

---

ISSN 0554-6397  
UDK 629.123.4:621.869.88  
PREGLEDNI RAD  
Primljeno (Received): 07/2002

---

**Juraj Bukša**, dipl. inž.  
Pomorski fakultet Rijeka  
Studentska 6, 51000 Rijeka

---

## ANALIZA ISKRCAJA KONTEJNERSKOG BRODA

### SAŽETAK

Analiza ukrcaja/iskrcaja kontejnerskog broda s ciljem spoznaje optimalnog broja upotrijebljenih kontejnerskih mostova, utrošenog vremena, troška terminala i broda po ticanju, odnosno po iskrcanoj/ukrcanoj TEU jedinici, važna je za poznavanje logistike na kontejnerskom terminalu. Ako se svede kontejnerski most na ključnu točku za sve sudionike pomorskog transporta na kontejnerskom terminalu, ključno pitanje koje zahtijeva odgovor jest koliki je optimalni broj kontejnerskih mostova potrebno koristiti glede troška i vremena potrebnog za iskrcaj određenog tipa kontejnerskog broda (feeder, panamax, postpanamax). Povećanjem broja kontejnerskih mostova smanjuje se potrebno vrijeme za iskrcaj, ali se cijena iskrcaja povećava. Po modelu ukupnog troška, troškove kontejnerskih mostova uprava terminala računava kroz lučke tarife, dok se trošak broda po ticanju prikazuje kroz vozarinu. Odnos troška i vremena u zavisnosti s interferencijom kontejnerskih mostova podatak je iz kojega se sintezom dolazi do optimalnog broja prekrcajnih mostova na kontejnerskom terminalu za određeni tip kontejnerskog broda.

### 1. UVOD

Kontejnerski promet, odnosno kontejnerizacija u pomorstvu relativno je novijeg datuma. Kao značajni čimbenik u udjelu pomorskog prometa javlja se krajem 60-tih godina prošlog stoljeća, no iako nova grana prometa, zbog svojih prednosti velikom je brzinom postala jedna od najvažnijih grana pomorskog prometa s tendencijom daljnjeg rasta. Povećanje broja kontejnera u prometu uvjetovalo je gradnju specijaliziranih brodova za njihov prijevoz. U početku su to bili brodovi skromnog kapaciteta tipa "Pionir" od 300 TEU jedinica do današnjih kontejnerskih brodova koji prevoze 8 – 10 pa čak i više tisuća TEU jedinica.

Fenomen kontejnerskog prijevoza i dalje je u stalnom povećanju. Jedna od

najočitijih potvrda tog trenda rasta je stalan porast veličine kontejnerskih brodova, s pritiskom na luke i terminale da omoguće prihvat brodova s 15.000 TEU jedinica.

Gotovo je sigurno da će luke i brodari popustiti pred takvim pritiscima i učiniti sve logističke pripreme za siguran prijevoz i prihvat takvih brodova te tehnološki i tehnički riješiti mogućnosti ubrzavanja transportnih manipulacija unutar terminala i kao najbitnije povećati brzinu rada kontejnerskih mostova te proporcionalno povećati broj kontejnerskih mostova u odnosu na povećanje plovnih jedinica.

Činjenica da je, naprimjer, 1999. godine pomorski promet kontejnera prvi put prešao brojku od dvjesto milijuna izmanipuliranih TEU jedinica s predviđenim rastom od 8 % godišnje<sup>1</sup> zahtijeva prilagodbu kako luka, tako i brodara u zajedničkom interesu. Takvo povećanje prometa broja kontejnera u pomorskom prometu nemoguće je pratiti bez snažne logističke podrške i detaljne analize svakog njenog segmenta.

Logistika je svoj razvoj doživjela tijekom II. svjetskog rata i u početku se smatralo da je ona vještina vezana uz vojsku. Jednu od prvih definicija logistike dao je Antonije Henri Jacomini u dijelu "O ratnom umijeću", gdje je određuje kao planiranje, upravu i opskrbu vojske u njenom pomicanju izgradnje cesta i drugih sastavnica<sup>2</sup>. Od tada do danas logistika se razvila u znanstvenu disciplinu bez koje je nemoguće zamisliti funkcioniranje ikakvog složenijeg sustava kao što je npr. kontejnerski promet. Danas se smatra da je logistika način upravljanja svim aktivnostima koje se odnose na premještanje sirovina, poluproizvoda, ostalih materijala i gotovih proizvoda između proizvodnih poduzeća, od nabave sirovina do prerade, odnosno od proizvođača do potrošača<sup>3</sup>. Logistika ne može funkcionirati bez optimalne informacijske podrške koje omogućuju djelotvorne i ekonomične tokove informacija, drugim riječima, logistika obuhvaća oblikovanje, projektiranje, upravljanje i kontrolu postupaka u području cjelovitog procesa transporta od točke primitka do točke otpreme<sup>4</sup>.

## 2. ČIMBENICI PREKRCAJNOG PROCESA

Radi pojednostavljenog promatranja analize iskrcaja/ukrcaja kontejnerskog broda svest će se sve sudionike pomorskog transporta na točku u kojoj se obavlja ključna operacija, tj. iskrcaj/ukrcaj kontejnera na brod. Ta točka je kontejnerski most kao veza između broda i terminala te se u toj točki može brodare, kontejnerski most i kontejnerski terminal analizirati kao čimbenike prekrcajnog procesa.

<sup>1</sup> Mutual Interference Between Ship To Shore Cranes at a Container Terminal, Gian Paolo Ritossa, Aldo Miglior, Paolo Pilu

<sup>2</sup> Britannica on line: [HTTP/www.EB.com](http://www.EB.com).

<sup>3</sup> Baričević H.: "Logističke odrednice prometa na kopnu" Pomorstvo, Rijeka, 2000, str. 14.

<sup>4</sup> Baričević H.: "Tehnologija kopnenog prometa", Pomorski fakultet Rijeka, 2001. str. 59.

Analiza je znanstvena metoda ispitivanja pojedinosti pojave, raščlanjivanja u sastavne dijelove, dakle, analizom se utvrđuju dijelovi pojave, od čega je ona konstruirana i što je u njoj bitno. Ti se dijelovi nakon toga mogu komparirati, klasificirati i definirati, te se pomoću spajanja, odnosno sinteze dobivaju zaključci i spoznaje o pojavi<sup>5</sup>.

