz tereta,
- optimizacija efekata prometne infrastrukture i prometne suprastrukture svih grana prometa,
- kvalitativno i kvantitativno maksimiziranje tehničkih, tehnoloških, organizacijskih i ekonomskih učinaka procesa proizvodnje prometne usluge,
- maksimiziranje efekata rada kreativnih i operativnih menagera i drugih radnika angažiranih u sustavu kontejnerizacije.

2.1. VRSTE KONTEJNERA

Prema definicijama Međunarodne organizacije za standardizaciju (ISO), Carinske konvencije o kontejnerima (iz 1975.), Ekonomske komisije za Europu (CEE), Carinske konvencije o međunarodnom prijevozu robe na osnovi karneta TIR, može se izvesti definicija kontejnera. Kontejneri su posebne naprave, prenosivi spremnici, transportni sanduci,

¹ Dundović, Č., Hess S.: *Unutarnji transport i skladištenje*, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2007., str. 66.

² Zelenika, R., Jakomin, L.: *Suvremeni transportni sustavi*, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 1995., str. 128.

transportne posade, savitljivo složene posude, pokretna transportna oprema ili druge slične konstrukcije, koje trebaju ispunjavati ove uvjete³:

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

Postoje različiti kriteriji za određivanje pojedinih vrsta kontejnera, a najčešći su prema namjeni, dimenzijama i materijalu izrade. Kontejneri prema namjeni, mogu se svrstati u dvije osnovne skupine: univerzalni i specijalni kontejneri ili kontejneri za prijevoz posebnih vrsta roba.

Skupina univerzalnih kontejnera (cca 85% kontejnerskog parka u svijetu) ima više podskupina i to (slika 1.)⁴:

- kontejneri za opću uporabu (potpuno zatvoreni i nepropustljivi za vodu i prašinu, na bočnim ili čelnim stranama obično imaju po jedna vrata),
- kontejneri za posebne namjene (otvoreni, zatvoreni s provjetravanjem, kontejneri-platforme s otvorenim bočnim stranama i sa cjelokupnom nadgradnjom).

Specijalnih kontejnera ima više vrsta, a najvažniji su (slika 2. i 3.)⁵:

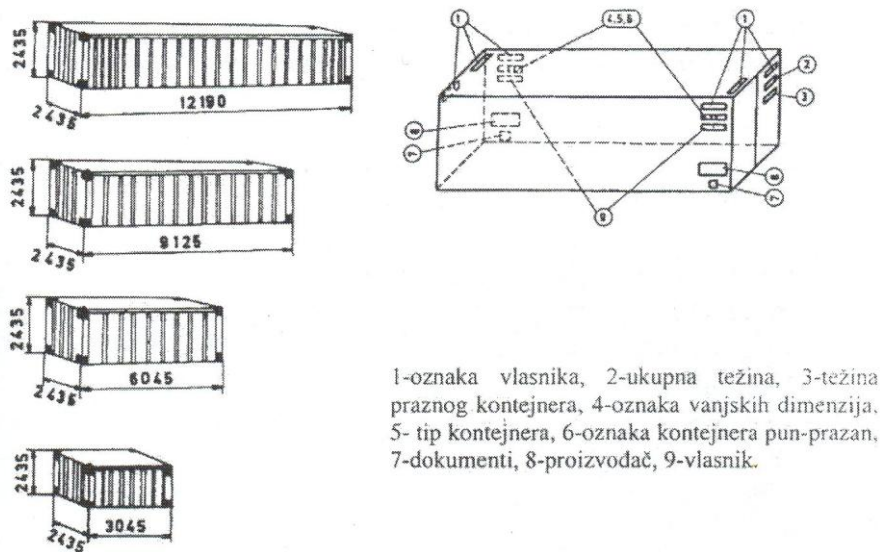
- kontejneri s izotermičkim obilježjima (izolirani zidovi, vrata, pod i krov kako bi se u unutrašnjosti kontejnera zadržala potrebna temperatura - frigo kontejneri),
- kontejneri-cisterne za prijevoz roba u tekućem i plinovitom stanju (ima cisternu, tj. specijalnu posudu s cjevovodima i cijevnim zatvaračima i okvir s dijelovima koji štite cisternu i prenose statička i dinamička opterećenja),

³ Ibidem, str. 130.

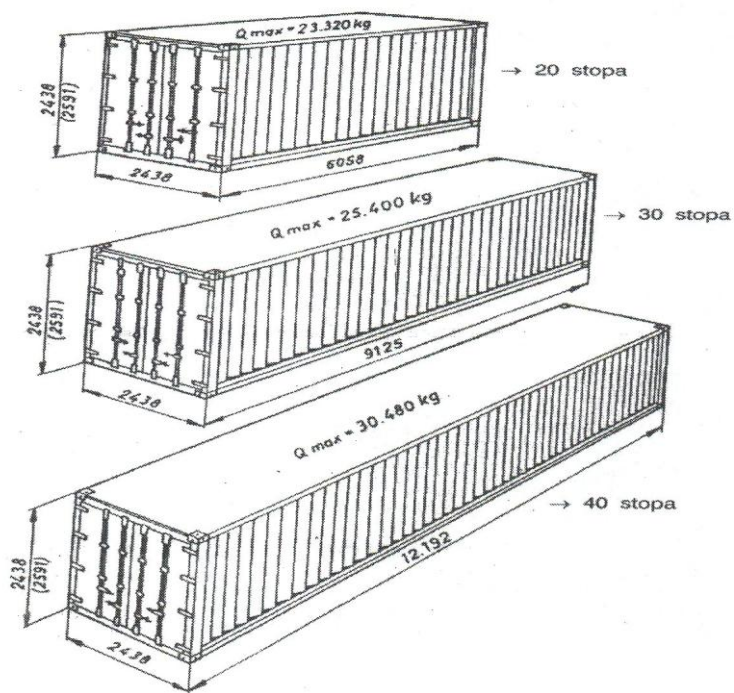
⁴ Dundović, Č., Hess S.: *Unutarnji transport i skladištenje*, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2007., str. 67.

⁵ Ibidem, str. 68.

- kontejneri za prijevoz rasutog tereta, za prijevoz drva, za prijevoz praškastih roba i dr.



1-oznaka vlasnika, 2-ukupna težina, 3-težina praznog kontejnera, 4-oznaka vanjskih dimenzija, 5- tip kontejnera, 6-oznaka kontejnera pun-prazan, 7-dokumenti, 8-proizvođač, 9-vlasnik.



Slika 1. Univerzalni kontejneri

Izvor: Dundović, Č., Hess S.: *Unutarnji transport i skladištenje*, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2007., str. 69.

S obzirom na veličinu (dimenzije i nosivost) kontejneri se dijele na: male (zapremine od 1 do 3 m³ i nosivosti do 3000 kg), srednje (zapremine od 3 do 10 m³, nosivosti do 10000 kg, do 6 m duljine) i velike - transkontejnere, koji se javljaju u pomorskom prometu (zapremine veće od 3 m³ i duljine veće od 6 m). Danas se najčešće koriste tri osnovne vrste

transkontejnera prema ISO-standardima, a to su: 20, 30 i 40 stopa duljine i 8 stopa širine i visine. U SAD-u se koriste kontejneri i od 40 i 45 stopa.⁶



Slika 2. Rashladni kontejneri

Izvor: Termobil.hr: http://www.termobil.hr/Pomorski_prijevoz/?l=hrv (28.08.2014.)



Slika 3. Kontejneri - cisterne

Izvor: Enciklopedija.hr: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=32919> (28.08.2014.)

Prema vrsti materijala od kojih su izgrađeni, kontejneri mogu biti: drveni, metalni, gumeni, plastični, aluminijski i dr.

⁶ Ibidem, str. 70.

Prema konstrukcijskim obilježjima, kontejneri mogu biti: klasični, sklapajući, rasklapajući, s drvenim i metalnim elementima, samoistovarujući itd.

2.2. SREDSTVA ZA RAD U KONTEJNERIZACIJI ROBE

Sredstva za prekrcaj kontejnera mogu se svrstati u dvije skupine:

- pokretna prekrcajna sredstva i
- portalne (mosne) dizalice i prijenosnici.

Pod pokretnim prekrcajnim sredstvima spadaju: viličari, autodizalice (eng. reach stacker), odnosno hvatači ili prijenosnici kontejnera različitih dimenzija i sposobnosti dizanja, prikolice sa spuštenim platformama, specijalne prikolice za smještaj i prijenos kontejnera unutar terminala te traktori-tegljači za vuču prikolica i poluprikolica.

Druga skupina sredstava obično se kreće na kotačima po kolosijeku. To su: mosne dizalice koje se kreću na tračnicama ili gumenim kotačima, kontejnerske mosne dizalice ili portalni tornjevi, lučke dizalice na tračnicama, lučke mobilne dizalice i ploveće dizalice.

Kao sredstva za prijevoz kontejnera, s obzirom na granu prometa, služe⁷:

- kontejnerski brodovi,
- željeznički vagoni (plato-vagoni, vagoni-nosači za prijevoz kontejnera u zatvorenim blok-vlakovima),
- specijalna cestovna vozila (plato-prikolice, poluprikolice, specijalni tegljači za prijevoz poluprikolica),
- teretni i kombinirano teretno-putnički zrakoplovi, helikopteri.

2.3. PREDNOSTI I NEDOSTACI KONTEJNERIZACIJE

Najvažnije prednosti i ekonomski efekti manipuliranja i prijevoza robe u kontejnerima su sljedeće⁸:

- smanjenje troškova pakiranja robe (čak i do 80%, što ovisi o vrsti robe, načinu i relaciji prijevoza),

⁷ Ibidem, str. 71.

⁸ Zelenika, R., Jakomin, L.: *Suvremeni transportni sustavi*, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 1995., str. 163.

- prijevoz robe u kontejnerima isključuje prekrcaj (pretovar) robe,
- osigurano je dobro čuvanje robe u kontejnerima, tj. smanjenje rizik od oštećenja, krađe, loma i rasipanja robe,
- omogućeno je brže rukovanje (kontejnerizacija izravno povećava obrt transportnih sredstava),
- smanjuju se troškovi uskladištenja i iskladištenja ,
- korištenje u cijelosti obujma standardiziranih prijevoznih sredstava,
- omogućeno je da cijeli transportni lanac dobiva jedinstvenu shemu prijevoza i prekrcaja robe,
- skraćeno je vrijeme premještanja robe od proizvođača do potrošača,
- smanjuju se manipulacijsko-prijevozni troškovi i povećava produktivnost rada,
- znatno se pojednostavljaju trgovinski, prometni i administrativni poslovi i pospešuje elektronska razmjena podataka (primjena EDIFACT standarda).

Međutim, pored neprijepornih prednosti kontejnerizacija ima i svojih nedostataka:⁹

- zahtijeva veliki početni investicijski kapital,
- visoki stupanj specijalizacije,
- standardizaciju i automatizaciju suprastrukture svih grana prometa, a djelomično i prometne infrastrukture,
- visoko kvalificirane, obrazovane i iskusne operativne managere,
- primjereno projektiran i organiziran integralni prometni informacijski sustav,
- gotovo savršenu koordinaciju rada svih sudionika, sredstava za rad i svih postupaka cjelokupnog sustava kontejnerizacije.

⁹ Dundović, Č., Hess S.: *Unutarnji transport i skladištenje*, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2007., str. 72.

3. TEHNOLOŠKI PROCESI TRANSPORTA TERETA U LUCI

Pri izboru lučkih uređaja, prekrcajnih sredstava i organizacije rada u luci glavni čimbenik predstavlja teret koji se pojavljuje kao predmet prijevoza. Zbog raznovrsnosti roba i njihovih svojstva te načina pakiranja problem posebno dolazi do izražaja u lukama za prekrcaj generalnog tereta.

Raznovrsnost kao osnovu značajka generalnog ili općeg tereta govori u prilog tome da je izbor tehnološkog procesa transporta tereta u luci prilično složen i zahtjevan zadatak. Podrobna analiza pokazala bi da se u lukama pojavljuju na desetine tisuća različitih roba, koje su obuhvaćene pojmom generalnog tereta. Svaka od tih roba ima svoje specifičnosti koje se odražavaju na proces prekrcaja. Različite robe imaju i različita pakiranja te različite jedinične težine. Ta se heterogenost roba neposredno odražava i na tehnologiju rada. Učinci prekrcaja, radna snaga, prekrcajna sredstva i ostalo bitno ovise o vrsti robe. Kada se uzmu u obzir i različite mogućnosti prekrcaja robe, s obzirom na vozila i skladište, te različiti dodatni radovi na robi, nije neobično što postoji i nekoliko stotina različitih rukovanja s robom (lučkih manipulacija), ovisno o vrsti robe pakiranju, prijevoznom sredstvu i ostalim lučkim operacijama.¹⁰

Zato je izbor tehnologije rukovanja generalnim teretom vrlo složen i osjetljiv zadatak koji se u užem smislu, na osnovi interdisciplinarnog postupka, svodi na izbor najprihvatljivijeg rješenja.

Razvoj suvremenih (integralnih) sustava transporta imao je veliki utjecaj na promjenu standardne tehnologije rukovanja generalnim teretom. Sam razvoj se je ogledao u kontekstu unitiuacije koja se ja razvila u dva smjera od kojih je jedan bio formiranje okrupnjavanje ukrcajne/iskrcajne jedinice tereta u obliku paletizirane jedinice dok je drugi smjer krenuo u oblikovanje i okrupnjavanje veći jedinica tereta izraženih u obliku kontejnerizacije, RO-RO sustava. LASH sustava i sl.

Sustavne promjene u području tehnike transportnih sredstava tehnologije rukovanja teretom imale su za cilj sustav izmjeničnog prijenosa generalnog tereta što više približiti sustavu neprekidnog prijenosa. Istodobno je došlo i do bitnog povećanja jediničnog tereta koji je prvog stupnja (vreća, sanduk) mase oko 50 kg, dostigao masu od 1.3 tona (barža) s tendencijom daljnjeg povećanja.

¹⁰ Dundović, Č., Kesić, B.: *Tehnologija i organizacija luka*, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2001., str. 206.

Primjena suvremenih tehnologija prijevoza i prekrcaja, koje pokazuju iznimno dobre rezultate, utječe i na brže "raslojavanje" strukture generalnog tereta, te uključivanje njegova sve većeg dijela u integralne transportne sustave. Međutim, iako je razvoj tehnologije uvođenjem kontejnerizacije utjecao na nove načine prekrcaja generalnog tereta na specijaliziranim terminalima, još se uvijek s dijelom kontejneriziranog generalnog tereta rukuje na klasičan način, na konvencionalnim pristanima za prekrcaj generalnog tereta. To se prije svega odnosi na luke sa starim pristanima u koje uplovljavaju brodovi s mješovitim teretom, koji uz klasičan generalni teret (metalni poluproizvodi, strojevi, konstrukcije, vozila i sl.), dovoze i kontejnere. Potreba za rukovanjem kontejnerima na klasičan način, javlja se i kod novoizgrađenih višenamjenskih terminala gdje količine roba u prometu ne jamče dovoljnu iskoristivost specijaliziranih kontejnerskih prekrcajnih sredstava. U tom kontekstu rukovanje kontejnerima treba promatrati kao rukovanje teškim jediničnim klasičnim generalnim teretom, pa je stoga nosivost i kapacitete prekrcajnih sredstava potrebno prilagoditi njihovim fizičkim obilježjima. Sva ostala rješenja, koja će se zahtijevati s povećanjem prometa, vodit će k većoj specijalizaciji terminala i upotrebi učinkovitijih prekrcajnih sredstava.¹¹

3.1. PROIZVODNI UČINAK LUČKOG PRISTANA

Lučki pristan osnovni je element luke na kojemu započinju, a često i završavaju, sve ukrcajno/iskrcajne operacije u luci, te je zato izbor odgovarajuće tehnologije prekrcaja na pristanu, kao i utvrđivanje njegova proizvodnog učinka, jedan od ključnih elemenata uspješna odvijanja tehnološkog procesa u luci.

Vrijeme koje brod provede na pristanu zbog obavljanja ukrcaja ili iskrcaja, funkcija je proizvodnog učinka pristana. Proizvodni učinak pristana ovisan je o velikom broju činitelja koji s različitim intenzitetom utječu na njegovo ostvarenje. Najutjecajniji su činitelji¹²:

- a) kapacitet prekrcajnih uređaja
- b) veličina i karakteristike broda
- c) tehnološki zastoji
- d) radno vrijeme
- e) vrsta robe

¹¹ Ibidem, str. 207.

¹² Ibidem, str. 207.

- f) zastoji u procesu rada
- g) vanjski utjecaji
- h) zastoji izvan procesa rada.

Kapacitet obalnih prekrcajnih uređaja ima prevladavajući utjecaj na vrijeme koje brod provede na pristanu. Zbog toga se dimenzioniranje obalnih prekrcajnih uređaja izvodi upravo na temelju proizvodnog učinka pristana i to prema obrascu¹³:

$$Q_{teh} = \frac{Q}{t_d * \eta}$$

gdje je:

- Q_{teh} - tehnički kapacitet ukrcanja ili iskrcanja (t/dan)
- Q - količina robe (tereta) koja se ukrcava ili iskrcava (tona)
- t_d - vrijeme ukrcanja ili iskrcanja (dana)
- η - stupanj korištenja kapaciteta ($0 < \eta < 1$).

Jedinica za mjerenje proizvodnog učinka pristana je eksploatacijski učinak. Eksploatacijski učinak prikazuje ukrcanu ili iskrcanu količinu robe u jednom danu na osnovi ukupnog vremena trajanja čaja ili iskrcanja broda, uključujući vrijeme odmora, zastoja i čekanja broda u procesu rada.

Eksploatacijski učinak ukrcanja ili iskrcanja broda može se odrediti pomoću obrasca¹⁴:

$$Q_{expl.} = \frac{24Q}{t_h}$$

gdje je:

- $Q_{expl.}$ - eksploatacijski učinak (t/dan)
- Q - količina robe (tona)
- t_h - ukupno vrijeme broda na pristanu (sati).

