

## **MENADŽMENT KOORDINIRANJA PERSONALA I TROŠKOVA CARGO TERMINALA U KRIZNIM SITUACIJAMA**

### **MANAGEMENT OF COORDINATION OF PERSONNEL AND COSTS IN CARGO TERMINALS IN CRISIS SITUATIONS**

dipl.inž. Vojislav Tomić<sup>1</sup>  
dr Dragoslav Janošević<sup>2</sup>  
dipl. inž. Ivana Živković<sup>3</sup>

**Rezime:** Rad se odnosi na poslove efikasnog i koordinisanog utovara i istovara transportnih logističkih jedinica u cargo terminalima, pri čemu je glavni cilj minimizacija troškova radne snage u uslovima kriznih situacija. Predstavljena je nova metodologija rasporeda personala u cargo terminalima, koja je podržana matematičkim modelom za efikasno angažovanje personala unutar terminala. Matematički model pravi razliku između radnika koji rade honorarno i radnika koji rade puno radno vreme, pa je ovakav model efikasniji od standardnog pristupa. Rad je inspirisan mogućnošću primene matematičkog modela u kreiranju idejnog rešenja unutrašnjeg lay outa cargo terminala u gradu Nišu.

**Abstract:** This work is based on performances of effective and coordinated load or unload of logistic units in cargo terminals, where the main aim is minimization of labor costs in conditions of crisis situations. In order to engage labor efficiently, we suggested a new mechanism of personnel schedule in cargo terminals, which is supported by mathematical notation. In the following part, we considered qualification hierarchy between qualified and unqualified employers. This study is based on the real example of the future cargo terminal in Nis. And also ideal solutions of its inner lay-out are presented.

#### **1. UVOD**

Uloga i značaj razvoja prometnog sistema potvrđeni su na primeru intenzivnog razvoja prometne politike i uspostavljanja Trans-evropske prometne mreže u državama članicama Evropske unije. Njihovo povezivanje sa državama Centralne, Istočne i Jugoistočne Evrope, a preko njih i sa azijskim kontinentom i Rusijom, sve više dobija na značaju. Uspostavljanjem jedinstvenog tržišta došlo je do ubrzanog rasta prometa, a time i do inicijative za restrukturiranjem postojećeg stanja i njegovog prilagođavanja novonastalim potrebama. S obzirom na činjenicu da porast prometa nije bio jednako zastupljen u svim vidovima transporta došlo je i do eskalacije brojnih negativnosti kao npr. povećanih troškova transporta, zagušenja, zagađenja, povećanog broja prometnih nezgoda, kao i velikih problema socijalnog sektora.

*Cargo* industrija dostiže impresivan prirast poslednjih godina i ovaj trend je prisutan i dalje. Trend je podržan znatno održivom pojavom globalnih integrisanih logističkih mreža [1] i brzim

<sup>1</sup> doktorant, Mašinski fakultet Niš, Aleksandra Medvedeva br 14, Niš, Srbija

<sup>2</sup> profesor, Mašinski fakultet Niš, Aleksandra Medvedeva br 14, Niš, Srbija