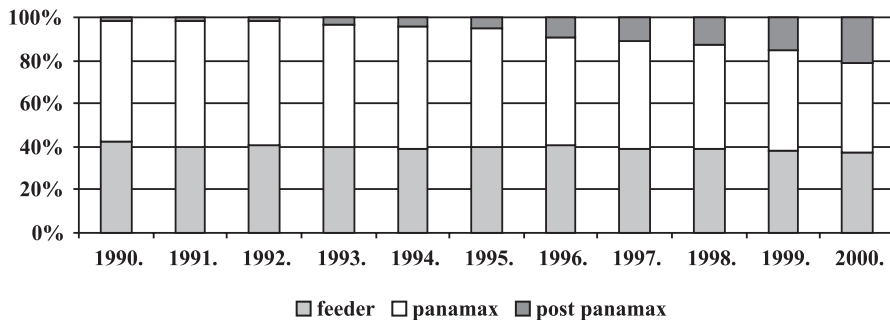
### 1. Brodari kao prijevoznici s plovnim jedinicama:

- feeder
- panamax
- post panamax

Suočeni sa zahtjevima tržišta brodari su prisiljeni u posljednjih nekoliko godina koristiti sve veće i veće plovne jedinice tako da podaci za 2000. godinu govore da 21 % svjetske kontejnerske flote čine post panamax brodovi, tj. brodovi koji istovremeno prevoze više od 7.000 TEU jedinica.

#### Grafikon 1. Učešće veličine brodova u svjetskoj kontejnerskoj floti

Izvor: Lloyd's register, Marine Bulletin, 2/2000. No 23



Sa stanovišta logistike brodari pružaju podršku svojim brodovima i posadama u smislu informatizacije i redovnog održavanja plovnih jedinica što je zapravo i sastavni dio njihovog posla te, ako ga obavljaju korektno, ne mogu se očekivati u ovom trenutku znatnija poboljšanja koja bi mogla utjecati na smanjenje troškova.

### 2. Luke i terminali

<sup>5</sup> Biličić, M.: "Metodologija znanstvenog istraživačkog rada" Pomorski fakultet Rijeka, 1997. str. 28-33.

- uvozni/izvozni
- tranzitni
- sabirni

Široki je spektar mogućih poboljšanja u tehnološkom i tehničkom pogledu koji se mogu i moraju primijeniti na postojećim, a naročito na novim terminalima.

### 3. Kontejnerski mostovi

Brodari i lučki operateri imaju u pogledu interesnog pristupa različite stavove, te vlastite podrške i načine kako ostvariti što veći prihod uz što manji trošak.

Brodari zahtijevaju da njihov brod bude prihvaćen odmah po dolasku pred luku, da se izbjegnu sva čekanja i zastoji, maksimalno skрати vrijeme zadržavanja na operativnom pristanu i odlazak bez nepotrebnih čekanja. U isto vrijeme lučki operateri žele permanentno i ravnomjerno opteretiti svoja sredstva i mehanizaciju

Postojeća je situacija kompromis između njih, a naziva se “dolazak po dogovoru” i sastavni je dio ugovora između brodarka i lučkih operatera koji govori da će ugovoreni brodovi biti prihvaćeni, to jest postavljeni uz operativni pristan unutar vremenskog okvira od 4 do 12 sati, što podrazumijeva da će pristan, kontejnerski mostovi, prostor za prihvat kontejnera, unutarnja transportna sredstva, operateri i oprema biti u tom vremenskom roku spremni za rad.

Ovakav pristup donosi mnoge prednosti, ali i obvezuje brodarka i lučke operatere na točnost u najavi, te u usporedbi sa situacijama iz ranijih razdoblja kada su određeni pristani bili namijenjeni samo pojedinim brodarkima ili linijama, osjetna su smanjenja u gubicima nastalim na praznim pristanima.

#### 2.1. Iskoristivost kontejnerskog mosta

Kao najvažnija karika u procesu ukrcaja/iskrcaja kontejnerskog broda je kontejnerski most i njega treba promatrati kao faktor koji će utjecati na dužinu vremena koje će brod provesti u luci. S gledišta iskoristivosti kontejnerskog mosta može se govoriti o bruto iskoristivosti ili vanjskoj produktivnosti koja se prikazuje kao:

$$Q = \frac{x}{b}$$

gdje je:  $x$  - broj kontejnera prenesen kontejnerskim mostom  
 $b$  - vrijeme boravka broda u luci

Ili o neto iskoristivosti, odnosno o unutrašnjoj produktivnosti koja prikazuje stvarno vrijeme u kojem je kontejnerski most bio u uporabi.

$$N = \frac{x}{tm}$$

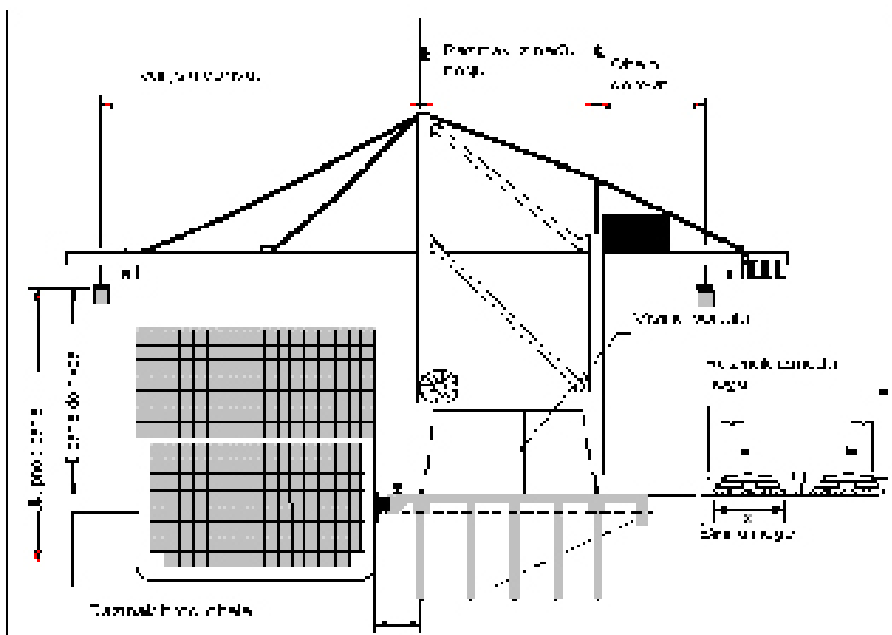
gdje je:  $x$  - broj kontejnera prenesen kontejnerskim mostom  
 $tm$  - vrijeme usluživanja broda

Vrijednost  $GP$  zanima uglavnom broдача, koji želi što kraće vrijeme iskrcaja/ukrcaja, dok vrijednost  $NP$  zanima lučke operatore u interesu optimalizacije svog poslovanja.