Eksploatacijski učinak specifičan je za svaki pojedini pristan.

Veličina i karakteristike broda značajke su koje utječu na ostvarenje učinka prekrcajnih uređaja. Nepovoljan geometrijski odnos među broda i prekrcajnih uređaja, koji

¹³ Ibidem, str. 208.

¹⁴ Ibidem, str. 208.

proizlazi iz duljine i smjera putanje tereta, od broda do pristana, mali otvori grotla broda i si., smanjuju učinak rada.

Tehnološki zastoji u koje us uključeni privez i odvez broda, obavljanje lučkih formalnosti, smjene i odmor radnika, održavanje uređaja i slično, pojavljuju se kod svih brodova s približno istim vrijednostima u istoj luci.

Radno vrijeme umnogome utječe na ostvarenje dnevnog učinka. Zbog toga se danas, u primjeni suvremenih metoda rukovanja s generalnim teretom (RO-RO i kontejneri), uglavnom radi u tri smjene kako bi se brže oslobodio pristan. Za rad s klasičnim generalnim teretom najčešće se upotrebljavaju dvije smjene, a treća se uvodi prema potrebi.¹⁵

Vrsta robe također je čimbenik koji bitno utječe na učinak ukrcaja i iskrcaja broda. Poseban utjecaj imaju fizička obilježja tereta kao što su npr. tekuće ili kruto stanje robe, kod sipkih tereta nasipna gustoća, granulometrijski sastav, a kod generalnog tereta primijenjena tehnologija transporta (kontejneri, RO-RO, paletizacija ili klasični sustav).

Zastoji u procesu rada mogu bitno utjecati na učinak. Sastoje se od raznih prekida rada i čekanja, koji su uglavnom posljedica vremenskih prilika, organizacije rada i si.

Vanjski utjecaji mogu imati vrlo neugodne posljedice u nepredviđenom zadržavanju broda. Javljaju se uglavnom kao posljedica uskoga grla kapaciteta skladišta i propusne moći kopnenih prijevoznih sredstava.

Zastoji izvan procesa rada javljaju se zbog popravaka oštećenja broda i prekrcajnog sredstva, nastalih u procesu ukrcaja ili iskrcaja.

Na temelju svega rečenoga, jasno je da vrijeme zadržavanja broda na pristanu ovisi o elementima koji su posebni za svaku vrstu broda, odnosno tereta koji se pojavljuje u procesu prekrcaja. S aspekta primjene određene tehnologije prekrcaja na pristanu, posebno su bitne ove značajke: vrsta i težina tereta, način pakiranja i fizičko-tehnička svojstva robe. To se posebno odnosi na klasične generalne terete.¹⁶

Pod klasičnim generalnim teretom ovdje se uglavnom razumijeva dio roba izvan integralnih sustava pakiranja kao što su bale, vreće, sanduci, bačve, strojevi, konstrukcije itd.

¹⁵ Ibidem, str. 209.

¹⁶ Ibidem, str. 209.

S obzirom na prije istaknutu šarolikost roba koje su obuhvaćene pojmom generalnog tereta, često se robe svrstavaju u manji broj grupa koje zahtijevaju sličnu tehniku rukovanja pri ukrcanju i iskrcanju broda. Sažimanje na manji broj grupa može se izvoditi na temelju nekoliko kriterija.¹⁷

Prvi je kriterij da se uskladištenje i iskladištenje broda unutar grupe izvodi na sličan način. Drugi je kriterij slična brzina prekrcajanja (produktivnost radnih grupa na sat). Treći je kriterij da robe u istoj grupi imaju približno istu zapremninu po toni robe na sladištu. Budući da se svi kriteriji ne mogu odjednom zadovoljiti, robe se mogu svrstati u pet grupa (klasa), koje obuhvaćaju ove terete:

1. bale
2. vreće + kože
3. sanduci + bačve + boce + karton
4. teški tereti
5. kontejneri.

U teške terete svrstava se sva metalna roba kao što su npr. limovi, željezne i čelične cijevi, metalni ingoti i blokovi, metalurški poluproizvodi, strojevi, vozila i vagoni, te ostala roba koja se javlja u obliku teških koleta.

Za praćenje uspješnosti tehnološkog procesa prekrcaja generalnog tereta potrebno je poznavati udio (%) pojedinih grupa roba, njihov smjer kretanja, način prekrcaja za svaku klasu tereta, proizvodnost radnih grupa i gustoću uskladištenja prema klasama tereta.

Smjer kretanja roba između broda i obale, odnosno kopnenih prijevoznih sredstava, definiran je tehnološkim procesom prekrcaja kot se najčešće događa na relacijama¹⁸:

1. brod - otvoreno skladište i obratno
2. brod - vagon i obratno
3. brod - vozilo i obratno.

Razmatranje se može proširiti s još dva načina prekrcaja, a to su brod - zatvoreno skladište i obratno, te brod - brod, ali s obzirom na rjeđu upotrebu takvih načina prekrcaja, kao i neprikladnost zatvorenih skladišta u primjeni suvremenih tehnologija rukovanja s

¹⁷ Ibidem, str. 209.

¹⁸ Ibidem, str. 210.

teretom, daljnja razmatranja ograničit će se na prethodno istaknute smjerove prekrcaja. Na osnovi poznatih načina prekrcaja može se analizirati i proizvodnost radnih grupa, ovisno o vrsti, odnosno klasi tereta.

Proizvodnost radnih grupa nije stalna veličina i različita je za različite vrste tereta. Ali upravo proizvodnost može biti jedan od kriterija da se robe iste proizvodnosti unose u istu klasu tereta. Proizvodnost radnih grupa ovisi i o sastavu grupe (broju radnika), vrsti broda, primijenjenom tehnološkom procesu rada itd. Međutim, za ocjenu proizvodnosti može poslužiti i dovoljno dobra aproksimacija da je zadana srednja proizvodnost za svaku klasu tereta. Budući da ostvareni učinak često odstupa od predviđene srednje proizvodnosti, kao pouzdan pokazatelj može se uzeti prosječna proizvodnost ostvarena u duljem vremenskom razdoblju¹⁹.

Uspješnost tehnološkog procesa prekrcaja generalnog tereta velikim dijelom ovisi i o prekrcajnoj mogućnosti pristana koji čini osnovni segment luke. Pod prekrcajnom mogućnosti pristana razumijeva se prosječno potrebno vrijeme zadržavanja broda na pristanu uz nepromijenjenu prosječnu količinu tereta po brodu i odgovarajući učinak ukrcanja, odnosno iskrcaja. Izbor određene koncepcije rukovanja pri prekrcaju broda ponajprije ovisi o prihvatnim i prekrcajnim mogućnostima luke, te smjeru kretanja robe između broda i skladišta, odnosno kopnenih prijevoznih sredstava.

Tijekom prekrcaja može se koristiti brodska ili obalna mehanizacija, što ovisi o opremi obale i vrsti tereta. Ako je obala opremljena lučkim obalnim dizalicama, prekrcaj se uglavnom izvodi ovim sredstvima. Kad se pri prekrcaju koriste cestovna vozila, vozila unutrašnje; lučkog transporta ili se radi samo na jednom željezničkom kolosijek-brod se može vezati i uz operativnu obalu koja nema lučke obalne mehanizacije, te se u tom slučaju upotrebljava brodska mehanizacija.²⁰

Cjelokupan tehnološki proces ukrcanja i iskrcaja broda zasniva se na radu obalnih ili brodskih dizalica sustavom DIGNI-SPUSTI = LO-LO (Lift on-Lift off). Za razliku od brodskih dizalica koje mogu dohvatiti samo prvi kolosijek na obali (4 do 5 m od broda), obalne dizalice mogu posluživati i po tri kolosijeka, te u uvjetima starih luka izvoditi direktni prekrcaj brod - balkon skladišta.

¹⁹ Ibidem, str. 212.

²⁰ Ibidem, str. 212.

Budući da luka često obavlja usluge iskrcaja vagona ili vozila robom koja se doprema iz unutrašnjosti zemlje ili je otprema u unutrašnjost, potrebe rukovanja s teretom javljaju se i na relacijama²¹:

1. vozilo - skladište i obratno
2. vagon - skladište i obratno
3. vagon - vozilo i obratno.

Za rukovanje robom u procesu izvođenja direktnog ili indirektnog prekrcaja, upotrebljavaju se obalne ili mobilne dizalice i lučka sredstva unutarnjeg transporta.

Tehnološki proces prekrcaja generalnog tereta može se promatrati i s aspekta ukrcaja ili iskrcaja robe i primijenjene tehnologije rada. Tako npr. iskrcaj generalnog tereta dizalicom obuhvaća i ove načine rukovanja s teretom.²²

- a) brod - obala (paletiziranje u brodu)
- b) brod - obala (gotove palete)
- c) brod - teglenice (pomoću pasca, odnosno mreže)
- d) brod - zatvoreni vagon ili kamion (pomoću pasca ili mreže)
- e) brod - prikolica - vagon (pomoću lučkog alata)
- f) brod - skladište (pomoću lučkog alata)
- g) brod - skladište (paletiziranje u skladištu)
- h) brod - skladište (paletiziranje u brodu)
- i) brod - skladište (gotove palete)
- j) brod - prikolica - skladište (pomoću lučkog alata)
- k) brod - prikolica - skladište (paletiziranje u skladištu)
- l) brod - prikolica - skladište (paletiziranje pod brodom)
- m) brod - prikolica - skladište (gotove palete)
- n) brod - prikolica (pomoću lučkog alata)
- o) brod - prikolica (paletiziranje u brodu)
- p) brod - prikolica (gotove palete).

²¹ Ibidem, str. 212.

²² Ibidem, str. 213.

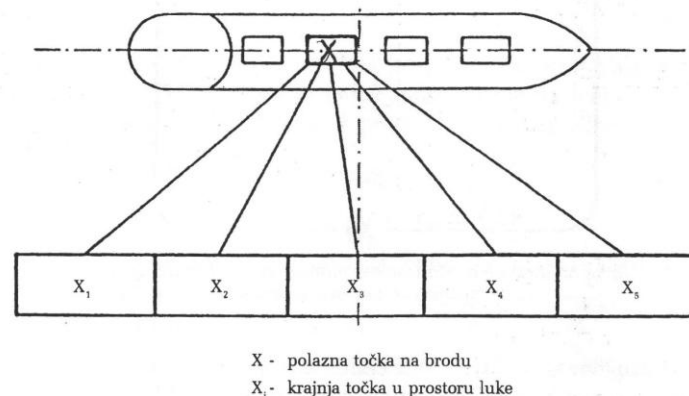
Gotovo isto toliko načina rukovanja primjenjuje se i pri ukrcaju generalnog tereta. Ako se tomu pridoda i rukovanje kontejnerima, teškim teretima te ostalim raznovrsnim jediničnim teretima, jasno je da je izbor tehnologije rada složen zadatak.

3.2. DEFINIRANJE TOKA TERETA U LUCI

Primjenom prekrcajnih sredstava prijevoz tereta u luci redovito se događa na prostoru između broda, odnosno obale i skladišnih površina obrnuto. Tok kretanja tereta bitan je za primjenu prekrcajnih sredstava. Pri rukovanju teretom u luci između broda i sredstava kopnenog transporta primjenjuju se dva osnovna sustava: direktan i indirektan prekrcaj tereta. Direktan prekrcaj s jednog na drugo transportno sredstvo vanjskog transporta nije osjetljiv na tok kretanja tereta i bitno ne utječe na primjenu prekrcajnih sredstava, kao što je to slučaj u indirektnem prekrcaju.²³

Rukovanje teretom u indirektnom prekrcaju često se obavlja na većim rastojanjima. To upućuje na potrebu primjene određenih vrsta prekrcajnih sredstava s tehničkim obilježjima koja daju povoljniji stupanj iskoristivosti u zadanom vremenu i prostoru.

Prijenos ili prijevoz tereta između dvije točke predstavlja duljinu puta. Tijekom ukrcaja ili iskrcaja tereta iz broda javljaju se razne duljine puta s različitim učestalostima što ovisi o smještaju tereta i položaju broda u luci. Odnos između pojedinih mjesta tereta u luci (x_i) i položaja u brodu (x), te odnos njihove duljine puta prikazan je na slici 4.



Slika 4. Tok tereta između polazne i krajnje točke u luci

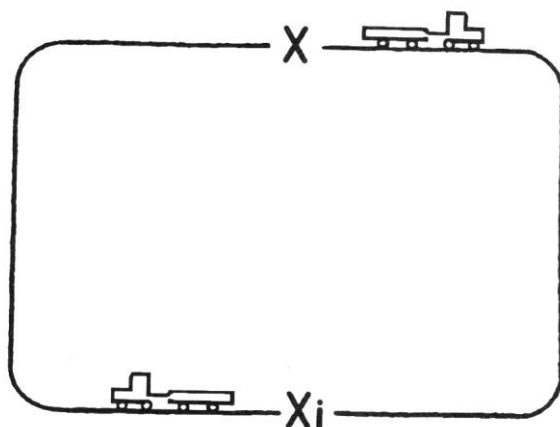
Izvor: Dundović, Č., Kesić, B.: *Tehnologija i organizacija luka*, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2001., str. 215.

²³ Ibidem, str. 215.

Radni postupak povremenog transporta ima obilježja kružnog transporta u kojemu je početak transportnog puta ujedno i njegov kraj. Radni ciklus može se događati na dva osnovna načina s gledišta racionalnosti prijenosa ili prijevoza tereta²⁴:

- a) radni ciklus bez odvajanja zahvatnog sredstva, odnosno priključnog vozila
- b) radni ciklus s odvajanjem zahvatnog sredstva, odnosno priključnog vozila.

U prvom slučaju radni se ciklus događa udjelom jednoga transportnog sredstva i jednog ili više zahvatnih, odnosno priključnih sredstava. Radni se ciklus ostvaruje u jednom smjeru s kretanjem tereta i praznim hodom (bez tereta) u povratnom smjeru do polazne točke, sa stajanjem u polaznoj i krajnjoj točki puta radi ukrcaja i iskrcaja tereta. Pri primjeni toga tehnološkog postupka dolazi do većih gubitaka vremena, osobito na kraćim rastojanjima i s klasičnim oblicima tereta (komadni teret), gdje ukrcajno-iskrcajna operacija traje mnogo dulje nego s ujedinjenim jediničnim teretom (kontejneri i ro-ro tereti). Model ovakva tehnološkog postupka prikazan je na slici 5.²⁵



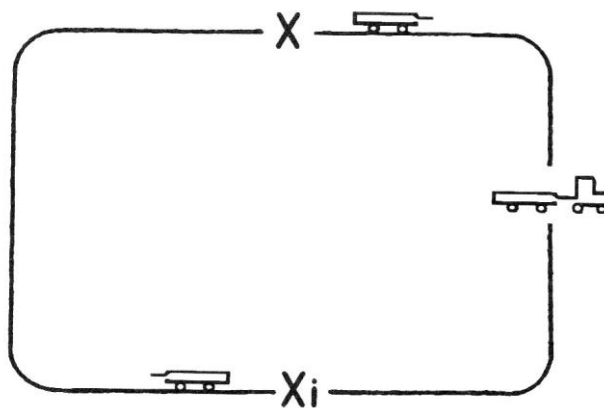
Slika 5. Karakterističan model radnog ciklusa bez odvajanja pomoćnog transportnog sredstva

Izvor: Dundović, Č., Kesić, B.: *Tehnologija i organizacija luka*, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2001., str. 216.

U drugom se slučaju radni ciklus odvija uz pomoć jednoga transportnog sredstva s tri ili više zahvatnih, odnosno priključnih sredstava (u ovisnosti o duljini puta i vremenu zauzetosti). Primjenom takva načina na prijenosa ili prijevoza tereta, vremenski gubici prekrcajnog sredstva svode se na minimum. Model takvoga tehnološkog postupka prikazan je na slici 6.

²⁴ Ibidem, str. 216.

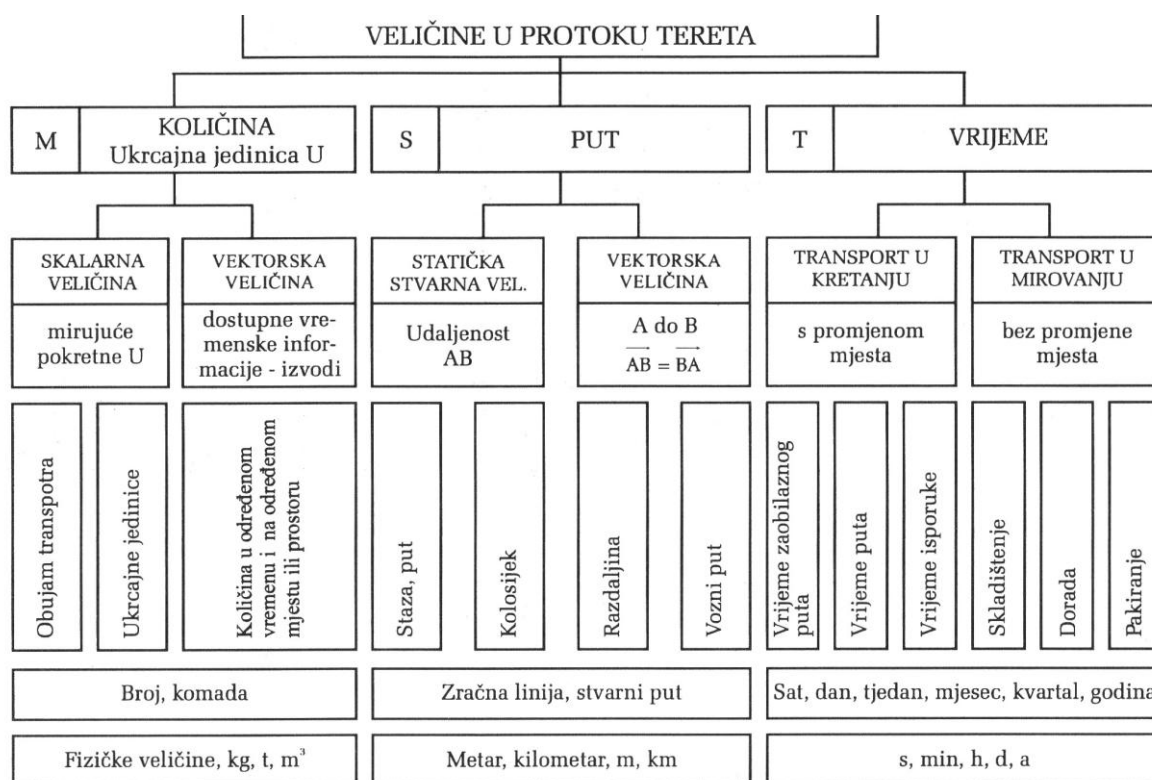
²⁵ Ibidem, str. 216.



