

Dr. ČEDOMIR IVAKOVIĆ, dipl.inž.
Fakultet prometnih znanosti
Zagreb, Vukelićeva 4

Integralni transport
Izvorni znanstveni rad
UDK: 656:658.62
Primljeno: 20.12.1990.
Prihvaćeno: 25.01.1991.

PROMETNA POTRAŽNJA I ROBNİ TOKOVI U FUNKCIJI INTEGRALNOG TRANSPORTA

SAŽETAK

Kao rezultat opsežnih istraživanja proizašli su različiti modeli analize i praćenja prometne potražnje i robnih tokova. Prometna potražnja pojavljuje se kao izviruća i ciljna, a prometni tokovi kao ulazni i izlazni prema određenom području ili objektu kao što je kontejnerski terminal. Također su u radu razrađeni simulacijski i matematički modeli praćenja i analize kanala distribucije i optimalizacije prometnih tokova.

1. UVOD

Kretanje robe u gospodarskom sustavu i u podsustavima ovisi o djelovanju tržišta i tržišnih mehanizama. Odnosi između potrebe za prijevozom i ponude prijevoznih usluga zavise od tokova robe, prijevoznih tokova i tehničko-tehnološke razine prometne usluge. Usmjerivanje tokova robe i prijevoza određeno je prometnom infrastrukturom, razinom usluge početno-završnih točaka u prometnom sustavu (robno-transportni centri, kontejnerski i multimodalni terminali i pretovarne stanice) i tehničko-tehnološkim stupnjem razvoja svih oblika prometa (klasični, integralni i multimodalni promet). Potrebe za prijevozom odnosno prometna potražnja i ponuda prijevoznih usluga međusobno su povezane u realizaciji transportnog procesa i zavise od gravitacijskog područja, početno-završnih točaka u njima, prometne povezanosti sa širim gravitacijskim područjem i dalekim područjima otpreme, kao i tokovima robe usmjerenim na početno-završne točke i transportne sustave tog područja.

2. PROMETNA POTRAŽNJA

Prometna potražnja je skup svih potreba koje imaju svoju materijalnu osnovu nastalu kao izvor težnje za promjenom mjesta, s obzirom na mjesto i vrijeme nastanka uz uvjet da promjenu mjesta nije moguće realizirati bez korištenja prometne infrastrukture i prometnih sredstava¹.

S obzirom na to da prometna potražnja ovisi o brojnim parametrima, možemo je iskazati kao funkciju. Polazni parametri za izračunavanje prometne potražnje "P_q" jesu:

P - cijene usluge,
m - mjesto potražnje,
t - vrijeme potražnje,
r - razina gospodarskog razvitka zemlje,