Uzimajući u razmatranje vrijednosti koje se dobiju iz odnosa  $GP$  ili  $NP$  može se ponekad doći i do pogrešnih procjena jer produktivnost kontejnerskog mosta može u mnogome ovisiti o vremenskim utjecajima, kao što su vjetar, kiša, magla, snijeg, osvjetljenje. Također treba uzeti u obzir podatak o tome je li gro kontejnera prazan ili pun te radi li se pretežito o 20' ili 40' kontejnerima. Nadalje, u izradi matematičkog modela efektivnosti kontejnerskog mosta treba voditi računa i o raspoloživosti skladišnog prostora, stanju prometnica i transportnih sredstava.

*Slika 1. Prikaz osnovnih performansi kontejnerskog mosta*

## 2.2. Iskoristivost kontejnerskog terminala



Da bi se mogao u potpunosti prihvatiti model ukupnog troška, potrebno je analizirati i raščlaniti trošak koji čini kontejnerski terminal. Uprava kontejnerskog terminala ima pred sobom složen proces odlučivanja koji zahtjeva donošenje velikog broja odluka u cilju vođenja terminala intermodalnog transporta.

Zavisno o veličini i namjeni terminala ovisi i podrška koju će koristiti taj terminal. Od osnovnih pitanja kako minimizirati troškove i vrijeme iskrcaja ako dva broda dolaze istovremeno ili da li iskrcevati brod ili čekati da dođe vlak na koje će se kontejneri direktno ukrcati itd. Simulacija tih problema i logistička podrška provedena je na Contshipovom terminalu La Spezia (LSCT) po narudžbi IDSIA – Istituto Dalle Molle di Studi sull'Intelligenza Artificiale, Switzerland čije se rezultate može smatrati mjerodavnima.

DSS (Decision Support Systems) ili sustav pomoći pri odlučivanju implementiran je na terminalu kao simulacija s ciljem pomoći menadžmentu da shvati i primijeni računalnu tehnologiju u svakodnevnom izvršavanju operativnih poslova.

LSCT prihvaća i skladišti kontejnere koji dolaze vlakovima, kamionima i brodovima te predstavljaju “ulazni tok”, dok kontejneri koji će biti ukrcani na brod predstavljaju “izlazni tok”. Na skladištima se kontejneri mogu slagati na pet visina sa skladišnim mostovima, iako nije uobičajeno koristiti petu visinu, osim u slučajevima nedostatka prostora. Veza između skladišnih mostova i kontejnerskih mostova su tegljači sa kontejnerskim prikolicama

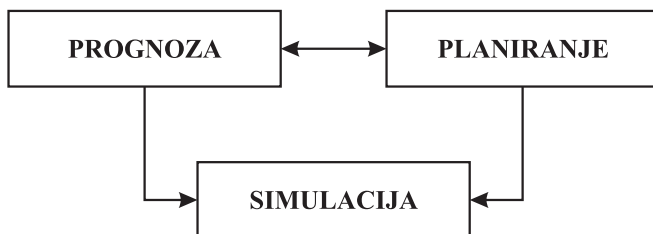
Locirani su osnovni problemi koji se javljaju na terminalu, a to su:

1. Skladištenje kontejnera na skladištu
2. Korištenje resursa terminala
3. Raspored ukrcaja/iskrcaja broda

Kako bi se razriješila ta problematika, definira se arhitektura problema sastavljena od tri različita, ali povezana modula.

*Shema 1. Arhitektura modularnog sustava*

Simulacijski modul daje opis termina, entiteta (radna snaga, transportna sredstva, skladišni prostor...) i procesa (ukrcaj/iskrcaj, kretanje prikolica, mosne operacije...).

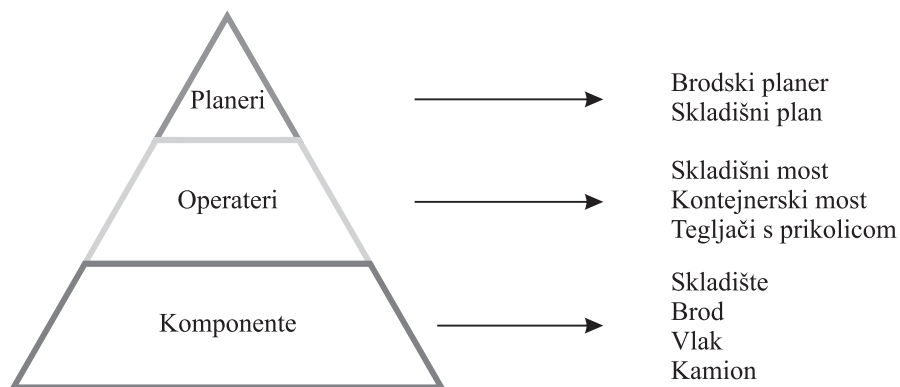


Dok modul prognoze analizira prošle datoteke i predviđa buduća stanja prema

predvidljivom “ulaznom i izlaznom toku”, planira optimalne iskrcajne/ukrcajne operacije i raspolaže resursima skladišnog prostora. Takva arhitektura podržava upravu u planiranju, daje spoznaje o vremenu i trošku iskrcaja/ukrcaja broda, rješava probleme skladištenja, propusnu moć skladišnog prostora, te povećava učinke uz minimiziranje troškova.

*Shema 2. Hijerarhija modula simulacije*

Ovaj modul podrške zasniva se na brodskom planeru i skladišnom planeru

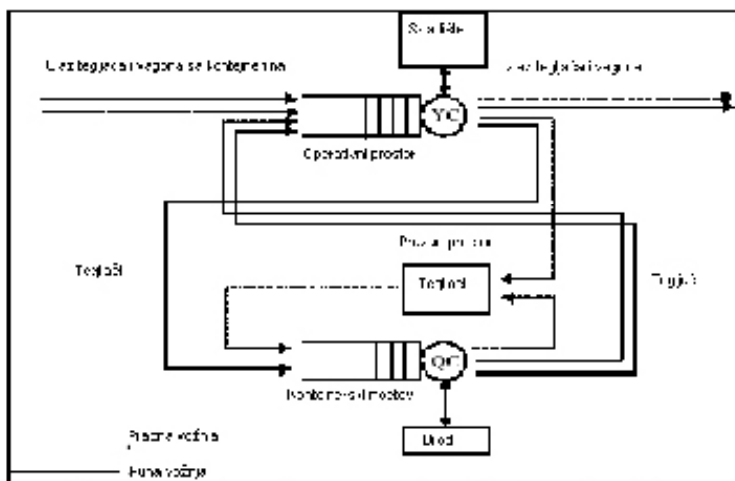


koji unose podatke i predstavljaju ulaznu veličinu. Oni su dio u tehnološkom lancu koji donose odluke zavisno o iskustvu i stručnoj procjeni<sup>6</sup>. Teško je pretpostaviti da simulacija modula na kompjutoru može zamijeniti planera, ali mu zasigurno pomaže jer uočava mjesta i točke čekanja te može utjecati na vrijeme zastoja i skraćenje pojedinih operacija.