<sup>3</sup> Fakultet zaštite na radu Univerziteta u Nišu, Srbija

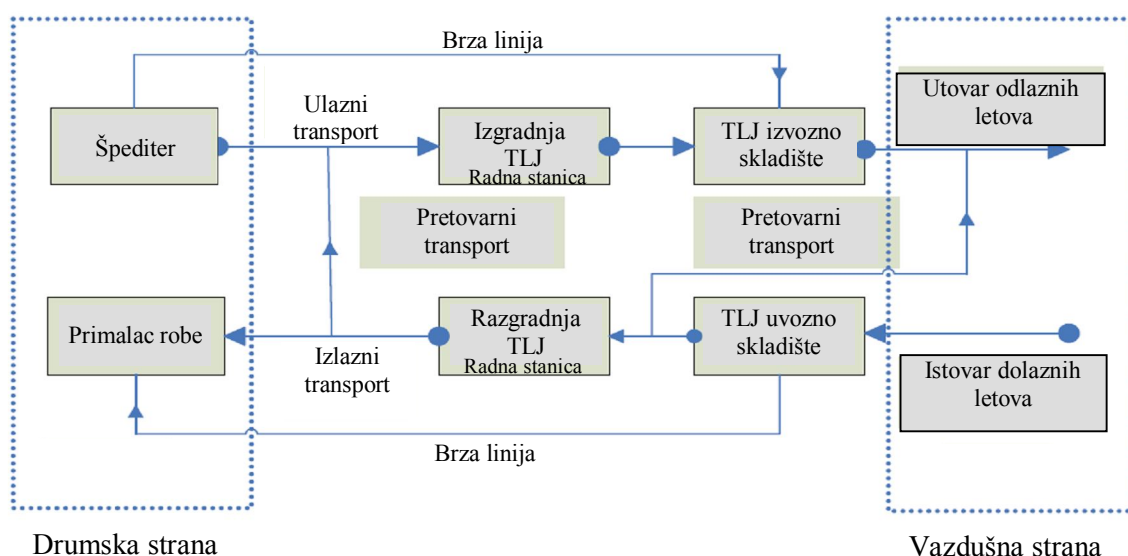
napretkom e-trgovine [2]. Robni tokovi čija se težina izražava u milionima vrše tranziciju preko regionalnih, nacionalnih i međunarodnih prostora. Usluge *cargo* transporta u današnje vreme su neizbežne u logističkom lancu snabdevanja. U razvijenim zemljama kao što su SAD ili Japan čak 30% robe se transportuje vazdušnim putem, avio saobraćajem [3].

Avio *cargo* transport se može posmatrati kao značajana i neizbežna konekcija u globalnom lancu snabdevanja. Ogromna brzina aviona ukombinovana sa čestim frekvencijama planiranih letova prema brojnim gradovima sveta znatno redukuje vreme isporuke. Ovakav transport je postao jedan od vodećih globalnih vidova transporta. Rezultati u avio *cargo* industriji čine najbrži prirast u dinamičnom transportnom okruženju [4]. Istovremeno, postoji snažan takmičarski duh između *cargo* avio kompanija. *Cargo terminali* predstavljaju jednu od najbitnijih komponenti logističkih sistema. Osnivanjem i razvojem *cargo terminala* višestruko se ostvaruju ciljevi saobraćajne politike jedne zemlje, ciljevi urbanizacije, ciljevi regionalne privrede kao i ciljevi zaštite prirodne i životne sredine [5]. Nesumljivo je da *cargo terminali* omogućavaju tehnološki i ekonomski opravdan i svrsishodan prelazak sa jednog na drugi vid transporta i racionalnu raspodelu robnog rada između vidova transporta u makrodistribuciji. On predstavlja najveći stepen integracije logističkih aktivnosti, logističkih sistema i korisnika i nosioca logističkih usluga. On povezuje najmanje dva vida transporta i omogućava sve transformacije tokova makrodistribucije i tokova mikrodistribucije. Koncentriše veliki broj učesnika a pored osnovnih logističkih usluga pruža i sve ostale, prateće i dopunske usluge koje uvećavaju vrednost i kvalitet logističkog servisa.

Pod ovim okolnostima, funkcionisanje *cargo terminala* mora biti sa minimalnim troškovima uz visoku efikasnost u pravcu održavanja konkurentskih vrednosti. Efikasno planiranje ljudskih resursa od strane menadžera može pomoći terminalima u unapredjenju iskorišćenosti operacija unutar sistema.

## 2. LAY OUT TERMINALA

Sve aktivnosti i svi podsistemi *cargo terminala* su u funkciji robnih i transportnih tokova. Povezivanje strukture i karakteristike tokova koji prolaze kroz terminal je neophodno za sve aktivnosti planiranja, upravljanja, kontrole, analize sistema i procesa u terminalu. Pri projektovanju *cargo terminala* neophodno je analizirati strukturu tokova, njihove karakteristike i zahteve u pogledu aktivnosti različitih sistema u terminalu. Upravljanje radom terminala, predviđanje poslovnih aktivnosti i kontrola tokova je nemoguća bez sistema koji omogućava pregled tokova. Na osnovu toga, u radu je analiziran opšti model tokova *cargo terminala* sa ulazom i izlazom na drumskoj i vazdušnoj strani (sl 1) [6].