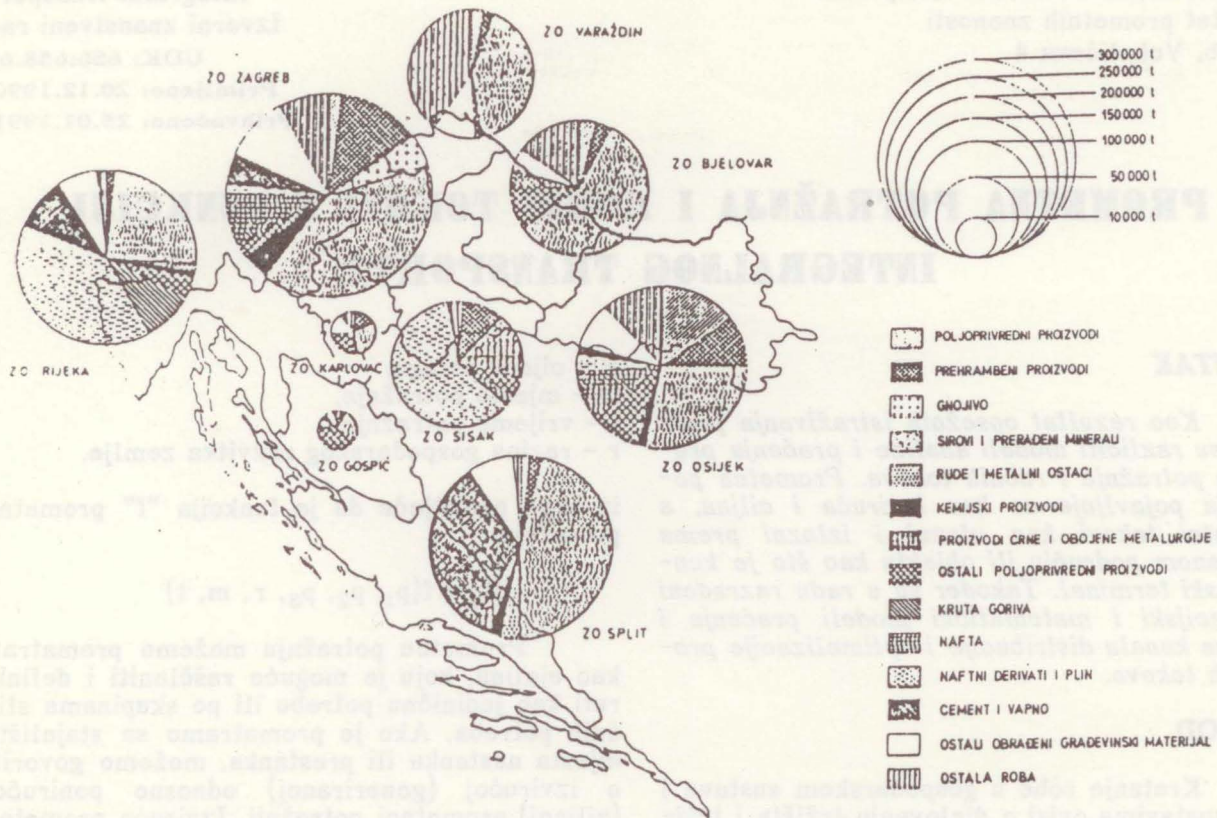
iz čega proistječe da je funkcija "f" prometne potražnje:

$$P_q = f(p_1, p_2, p_3, r, m, t)$$

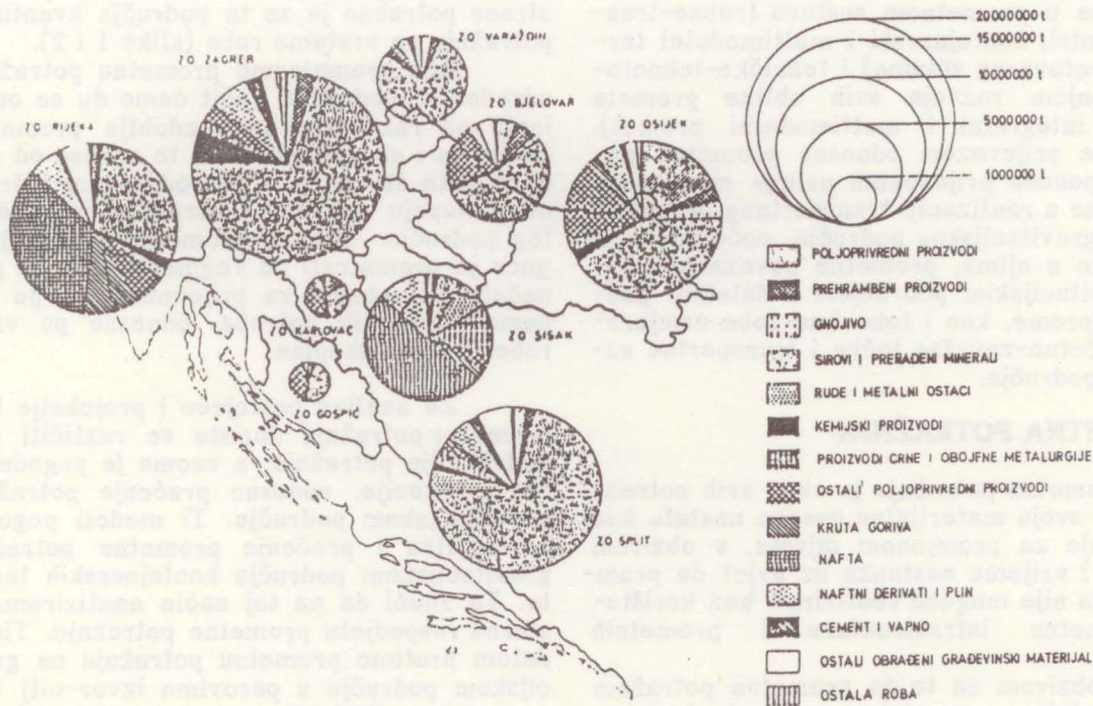
Prometnu potražnju možemo promatrati kao cjelinu, koju je moguće raščlaniti i definirati kao jediničnu potrebu ili po skupinama sličnih potreba. Ako je promatramo sa stajališta mjesta nastanka ili prestanka, možemo govoriti o izvirućoj (generiranoj) odnosno ponirućoj (ciljnoj) prometnoj potražnji. Izviruća prometna potražnja podudara se s potrebama dovoza robe, a poniruća ili ciljna potražnja s potrebama odvoza robe. Kako bi se uočile sve potrebe za dovozom odnosno odvozom robe, prvenstveno polazimo od razine proizvodnje na određenom području ili područjima i vrstama robe, a s druge strane potrebno je za ta područja kvantificirati potražnju po vrstama robe (slike 1 i 2).