*Shema 3. Prikaz toka kontejnera*

Na primjeru simulacijskog modula iz LSCT prikazanog na slici 2. na zaslonu

<sup>6</sup> Luca Maria Gambardella, Andrea E. Rizzoli, Marco Zaffalon, *IDSIA - Istituto Dalle Molle di Studi sull'Intelligenza Artificiale*, Lugano, Switzerland



ekrana vidljiv je brod vezan na zapadnom vezu, a opslužuju ga dva mosta QC1 i QC2. Kontejneri su pozicionirani na prostorima CA CB i CC, a na skladištu djeluju skladišni mostovi od 1 – 9. U gornjem desnom kutu ekrana vidljiv je stalan ispis stanja kontejnera. Od mogućnosti koje daje ovaj softver je i prikaz histograma pojedinih skladišnih mostova u kojima se iščitava vrijeme čekanja kao i mogućnost praćenja i određivanja broja tegljača s prikolicama optimalnih za trajanje operacije iskrcaja/ukrcaja.

*Slika 2. Izgled simulacije na zaslonu kompjutorskog ekrana*

*Izvor: Luca Maria Gambardella, Andrea E. Rizzoli, Marco Zaffalon, IDSIA – Istituto Dalle Molle di Studi sull'Intelligenza Artificiale Lugano, Switzerland*



21 : 52  
212  
STORED CONTAINER  
414  
CONTAINER TO STORE

*Slika 3. Prikaz na zaslonu kompjutorskog ekrana najave i rada u smjenama na LSC*

*Izvor: Luca Maria Gambardella, Andrea E. Rizzoli, Marco Zaffalon, IDSIA - Istituto Dalle*



Name	Quot	ETA	Dead line	CA	CB	CC	A	B
Molles	2	10/11/2016 10:30	2	306	91	76	67	400
Robin Trade	3	10/11/2016 23:00	2	14	46	1	0	0
Mil Kangoo	4	11/11/2016 01:10	5	25	131	331	3	940

Date and Time	Shift	Rev Time C/2016	Rev Loc C/2016	Ca C/2016	Cb C/2016	Cc C/2016	a C/2016	b C/2016
10/11/2016 17:00	D	1	D	1	D	D	D	1
10/11/2016 19:00	1	-	1	-	1	1	D	6
11/11/2016 01:00	1	1	1	-	1	1	1	6
11/11/2016 07:00	1	D	1	1	1	1	D	9
11/11/2016 17:00	-	D	1	D	1	1	D	11
11/11/2016 19:00	3	D	1	1	1	1	D	1

### *Molle di Studi sull'Intelligenza Artificiale Lugano, Switzerland*

Simulator je u funkciji terminala i čini logističku podršku lučkim operaterima. Naizgled je nevažan za brodaru jer postoji mogućnost da uprava terminala sve svoje prazne hodove pretoči u cijenu rada mosta, odnosno troška po kontejneru. Međutim, s obzirom na široku razvijenu konkurenciju, ta je mogućnost teško prihvatljiva.

### 3. MODEL UKUPNOG TROŠKA

Ukupan trošak koji nastaje na operativnom pristanu može se promatrati kroz tri segmenta:

1. *Troškovi investicije*
  - 1.1. infrastruktura pristana
  - 1.2. trošak prekrcajnog uređaja
2. *Troškovi uprave*
  - 2.1. kadrovski troškovi
  - 2.2. troškovi energije
  - 2.3. troškovi održavanja
3. *Troškovi brodova u luci*

Svi navedeni troškovi imaju svoju fiksnu i promjenjivu komponentu. Fiksni

trošak je poznat i prihvatljiv i brodaru i lučkoj upravi, dok varijabilni trošak predstavlja opterećenje koje će uprava luke izraziti u postocima i pokrivi kroz svoje tarife. S gledišta brodaru utjecaj varijabilnog troška mnogostruko povećava trošak boravka broda u luci i vremena koje je izgubljeno na pristanu.

Vrijeme koje je potrebno za ukrcaj ili iskrcaj ovisi o broju kontejnera koji moraju biti prekrčani s broda na obalu i obrnuto, o neto produktivnosti kontejnerskog mosta, broju mostova koji će opsluživati brod i koeficijentu njihove međusobne interferencije.

Vrijeme ukrcaja/iskrcaja može se izraziti formulom (1)

$$t_1 = \frac{x}{NP} \cdot \frac{1}{n^f} \quad (h) \quad (1)$$

gdje je:  $x$  – ukupan broj kontejnera koji treba prekrčiti  
 $NP$  – neto produktivnost kontejnerskog mosta  
 $n$  – broj kontejnerskih mostova koji opslužuju brod  
 $f$  – koeficijent interferencije između mostova

Interferencija, tj. međudjelovanje je funkcija koja pretpostavlja da u pojedinim fazama rada kontejnerski mostovi, kada opslužuju jedan brod, “smetaju” jedan drugome te nije moguće postići potpuni učinak. Kao pravilo uzima se koeficijent interferencije od 0,95, što znači da dva mosta postižu  $2 \times 0,95 = 1,93$  vremena jednog mosta, odnosno tri mosta  $3 \times 0,95 = 2,84$  vremena jednog mosta itd.<sup>7</sup> Kao što se vidi neto produktivnost kontejnerskog mosta mora uzeti u obzir sve okolnosti da bi se mogla dobiti optimalna iskoristivost.

Ukupno vrijeme koje će brod provesti na operativnom pristanu, odnosno vrijeme za koje drugi brod ne može koristiti operativni pristan, biti će sastavljeni od vremena  $t_1$  i vremena  $tu$  koje će biti vrijeme prilaza pristanu, vrijeme priveza, odveza, odlazak sa pristana kao i mogući gubitak vremena zbog opskrbe broda ili nepredviđenih čekanja.

Također bi trebalo uzeti u obzir i vrijeme potrebno da kontejnerski mostovi zauzmu poziciju za ukrcaj/iskrcaj, ali se pretpostavlja da će ta radnja biti izvedena dok traje operacija priveza.