Slika 1 - Opšti model tokova *cargo terminala* [6]

Prema usvojenom opštem modelu tokova *cargo terminala*, teret se dostavlja u terminal preko špeditera u transportnim logističkim jedinicama (TLJ). Teret se dostavlja kako sa vazdušne leve strane

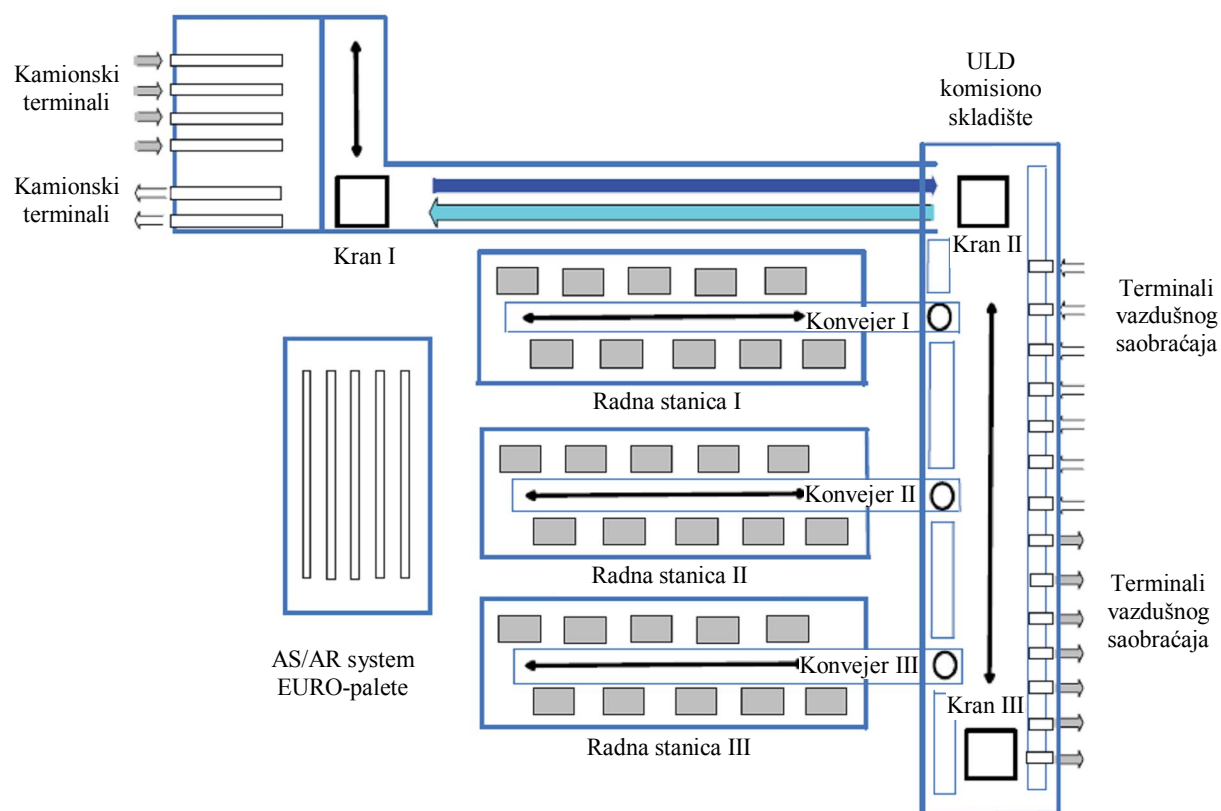
tako i sa drumske desne strane terminala. Teret koji pristiže u TLJ se može direktno transformisati u konačni odlazni TLJ pomoću brze linije. Roba koja je pristigla u neodgovarajućim TLJ ili koja nije iz bilo kog razloga spremna za direktnu pošiljku šalje se u sekciju za izgradnju odnosno razgradnju TLJ. Tako velika količina tereta se konsoliduje u TLJ u delu za izgradnju pomoću radne snage u radnim stanicama. Nakon formiranja odgovarajuće TLJ roba se direktno putem konvejera šalje automatizovanom skladištu gde se pomoću visokoregalnih dizalica (AS/RS sistema) ona skladišti ili se takva jedinica šalje na vazдушnu stranu direktno.