Slika 6. Karakterističan model radnog ciklusa s odvajanjem pomoćnoga transportnog sredstva

Izvor: Dundović, Č., Kesić, B.: *Tehnologija i organizacija luka*, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2001., str. 217.

Pri projektiranju tehnoloških procesa u luci treba poći od toga da se realizacija tehnološkog procesa zasniva na fizičkim veličinama - masi tereta, putu i vremenu (slika 7.).²⁶



Slika 7. Shematski prikaz veličina u protoku tereta

Izvor: Dundović, Č., Kesić, B.: *Tehnologija i organizacija luka*, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2001., str. 218.

²⁶ Ibidem, str. 216.

Učinci prekrcaja, prijevoza, odnosno prijenosa tereta u lučkom transportu ovisni su o tijeku i načinu rukovanja teretom, a mogu se analitički odrediti i vrednovati primjenom odgovarajućih matematičkih postupaka.

U specifičnim lučkim uvjetima javlja se velik broj udaljenosti na kojima se teret transportira iz jedne točke ili prema jednoj točki. Za pojedini smjer i udaljenost učinak prekrcaja slijedi iz obrasca²⁷:

$$Q_h = m_s * n_c$$

gdje je:

Q_h - učinak prekrcaja tereta za jedno prekrcajno sredstvo (t/h)

m_s - prosječna masa (količina) tereta koja se transportira u jednom radnom ciklusu (t)

n_c - broj ciklusa jednog prekrcajnog sredstva na sat.

Prosječna masa tereta (m_s) aritmetička je sredina masa svih pojedinih tereta (m_i), koje se prenesu (prevezu) u vremenu od jednog sata, a dobije se iz obrasca²⁸:

$$m_s = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n}$$

Za određivanje broja radnih ciklusa može se koristiti izraz:

$$n_c = \frac{3600}{\frac{s}{v_1} + \frac{s}{v_2} + t_p + t_k}$$

gdje je:

s - udaljenost između polazne i krajnje točke puta (m)

v_1 - prosječna brzina kretanja transportnog sredstva s teretom (m/s)

v_2 - prosječna brzina kretanja transportnog sredstva u povratnom hodu (m/s)

t_p - vrijeme ukrcaja ili utovara (s)

t_k - vrijeme iskrcaja ili istovara (s).

Prosječna brzina kretanja transportnog sredstva može se izračunati iz obrasca:

²⁷ J. Kirinčić, J. Šverer, Z.. *Osnove vrednovanja prekrcajnih sredstava u lukama*, Zbornik radova Fakulteta za pomorstvo i saobraćaj, god. 5., sv. V., Rijeka, 1989., str. 100.

²⁸ Dundović, Č., Kesić, B.: *Tehnologija i organizacija luka*, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2001., str. 219.

$$v_s = \frac{s * a * v}{L_s * a * v^2}$$

Ova je relacija dobivena uvrštenjem vremena ubrzanja i usporenja (v/a) i vremena jednolikoga gibanja (L_s/v) umjesto vremena (t) u izraz:

$$v_s = \frac{s}{t}$$

gdje je:

v_s - prosječna brzina kretanja na putu (s), m/s

v - brzina jednolikoga gibanja (m/s)

a - ubrzanje - usporenje (m/s^2)

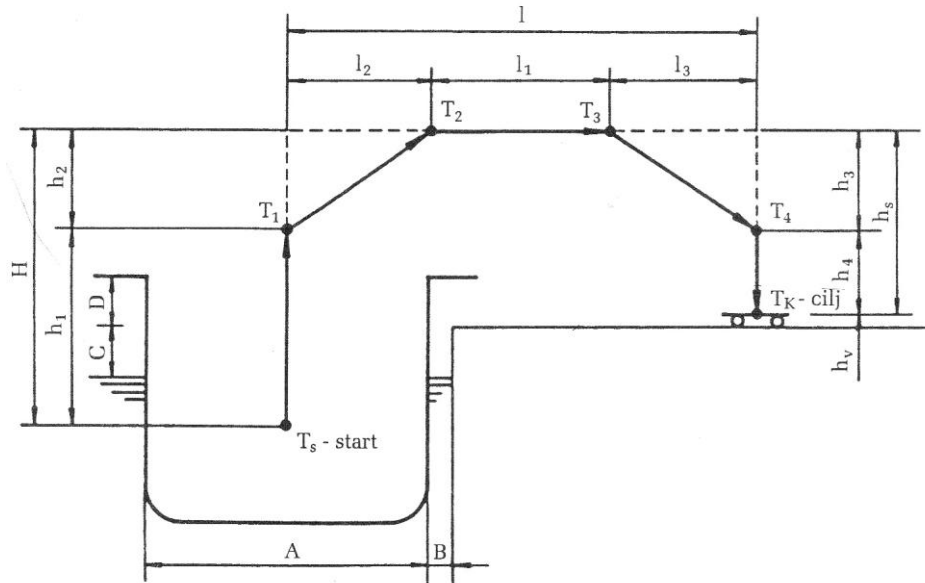
L_s - put jednolikoga gibanja (m)

t - ukupno vrijeme kretanja na transportnom putu (s).

U gotovo svakom tehnološkom procesu u luci na elementarnim tokovima tereta pojavljuju se prekrcajna sredstva radi prijenosa tereta. Obilježje pojedinoga elementarnog toka tereta određuje vrstu i potrebne tehničko-tehnološke značajke prekrcajnog sredstva. Zbog ispravna izbora prekrcajnog sredstva potrebno je poznavati osnovna obilježja elementarnih tokova materijala, kako bi se elementarni tok tereta što više prilagodio obilježjima neprekidnog transporta.

Svaki elementarni tok ima polaznu i krajnju točku (slika 8.) koje su povezane putanjom - trajektorijom. Trajektorije elementarnih tokova zapravo su najkraće linijske veze između polazne i krajnje točke puta. U transportu tereta trajektorija najčešće nije najkraća linijska veza jer na putu od polazne do krajnje točke valja zaobići razne prepreke. Zbog toga je u realnim sustavima (u prirodi) krivulja najčešće trajektorija elementarna toka materijala. S obzirom na geometrijski oblik trajektorije elementarnih tokova materijala, prekrcajna sredstva mogu se razmatrati prema obilježjima odgovarajućeg elementarnoga toka, iako pojedino sredstvo može opslužiti više elementarnih tokova.²⁹

²⁹ Ibidem, str. 220.



Slika 8. Shema slijeda gibanja dizalice s definiranim karakterističnim točkama na putanji tereta između broda i vozila

Izvor: Č. Dundović, Teorijske osnove za proračun vremena putanje lučkih obalnih i mobilnih dizalica, Zbornik radova Pomorskog fakulteta u Rijeci, god. 6., Rijeka, 1992., str. 99.

Lučka prekrcajna sredstva mogu se razvrstati u linijska, površinska i prostorna. Uz tu osnovnu podjelu, sva lučka prekrcajna sredstva mogu se svrstati i u samo dvije skupine: prekrcajna sredstva neprekidnog djelovanja i prekrcajna sredstva povremenog (cikličkog) djelovanja. Ta je osnovna podjela prikazana na slici 9.³⁰

U *linijska* prekrcajna sredstva ubrajaju se prekrcajna sredstva što mogu opslužiti jedan ili više elementarnih tokova s raznim početnim i krajnjim točkama, poklapaju li se sve njihove trajektorije. Ta vrsta prekrcajnih sredstava ima samo jedan stupanj slobode kretanja.

U *površinska* prekrcajna sredstva ubrajaju se prekrcajna sredstva što mogu opslužiti jedan ili više elementarnih tokova s raznim početnim i krajnjim točkama, nalaze li se sve njihove trajektorije u jednakoj ravnini. Ta vrsta prekrcajnih sredstava ima dva stupnja slobode kretanja.

U *prostorna* prekrcajna sredstva ubrajaju se prekrcajna sredstva što mogu opslužiti jedan ili više elementarnih tokova s raznim početnim i krajnjim točkama, nalaze li se sve njihove trajektorije u određenom prostoru. Prostorna prekrcajna sredstva imaju tri stupnja slobode kretanja.

³⁰ Ibidem, str. 221.

Definiranjem čvrstih točaka između polazne točke T_s i krajnje točke T_k dobivaju se osnovni preduvjeti za proračun radnog ciklusa prekrcajnog sredstva. Međutim, složenost proračuna učinka prekrcajnog sredstva zahtijeva i poznavanje svih ostalih utjecajnih pokazatelja, a to su u prvom redu³¹:

- podaci o konstrukcijsko-tehničkim obilježjima prekrcajnog sredstva: brzina dizanja, brzina spuštanja, brzina okretanja, brzina vožnje po stazi, krivulje puta - vremena (s/t) i drugo,
- podaci o geometrijskim veličinama: pripadne horizontalne dužine (l) i pripadne visine pojedinih točaka na putanji (h),
- utjecaj ljudskog faktora $r|a$ i faktora ubrzanja/usporenja prekrcajnog sredstva η_v .

Ljudski faktor η_a ($0 < \eta_a < 1$) ovisi o iskustvu i vještini operatera prekrcajnog sredstva, a faktor ubrzanja/usporenja o tehničko-tehnološkim obilježjima i mogućnostima pogonskih mehanizama prekrcajnog sredstva. Višestrukim eksperimentalnim mjerenjima za prekrcajno sredstvo određene vrste, ali različitog tipa, mogu se odrediti približne vrijednosti navedenih faktora.

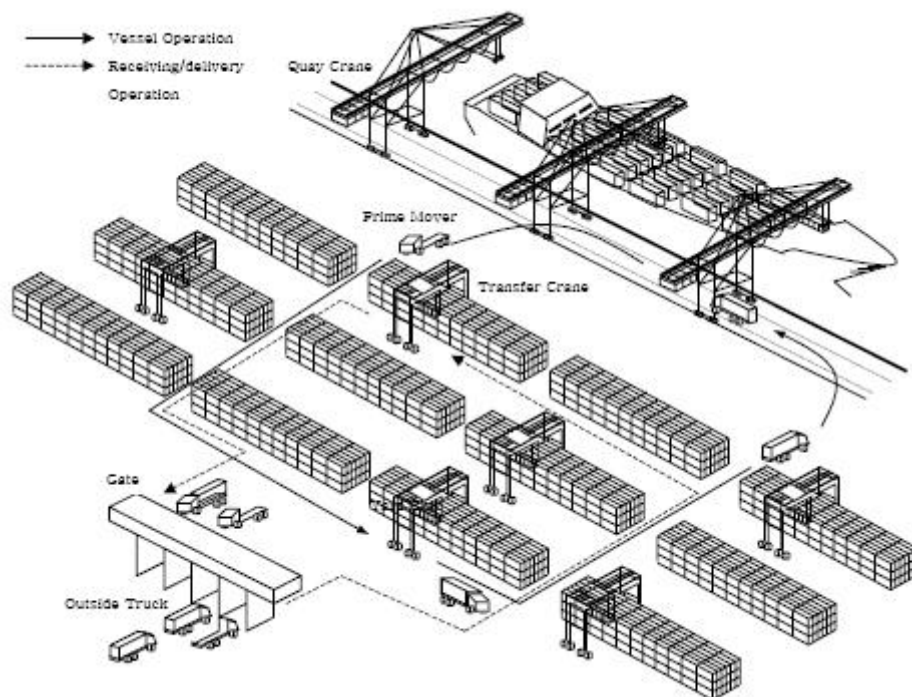
Poznavanjem tih veličina i njihovim ispravnim vrednovanjem mogu se postaviti odgovarajuće matematičke relacije, te na osnovi njih utvrditi proizvodnost prekrcajnog sredstva. Utvrđivanje proizvodnosti : vrednovanje različitih tehničko-tehnoloških obilježja prekrcajnih sredstava neizostavan je preduvjet izbora novoga prekrcajnog sredstva i odgovarajuće upotrebe postojećih prekrcajnih sredstava, čime se postižu veći prekrcajni učinci i unapređuje tehnološki proces rada u luci.³²

³¹ Ibidem, str. 222.

³² Ibidem, str. 222.

4. PROMETNO TEHNOLOŠKI PROCESI NA LUČKOME KONTEJNERSKOM TERMINALU

Prometno-tehnološki proces na kontejnerskom terminalu varira ovisno o izboru opreme koja se koristi za prekrcaj, prijevoz te skladištenje. Veliku ulogu imaju veličina samog terminala, njegov uzdužni profil, vrsta i broj osnovnih i sporednih poslova, prometna infrastruktura i organizacija rada na samom terminalu.

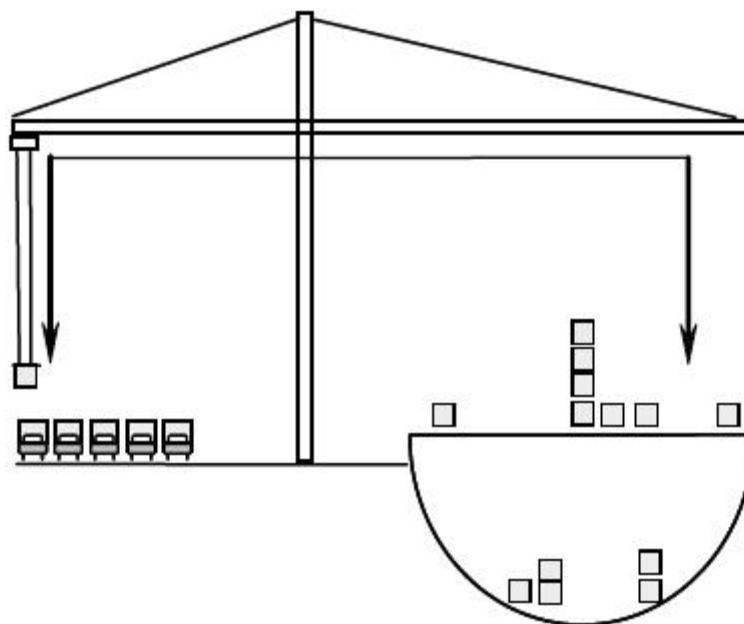


Slika 9. Operacije u kontejnerskom terminalu

Izvor: Kap Hwan Kim, Mai-Ha Thi Phan, Youn Ju Woo, *New Conceptual Handling Systems in Container Terminals*, Department of Industrial Engineering, Pusan National University, July 24, 2012., str. 300

Uspiješno koncipiran tehnološki proces na terminalu predstavlja preduvjet većeg prometa robe u kontejnerima dok suvremeni trendovi nameću potrebu kvalitetnijeg procesa prekrcaja, skladištenje kontejnera te kvalitetnu organizaciju rada.

Glavni dio čitavoga prekrcajnog sustava je brodski, odnosno obalni prekrcajni sustav preko kojega treba proći čitav teret bilo u ukrcaju ili iskrcaju.



Slika 10. Obalna dizalica - prikaz rada

Izvor: Kap Hwan Kim, Mai-Ha Thi Phan, Youn Ju Woo, *New Conceptual Handling Systems in Container Terminals*, Department of Industrial Engineering, Pusan National University, July 24, 2012., str. 301

Teret s broda može biti upućen na tri moguća načina kroz obalni prekrcajni sustav, pa se tako razlikuje:³³

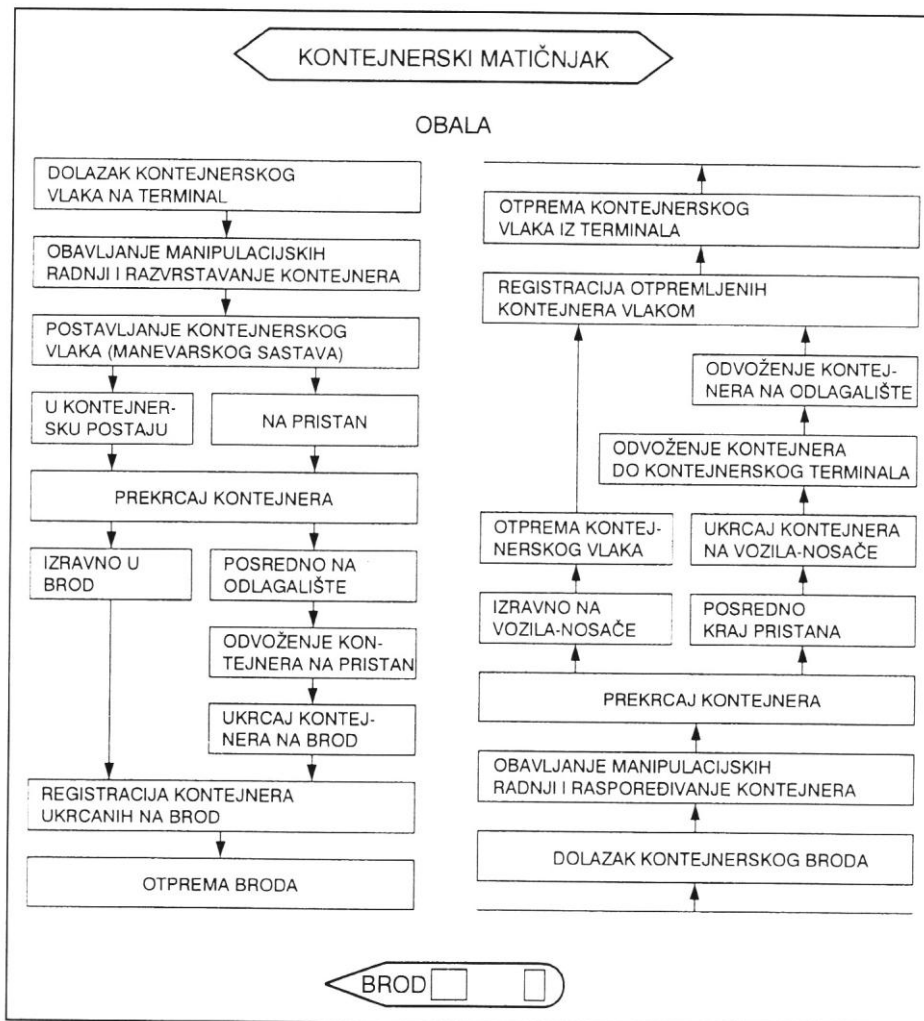
- a) direktan sustav prekrcaja
- b) poludirektan sustav prekrcaja
- c) indirektan sustav prekrcaja.