Dakle, ukupno vrijeme boravka broda na operativnom pristanu izražava se formulom (2)

<sup>7</sup> Mutual Interference Between Ship To Shore Cranes at a Container Terminal, Gian Paolo Ritossa, Aldo Miglior, Paolo Pilu

$$t = t_1 + t_2 \quad (h) \quad (2)$$

Ovim pristupom dolazi se do vrijednosti ukupnog troška koji će brodar imati u luci o čemu će zavisiti odluka o izboru luke ukrcanja/iskrcanja.

Potpuna formula ukupnog troška je dana izrazom (3):

$$T = (C_1 + C_p \cdot n + C_s + C_n) \cdot t \quad (\text{€}) \quad (3)$$

Nazivi promjenjivih veličina uračunatih u model ukupnog troška vidljivi su iz tablice 1.

Tablica 1. Ulazne/izlazne promjenjive veličine modela ukupnog troška

Izvor: *Mutual Interference Between Ship To Shore Cranes at a Container Terminal*, Gian Paolo Ritossa, Aldo Miglior, Paolo Pili

Vrijeme ukrcanja/iskrcanja	$t_1$
Vrijeme prispašivanja/odlaska	$t_2$
Ukupno vrijeme broda u luci	$t$
Broj transportiranih kontejnera	$n$
Stopa produktivnosti	$NP$
Broj kontejnerskih mostova	$m$
Faktor interakcije	$f$
Ukupni trošak infrastrukture	$C_1$
Varijabilni trošak mosta	$C_p$
Dnevni trošak održavanja	$C_s$
Trošak operativne garniture u luci	$C_n$
Ukupni trošak	$CT$

#### 4. TROŠAK ISKRCAJA KONTEJNERSKOG BRODA

Model ukupnog troška upotrijebit će se u uobičajenim slučajevima u pomorskom transportu za provodne luke, posebice za odabir optimalnog broja kontejnerskih mostova koji će biti dodijeljeni za razmatrane tipove kontejnerskih brodova, a to su post panamax, panamax i feeder brodovi. Izuzetak je samo u slučajevima kada je broj kontejnerskih mostova iz bilo kojeg razloga ograničen.

Određivanje optimuma kontejnerskih mostova bitno je kako bi se što više

smanjio ukupni trošak kao rezultat primjene ovog modela posebno za svaki ogledni tip broda i pregled troškova u odnosu na broj upotrijebljenih kontejnerskih mostova.

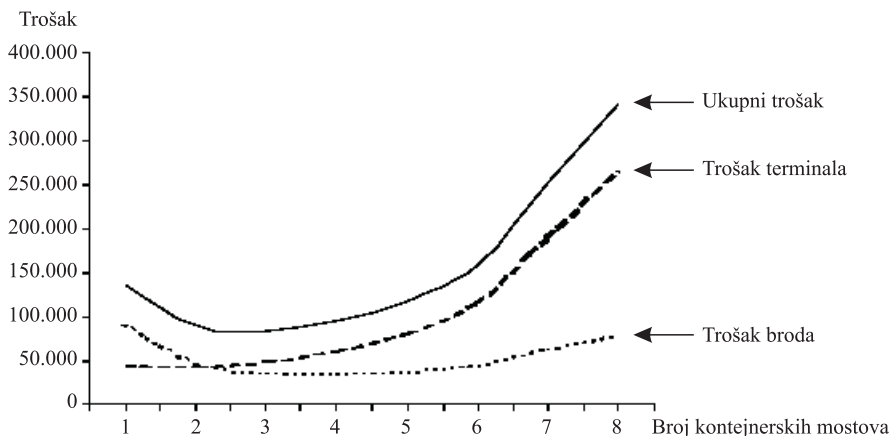
Pri tome je važno znati da je krivulja nastala primjenom formule (3) izražena sa stanjem danim u formuli (2). Za određeni kontejnerski terminal  $t_u$  nedostaju fiksne vrijednosti  $t_i$  koje zavise o formuli (1), a u odnosu na nezavisne vrijednosti promjenjivih  $x$ ,  $NP$ ,  $n$  i  $f$ . Za dobivanje krivulje (1)  $n$  mora biti različit, dok ostali parametri moraju biti poznati;  $x$  je broj kontejnera transportiranih kontejnerskim mostom, dok se za vrijednost  $NP$  mora uzeti prijašnja vrijednost prosječnog troška danog od nadglednika na sličnim terminalima. Koeficijent interferencije je vrijednost za koju se smatra da je točna i da je dobivena na osnovi iskustava operatera na terminalima, a rezultati su provjereni i dostupni u stručnoj literaturi.

Pojedinačni i ukupni troškovi dani su grafičkim prikazima u grafovima 2. 3. i 4. za post panamax, panamax i feeder brodove.

#### Grafikon 2. Ukupni trošak za panamax brodove

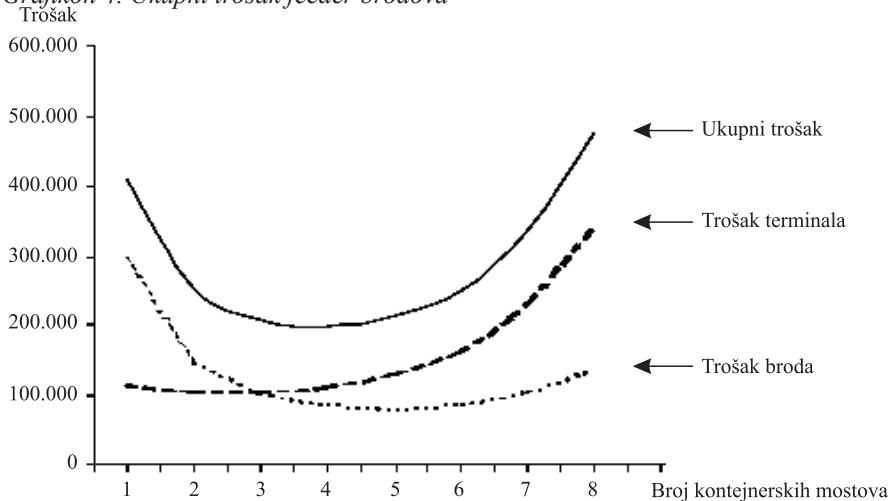
Izvor: *Mutual Interference Between Ship To Shore Cranes at a Container Terminal*, Gian Paolo Ritossa, Aldo Miglior, Paolo Pilu