Ako je transport dopremljen sa vazdušne strane, neophodno ga je rasformirati u radnim stanicama. U ovim stanicama teret se razdvaja, sortira, skenira i obmotava termosakupljajućom folijom i formira se kompaktna skladišna TLJ. Takva nova TLJ se zatim konvejerom prenosi i sortira preko AS/RS sistema u namenskim skladišnim zonama. Konačna TLJ čeka komisionera da je izuzme, kada komisioner dobije nalog za izuzimanje određene količine robe, TLJ se šalje u zonu za izgradnju TLJ gde se formira nova TLJ koja zadovoljava piking listu.

Kao što je prethodno napomenuto pojedini TLJ ne mora da se šalje u deo za izgradnju već se takav direktno premešta u skladišnu zonu za pripremu isporuke. Na isti način, neki pretovarni transport može biti direktno prebačen u sledeći priključni transport preko brze linije bez potrebe da se TLJ rasformira pa ponovo izgrađuje. Ovo se dešava samo u slučaju da je priključna ruta kompatibilna sa prethodnom, odnosno da zahteva iste TLJ koja u sebi sadrži baš tu robu.

Moguća roba radnih stanica u opštem modelu je: izlazna roba kojoj je potrebna izgradnja, ulazna roba kojoj je potrebna razgradnja i pretovarna roba kojoj je potrebna i izgradnja i razgradnja. Izvršilac aktivnosti izgradnje i razgradnje je čovek koji je zaposlen u radnim stanicama a jedino ograničeni broj radnika može raditi istovremeno u svakoj od radnih stanica.

Usvojenom opštem modelu tokova *cargo terminala* odgovara lay-out prikazan na slici 2. Terminal je povezan sa drumskim i vazдушnim saobraćajem. Struktura cargo terminala sastoji se od ulaznih i izlaznih dokova (utovarnih rampi), radnih stanica, konvejera, kranova, visokoregalnog i komisionog skladišta i personala koji ga opslužuje. Terminal isključivo operiše EURO paletama standardnih dimenzija.



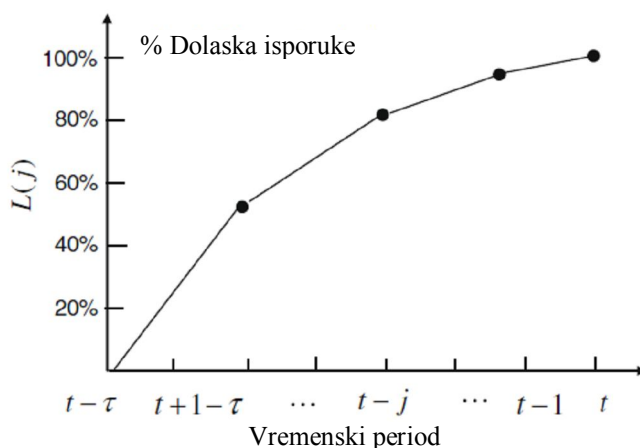
Slika 2 - Lay out cargo terminala [6]

### 3. MATEMATIČKA FORMULACIJA PLANA RADNE SNAGE

Za usvojeni opšti model *cargo terminala*, u radu je definisan matematički model koji omogućuje da se odredi efikasno iskorišćenje radne snage i operacija koje su neophodne pri rasformiranju postojećih i izgradnju novih TLJ pri radu u kriznim situacijama. Matematička formulacija problema uzima u obzir dva tipa radnika u terminalu: radnika sa punim radnim vremenom i radnika sa skraćenim radnim vremenom.

Problem, plana rada radnika u *cargo terminalu* može se podeliti na rešavanje dva problema [7]. Prvi problem je u određivanju neophodnih zahteva radne snage. Zahtevi radne snage trebaju da zadovolje potrebe *cargo* isporuke, vremena polaska i odlaska avio transportera, prpratnu dokumentaciju itd. Drugi problem je u kreiranju efikasnog dnevnog plana koji bi zadovoljio prethodno spomenute zahteve radne snage.