Direktnim sustavom prekrcaja tereta, kontejneri se direktno ukrcavaju ili iskrcavaju iz ili u sredstva kopnenog transporta. Poludirektan sustav podrazumijeva iskrcaj na obalu i kasniju otpremu vozilima. Taj se sustav malo primjenjuje, uglavnom na manjim terminalima. Indirektan sustav je dominantan sustav prekrcaja kontejnera na lučkim kontejnerskim terminalima. Sastoji se od odlaganja kontejnera na otvorena slagališta, gdje kontejneri čekaju daljnju otpremu sredstvima kopnenog transporta.³⁴

Tehnološki procesi rada pri prijemu broda na kontejnerskom terminalu (slika 11.) razlikuju se ovisno o tome da li se radi o tehnološkom procesu ukrcaja ili iskrcaja kontejnera iz broda.

³³ Dundović, Č.: Lučki terminali, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 2002., str. 104.

³⁴ Ibidem, str. 106.



Slika 11. Blok-dijagram prihvaća i otpreme broda u lučkom kontejnerskom terminalu

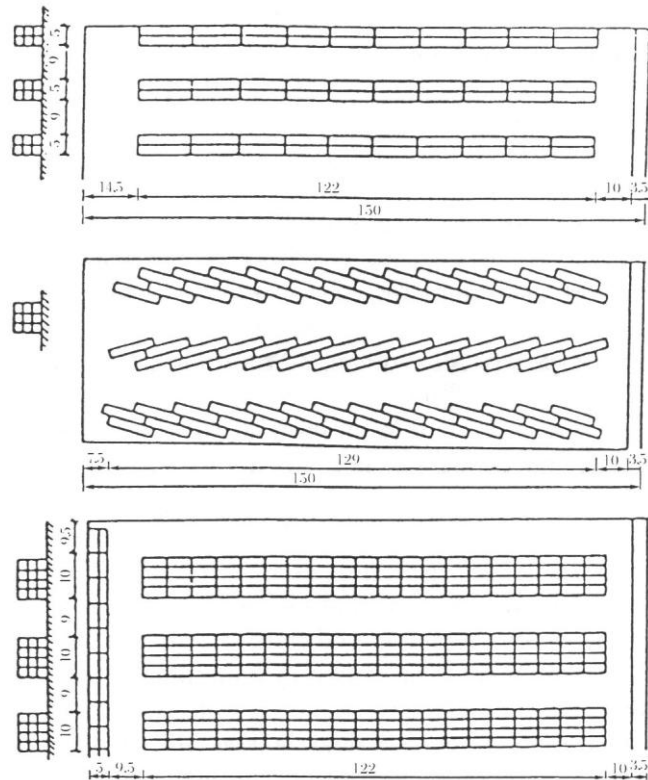
Izvor: Dundović, Č.: Lučki terminali, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 2002., str. 106.

Efikasnost prekrcajnog procesa na kontejnerskom terminalu bitno ovisi o pravilnom izboru sustava prijevoza i slaganja kontejnera. U svijetu su se razvili razni oblici rukovanja, a mnogobrojni proizvođači svojom raznovrsnom ponudom prekrcajno-prijevoznih sredstava nameću potrebu pažljiva odabira. Problem je, dakle, mnogo složeniji nego pri odabiru sredstava za rukovanje generalnim teretom. Metode rukovanja kontejnera na kontejnerskom terminalu mogu se razvrstati na:³⁵

1. slaganje kontejnera s pomoću poluprikolice - šasije
2. slaganje kontejnera s pomoću portalnog prijenosnika (straddle-carrier)
3. slaganje kontejnera s pomoću pokretne mosne kontejnerske dizalice
4. kombinirane metode.

³⁵ Ibidem, str. 107.

Odabir procesa i opreme za rukovanje kontejnerima kao i modula slaganja kontejnera (slika 13.), ponajprije ovisi o veličini i strukturi prometa, broju pristana, veličini skladišno-slagališnog prostora, postojanju posebnih katnih skladišta, udaljenosti pristana od slagališta, cestovnoj i željezničkoj infrastrukturi itd.³⁶



Slika 12. Moduli slaganja kontejnera

Izvor: Dundović, Č.: *Lučki terminali*, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 2002., str. 107.

U većini slučajeva najbolje je kombinirati različitu opremu. Iskustva su pokazala da su za prijevoz od slagališta do operativne obale i obratno najpogodniji tegljači i prikolice. Izbor opreme za slaganje i razvrstavanje kontejnera ovisi o uvjetima rada, pri čemu iskustva pokazuju da se u radu terminala najčešće upotrebljavaju mosne dizalice na kotačima ili na tračnicama u kombinaciji s brzim kontejnerskim prijenosnicima. U kojem su omjeru zastupljeni, ponajprije ovisi o veličini prometa.³⁷

U nastavku će se opisati redosljed odvijanja procesa prekrcanja kontejnera s vozila na brod, odnosno skladište primjenom različitih metoda rukovanja.

³⁶ Ibidem, str. 107.

³⁷ Ibidem, str. 108.

4.1. PRIJEVOZ I SLAGANJE KONTEJNERA UPORABOM POLUPRIKOLICA

4.1.1. Dovoz kontejnera

Po ulasku na kontejnerski terminal kamion s prikolicom predaje dokumente za uvoz odnosno izvoz. Ukoliko je riječ o uvozu kontejner se postavlja na terminalsku prikolicu te se uz pomoć tegljača prevozi na određeno mjesto na skladištu. Kod izvoza vrijedi obrnuti redosljed. Buduće da nije moguće predvidjeti točno vrijeme dolaska, kontejner neko vrijeme prije ukrcaja na brod provede uskladišten.

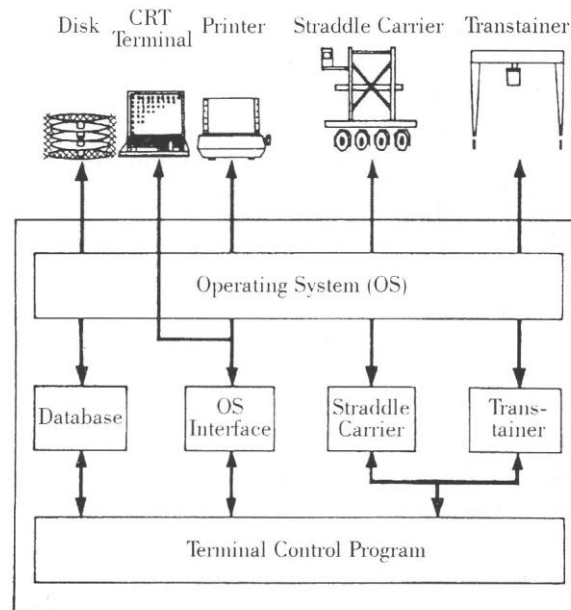
Pri skladištenju kontejnera na prikolicama, obično se koriste terminalske prikolice koje služe isključivo za tu svrhu i za unutrašnji transport na terminalu. Ako se otprema izvan terminala, kontejner se ukrcava na tegljač s poluprikolicom (kada se otprema cestom) ili na vagon (ako se otprema željeznicom). Pritom su potrebna dodatna prekrcaj no-prijevozna sredstva, najčešće razne vrste viličara, autodizalica i prijenosnika. Pri prekrcaju na kontejnerske vlakove, ako je željeznički terminal u sastavu luke, mogu se koristiti iste prikolice.³⁸

Nakon registracije vozila osoblje provjerava podatke o kontejneru, vlasniku, prikolici itd. Cjelokupni proces možemo podijeliti u dva dijela: tehnički i administrativni. Tehnički dio se odnosi na prekrcaj kontejnera dok se administrativni dio odnosi na protok dokumenata. Ova procesa se obavljaju istodobno.

Vozač potom dovozi kontejner na mjerenje i inspekciju. Tu se pregledava stanje prikolice i kontejnera, obavlja se inspekcija brave-plombe, kontrolira se identifikacijski broj i upućuje ih se na unaprijed određenu lokaciju na slagalištu.

Čitav postupak protoka kontejnera na terminalu, uključujući tehnološki proces prekrcaja i slaganja, ujedinjen je pomoću računarskog upravljačkoga sustava (slika 14.), te se u svakom trenutku znaju svi podaci o stanju kontejnera.

³⁸ Ibidem, str. 108.



Slika 13. Elementi automatskog upravljačkoga sustava kontejnerskog terminala

Izvor: Dundović, Č.: *Lučki terminali*, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 2002., str. 109.

U računalu se unose svi podaci s TIR-dokumenta, lučke potvrde i dozvole za ulaz na terminal. Računalni sustav po primitku podataka izdaje posebnu karticu u kojoj se nalaze svi podaci o kontejneru. Karticu izdaje pomorski odjel (Marine department) terminala u svrhu pripreme kontejnera za dolazak broda i ukrcaj kontejnera na brod. Kartica je podijeljena u tri dijela. Prvi dio sadrži ime pomorskog prijevoznika, broj kontejnera, lokaciju na terminalu, status kontejnera, težinu kontejnera, ime broda itd. Drugi dio kodira računalu. Treći dio ostaje za ručno dopisivanje podataka o lokaciji i slaganju.³⁹

Kada vozač stigne u ured za dokumentaciju, dobiva natrag potvrđenu lučku potvrdu. Nakon toga napušta terminal i vraća dozvolu za ulazak na terminal koja je potvrđena na svakoj lokaciji na kojoj se vozač zadržao za vrijeme obavljanja određenog posla. Ako treba isporučiti prazni kontejner na punjenje proizvođaču, vozač kamiona će proslijediti na posebno mjesto namijenjeno za isporuku praznih kontejnera.

4.1.2. Operacije na slagalištu kontejnera

Operacije na slagalištu kontejnera od velikog su značenja. Pri primjeni sustava prijevoza s pomoću prikolica, može se vrlo brzo doći do traženog kontejnera. Svaka je pozicija točno numerirana prema broju reda u kojem se nalazi prikolica s kontejnerom.

³⁹ Ibidem, str. 109.

Za razliku od drugih sustava rukovanja kontejnerima, kod sustava primjenom prikolica slagalište nije podijeljeno na izvozni i uvozni dio, već se slaganje izvodi neovisno o tome. Svaki prazni dio slagališta može se koristiti za parkiranje uvoznog, izvoznog ili praznog kontejnera. To je naravno moguće, jer se kontejneri ne slažu u visinu već ostaju na prikolici. Radi se o jednostrukoj operaciji s direktnim pristupom kontejneru pa je operaciju moguće brzo izvesti.⁴⁰

4.1.3. Prekrcaj kontejnera s broda na brod

Određene službe brodara moraju dostaviti plan tereta prije samog dolaska broda u luku. Za kontejnerske brodove planovi tereta su standardizirani te se sastoje od generalnog plana kontejnerskog tereta (*top sheet*) i od parcijalnih planova za svaki odijeljeni prostor (*bay list*). Generalni plan obuhvaća cjelokupnu distribuciju kontejnerskog tereta na brodu dok se u bay listu upisuju točni podaci o vrsti, tipu i broju kontejnera, polaznoj i odredišnoj luci, u za to predviđen prostor koji predstavlja šifrirane pozicije za smještaj pojedinog kontejnera. Danas se najčešće *top sheet* i *bay list* sastavljaju unaprijed za svaki brod i dostavljaju brodu po završenom ukrcaju.

Prije početka operacije prekrcaja broda, potrebno je obaviti pripremne radnje. Osim plana distribucije tereta, treba planirati i dinamiku brodskih operacija. Potrebno je utvrditi redoslijed odvijanja pojedinih operacija, broj ruku, broj dizalica koje će se upotrijebiti, predviđeno trajanje operacija i sl.

Pri prekrcaju broda mogući su sljedeći tehnološki procesi:⁴¹

- iskrcaj kontejnera s broda
- ukrcaj kontejnera u brod na slobodne pozicije
- ukrcaj kontejnera u brod na pozicije iskrcajnih kontejnera
- premještanje (shifting) kontejnera brod-obala-brod
- premještanje (shifting) kontejnera brod-brod

Zbog specifičnosti i kompleksnosti nabrojanih procesa prekrcaja, potrebno je točno unaprijed znati koji će se proces koristiti kod pojedinog broda, odnosno koja kombinacija procesa i u kojoj mjeri.

⁴⁰ Ibidem, str. 110.

⁴¹ Ibidem, str. 110.

Ukoliko ih je potrebno izvoditi istodobno, iskrcajno-ukrcajne operacije će zahtijevati posebnu pripremu i organizaciju odvijanja takvog složenog procesa u svrhu izbjegavanja zastoja i maksimalno smanjilo vrijeme zadržavanja broda.

Obično se takav proces odvija s dvije ruke u brodu na dvije odvojene sekcije (dva odvojena baya), s dvije obalne kontejnerske dizalice. Dok se na jednom bayu obavljaju iskrcajne operacije, druga dizalica na drugom bayu obavlja ukrcajne operacije.

Iskrcajno-ukrcajne operacije mogu se obavljati i istodobno na jednom bayu jednom obalnom kontejnerskom dizalicom. Takav je prekrcaj iznimno složen i zahtijeva besprijekornu organizaciju na čitavom prostoru terminala. U takvim uvjetima potrebno je najprije iskrcati jedan stack kontejnera, a potom se operacija izvodi naizmjenično. Najprije se ukrcava kontejner na upražnjeno mjesto, a potom u povratnom hodu dizalica iskrcava kontejner na obalu, čime se izbjegava prazan hod dizalice. Takav je način ukrcajno-iskrcajnih operacija rijedak zbog složenosti odvijanja prekrcajnog procesa. S velikim uspjehom primjenjuje se u luci Norfolk -Port of Virginia u SAD-u.⁴²

Na kontejnerskim terminalima s velikim prometom uobičajeno je da se operacije na pristanu obavljaju s dvije ili više obalnih kontejnerskih dizalica. Svaka dizalica ima nekoliko tegljača za dovoz i odvoz prikolica. Broj tegljača ovisi o udaljenosti pristana od slagališta, a kreće se od 3 do 6. Rad tegljača potrebno je uskladiti kako bi se minimiziralo vrijeme čekanja obalne dizalice i povećala iskoristivost prekrcaja.

Prema dobivenim instrukcijama terminalski tegljač odlazi po prikolicu s kontejnerom i dovozi je pod obalnu kontejnersku dizalicu. Kod suvremenih tegljača i prikolica priključivanje i odvajanje tegljača od prikolice izvodi se automatski. Kad se kontejner konačno dopremi pod obalnu kontejnersku dizalicu, još jednom se kontroliraju njegovi podaci, pregleda plomba, te se nakon toga smješta u brod na poziciju koja je unaprijed određena. Tegljač se potom s praznom prikolicom vraća po sljedeći kontejner, i postupak se ponavlja.⁴³

⁴² Ibidem, str. 111.

⁴³ Ibidem, str. 111.

4.2. PRIJEVOZ I SLAGANJE KONTEJNERA UPOTREBOM PORTALNOG PRIJENOSNIKA

Osnovna obilježja kontejnerskog prijenosnika očituju se u tome što on može slagati kontejnere na više visina (u više razina), može prekrcavati kontejnere s cestovnog vozila na terminal i obratno, samohodan je, i fleksibilan, pa se može koristiti u svim dijelovima terminala, bilo samostalno ili u kombinaciji s drugim prekrcajnim sredstvima.

4.2.1. Ulaz i prekrcaj kontejnera

Nakon obavljanja administrativnih formalnosti i inspekcije, kontejner namijenjen izvozu dovozi se na prikolici do prekrcajnog dijela kontejnerskog terminala (container transfer area). Na tome mjestu koordinira se uvozno-izvoznim operacijama i obavlja doprema i otprema kontejnera na slagalište. Na temelju prije dobivenih informacija o poziciji na slagalištu na koju treba smjestiti kontejner, vozač kontejnerskog prijenosnika preuzima kontejner s prikolice i prevozi ga do određene pozicije na slagalištu. Kontejneri se slažu jedan do drugog u redove između kojih je razmak 1 metar. Redovi mogu biti paralelni s obalom ili postavljeni okomito prema obali. Paralelno složeni kontejneri omogućuju jednosmjerni promet i minimalno pozicioniranje. Okomito postavljeni redovi mogu smanjiti udaljenost koju prevaljuje prijenosnik, ali zahtijevaju duže manevriranje, odnosno veći broj okreta i veće prometne površine.

Budući da se kontejneri uz pomoć prijenosnika mogu slagati na dvije, tri i više razina, slagalište je podijeljeno na izvozni dio, uvozni dio i dio za prazne kontejnere. Zbog toga je potrebno prethodno planiranje smještaja i kapaciteta pojedinih dijelova slagališta kako bi se izbjegao prazan hod i moguća zakrčenost slagališta za vrijeme istodobnih operacija ukrcaja i iskrcaja kontejnera s broda. Uobičajeno je da se uvozni kontejneri slažu na manje visine, čime se smanjuje broj manipulacija potrebnih za otpremu uvoznih kontejnera. Izvozni bi se kontejneri u pravilu trebali slagati bliže obali, a uvozni bliže izlazu s terminala, što omogućuje kraći put kontejnerskog prijenosnika u trenutku otpreme. Poseban dio slagališta namijenjen je frigo-kontejnerima zbog potrebe posebnog tretmana nadzora i priključenja na električnu mrežu.⁴⁴

4.2.2. Ukrcaj i iskrcaj kontejnera s broda

⁴⁴ Ibidem, str. 112.