#### Grafikon 3. Ukupni trošak za post panamax brodove



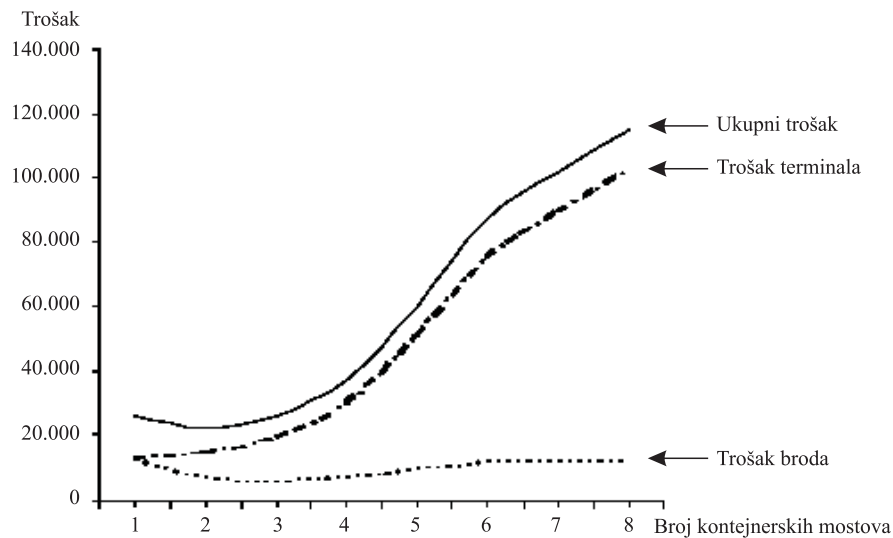
Izvor: *Mutual Interference Between Ship To Shore Cranes at a Container Terminal*, Gian Paolo Ritossa, Aldo Miglior, Paolo Pilu

Grafikon 4. Ukupni trošak feeder brodova



Izvor: *Mutual Interference Between Ship To Shore Cranes at a Container Terminal*, Gian Paolo Ritossa, Aldo Miglior, Paolo Pilu

Vrijednosti troškova i optimalni broj mostova zavisen je i različit u pojedinim slučajevima. Predvidivo je da je veći broj kontejnerskih mostova optimalniji za post



panamax nego li za feeder brodove. Ni u kom slučaju krivulje dane u grafikonima 2., 3. i 4. ne mogu ilustrirati zajedništvo, već treba promatrati one dijelove koje

silaze prema minimumu, te one dijelove gdje je porast neznan, te ih u pravilu treba promatrati kao tri odvojena dijela iste krivulje.

Radi pojednostavljenja u narednom izlaganju obratit će se pozornost samo na post panamax brodove. Daljnja analiza modela troška zahtijeva analizu pojedinih promjenjivih veličina i ne može predstavljati pravilo za sve terminale. Logističku podršku kontejnerskog mosta čini tehnološka organizacija i tehnička obučenost i osposobljenost pojedinih terminala.

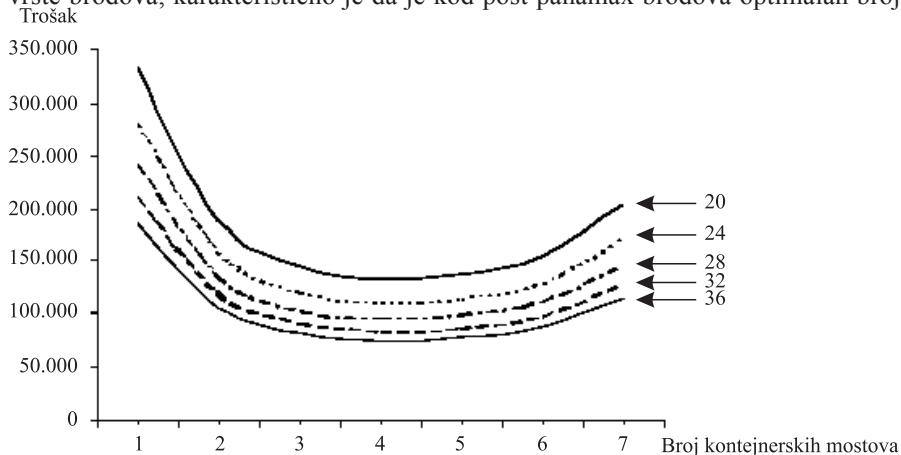
Prvu grupu odnosa ukupnog troška čini neto produktivnost kontejnerskog mosta koja je prikazana na grafikonu 5. Ako *NP* raste trošak se smanjuje i krivulja ima nagli pad te se postupno ispravlja prema kraju. To upućuje na sljedeće konstatacije:

1. Moguće je raditi i postići optimalan učinak s optimalnim brojem kontejnerskih mostova i pri nižim produktivnostima mostova, naprimjer odnos između prekrcaja 40 kontejnera na sat i 30 kontejnera na sat ne bilježi uštede veće od 20%.
2. Ako nije moguće angažirati optimalni broj kontejnerskih mostova troškovi, će porasti, i u tom slučaju je bitno utjecati na kontejnerske mostove da rade većom brzinom transporta (što je ponekad moguće postići upošljavanjem kvalitetnih operatera).

*Grafikon 5. Ukupni trošak post panamax brodova u funkciji neto produktivnosti kontejnerskog mosta*

*Izvor: Mutual Interference Between Ship To Shore Cranes at a Container Terminal, Gian Paolo Ritossa, Aldo Miglior, Paolo Pilu*

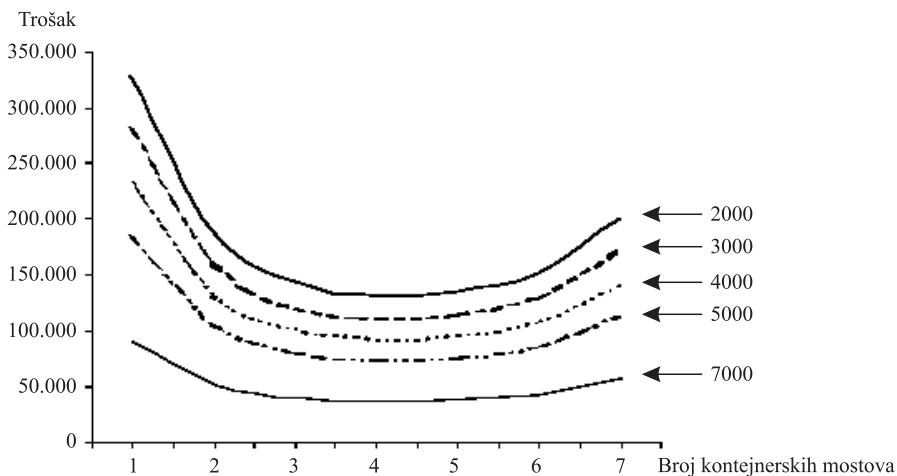
Iako je neto produktivnost pod utjecajem ukupnih troškova rukovanja za razne vrste brodova, karakteristično je da je kod post panamax brodova optimalan broj



kontejnerskih mostova 4 čak i kada neto produktivnost varira između 18 i 40 iskrcanih kontejnera na sat.