Kako bi se problemi uspešno rešili u radu su predstavljena matematička ograničenja u vidu funkcija, pri čemu je potrebno poznavanje promene dolaska odlaznih TLJ u vremeniskim periodima. Dijagram na slici 3 pokazuje promenu dolaska tereta  $L(j)$  za odlazeći avio transport u funkciji vremena  $t$ . Pri čemu teret koji se očekuje da se utovari u odlaznom letu na kraju vremenskog intervala  $t$  počinje da pristiže za vreme  $t - \tau$  ( $\tau > 0$ ). Radi jednostavnosti pretpostavlja se da je očekivano vreme transporta jednako vremenu dolaska sredstva transporta, ne uzimajući u obzir potrebno vreme utovara aviona. Do vremena  $t-j$  ( $j = 0, \dots, \tau$ ) procenat dolaska odlazećeg tereta je  $L(j)$ , pri čemu se celokupni zahtevi za transport završavaju sa vremenom  $t$ . Na primer ako je  $j = 0$  onda je procenat dolaska tereta  $L(0) = 100\%$  ili ako je  $j = t$  biće da je  $L(t) = 0\%$ . To znači da se transport izgrađuje u opsegu od početka  $\tau$  perioda pa do perioda  $t + 1 - \tau$  završno sa vremenom  $t$ .



Slika 3 - Dijagram dolaska odlaznih TLJ

Na osnovu postavljenog modela *cargo terminala* definiše se ciljna funkcija.

Ciljna funkcija predstaviće minimizaciju radne snage i troškova u toku planskog horizonta:

$$\min \sum_{s \in S} \sum_{q \in Q} (C_{s,q}^{break} g_{s,q}^{break} + C_{s,q}^{build} g_{s,q}^{build}) \quad (1)$$

gde je:  $S$  – ukupan broj smena u planiranom vremenu,  $s$  – jedna smena;  $q$  – radnici koji rade u smeni  $s$  pri čemu  $q \in Q$ ;  $q \in \{p, f\}$  (radnici sa  $p$  - skraćenim radnim vremenom i  $f$  – radnici sa punim radnim vremenom);  $C_{s,q}^{break}$  - troškovi smene  $s$  za tip  $q$ , radnika koji razgrađuju TLJ;  $C_{s,q}^{build}$  - troškovi smene  $s$  za tip  $q$ , radnika koji izgrađuju TLJ;  $g_{s,q}^{break}$  - broj tipa  $q$  radnika za razgradnju po smeni  $s$ ;  $g_{s,q}^{build}$  - broj tipa  $q$  radnika za izgradnju po smeni  $s$ .

Ograničenja, uslovi i zahtevi postavljene ciljne funkcije:

Ograničenje da kumulativna izgradnja količina u  $\tau$  periodama pa sve do  $t$  perioda, treba da zadovolji potražnju robe sve do kraja perioda  $t$ :

$$\sum_{q \in Q} X_{t-j,t} = d_t \quad t=1, \dots, T \quad (2)$$

$X_{t-j,t}$  - izgrađena količina TLJ u periodu  $t-j$  spremna za izlazni transport pristiglog na kraju vremena  $t$  ( $j=0 \dots \tau-1$ ), [ kg],  $d_t$  - zahtevi za izlazni transport na kraju vremena  $t$ , [ kg].  $T$  - je broj ukupnih perioda u planiranom horizontu.

Ograničenje da je teret na raspolaganju pre operacije izgradnje:

$$\sum_{j=k}^{\tau-1} X_{t-j,t} \leq L(k)d_t \quad t=1, \dots, T \quad k=1 \dots \tau-1 \quad (3)$$

$L(j)$  - Procenat dolaska TLJ do vremena  $t-j$  koje se računa za *cargo* zahteve svih odlazećih letova na kraju vremena  $t$ . (slika 3),  $j = 0, \dots, \tau$

Uslov da su ukupne izgrađene količine transporta u periodu  $t$  jednake sumi izgrađenih količina TLJ u periodu  $t$ :

$$\sum_{j=k}^{\tau-1} X_{t,t+1} = y_t \quad t = 1, \dots, T \quad (4)$$

$y_t$  - Ukupna količina izgrađenog transporta u kg tokom vremena  $t$ .