Kontejnernski prijenosnici najčešće direktno sa slagališta dopremaju kontejnere pod obalne kontejnerske dizalice. Redovito su potrebna dva do tri prijenosnika po jednoj dizalici. Vozač prijenosnika dobiva radiovezom uputu o lokaciji kontejnera koji treba preuzeti, a zatim obavještava kontrolni centar o njegovu preuzimanju. Tom povratnom informacijom izbjegavaju se moguće greške i dvojbene situacije. Kontejneri se postavljaju pod obalnu dizalicu na točno određeno i označeno mjesto kako bi se izbjeglo nepotrebno kretanje obalne kontejnerske dizalice.

Iskrcaj kontejnera izvodi se obrnutim redom. Nakon iskrcaja kontejnera s broda, preuzima ga kontejnerski prijenosnik i prevozi na slagalište. Ponovno se radiovezom vozaču prijenosnika upućuje nalog gdje treba smjestiti kontejner na slagalište, u koji red, na koje mjesto i na koju visinu. Nakon što se kontejner dopremi na određeno mjesto, vozač obavještava kontrolni centar o izvršenoj operaciji.⁴⁵

Takav način rada moguć je ako radi jedna ili najviše dvije ruke po brodu. Kod istodobnog rada većeg broja obalnih dizalica na jednom brodu, takav način ne može se uspješno koristiti zbog velike gužve i zakrčenosti koju bi izazvali kontejnerski prijenosnici.

Drugi način rada s kontejnerskim prijenosnicima pretpostavlja njihovu upotrebu samo na slagalištu, odnosno na prekrcajnom dijelu terminala, pri čemu se za transport od broda do slagališta i obrnuto upotrebljavaju tegljači i prikolice. Na taj se način smanjuje zakrčenost koju bi izazvali prijenosnici na samom pristanu i oko njega. Pogodnost takve kombinacije ovisi ponajprije o udaljenosti između pristana i slagališta i od slagališta do prekrcajnog mjesta za cestovna vozila. Dobra je strana upotrebe prikolica mogućnost njihova korištenja pri prijevozu kontejnera na punjenje ispred skladišta. Za tu svrhu prikolice su neizostavni dio transportne opreme svakog terminala na kojemu se ta djelatnost obavlja.

4.3. PRIJEVOZ I SLAGANJE KONTEJNERA UPOTREBOM PORTALNOG PRIJENOSNIKA VELIKOG RASPONA

Dvije su osnovne izvedbe mosnih kontejnerskih dizalica koje se često nazivaju i transtainerima:

- mosna kontejnerska dizalica na tračnicama - RMG
- mosna kontejnerska dizalica na gumenim kotačima - RTG.

⁴⁵ Ibidem, str. 113.

Mosne kontejnerske dizalice upotrebljavaju se isključivo za rukovanje kontejnerima na slagalištu, dok se prijevoz između broda i slagališta obavlja redovito tegljačima i prikolicama (engl. truck and trailer). Zbog mogućnosti slaganja kontejnera u visinu, tim se sustavom postiže visok stupanj iskorištenja prostora. Mosne dizalice dobar su izbor i s gledišta sigurnosti. Pouzdane su, a troškovi održavanja su umjereni. Transtaineri udovoljavaju i uvjetima zaštite okoliša, jer ne zagađuju terminal. Ako je riječ o nedostacima, tada bi to bila nešto slabija fleksibilnost nego što je to slučaj kod kontejnerskih prijenosnika. Proces rukovanja i slaganja kontejnera s pomoću dizalica posebno je pogodan ako izvoz kontejnera predstavlja veći dio prometa terminala. Manje je pogodan ako na terminalu prevladavaju operacije uvoza kontejnera zbog razmjerno malog zadržavanja kontejnera na terminalu.

Ovaj sustav može se primjenjivati i kao zaseban sustav bez prikolica. U takvim uvjetima, nakon iskrcaja obalnom dizalicom, kontejner se spušta na bespovratnu traku koja prenosi kontejner ispod mosne kontejnerske dizalice. Mosna dizalica izvodi potom slaganje kontejnera u visinu unutar svog okvira. Moguće je, uz mosne dizalice, koristiti i mobilne dizalice na gumenim kotačima za daljnje selekcioniranje, distribuciju i slaganje kontejnera na terminalu.⁴⁶

⁴⁶ Ibidem, str. 113.

4.3.1. Prekrcajne operacije na slagalištu

Nakon ulaza u terminal i obavljanja svih inspekcijskih i administrativnih formalnosti, kontejner se na cestovnoj prikolici doprema do područja terminala za prekrcaj cestovnih vozila. Kontejner na prikolici postavlja se pod mosnu dizalicu (na tračnicama ili gumenim kotačima) koja izvodi prekrcaj s prikolice na slagalište i smješta kontejner namijenjen izvozu na unaprijed određenu lokaciju.

Visina slaganja je u prosjeku 3,5 kontejnera, ali je kontejnere moguće slagati i na veće visine. Pritom je potrebno uzeti u obzir da veća visina slaganja štedi prostor na terminalu, ali produžava vrijeme dostupnosti pojedinog kontejnera. Obično se na veću visinu slažu kontejneri za istog primatelja, odnosno kontejneri namijenjeni istoj odredišnoj luci, brodaru, ili pojedinom brodu. Pri slaganju u visinu, osim navedenog, treba obratiti pozornost i na težinu kontejnera, odnosno maksimalni površinski pritisak po jednom stacku. Treba voditi računa i o tome da teški kontejneri ne budu smješteni iznad lakih.⁴⁷

4.3.2. Ukrcaj i iskrcaj broda

Prekrcaj sa slagališta u brod može se obavljati na dva osnovna načina, ovisno o tipu terminala i planiranom tehnološkom procesu rada na terminalu. Prvi je način bez upotrebe prikolica, pri čemu mosna dizalica direktno doprema kontejner na dohvat obalne kontejnerske dizalice koja potom obavlja ukrcaj u brod. Taj je način moguć ako je slagalište razmjerno blizu operativne obale. Drugi način, koji se znatno više primjenjuje, je sustav prikolica. Terminalske tegljač s prikolicom dolazi pod mosnu dizalicu koja iskrcava kontejner sa slagališta na prikolicu. Tegljač potom odvozi kontejner do operativne obale i smješta ga pod obalnu kontejnersku dizalicu koja ukrcava kontejner u brod. I kod jednog i drugog sustava potrebno je dobro uskladiti sve prekrcajne operacije da ne bi došlo do praznog hoda i zastoja obalne dizalice, ili do zakrčenja prometa na operativnoj obali.⁴⁸

⁴⁷ Ibidem, str. 114.

⁴⁸ Ibidem, str. 114.

4.4. KOMBINIRANE METODE PREKRCAJA, PRIJEVOZA I SLAGANJE KONTEJNERA NA KONTEJNERSKIM TERMINALIMA

Najzastupljenija kombinirana metoda pri rukovanju s kontejnerima jest primjena mosnih dizalica i tegljača s prikolicom. Mosna dizalica koristi se za prekrcajne operacije na slagalištu, dok se transport kontejnera do pristana (obalne kontejnerske dizalice) obavlja terminalskim vozilima -tegljačima s prikolicama, posebno konstruiranim upravo za tu namjenu. Radi se u biti o postroju s ojačanjima i graničnicima u kutovima tako da je kontejner na prikolici osiguran od pomicanja tijekom prijevoza, pa stoga nisu potrebna nikakva dodatna osiguranja ni povezivanja.

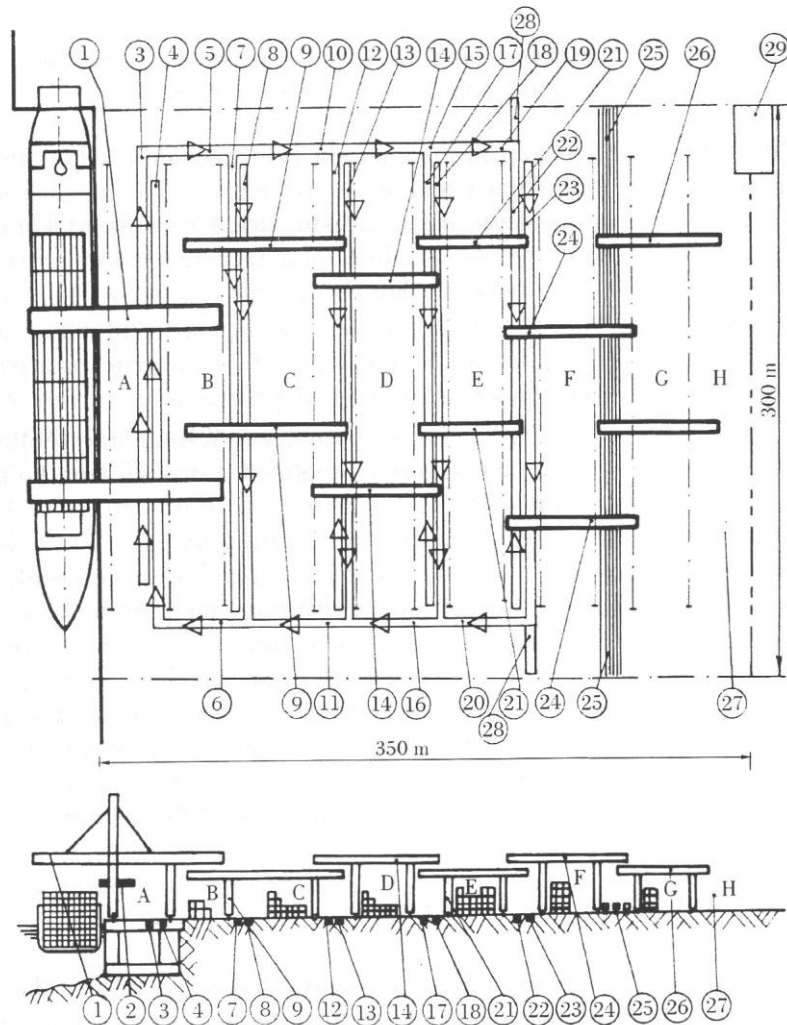
Umjesto mosnih dizalica, na manjim terminalima upotrebljava se kombinacija kontejnerskih prijenosnika i tegljača s prikolicama kojima se doprema kontejner sa slagališta do pristana i obrnuto. Postoji i kombinacija mosnih dizalica, kontejnerskih prijenosnika i tegljača s prikolicama. Jedan dio slagališta rezerviran je za rad s kontejnerskim prijenosnikom. Tu su smješteni kontejneri koji se kratko zadržavaju na terminalu, odnosno kontejneri iz uvoza namijenjeni transportu kopnom, kao i dio izvoznih kontejnera koji će se u kratkom roku otpremiti brodom. Kontejneri se smještaju u najviše dva reda visine kako bi se čim više ubrzao proces pronalaženja i prijenosa određenog kontejnera. Ostali dio slagališta rezerviran je za rad s mosnom kontejnerskom dizalicom i na njemu se uskladišćuju kontejneri koji se na terminalu zadržavaju duže vrijeme.

4.5. NOVIJE TEHNOLOGIJE RADA NA KONTEJNERSKIM TERMINALIMA

Kontejnerski promet stalno se povećava, pa zato velike luke ulažu znatna sredstva u modernizaciju svojih terminala nastojeći unaprijediti tehnologiju rada. Kad je riječ o novim tehnologijama, treba istaknuti jedno njihovo zajedničko obilježje. To je visoka razina informatičke podrške i automatizacija procesa prekrcaja, prijenosa i slaganja kontejnera na terminalu. Od novih tehnologija bitno je istaknuti sljedeće:⁴⁹

1. Primjena transporterica za transport kontejnera obala-skladište i obratno
2. Vučni vlak ili multi-trailer system (MTS) i automatski vođena vozila (AGV)
3. Tehnologija prekrcaja za kratke morske rute (short-sea)
4. Sustav roll'hydro.

⁴⁹ Ibidem, str. 115.



A - površina za odlaganje brodske opreme. B - površina za odlaganje i preslagivanje kontejnera. C - površina za slaganje frigo-kontejnera. D - površina za slaganje kontejnera za uvoz. F - željeznički kontejnerski terminal. G - cestovni kontejnerski terminal. H - dio rezerviran za čišćenje, popravak kontejnera. 1 - obalna mosna kontejnerska dizalica. 2 - poprečni transporter na dizalici. 3 - obalni uzdužni "odlazni" transporter. 4 - obalni uzdužni "dolazni" transporter. 5 - obalni poprečni "odlazni" transporter. 6 - obalni poprečni "dolazni" transporter. 7 - "dolazni" transporter na slagalištu B. 8 - "odlazni" transporter na slagalištu B. 9 - mosna kontejnerska dizalica na slagalištu C. 10 - poprečni "odlazni" transporter na C. 11 - poprečni "dolazni" transporter na C. 12 - "dolazni" transporter na slagalištu D. 13 - "odlazni" transporter na D. 14 - mosna kontejnerska dizalica na slagalištu D. 15 - poprečni "dolazni" transporter na D. 16 - poprečni "odlazni" transporter na D. 17 - "dolazni" transporter na slagalištu E. 18 - "odlazni" transporter na slagalištu E. 19 - poprečni "dolazni" transporter na E. 20 - poprečni "odlazni" transporter na E. 21 - mosna kontejnerska dizalica na slagalištu E. 22 - "dolazni" transporter na terminalu F. 23 - "odlazni" transporter na terminalu F. 24 - mosna kontejnerska dizalica na terminalu F. 25 - kolosijeci na terminalu F. 26 - mosna kontejnerska dizalica na terminalu G. 27 - cesta. 28 - prebacivač kontejnera. 29 - kontrolno-upravljački toranj

Slika 14. Model kontejnerskog terminala s transporterima

Izvor: Dundović, Č.: *Lučki terminali*, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 2002., str. 116.

Ovaj sustav koristi transportere umjesto tegljača i prikolica za operacije transporta kontejnera od obale do skladišta i obrnuto. Pritom se polazi od toga da su kontejneri masovan teret pa su stoga i transporteri najprikladniji prijenosni uređaji.

Na slici 14. prikazan je model jednoga takvog terminala koji koristi sustav obalnih kontejnerskih dizalica za iskrcajno-ukrcajne operacije na pristanu, transportere odnosno

transportne trake za odvoz kontejnera s obale do slagališta i u obratnom smjeru, te mosne kontejnerske dizalice na kotačima ili tračnicama za operacije na slagalištu.

Dimenzije ovog terminala su 300 x 350 metara. Obuhvaća površinu od 105.000 m² što je dovoljno za kapacitet od oko 8.000 kontejnera uz slaganje na 4 visine.⁵⁰

Obilježja cjelokupnoga tehnološkog procesa koji koristi transportere za pozicioniranje kontejnera su programirani rad terminala i njegovih dijelova uz visok stupanj automatizacije i upotrebu računala. Može se ovdje s pravom govoriti i o kibernetizaciji jer se jedino iskrcajno-ukrcajne operacije na obali izvode upravljanjem čovjeka, dok u ostalim segmentima čovjek obavlja nadzor nad radom računala.⁵¹

Na terminalu su moguće sljedeće operacije:

1. operacija brod-obala i obratno
2. operacija obala-slagalište i obratno
3. operacija obala-vagon ili obala-vozilo
4. interne operacije.

4.5.1. Operacija brod-obala i obratno

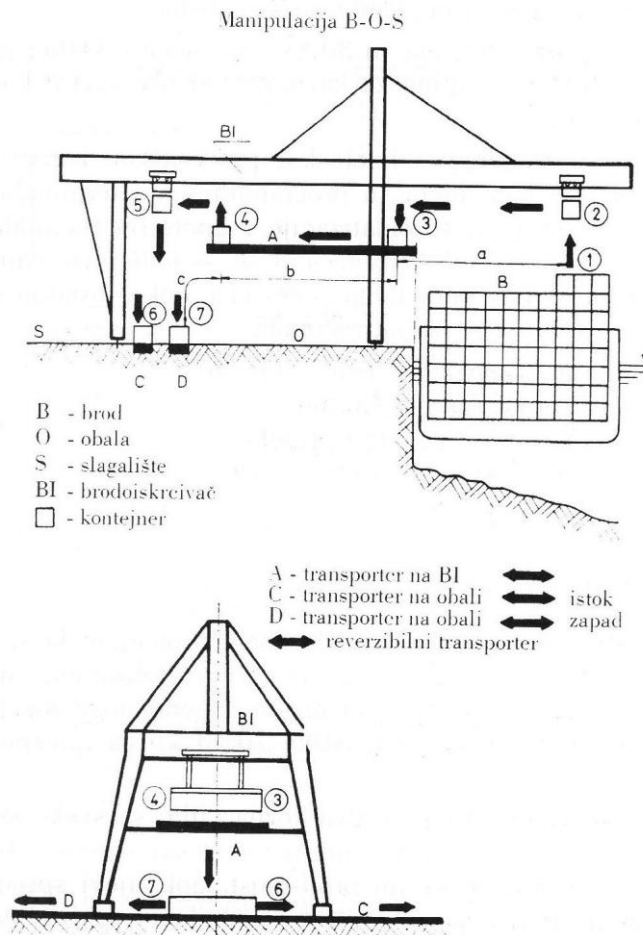
Iskrcaj kontejnera s broda izvode obalne kontejnerske dizalice nosivosti 500 kN s dva vozna vitla na glavnoj gredi (dohvatniku) uz korištenje poprečnoga manjeg transportera na mostu između nogu dizalice. Postoji varijanta s jednim transporterom (slika 70.) i s dva transportera (slika 71.).