Ako promatramo prometnu potražnju na određenom području, uočiti ćemo da se ona mijenja od razdoblja do razdoblja promatranja. Slično je i ako promatramo te odnose od mjesta do mjesta što ovisi o gospodarskom i društvenom stupnju razvoja i strukturi gospodarstva tog područja. Ukupnu prometnu potražnju moguće je promatrati po segmentima i po pojedinačnim potrebama za prijevozom ili po skupinama istorodnih potreba, odnosno po vrstama robe i robnih skupina.

Za analizu postojeće i projekcije buduće prometne potražnje koriste se različiti modeli distribucije potražnje, a veoma je pogodan model gravitacije, odnosno praćenje potražnje u gravitacijskom području. Ti modeli pogodni su za analizu i praćenje prometne potražnje u gravitacijskom području kontejnerskih terminala. To znači da na taj način analiziramo prostornu raspodjelu prometne potražnje. Tim modelom pratimo prometnu potražnju na gravitacijskom području u parovima izvor-cilj tj. dva parametra gdje je izvor promatrano područje, a cilj to isto područje i okruženje.



Slika 1. Proizvodnja robe u društvenom sektoru vlasništva po ZO i raspodjela proizvodnje s obzirom na robne skupine 1980. godine.



Slika 2. Potrošnja robe u društvenom sektoru vlasništva po ZO i raspodjela potrošnje s obzirom na robne skupine 1980. godine

Tablica 1. Prostorna raspodjela prometne potražnje sjevernojadranske luke - njihovo okruženje, s obzirom na izvor i cilj - prognoza do 2000. godine (simulacijska tablica)

Izvor	Cilj		
	Sjevernojadranske luke	Njihovo okruženje	Ukupno
Sjevernojadranske luke	-	-	-
Njihovo okruženje	-	-	-
Ukupno	-	-	-

Navedeni model može se simbolički prikazati:

$$t_{ij} = g_i a_j G_i A_j f_{ij}$$

gdje su:

- t_{ij} - prometni tok iz zone izvora "i" u zonu cilja (poniranja) "j"
- G_i - ukupna izvirića prometna potražnja zone "i"
- A_j - ukupna ciljna (poniruća) prometna potražnja zone "j"
- f_{ij} - ponderirani prometni otpor između zone izvora "i" te zone cilja "j"
- g_i, a_j - ravnotežne konstante

Osim prostorne raspodjele možemo izračunati raspodjelu prometne potražnje po vrstama prijevoza i to modelom:

$$t_{ij}^m = g_i a_j G_i A_j f_{ij}^m$$

gdje su:

- t_{ij}^m - prometni tok vrste prijevoza "m" iz zone izvora "i" u zonu cilja "j"
- f_{ij}^m - prometni otpor za vrstu prijevoza "m" između zone "i" te zone cilja "j".