Uslov da ulazni transport mora biti razgrađen do iznosa  $\omega$  perioda.

$$\sum_{j=k}^{\tau-1} u_{t+1,t} = e_t \quad t = 1, \dots, T \quad (5)$$

$u_{t+1,t}$  - Razgrađena količina TLJ u kg u periodu  $t+j$ , pristiglog od ulaznog *cargo* transporta na kraju

vremena  $t$  ( $j=1, \dots, \omega$ ),  $e_t$  - zahtevi (u kg) za ulazni transport na kraju vremena  $t$

Zahtevana količina razgrađene robe u periodu  $t$  je:

$$\sum_{j=k}^{\tau-1} u_{t,t-1} = v_t \quad t = 1, \dots, T \quad (6)$$

$v_t$  - Ukupna količina jedinica za razgradnju u kg u vremenu  $t$ ,

Zahtevi za radnom snagom pri izgradnji i pri ukupnim operacijama (kako pri izgradnji tako i razgradnji) u svakom periodu  $t$  data su u vidu ograničenja:

$$\alpha \cdot y_t \leq \sum_{q \in Q} \sum_{s \in E_{qt}} g_{s,q}^{build} \quad t = 1, \dots, T \quad (7)$$

$\alpha$  - broj ljudi potreban za izgradnju 1kg tereta.  $g_{s,q}^{build}$  - broj tipa  $q$  radnika za izgradnju TLJ po smeni  $s$ .

$E_{q,t}$  - skup svih smena za tip  $q$  radnika, u periodu  $t$ . Na primer, ukoliko radnici sa punim i radnici sa skraćenim vremenom rade po 8h u 4 smene imaćemo da je  $E_{f,t} = \{162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 1\}$ ,  $E_{q,1} = \{166, 167, 168, 1\}$ .

Sledeća ograničenja označavaju hijerarhiju između radnika koji se bave izgradnjom i radnika koji se bave razgradnjom, pri čemu operacije za izgradnju obavljaju isključivo radnici za izgradnju dok operacije razgradnje obavljaju i radnici razgradnje a i radnici koji izgradjuju TLJ.

$$\alpha y_t + b v_t \leq \sum_{q \in Q} \sum_{s \in E_{qt}} g_{s,q}^{build} + g_{s,q}^{break} \quad t = 1, \dots, T \quad (8)$$

$b$  - Broj ljudi potreban za razgradnju 1kg tereta,  $g_{s,q}^{break}$  - Broj tipa  $q$  radnika za razgradnju po smeni  $s$

Uslov, da jedino ograničeni broj radnika može raditi sinhronovano u radnim stanicama:

$$\sum_{q \in Q} \sum_{s \in E_{qt}} g_{s,q}^{build} + g_{s,q}^{break} \leq N \quad t = 1, \dots, T \quad (9)$$

$N$  - kapacitet radne snage za svaku od radnih stanica

Ograničenje u vidu dostupnosti radnika za izgradnju i razgradnju u toku planskog horizonta:

$$\sum_{s \in S} g_{s,q}^{break} \leq N_q^{break} \quad q \in Q \quad (10)$$

$N_q^{break}$  - maksimalni broj radne snage, radnika tipa  $q$  razgradnje, po smenama u toku planskog horizonta.

$$\sum_{s \in S} g_{s,q}^{build} \leq N_q^{build} \quad q \in Q \quad (11)$$

$N_q^{build}$  - maksimalni broj radne snage, radnika tipa  $q$  izgradnje, po smenama u toku planskog horizonta  
Ograničenje, da deo posla radnog opterećenja radnika za izgradnju i razgradnju padne na teret radnika sa skraćenim radnim vremenom. Ovo ograničenje je dato u odnosu na dogovor između operatora terminala i sindikata koji ograničavaju količinu honorarnih radnika.

$$\sum_{s \in S} r_p (g_{sp}^{build} + g_{sp}^{break}) \leq \eta \sum_{s \in S} \sum_{q \in Q} r_q (g_{s,q}^{build} + g_{s,q}^{break}) \quad (12)$$

$r_p$  - Dužina trajanja smena (u satima) za tip  $q$  radnika,  $\eta$  - maksimalno deljenje radnog opterećenja radnika sa punim radnim vremenom ka honorarnim radnicima

Pretstavljeno naredno ograničenje limitira broj smena za određen tip radnika:

$$\sum_{s \in S} h_{s,q} \leq D \cdot l_q \quad q \in Q \quad (13)$$

$h_{s,q}$  - Binarne promenljive ukazuju da li postoji smena  $s$  za tip  $q$  radnika,  $D$  - broj dana u planiranom horizontu,  $l_q$  - maksimalni broj smena za tip radnika  $q$  svaki dan.