Na glavnoj gredi nalaze se dva vozna vitla, sa svake strane po jedan, s univerzalnim hvatačima kontejnera. Desni spreder (brodski) posluhuje brod i obavlja operaciju brod-most, dok lijevi spreder (obalni) obavlja operaciju most-obala. Na mostu, između nogu dizalice, nalazi se transporter određene dužine, kojemu je zadaća balansiranje ili ujednačavanje radnog procesa, a istodobno i njegovo ubrzavanje. Na taj način smanjuje se hod broskog spredera, a točka spuštanja kontejnera premješta se od obale na desnu stranu transportera na mostu. Tako se put broskog spredera pri operaciji brod-obala ili obala-brod smanjuje. Put sada obuhvaća samo udaljenost "a", za razliku od klasičnog načina gdje je taj put jednak zbroju udaljenosti

⁵⁰ LJ. Stipanić, *Modernizacija tehnologije rada na kontejnerskim terminalima*, Pomorski zbornik, br. 24, Rijeka, 1986.

⁵¹ Dundović, Č.: *Lučki terminali*, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 2002., str. 117.

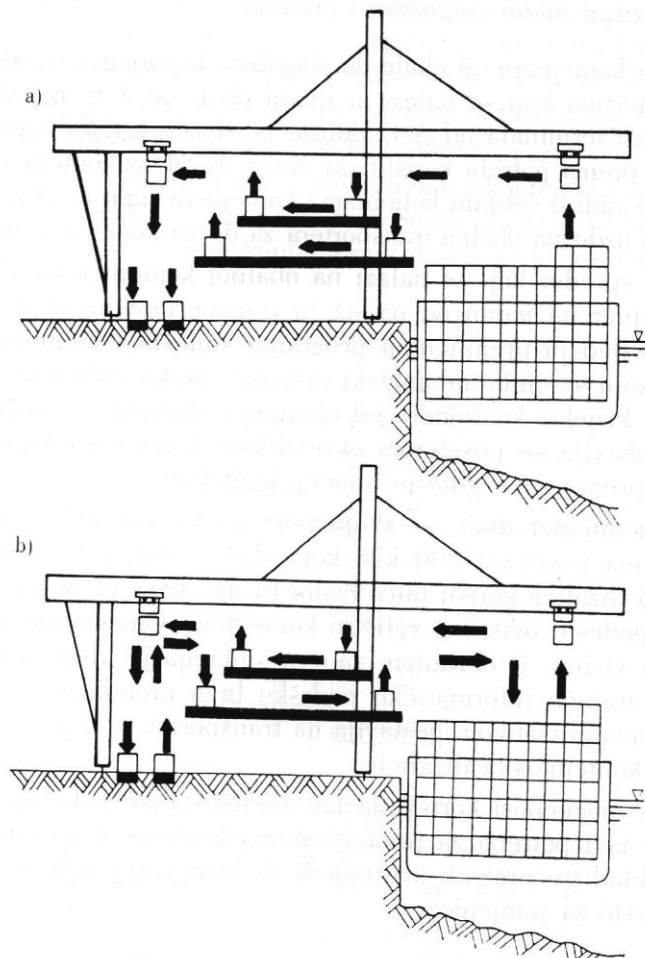
"a+b+c" (slika 15.). Broj radnih ciklusa brodskog spredera, odnosno obalne kontejnerske dizalice time je znatno veći, što povećava učinak dizalice izražen u broju prekrcanih kontejnera na sat. Put brodskog spredera "a" nije uvijek jednak. Ovisi o poziciji kontejnera na brodu. Za razliku od njega, obalni spreder uvijek prolazi isti put "c" izvodeći operacije most-transporter-obala.



Slika 15. Operacija brod-obala-transporteri - varijanta s jednim transporterom na mostu

Izvor: Dundović, Č.: *Lučki terminali*, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 2002., str. 118.

Postoji varijanta i s dva transportera između nogu dizalice (slika 16.). Tim načinom moguće je koristiti obalnu dizalicu za dvojne operacije, tj. istodobni iskrcaj i ukrcaj kontejnera na brodu. U tom slučaju nema praznog hoda hvatača.



Slika 16. Operacija brod-obala-transporteri - varijanta s jednim transporterom na mostu

Izvor: Dundović, Č.: *Lučki terminali*, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 2002., str. 119.

Postoje sljedeće mogućnosti ili varijante prekrcajnih operacija brod-obala i obratno:⁵²

- a) iskrcaj obalnim kontejnerskim dizalicama preko jednostrukog ili dvostrukog transportera i dostava uzdužnim obalnim transporterima koji dalje otpremaju kontejner na slagalište
- b) direktna operacija brod-slagalište desnim (brodskim) sprederom, s tim da se lijevi (obalni) spreder, odnosno vozno vitlo pomakne u krajnji položaj
- c) obavljanje dvojnih operacija istodobno uz korištenje dvostrukog transportera na mostu dizalice
- d) klasičan način iskrcaja brod-vozilo koje dolazi ispod obalne kontejnerske dizalice.

⁵² Ibidem, str. 119.

4.5.2. Operacija obala-slagalište i obratno

Prijevoz kontejnera od obale do slagališta kontejnera izvodi se posebnim transporterima koji se nalaze u razini obale ili 1 m iznad obale. Na svaku površinu terminala od A-G dolaze po dva reverzibilna transportera koji se mogu prema potrebi koristiti za dovoz ili odvoz kontejnera na slagališta, a ako se radi o velikim količinama kontejnera (npr. iz uvoza), mogu se koristiti i oba uzdužna obalna transportera za dovoz kontejnera na slagalište.⁵³

Obalni spreder koji se nalazi na obalnoj kontejnerskoj dizalici, postavlja kontejner na jedan od uzdužnih transportera na obali. Kontejner po već unaprijed pripremljenom programu smještaja kontejnera, dobiva lokaciju na koju se onda automatski upućuje, preko uzdužnih i poprečnih transportera. Prijelaz kontejnera od obalnog uzdužnog na obalni poprečni transporter obavlja se posebnom okretaljkom kontejnera koja radi automatski, već prema tome gdje je upućen kontejner.

Kada kontejner dođe na svoju poziciju na slagalištu, preuzima ga mosna dizalica nosivosti 500 kN, koja slaže i razmješta kontejnere na slagalištu. Ta dizalica koristi univerzalni hvatač kako bi se njegova dužina mogla brzo podesiti ovisno o veličini kontejnera. Omogućuju slaganje 5-6 kontejnera u visinu. U obrnutom smjeru situacija je identična. Kontejner se uz odgovarajuću informatičku podršku brzo pronalazi, te se sa svoje lokacije mosnom dizalicom postavlja na transporter, koji prenosi kontejner pod obalnu kontejnersku dizalicu.⁵⁴

Postoji mogućnost korištenja tzv. premještaljke i dodatnih transportera, ako se javi potreba za premještanjem kontejnera na odvojeno skladište npr. skladište praznih kontejnera ili kontejnera koji se upućuju na posebno mjesto za punjenje.

4.5.3. Operacija obala-vagon ili obala-vozilo

Sustav transportera omogućuje i direktno upućivanje kontejnera s obale na željeznički ili cestovni kontejnerski terminal, odnosno prostor rezerviran za prekrcajne operacije na sredstva kopnenog transporta. Uzdužnim i poprečnim transporterima kontejner se doprema do

⁵³ Ibidem, str. 120.

⁵⁴ Ibidem, str. 120.

mosne kontejnerske dizalice koja izvodi prekrcajne operacije na željezničkim vagonima ili cestovnim prikolicama. Isti prekrcajni kontejnerski most obavlja i iskrcajne operacije s vagona i prikolica i smješta kontejnere na transporter kojim se otpremaju do slagališta.⁵⁵

4.5.4. Interne operacije

Ove operacije su vrlo česte na terminalima, a izvode se kad je pritisak brodova na pristanu manji.

Premještaj, odnosno dislokaciju kontejnera do područja H (slika 14.) potrebno je učiniti kada je kontejner oštećen ili zahtijeva posebnu obradu. Ako se radi o kraćim operacijama, mogu se koristiti mosne kontejnerske dizalice, a ako je riječ o dužim operacijama, to obavljaju transporteri. Program rada dobiva se iz upravljačkog centra.⁵⁶

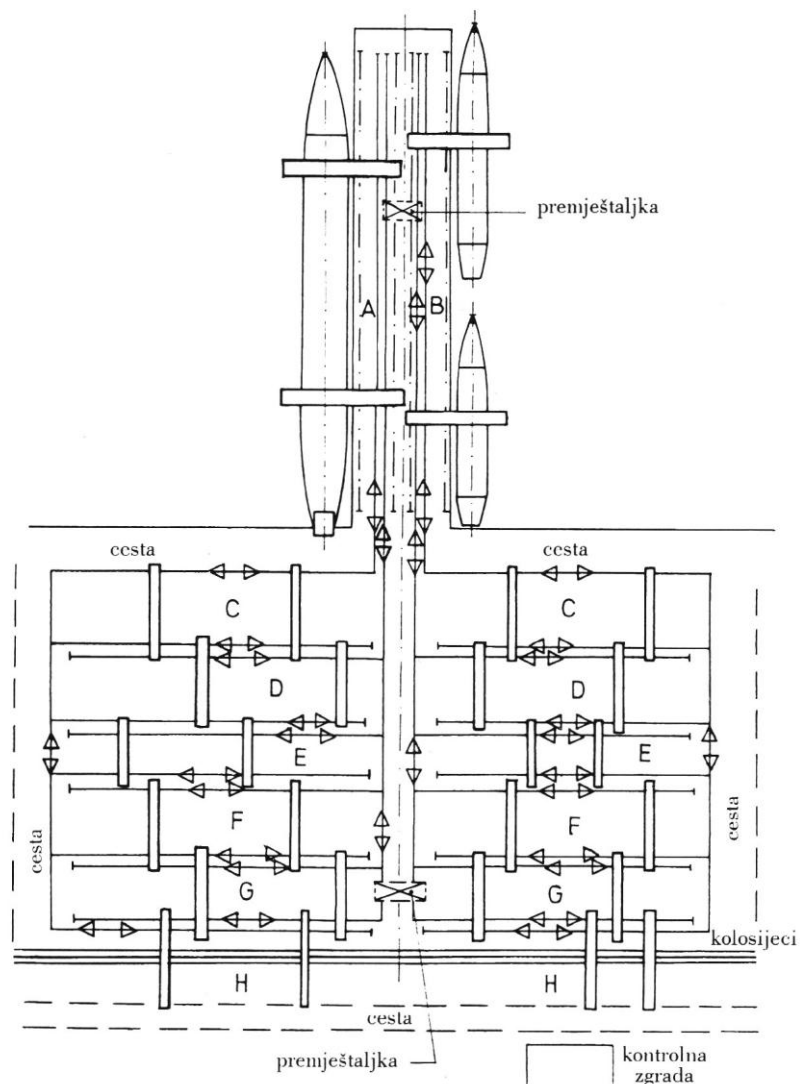
Važna je i mogućnost operacije prijenosa kontejnera sa slagališta na cestovna i željeznička vozila i obratno. Sustavom transporterima moguća je efikasna doprema i otprema kontejnera s bilo koje točke terminala na dio terminala F (slika 14.).

Moguć je i istodobni rad na ukrcaju i iskrcaju u vagone i iz vagona kao i rad prema Huckepack-sustavu, te formiranje kontejnerskih vlakova. Kontejnerski terminal na kojem se koriste transporteri za pozicioniranje kontejnera na terminalu moguće je izvesti i kao model pristana na gatu (slika 17.) s pristanima okomitim na operativnu obalu. Gat je postavljen na središnjemu mjestu, a transporterima se dovoze i odvoze kontejneri u pojedine dijelove slagališta. Da bi se kontejneri mogli prevoziti s jednog dijela terminala u drugi, koriste se premještaljke.

Ovaj sustav ima prednost nad prethodnim zbog manje mogućnosti križanja tokova tereta s dva susjedna broda, uz prethodno dobro organizirano pozicioniranje tereta.

⁵⁵ Ibidem, str. 120.

⁵⁶ Ibidem, str. 121.



Slika 17. Model kontejnerskog terminala s transporterima - varijanta s pristanima okomitim na operativnu obalu

Izvor: Dundović, Č.: *Lučki terminali*, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 2002., str. 119.

4.5.5. Učink sustava transporterera

Kod konvencionalnih kontejnerskih dizalica učinak se kreće oko 25 kontejnera na sat. Jedan radni ciklus, koji se sastoji od zahvaćanja kontejnera na obali, njegova ukrcaja na brod i povratka spredera na početnu poziciju, traje oko 2,5 minute. Kod sustava brodoiskrcavača s transporterima, put spredera koji poslužuje brod znatno je kraći, pa jedan radni ciklus traje oko 40 sekundi, a tehnički je učinak oko 90 kontejnera na sat. Stvarni učinak se procjenjuje na oko 72 kontejnera na sat, uz koeficijent iskorištenja vremena 0,8. Procjenjuje se da bi godišnji učinak po dizalici bio 432.000 kontejnera. Budući da treba uzeti u obzir i koeficijent

iskorištenja kontejnerskog pristana, dobiva se vrijednost godišnjeg prometa od 216.000 kontejnera po jednoj kontejnerskoj dizalici.

Protok kontejnera od obale do slagališta kritičan je element ovog sustava. Uz razmak između kontejnera od 10 metara i brzinu od 12 m/min, protok bi iznosio oko 72 kontejnera na sat, odnosno uz razmak od 10 metara između kontejnera i brzinu transportera od 24 m/min - 144 kontejnera na sat. Procjenjuje se da bi se podešavanjem razmaka i regulacijom brzine kretanja transportera, mogao postići zadovoljavajući protok kontejnera.

U primjeni ovog sustava postoje problemi koji bi se mogli grupirati na sljedeći način:⁵⁷

- potreba zaustavljanja transportera prilikom zahvaćanja i otpuštanja kontejnera sa spredera
- problem zagušenja kod rada većeg broja kontejnerskih dizalica (na brodovima preko 3.000 TEU-a ponekad rade 4 dizalice istodobno)
- potreba odvojenog toka kontejnera kod boravka većeg broja brodova na pristanima postavljenim uz liniju operativne obale.

Za uspješno funkcioniranje sustava potrebno je dobro koordinirati rad obalne kontejnerske dizalice i terminalskih kontejnerskih mostova koji izvode slaganje kontejnera. Štoviše, ovaj sustav direktno ovisi o uspješnosti slagališnih operacija na terminalu.

Očito je da za veće brodove nisu dovoljne jedna ili dvije transportne trake jer bi se pri radu većeg broja dizalica često transporter morao zaustavljati zbog odlaganja kontejnera. Kontejnerske dizalice, naime, ne mogu otpustiti kontejner s hvatača na traku u kretanju.

Problem bi se trebao rješavati uvođenjem većeg broja transportnih traka po pristanu i povećavanjem brzine kretanja transportera.

Za uspješno funkcioniranje ovog sustava neupitna je potreba za snažnom informatičkom podrškom uz kompjutorizirano vođenje cijelog procesa. Kao nužnost se nameće i potreba točnih podataka o kontejnerima i njihovim pozicijama u brodu, te detaljni planovi ukrcaja.

Postoji mogućnost korištenja transportera uz klasične sustave obalnih kontejnerskih dizalica. Namjera je pospješiti odvoz kontejnera s pristana i osigurati konstantan dotok za mosne dizalice na slagalištu.

⁵⁷ Ibidem, str. 122.

4.6. MULTI-TRAILER SYSTEM - VUČNI VLAK

Vučni vlak sastoji se od vučnog vozila (engl. multi-trailer tractor -MTT) i nekoliko specijalno proizvedenih prikolica. Snaga vučnog vozila je 300 KW i ima mogućnost vuče tereta mase do 280 tona. MTS (multi-trailer system) može odjednom prevoziti ukupno 10 TEU-a, a upotrebljava se za transport kontejnera od obale do slagališta. Osim velike snage, vučno vozilo posjeduje i automatski mjenjač i reduktor za stalni prijenos na četiri kotača 4 x 4, a predviđeni mu je radni vijek 10-12 godina.

MTS je opskrbljen i automatskim sustavom priključenja vučnog vozila i prikolica pa vozač vozila može automatski iz kabine priključiti ili otpustiti jednu ili više prikolica, prema potrebi. Na taj način jedno vučno vozilo obavlja tehnološku operaciju za koju je klasičnim sustavom potrebno pet tegljača. To se, naravno, odražava i na produktivnost obalnih kontejnerskih dizalica pa se govori o mogućnosti prekrcaja 50 kontejnera na sat u procesu prekrcaja brod-obala, što je velik pomak u usporedbi s klasičnim sustavom čiji je maksimum 30-35 kontejnera na sat.⁵⁸

Ovaj se sustav uklapa u sustav novih tehnologija koje se uvode na kontejnerskim terminalima, kao što su kontejnerske dizalice za automatsko slaganje (automated stowage cranes - ASC) i automatski vođena vozila (automated guided vehicle - AGV), a razmatra se i mogućnost proizvodnje manjih vlakova (od 6 TEU-a).

Automatski vođena vozila namijenjena su prometovanju između terminala i vanjskih cestovnih prometnica. Ovaj sustav transporta primjenjuje vozila brzine od 14 m/s, kojima može i ne mora upravljati vozač. Osnovna im je namjena transport standardnih prikolica na udaljenije lokacije izvan terminala, gdje se priključuju na kamione. Time se izbjegavaju gužve i zakrčenost jer se sve ulazno-izlazne kontrole obavljaju na punktovima izvan terminala.

⁵⁸ Ibidem, str. 123.



Slika 18. Multy trailer system

Izvor: http://www.buiscaar.com/pix/2_6.1.jpg (22.09.2014.)

4.7. SHORT-SEA TEHNOLOGIJA

Svrha je i cilj ove tehnologije što kraći boravak kontejnera na terminalu. Ne radi se, dakle, samo o kratkoći boravka broda na pristanu, već se glavni naglasak stavlja na smanjeno zadržavanje kontejnera na terminalu. Ovim se sustavom predviđeno vrijeme zadržavanja kontejnera na terminalu bitno smanjuje i iznosi u prosjeku dva dana.