Drugu grupu krivulja prikazanu na grafikonu 6. razmatra se u zavisnosti o broju ukupno iskrcajanih kontejnera. Iz grafikona 6. je vidljivo da će se najveća ušteda postići pri iskrcaju 7.000 kontejnera uporabom 3 – 5 kontejnerskih mostova, dok donja krivulja, (ona prema kojoj se iskrcaava oko 2.000 kontejnera) ne pokazuje skoro nikakve promjene u odnosu na broj mostova.

*Grafikon 6. Ukupni trošak za post panamax brodove u funkciji prekrcajanih kontejnera*



*Izvor: Mutual Interference Between Ship To Shore Cranes at a Container Terminal, Gian Paolo Ritossa, Aldo Miglior, Paolo Pili*

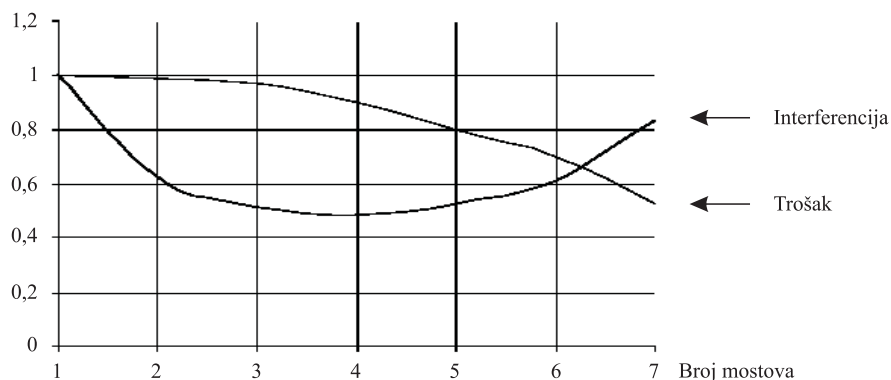
#### 4.1. Interferencija kao pokazatelj iskoristivosti

Troškovi, kao i vrijeme boravka post panamax broda u luci pri iskrcaju optimalnih 5.000 TEU jedinica može biti pokazatelj i za brodove tipa panamax, dok je za manje plovne jedinice koje iskrcajavaju 200 – 500 TEU jedinica, odnosno za feeder brodove, gotovo nebitno koliko kontejnerskih mostova opslužuje brod.

Do krajnjeg zaključka o isplativosti uporabe više kontejnerskih mostova može se doći i računanjem vremena utrošenog po svakom kontejnerskom mostu zasebno te zbrajajući troškove, što bi hipotetski dovelo do “uniformiranog primjera” za iskrcaj kontejnera s broda. Druga je mogućnost uzeti u obzir činjenicu da će model ukupnog troška “upozoriti” na vrijeme i ograničiti odstupanja od krivulje minimalnog troška.

Obje varijante su osjetljive na faktor interferencije koji je  $0 < f < 1$ . Iako je ranije navedeno da  $f$  iznosi 0,95 za post panamax brodove, neki autori za panamax brodove uzimaju da je  $f = 0,85^8$ . Na manjim plovnim jedinicama taj je faktor još niži zbog fizički nemogućeg prilaza većeg broja kontejnerskih mostova brodu (zbog raspona nogu). Iz grafikona 7. a), b) i c) koji prikazuje odnos troška i interferencije na modelu brodova post panamax, panamax i feeder važno je primijetiti da krivulje troška sve počinju iz iste vrijednosti, ali prikazuju različite tendencije pada i ponovnog rasta, ovisno o vrijednosti interferencije.

Grafikon 7. a) Odnos troška i interferencije na panamax brodovima

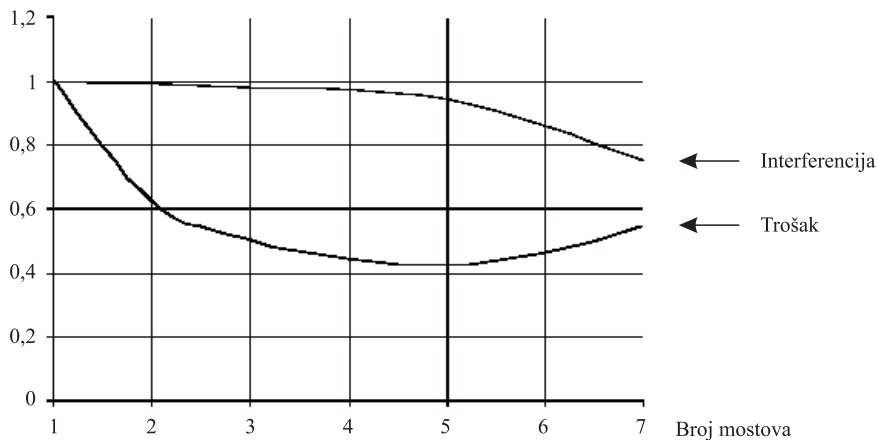


Izvor: *Mutual Interference Between Ship To Shore Cranes at a Container Terminal*, Gian Paolo Ritossa, Aldo Miglior, Paolo Pilu

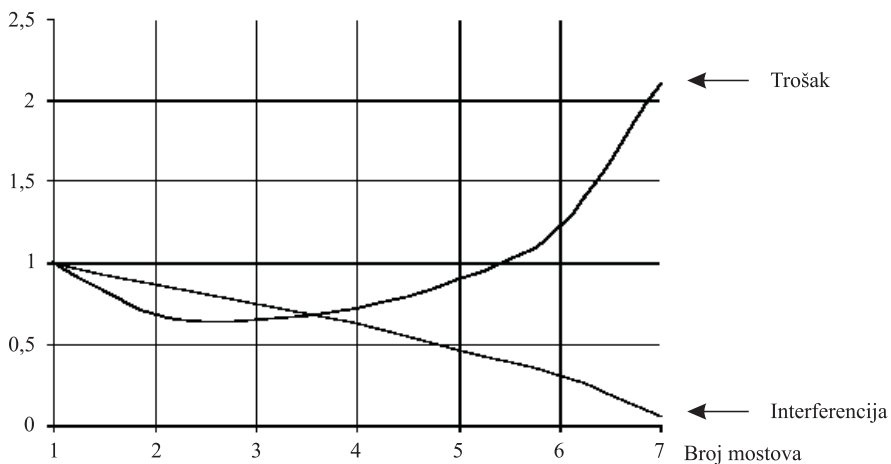
<sup>8</sup> Dundović, Č.: "Tehnološki procesi u prometu", Sveučilište u Rijeci, Odjel za pomorstvo, Rijeka, 2001.