Ograničenje podrazumeva da radnicima mogu biti dodeljene smene, samo ukoliko smena postoji:

$$g_{s,q}^{build} \leq M \cdot h_{s,q} \quad q \in Q, \quad s \in S \quad (14)$$

$M$  - visoka pozitivna korisnost.

Ograničenje koje se primenjuje ako se smene ne preklapaju ( $l_q r_q = B$ , max broj smena pomnožen sa dužinom smene jednak je broju perioda u danu), za različite tipove radnika:

$$g_{s,q}^{break} \leq M \cdot h_{s,q} \quad q \in Q, \quad s \in S \quad (15)$$

Sledeće ograničenje se primenjuje jedino za radnike sa punim radnim vremenom a da kreiranje smena za radnike sa skraćenim radnim vremenom bude fleksibilnije t.j dozvoljava preklapanje samo za njih.

$$h_{s,p} = h_{s+jr_q,q} \quad q \in Q, \quad S = 1, \dots, r_q, \quad j = 1, \dots, l_q - 1 \quad (16)$$

Ograničenje koje podrazumeva da se plan smene ponavlja iz dana u dan:

$$h_{s,p} = h_{s+jB,q}, \quad q \in Q, S = 1, \dots, B, j = 1, \dots, D \quad (17)$$

Matematička formulacija problema određivanja i rasporeda personala u *cargo terminalima* predstavlja potpuniji model u odnosu na tradicionalni način. Tradicionalni dvo stepeni način određivanja personala u *cargo terminalima* ne uzima u obzir kvalifikacionu hijerarhiju između radnika za izgradnju i razgradnju TLJ a broj radnika u terminalu određuje se bez većih analiza i proračuna, isključivo na osnovu iskustva projektanta. Iz tog razloga broj radnika u *cargo terminalima* je veći ili manji a njihov rad nije precizno definisan. Razvijeni model se oslanja na matematička ograničenja koja su zasnovana na realnim primerima iz prakse u uslovima najintenzivnijeg transporta (krizne situacije) pa su rezultati znatno precizniji ovim modelom određivanja personala *cargo terminala*.

#### 4. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljen opšti model tokova *cargo terminala* sa njegovim *lay-outom*. Na osnovu uopštenog modela definisan je matematički model i postavljena je funkcija cilja. Funkcija cilja data je kao *minimizacija troškova radne snage uz održavanje efikasnosti sistema cargo terminala u uslovima kriznih situacija*. Matematički model obuhvata ograničenja, uslove i zahteve koji omogućavaju

ostvarenje funkcije cilja u uslovima najintenzivnijeg transporta. Matematička formulacija problema određivanja i rasporeda personala u *cargo terminalima* predstavlja potpuniji model u odnosu na tradicionalni način pa su i rezultati dobijeni ovim modelom znatno precizniji kod određivanja personala.

Definisani matematički model predstavlja osnovu istraživanja vezanih za razvoj *cargo centra* u Nišu koji je u planu da se izgradi do 2016. godine.

## LITERATURA

- [1] Zhang, A., 2003. „*Analysis of an international air cargo hub: the case of Hong Kong*”. *Journal of Air Transport Management* 9 (2), 123–138.
- [2] Zhang, A., Zhang, Y., 2002. „*Issue on liberation of air cargo services in international aviation*” *Journal of Air Transport Management* 8 (5), 275–287.
- [3] Yamaguchi, K., 2008. „*International trade and air cargo: analysis of US export and air transport policy*” *Transportation Research Part E* 44, 653–663.
- [4] Coyle, J.J., Bardi, E.J., Langley, J.J., 2003. „*The management of business logistics*”, seventh ed. Thomas Learning, Canada
- [5] Europlatforms, FV-2000. *Feight Village 2000: „Increasing the attractiveness of intermodal transport”*, Bruxelles/Bologna 1999
- [6] Aiyong Rong, Martin Grunow, 2009, „*Shift designs for freight handling personnel at air cargo terminals*”, *Journal of transportation research*, 725–739.
- [7] Nobert, Y., Roy, J., 1998. „*Freight handling personnel scheduling at air cargo terminals*”. *Transportation Science* 32, 295–301.