Glavni je dio ovog sustava kontejnerska dizalica s vrlo velikim mostom. Dijelovi terminala, pristan za brodove i barže, slagalište, prostor za prekrcaj na željezničke vagone i prostor za prekrcaj na kamione, povezani su velikom mosnom dizalicom. Kontejner može doći bilo kojom vrstom prijevoza, a kontejnerska dizalica ga preuzima i smješta na slagalište. Ta ista dizalica za potrebe otpreme, zahvaća kontejner sa slagališta te ga razmješta i ukrcava na bilo koji transportno-prijevozni sustav - kopneni ili morski. Postoji posebno pozadinsko slagalište za prazne kontejnere koji se posebno tretiraju na terminalu.⁵⁹

Takav se terminal nalazi u luci Rotterdam, u vlasništvu kompanije Bell. Čitav proces ukrcajno-iskrcajnih operacija upravlja se iz kontrolnog tornja, a s tog mjesta obavlja se i nadzor rada terminala. Za kontejnere koji se prevoze brodovima na liniji Rotterdam - luke

⁵⁹ Ibidem, str. 124.

Velike Britanije, postoji elektronska razmjena podataka - EDI (electronic data interchange) koja uključuje podatke o kontejneru, krajnje odredište, način transporta, pojedinosti o slaganju kontejnera i slično. Informacije se ujedinjuju u kontrolnom tornju i zatim prosljeđuju prema kontejnerskim dizalicama.

Vozači kamiona imaju pristup direktno na slagalište ispod mosne kontejnerske dizalice nakon što dobiju posebnu elektronsku karticu. Željeznički kontejnerski vlakovi također imaju pristup ispod mosne kontejnerske dizalice, čime se omogućuje direktan ukrcaj brod-vagon. Ovaj sustav omogućuje brže ukrcajno-iskrcajne operacije s baržama za prijevoz kontejnera unutrašnjim vodenim putovima.

4.8. SUSTAV ROLL'HYDRO

Ovo je nov sustav prijenosa kontejnera, koji bi trebao olakšati rad prije svega na manjim terminalima. Roll'hydro sustav omogućuje podizanje i kretanje na kotačima bilo koje vrste kontejnera ISO-standarda mase do 34 tone.⁶⁰

To je jednostavan sustav prijenosa i prekrcaja kontejnera s pomoću specijalnih podizača koji omogućuju podizanje kontejnera s cestovnog vozila i spuštanje na tlo ili prebacivanje na drugo prijevozno sredstvo. Podizači mogu biti fiksni ili prenosivi.



Slika 19. Susrav Roll'hydro

Izvor: <http://www.mdfinternational.com/Roll10.jpg> (25.09.2014.)

⁶⁰ Ibidem, str. 125.

5. MODELIRANJE I OCJENJIVANJE PERFORMANCE KONTEJNERSKIH LUKA

Anchorage- ship-berth-yard link u kontejnerskim terminalima predstavlja veliki i kompleksni sistem te je potrebno napraviti *performance model*. Predlažu se dva modela koja se temelje na simulacijskom modelu i teoriji redova čekanja.⁶¹

5.1. ANALITIČKI MODEL

Analitički model *Anchorage- ship-berth-yard link* (u daljnjem tekstu ASBYL) sastoji se od sastavljanja matematičkog modela i jednačbi koje opisuju određeno stanje u funkcioniranju sistema. Model teorije redova čekanja za analizau prometa brodova u luci je prikazan različitim parametrima koji su označeni na sljedeći način:⁶²

- λ - prosječno vrijeme dolaska broda (broj brodova/sat),
- μ - prosječno vrijeme opsluživanja broda (broj brodova/sat),
- n_b - broj pristaništa po terminalu,
- n_c - broj obalnih dizalica po pristaništima,
- n_s - trenutni broj brodova u luci,
- t_w - prosječno vrijeme čekanja (sati/brod),
- t_s - prosječno vrijeme servisiranja broda (sati/brod),
- t_{ws} - prosječno vrijeme koje brodovi provedu u luci (sati/brod),
- t_{du} - vrijeme utrošeno na vezivanje broda i obratno (sati),
- n_{con} - broj ukrcanih i iskrcanih kontejnera po brodu,
- r_{con} - kretanje obalnih dizalica (sati/kontejner),
- t_c - vrijeme ukrcaja i iskrcaja broda (sati/brod),
- k_c - vrijeme interferencija obalnih dizalica,
- θ - intezitet brodskog prometa.

Prosječno vrijeme servisiranja, t_s

$$t_s = \frac{1}{\mu}$$

⁶¹ Dragović.B., Zrnić, Dj. N., Twrđy E., Rooy D., *Ship Traffic Modeling and Performance Evaluation in Container Port*, Analele Universităţii "Eftimie Murgu" Reşiţa, Anul XVII, NR 2., 2, 2010., str. 127.

⁶² Ibidem, 128.

gdje

$$\mu = (t_c + t_{du})^{-1}$$

uključuje vrijeme ukrcaja i iskrcaja broda t_c (u satima po kontejnerskom brodu) prikazano na sljedeći način

$$t_c = (n_{con} * r_{con}) / (n_c)^{k_c}$$

gdje

$$k_c = (\ln n_{con} r_{con} - \ln t_c) / \ln(n_c)$$

slijedi da

$$n_c = \frac{\lambda n_{con} r_{con}}{\theta - \lambda t_{du}}^{1/k_c}$$

nadalje može biti prikazano da

$$t_{ws} = t_w + t_s$$

gdje

$$t_w \theta = \frac{\theta^{n_b}}{n_b - 1 ! \mu (n_b - \theta)^2 \sum_{n_s=0}^{n_b-1} \frac{\theta^{n_s}}{n_s!} + \theta^{n_b} (n_b - \theta) \mu}$$

za (M| M| n_b) model. Ovaj parametar sa notacijom θ , je jednak

$$\theta = \lambda * t_s = \lambda / \mu$$

Kada se vrijeme servisiranja ponaša prema Erlang distribuciji sa k faza, sljedeća formula je dobivena:

$$t_{ws} = t_w V_c + t_s$$

za (M| E_k | n_b) model, gdje

$$V_c = \frac{1}{2} \frac{1}{k} + 1$$

koeficijent varijacije t_s distribucije i k je broj faza Erlangove distribucije

$$t_{ws} = t_w * \frac{1}{2} \frac{1}{k} + 1 + 1 - \frac{1}{k} \left(1 - \frac{\theta}{n_b} \right) (n_b - 1) \frac{(4 + 5n_b)^{\frac{1}{2}} - 2}{32\theta} + \frac{1}{\mu}$$

za (M| E_k| n_b) model.

5.1.1. Brodski učinak

Koristimo sljedeće oznake:⁶³

N_{con} - ukupni broj kontejnera ukrcanih i iskrcanih sa brodova u luci kroz period T (broj kontejnera),

r_c - brzina prijenosa u danu (kontejnera/dan),

T - vrijeme lučkih operacija uzeto u obzir (dani),

r_c - dnevni učinak (kontejneri/dan).

$$\lambda = \frac{\frac{N_{con}}{T}}{n_{con}}$$

Gdje N_{con}/T predstavlja prosječni broj kontejnera otpremljenih u luci po danu. Slično, vidi se da

$$\mu = \frac{r_c}{n_{con}}$$

dakle

$$\frac{\lambda}{\mu} = \frac{N_{con}}{r_c T}$$

Intezitet prometa kao produkt prosječnog vremena dolaska broda i prosječnog vremena opsluživanja igraju važnu ulogu u modelima čekanja u repu. Ovaj parametar sa notacijom θ se zove intezitet broskog učinka i jednako je

$$\theta = \frac{\lambda}{t_s} = \frac{\lambda}{\mu}$$

Nadalje, θ kao parametar lučke operacije, indeks zauzetosti veza, $n_b \alpha_{nb}$, može biti definirani

⁶³ Ibidem, str. 129

$$\theta = n_b \alpha_{n_b} - \sum_{n_s=0}^{n_b-1} (n_b - n_s) P(n_s)$$

gdje je α_{n_b} - stupanj zauzetosti luka sa n_b vezova.

Nadalje

$$N_{con} = r_c T \theta = r_c T n_b \alpha_{n_b}$$

tada je prosječni broj prisutnih brodova u luci sa n_b vezova u periodu T prikazani na sljedeći način:

$$n_s = \sum_{n_s=0}^{n_b} P(n_s) + n_b \sum_{n_s=n_b+1}^{\infty} P(n_s) = n_b \alpha_{n_b}$$

Također, prosječni broj brodova koji čekaju na privez sa n_b vezova u periodu T dobiven je

$$n_{sw} = \sum_{n_s=n_b+1}^{\infty} (n_s - n_b) P(n_s)$$

Iz dvije prethodno navedene formule slijedi da je prosječni broj opsluženih brodova na n_b vezova u periodu T može biti napisano u formi

$$n_{sb} = n_s - n_{sw} = \sum_{n_s=1}^{n_b} n_s P(n_s) + n_b \sum_{n_s=n_b+1}^{\infty} P(n_s)$$

Uzimajući da je

$$\sum_{n_s=0}^{\infty} P(n_s) = 1$$

prethodna jednažba postaje

$$n_{sb} = n_b - \sum_{n_s=0}^{n_b-1} (n_b - n_s) P(n_s)$$

Iz jednažbi slijedi

$$\theta = n_{sb} = \frac{N_{con}}{r_c T} = \frac{\lambda}{\mu}$$

5.1.2. Modeliranje brodskih aktivnosti

Elementi modela kontejnerskog terminala mogu biti grupirani na sljedeći način:⁶⁴

$$c_1 = n_b c_{n_b} - \text{troškovi veza u dolarima po satu,}$$

$$c_2 = n_b n_c c_{n_c} - \text{troškovi rada obalnih dizalica u dolarima po satu,}$$

$$c_3 = \theta \mu n_{con} t_{con} a_{con_{cy}} c_{cy} - \text{troškovi skladišnog prostora u dolarima po satu,}$$

$$c_4 = \theta \mu n_c t_c n_{cy} c_t - \text{troškovi transporta kopnenih transportnih sredstva po satu,}$$

$$c_5 = \theta \mu n_c t_1 c_1 - \text{radni sati obalnih dizalica u dolarima po satu,}$$

$$c_6 = \theta \mu t_{ws} c_s - \text{troškovi broda u luci po satu,}$$

$$c_7 = \theta \mu t_{ws} n_{r_{con}} c_w - \text{troškovi kontejnera i njegovog sadržaja u dolarima po satu.}$$

Funkcija ukupnog troška bila bi (uključena sa kombiniranim terminalima i kontejnerskim brodovima) $TC = \sum_{i=1}^7 c_i$.

Neophodno je znati da jedino funkcija ukupnih troškova luke proračunava broj vezova/terminala i obalne dizalice/vez koje bi zadovoljavale prepostavku da bi troškovi opsluživanja u luci skupa sa troškovima broda u luci trebali biti na minimumu. Ova funkcija bila je predstavljena sa strane Schonfeld P. i Sharafeldien O. u svom radu "*Optimal berth and crane combinations in containerports*". Međutim prema Dragović.B., Zrnčić, Dj. N., Twrdy E., Rooy D. i njihovom radu "*Ship Traffic Modeling and Performance Evaluation in Container Port*" oni smatraju da je njihov pristup bolji jer imaju simulativni pristup da odrede ključne parametere t_w , t_s , λ , μ , θ pogotovo k_c . Za pronaći optimalno prvo navedeno rješenje možemo prikazati u sljedećoj formi:

$$TC = f(\theta) = n_b c_{n_b} + n_c c_{n_c} + \theta \mu (n_{con} t_{con} a_{con_{cy}} + c_{cy} + n_c t_l c_l + n_{cy} c_t + t_{ws} \theta (c_s + n_{r_{con}} c_w))$$

⁶⁴ Ibidem, str. 130

gdje je:

TC - ukupni troškovi lučkog sistema u \$/satu,

c_{nb} - troškovi vežišta po satu u \$ (c_{nb1} - inicijalni troškovi vežišta, i - kamatna stopa, n_y - ekonomski vijek u godinama, c_{nbm} - troškovi godišnjeg održavanja po vezu),

$$c_{nb} = \frac{c_{nb1} \frac{i}{1+i} \frac{1+i^{n_y}}{1+i^{n_y}-1} + c_{nbm}}{(365 * 24)}$$

n_{nc} - obalne dizalice u \$/rad obalne dizalice po satu,

t_{con} - prosječno zadržavanje kontejnera na depou (u satima),

a_{concy} - broj m^2 prostora za slaganje po kontejneru,

c_{cy} - troškovi skladištenja (\$/m² u satima),

n_{cyc} - prosječni broj ciklusa u kopnenom transportu po satu,

c_t - troškovi transporta po kopnenom dijelu,

t_l - plaćeni rad po satu za grupu radnika po brodu, $t_l = \max \{t_c\}$,

c_1 - troškovi za radnike \$ po satu,

c_s - troškovi broda u luci u \$/brod u satu,

n_{rcon} - prosječna korisna nosivost u kontejner/brod,

c_w - troškovi prosječnog čekanja kontejnera i njegovog sadržaja u \$/kontejner u satu.

Iz prethodnih formula metodom substitucije možemo dobiti:⁶⁵

$$TC = f(\theta) = n_b c_{nb} + \lambda n_{con} t_{con} a_{concy} c_{cy} + \frac{\lambda n_{con} r_{con}}{\theta - \lambda t_{du}} \frac{1}{k_c} * n_b c_{nc} + \lambda t_l c_1 + n_{cyc} c_t + \lambda t_{ws}(\theta)(c_s + n_{rcon} c_w)$$

Prosječnu vrijednost kontejnerskog broda u \$/brodu možemo prikazati na sljedeći način:

$$AC = \frac{f(\theta)}{\lambda} = \frac{f(\theta)}{\theta \mu}$$

⁶⁵ Ibidem, str. 130.

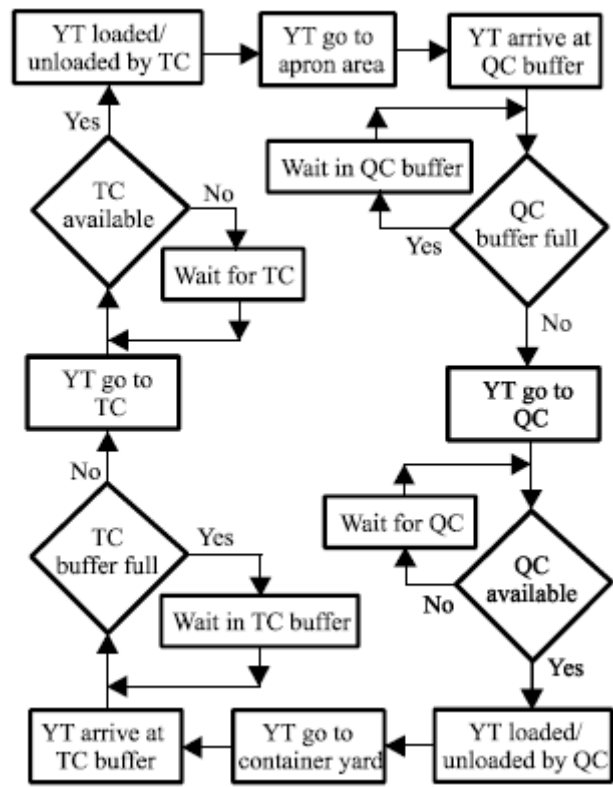
5.2. SIMULACIJSKI MODEL

Kako bi ASBCYL proces prikazli čim preciznije sljedeći procesi moraju biti uključeni u simulacijski model:⁶⁶

- Struktura modela - ASBCYL je kompleksan zbog različitog vremena između dolaska brodova, različitih dimenzija broda, većeg broja vežišta itd. Modeliranje navedenog sistema mora biti podijeljen u segmente od kojih svaki ima svoje ulazne parametre.
- Prikupljanje podataka - glavni ulazni podaci sastoje se od vremena između dolaska brodova, dizalica po brodu, alociranih obalnih dizalica po zahtjevu broda i produktivnosti obalnih dizalica.
- Vrijeme između dolaska brodova - osnovni input parametar koji treba biti pretpostavljen i zaključen od podatka prikupljenih promatranjem. Najčešće distribucije uzete u literaturi su eksponencijalna, negativna eksponencijalna i Weibull distribucija.
- Faza ukrcaja i sikrcaja - precizna reprezentacija broja dizalica po zahtjevu broda je jedan od osnovnih zadataka ASBYL modeling procedure. To znači da sukladno sa divizijom brodova različitih klasa, određena distribucija mora biti determinirana.
- Broj obalnih dizalica po brodu - podaci dostupni za korištenje obalnih dizalica u ASBYL aktivnostima trebaju biti uzeti u obzir, budući da je ovo značajano pitanje u opsluživanju broda. Ovo je posebno važno kako totalni t_{ws} ovisi i o broju obalnih dizalica dodijeljenih brodu.
- Blok dijagram - nakon što su ulazni parametri prikazni, simulacija počinje generiranjem dolazaka brodova prema određenoj distribuciji. Nakon toga veličina broda je determinirana prema empiriskoj distribuciji. Prioritet broda dodijeljen je ovisno o veličini. Veličina broda bitna je prilikom odabira prioriteta. Za pretpostavljeni broj dizalica po brodu, broj obalnih dizalica bira se prema empiriskoj distribuciji. Ako nema broda u čekanju oni se lociraju na vežištima dok u suprotnom idu u red čekanja. Princip "koji prije dođe prije je odrađen" primjenjuje se za brodove koji nemaju prioritet ili imaju jednaku razinu prioriteta. Nakon vezivanja brodu je dodijeljen određeni broj obalnih dizalica. Ukoliko nema raspoloživih onda se brod stavlja u red čekanja.

⁶⁶ Ibidem, str. 131.

Da bi mogli izračunati ASBYL učinak bitno je razumjeti sve važne elemente u lučkom sistemu uključujući vezivanje/odvezivanje, obalne dizalice/brod, lokaciju traktora i dizalice u području namijenjenom za slaganje. Kao što je prikazano na slici 19. dijagram pokazuje tijek procesa operacija na terminalu.