Grafikon 7. b) Odnos troška i interferencije za post panamax brodove



Grafikon 7. c) Odnos troška i interferencije za feeder brodove



Izvor: *Mutual Interference Between Ship To Shore Cranes at a Container Terminal*, Gian Paolo Ritossa, Aldo Miglior, Paolo Pilu

Iz grafikona je vidljivo da minimalni trošak ovisi o broju uporabljenih kontejnerskih mostova, ali samo do momenta kada koeficijent interferencije pada ispod 0,6. Objašnjenje je da kada je broj kontejnerskih mostova u uporabi, relativno malen zadatak drugih kontejnerskih mostova bio bi da adekvatno smanjena brzina prekrcaja

mosta. Vrijeme za iskrcaj smanjuje se više nego što je trošak lučke opreme u ukupnom trošku.

U protivnom, područje gdje  $f$  pada rapidno dodaje se kontejnerski most i kao rezultat smanjuje se vrijeme boravka broda u luci, ali ne možemo utjecati na ukupan trošak koji raste.

Kao kriterij izbora modela za smanjenje troška i odabira za promjenu uvjeta, tj. da li dodavati ili smanjivati broj kontejnerskih mostova u uporabi je trenutak kada dolazi do kritičnog rasta troška.

## 5. ZAKLJUČAK

Izuzetna osjetljivost odabira modela optimalnog broja kontejnerskih mostova za iskrcaj kontejnerskih brodova nalaže da i nakon svih provedenih analiza na brojne mogućnosti postoje dvojbe oko postavljanja pravila o tome koji model odgovara određenoj situaciji.

Veliki broj čimbenika može utjecati na taj izbor te ako se idealizira stanje na brodovima, kontejnerskom mostu i kontejnerskim terminalima, i dalje ostaje koeficijent  $f$  kao odlučujući faktor, a i on će, ovisno od performansi samog kontejnerskog mosta, zavisiti od terminala do terminala.

Kako interferencija i nadalje ostaje problem, za rješenje postoje sljedeće mogućnosti:

1. Mjerenjem stvarnog stanja, koje provode stručne osobe u raznim situacijama, doći do stvarne vrijednosti  $f$ ,
2. Matematičkim rješenjima baziranim na grupi varijabli koje su predstavljene u posebnim uvjetima i u korelaciji kontejnerski most brod na raznim terminalima doći do prosječnih vrijednosti,
3. Rješenje potražiti tako da brodovi dovoze kontejnere koji će biti iskrcani isključivo u jednom brodskom skladištu ili u više skladišta, ali krcan na taj način da se izbjegnu sva horizontalna pomicanja kontejnerskih mostova.

Koje od tih rješenja može u potpunosti zadovoljiti, ostaje da riješe lučki operateri u suradnji s brodarima na pojedinim terminalima zasebno.

## LITERATURA

1. Mutual Interference Between Ship To Shore Cranes at a Container Terminal, Gian Paolo Ritossa, Aldo Miglior, Paolo Pilu, 2001.
2. Simulation and Planning of an Intermodal Container Terminal, Luca Maria Gambardella, Andrea E. Rizzoli, Marco Zaffalon, *IDSIA - Istituto Dalle Molle di Studi sull'Intelligenza Artificiale*, Lugano, Switzerland
3. Baričević, H.: "Logističke odrednice prometa na kopnu" Pomorstvo, Rijeka, 2000, str. 14.
4. Baričević H.: "Tehnologija kopnenog prometa", Pomorski fakultet Rijeka, 2001. str. 59.
5. Biličić, M.: "Metodologija znanstvenog istraživačkog rada" Pomorski fakultet Rijeka, 1997.
6. Dundović, Č.: "Tehnološki procesi u prometu", Sveučilište u Rijeci, Odjel za pomorstvo, Rijeka, 2001.
7. Britannica on line: [HTTP/www.EB.com](http://www.EB.com).

Juraj Bukša

## UNLOADING OPERATION ANALYSIS OF A CONTAINER SHIP

## SUMMARY

Logistics of a container terminal requires a thorough analysis of the process of loading and unloading of a container ship in order to find the optimal number of portainers to be used, the time needed for the process, as well as the cost of the terminal and the ship at each berth, i.e. the cost per 1 TEU of loaded or unloaded cargo. If we take the portainer as the key point for all the participants in the seaborne transport on a container terminal, the main question which must be answered is what is the optimal number of portainers that should be used taking into consideration the cost and the time needed to unload a certain type of container ship (feeder, panamax, postpanamax). As the number of portainers being used increases, less time is needed to unload a ship, but the cost of the whole process also increases. Using the total cost model, the management of a container terminal includes the cost of portainers into port dues, while the cost of the berth is included into freight. Using the ratio between the cost and the time needed for loading or unloading, interfered with portainers, we can work out the optimal number of portainers to be used for each type of ship on a container terminal.

## ANALISI DELLE OPERAZIONI DI SCARICO DELLA NAVE PORTACONTENITORI

### SOMMARIO

Per conoscere a fondo l'operazione logistica di un terminale contenitori è essenziale, in base ad una accurata analisi delle operazioni di carico/scarico di una nave portacontenitori, stabilire il numero ottimale dei "portainer" usati, il tempo speso, i costi del terminale e della nave per singolo scalo, ossia per carico/scarico di unità TEU. Se si considera il "portainer" come elemento chiave per tutti i partecipanti al trasporto marittimo, la questione di fondo è sapere il numero ottimale di "portainer" da usare per lo scarico di un determinato tipo di nave portacontenitori (feeder, panamax, postpanamax). L'aumento del numero dei "portainer" riduce il tempo necessario allo scarico, ma contribuisce ad accrescere i costi di scarico. In base al modello di costo complessivo, l'amministrazione portuale in genere include i costi dei "portainer" nei diritti portuali, mentre il costo della nave per scalo viene integrata nel nolo. La relazione costo-tempo in dipendenza dall'impiego dei "portainer" è un dato indispensabile per ricavare con una sintesi il numero ottimale di "portainer" da usare in un terminale in relazione a un determinato tipo di nave portacontenitori.