Slika 20. Tijek procesa operacija na terminalu

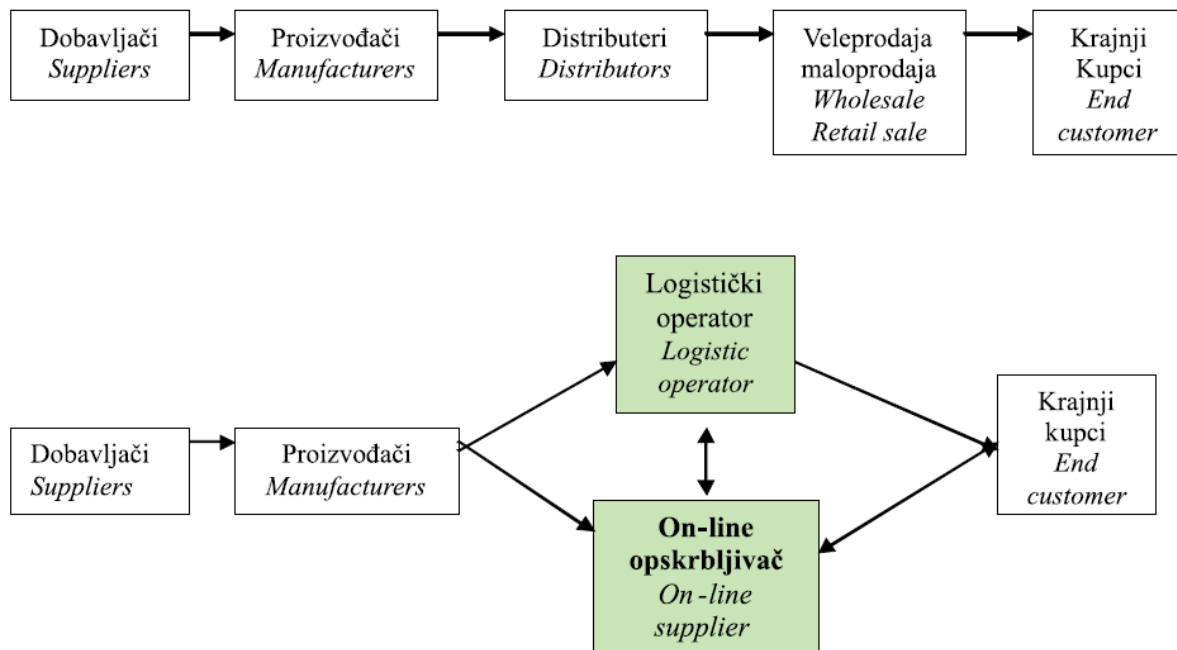
Izvor: Dragović.B., Znić, Dj. N., Tvrđy E., Rooy D., *Ship Traffic Modeling and Performance Evaluation in Container Port*, Analele Universităţii "Eftimie Murgu" Reşiţa, Anul XVII, NR 2., 2, 2010., str. 132.

6. INFORMACIJSKO KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE NA KONTEJNERSKIM TERMINALIMA

6.1. VAŽNOST PRIMJENE INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKIH TEHNOLOGIJA NA KONTEJNERSKIM TERMINALIMA

Danas je nemoguće zamisliti kontejnerski terminal bez korištenje novijih informacijskih tehnologija. Navedenim tehnologijama omogućuje se planiranje, organaiziranje, koordiniranje te kontroliranje svih aktivnosti.

Zajednica subjekata lučkog sustava (*Port Community System*) predstavlja subjekte lučkog sustava povezane informacijsko – komunikacijskim tehnologijama.⁶⁷ Logistički procesi u snažnoj su sinergiji s informacijskim tehnologijama.



Slika 21. Struktura tradicionalnog logističkog lanca i logističkog lanca za 21. stoljeće

Izvor: Pupavac, D., Optimalizacija proizvodnje unutar logističkog lanca za 21. stoljeće, Zbornik radova Ekonomskog fakulteta u Rijeci, 24 (2006), 2, str. 293.

Slika 18 prikazuje promjene u logističkom lancu za 21. stoljeće. Reduciran je broj subjekata u dobavnom lancu koji su zamijenjeni on-line dobavljačem i logističkim

⁶⁷ Tijan, E., S. Kos, D. Ogrizović, *Disaster recovery and business continuity in port community systems*, Pomorstvo, 23 (2009), str. 243.

operatorom koji imaju zadatak smanjenja troškova i pružanja pune (*full-service*) usluge krajnjem korisniku.⁶⁸

Informacijsko-komunikacijski sustavi na kontejnerskim terminalima počeli su se razvijati 70-ih godina prošlog stoljeća kada se tzv. “T-kartica” zamijenila s računalom za planiranje prekrcajnih aktivnosti na kontejnerskim terminalima.⁶⁹ Navedeni sustav nazvan je TOS (*Terminal Operating System*) te se je kao takav zadržao do danas u nekoliko varijanti.

Korištenjem novijih informacijskih tehnologija značajno se smanjuju troškovi administracije. Pristup informacijama moraju imati svi subjekti koji sudjeluju u dopremi/otpremi pošiljke te to mora biti realizirano na brz i siguran način.

6.2. POSTOJEĆI INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKI SUSTAVI NA KONTEJNERSKIM TERMINALIMA

Postoji nekoliko informacijsko-komunikacijskih sustava na kontejnerskim terminalima koji se razlikuju po softverskim rješenjima. Najvažniji zadatak informacijsko-komunikacijskih sustava na kontejnerskim terminalima je planiranje prekrcajnih aktivnosti.

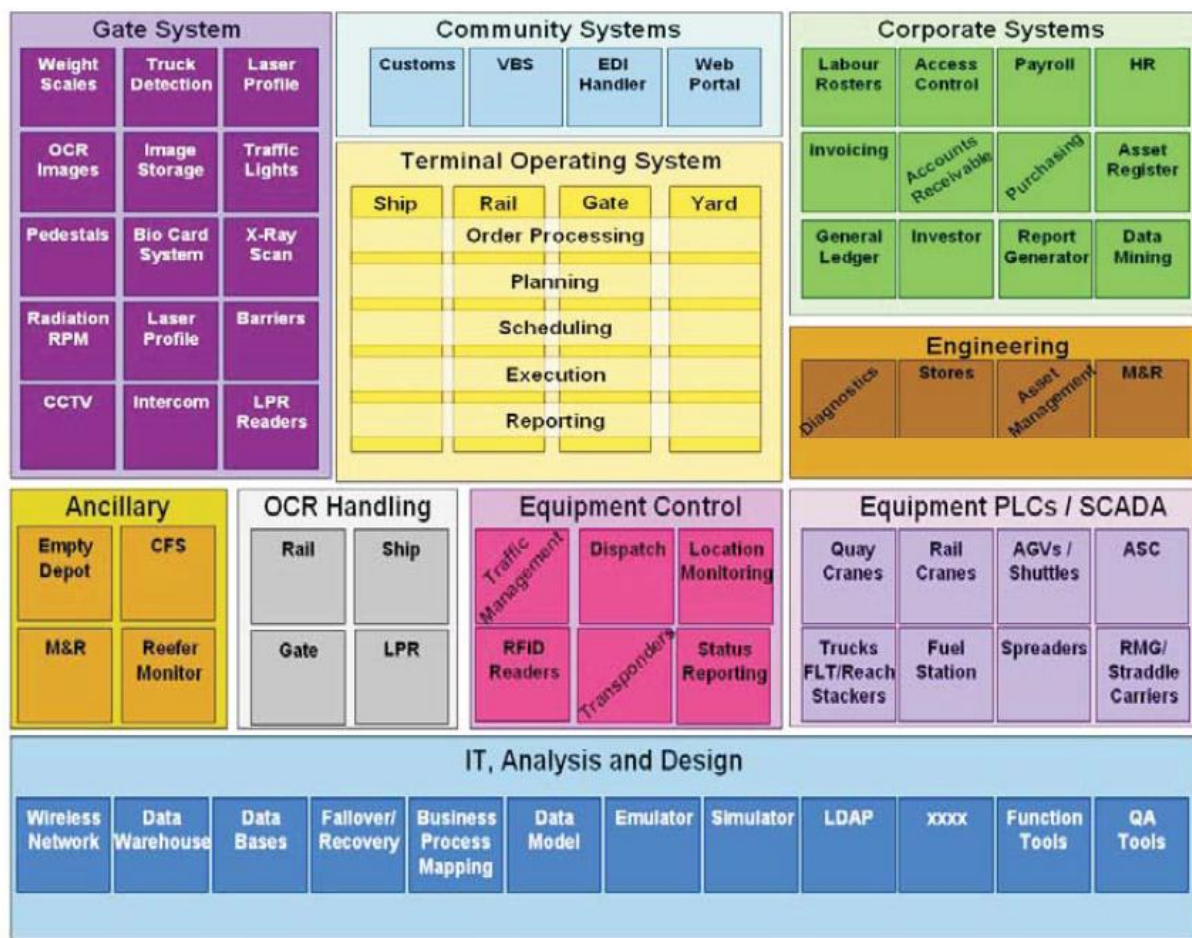
Operator kontejnerskog terminala kao osoba zadužena za planiranje, koordiniranje i kontrolu svih aktivnosti na kontejnerskom terminalu u svom radu koristi nekoliko sustava od kojih je najvažniji TOS-Terminal Operating System – sustav za prekrcajne aktivnosti. Slika 22. pokazuje “računalnu mapu”, tj. računalne sustave koje koristi terminalni operator. Sustavi su podijeljeni u grupe:⁷⁰

- *Terminal Operating System* (TOS) – sustav za direktno planiranje prekrcajnih operacija na terminalu. Funkcije TOS sustava su praćenje:
 - 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
 - procesa: optimalno slaganje kontejnera, prioriteta u prekrcaju.
- *Gate System* – sustav kontrole i identifikacije kontejnera, propisi za kontejnere, sigurnosne mjere.

⁶⁸ Pupavac, D., *Optimizacija proizvodnje unutar logističkog lanca za 21. stoljeće*, Zbornik radova Ekonomskog fakulteta u Rijeci, 24 (2006), str. 293.

⁶⁹ Martin, J., *International port training conference : developing skills for terminal automation*, p.2., www.iptonline.net/scroll/documents/JeffMartin.pdf, str. 2.

⁷⁰ *Ibidem*, str. 2



Slika 22. Računalna mapa operatora kontejnerskog terminala

Izvor: Martin, J., International port training conference : developing skills for terminal automation, p.2., www.iptconline.net/scroll/documents/JeffMartin.pdf, str. 4.

- *Community System* – sustav za povezivanje lučkih subjekata razmjenom informacija i elektroničkih poruka.
- *Corporate System* (sustav za poslovne funkcije)– analizira ljudske resurse, izrađuje financijska i računovodstvena izvješća za menadžere.
- *Engineering* – sustav za razvijanje i praćenje tehnoloških inovacija na prekrcajnim sredstvima, dijagnosticiranje kvarova.
- *Anciliary System* – pomoćni sustav za upravljanje praznim odlagalištima i postajama za popravak kontejnera.
- *OCR Handling* – sustav manipulacije i praćenja kontejnera temeljen na Optical CharacterReading – optičkom sustavu čitanja tagova u svrhu pripreme kontejnera za prekrcaj.

- *Equipment control* (sustav za kontrolu opreme)– prati rad opreme na terminalu, trenutne pozicije npr. dizalica, utvrđuje zahtjeve za prekrajnim sredstvima te provodi i kontrolu RFID (radiofrekvencijskih) komponenti.
- *Equipment PLC's/SCADA* (System Control and Data Acquisition) – sustav za praćenje i kontrolu opreme, osobito automatski navođenih prekrajnih vozila putem programabilnog logičkog kontrolera (PLC) te SCADA (System Control and Data Acquisition) sustava za prikupljanje i analizu podataka u stvarnom vremenu.
- *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.⁷¹

Upravljanje životnim ciklusom informacija je održiva strategija za pohranu podataka, sa svrhom balansiranja između troškova pohrane i upravljanja podacima i poslovne vrijednosti tih podataka. Klasifikacija podataka je proces koji definira razne karakteristike podataka grupirajući ih u logičke kategorije, kako bi se olakšalo postizanje poslovnih ciljeva.⁷² Ispravno ustrojene baze podataka trebale bi služiti kontejnerskim terminalima kao i svim ostalim subjektima lučke zajednice (Port Community System).

⁷¹ E. Tijan, A. Agatić, B. Hlača: *Evolucija informacijsko-komunikacijskih tehnologija na kontejnerskim terminalima*, Pomorstvo, 24 (2010), str. 32.

⁷² Tijan, E., *Data classification and information lifecycle management in port community system*, Pomorstvo, 23 (2009), 2, str.558.

7. ZAKLJUČAK

Kontejnerezacijom se je postigla zamisao da se veliki broj pojedinačnih robnih jedinica različitog oblika, vrste, veličine i mase sjedini u veću jedinicu tereta kojom se potom daleko lakše rukuje. Kroz godine broj prevezenih kontejnera je rastao te je samim time postojala potreba za specijaliziranim terminalima.

Prijevoz kontejnera predstavlja kompleksni proces (ukrcaj i iskrcaj sa broda, skladištenje, praćenje, prijevoz kopnenim prijevoznim sredstvima itd.) koji treba biti dobro isplaniran i organiziran. Svako nepotrebno zadržavanje povećava troškove te je potrebno cijeli proces osmisliti na način da on bude brz i siguran. Kako bi cijeli proces bio dobro osmišljen koriste se različite metode. Kao što smo mogli vidjeti kroz sam rad postoje razne analitičke metode te simulacije koje se koriste kako bi se mogao ocjeniti neki proces. Parametri koji utječu na cijeli proces su razni: vrijeme koje brod provede na vezu, vrijeme rada dizalica, količina prevezenih kontejnera, vrijeme između dolaska brodova itd. Uzevši sve navedeno u obzir, možemo uvidjeti kolika ja važnost dobre organizacije unutar jednog terminala.

Sve zainteresirane strane tijekom transporta moraju imati pristup informaciji o trenutnom stanju kontejnera. Iz tog razloga danas postoje razni informacisko-tehnološki sustavi koji omogućuju realizaciju navedenog te bitno smanjuju vrijeme utrošeno na papirologiju i sl.

LITERATURA

- 1) Dundović, Č., Hess S.: *Unutarnji transport i skladištenje*, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2007.
- 2) Dundović, Č.: *Lučki terminali*, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 2002.
- 3) Zelenika, R., Jakomin, L.: *Suvremeni transportni sustavi*, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 1995.
- 4) Dundović, Č., Kesić, B.: *Tehnologija i organizacija luka*, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2001.
- 5) J. Kirinčić, J. Šverer, Z.: *Osnove vrednovanja prekrcajnih sredstava u lukama*, Zbornik radova Fakulteta za pomorstvo i saobraćaj, god. 5., sv. V., Rijeka, 1989.
- 6) Č. Dundović, *Teorijske osnove za proračun vremena putanje lučkih obalnih i mobilnih dizalica*, Zbornik radova Pomorskog fakulteta u Rijeci, god. 6., Rijeka, 1992., str. 99.
- 7) Č. Dundović, *Tehnološki procesi u prometu*, Autorizirana predavanja iz nastavnog kolegija na poslijediplomskom studiju, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, svibanj, 2001.
- 8) Tijan, E., S. Kos, D. Ogrizović, *Disaster recovery and business continuity in port community systems*, Pomorstvo, 23 (2009)
- 9) Pupavac, D., *Optimizacija proizvodnje unutar logističkog lanca za 21. stoljeće*, Zbornik radova Ekonomskog fakulteta u Rijeci, 24 (2006)
- 10) Martin, J., International port training conference : *developing skills for terminal automation*, p.2., www.iptconline.net/scroll/documents/JeffMartin.pdf
- 11) E. Tijan, A. Agatić, B. Hlača: *Evolucija informacijsko-komunikacijskih tehnologija na kontejnerskim terminalima*, Pomorstvo, 24 (2010)
- 12) Kap Hwan Kim, Mai-Ha Thi Phan, Youn Ju Woo, *New Conceptual Handling Systems in Container Terminals*, Department of Industrial Engineering, Pusan National University, July 24, 2012.

KAZALO KRATICA

ASBYL - Anchorage- ship-berth-yard link

POPIS SLIKA:

Slika 1. Univerzalni kontejneri.....	5
Slika 2. Rashladni kontejneri	6
Slika 3. Kontejneri - cisterne	6
Slika 4. Tok tereta između polazne i krajnje točke u luci	16
Slika 5. Karakterističan model radnog ciklusa bez odvajanja pomoćnog transportnog sredstva	17
Slika 6. Karakterističan model radnog ciklusa s odvajanjem pomoćnoga transportnog sredstva	18
Slika 7. Shematski prikaz veličina u protoku tereta	18
Slika 8. Shema slijeda gibanja dizalice s definiranim karakterističnim točkama na putanji tereta između broda i vozila	21
Slika 9. Operacije u kontejnerskom terminalu	23
Slika 10. Obalna dizalica - prikaz rada.....	24
Slika 11. Blok-dijagram prihvata i otpreme broda u lučkom kontejnerskom terminalu.....	25
Slika 12. Moduli slaganja kontejnera	26
Slika 13. Elementi automatskog upravljačkoga sustava kontejnerskog terminala.....	28
Slika 14. Model kontejnerskog terminala s transporterima.....	36
Slika 15. Operacija brod-obala-transporteri - varijanta s jednim transporterom na mostu	38
Slika 16. Operacija brod-obala-transporteri - varijanta s jednim transporterom na mostu	39
Slika 17. Model kontejnerskog terminala s transporterima - varijanta s pristanima okomitim na operativnu obalu	42
Slika 18. Multy trailer system	45
Slika 19. Susrav Roll'hydro	46
Slika 20. Tijek procesa operacija na terminalu	54
Slika 21. Struktura tradicionalnog logističkog lanca i logističkog lanca za 21. stoljeće	55
Slika 22. Računalna mapa operatora kontejnerskog terminal	57