Prometnu potražnju nije moguće potpuno disperzirati po pojedinim vrstama transporta, osobito ako se prijevoz obavlja sredstvima integralnog ili multimodalnog transporta. Ovaj način distribuiranja prometne potražnje po vrstama, s obzirom na nemogućnost točne podjele, služi za utvrđivanje globalnih odnosa između pojedinih vrsta prijevoza². Na taj način utvrđena prometna potražnja koja zapravo predstavlja prometni tok raspoređuje se u parovima izvor-cilj odgovarajućim prometnicama na kojima će se realizirati transport. Realizacija prijevoza povjerit će se onoj vrsti prometa i na onim prometnicama koji pružaju najmanji otpor, odnosno koji imaju najmanje zastoja i postižu se optimalni efekti u prijevozu.

Prometna potražnja, bilo izvirića ili poniruća-ciljna, ostvaruje se u prometnim tokovima. Detaljnije razmatranje optimalizacije prometnih tokova važno je zbog koncentracije izvirića i ciljne prometne potražnje koja se kroz određene

tokove i kroz kanale distribucije može usmjeriti prema određenim kontejnerskim kanalima.

3. ROBNİ TOKOVI U FUNKCIJI INTEGRALNOG TRANSPORTA

Razmatranjima prometne potražnje utvrdili smo da se izvirića i ciljna prometna potražnja ostvaruju kao odgovarajući prometni tok. Prometne tokove možemo razmatrati s užega (regija, pokrajina, republika) i šireg aspekta (jedna ili više zemalja). Ako prometnu potražnju promatramo s užeg aspekta, onda govorimo o unutarnjim i vanjskim tokovima prometa, a sa šireg aspekta razmatramo i tokove tranzita. Unutarnji tokovi su oni kojima je mjesto nastanka odnosno izvora i mjesto završetka-cilj na istom promatranom području (npr. srednjo-hrvatska makroregija). U vanjskim tokovima mjesto izvora ili mjesto cilja, ili oba, izvan su promatranog područja, a tokove kojima je izvor i cilj izvan tog područja nazivamo tranzitom. Prometni tokovi odnosno tokovi robe ostvaruju se kroz kanale distribucije koje možemo razmatrati kao kanale robe proizvodne potrošnje (sirovine, reprodukcijski materijal, strojevi i dr.) i kanale robe osobne potrošnje (prehrambeni proizvodi, odjeća, namještaj, kućanski aparati i dr.). Ove druge kanale dalje možemo pratiti kao kanale distribucije robe svakodnevnne potrošnje i kanale distribucije trajnih potrošnih dobara.

Dublje razmatranje optimalizacije prometnih tokova važno je zbog koncentracije izvirića i ciljne prometne potražnje, koja se kroz određene tokove i kroz kanale distribucije može usmjeriti prema robnotransportnim centrima i multimodalnim terminalima u njima.

Osnovni parametri od kojih polazi analiza prometnih tokova jesu: količine robe, put koji prolaze i vrijeme u kojem se odvija prometni tok. Količina može biti iskazana u masi (m) u kg, obujmu (V) u m³ ili brojem komada odnosno kontejnera (Z). Ako bismo udaljenost koju teret prolazi od pošiljatelja do primaatelja označili sa "S" (m) da bismo mogli izračunati propusnu sposobnost transportnog sustava, moramo prije svega izračunati brzinu kretanja tereta. Brzina kretanja tereta "v" izražava se u (m/s), ubrzanje kretanja "Q" u (m/s²). Brzina u ovom slučaju predstavlja skup izmjene puta u vremenu, a ubrzanje izmjene u vremenu brzine tokova robe³.

Navedeni parametri izračunavaju se po obrascu:

$$v = ds/dt = s; a = dv/dt = v = d^2s/dt^2 = s$$

Srednju brzinu kojom se roba kreće u prometnom toku možemo izračunati prema izrazu:

$$v_m = \frac{t}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} v dt = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Kada govorimo o brzini u transportu, ne mislimo na fizičko kretanje robe, već na sve radnje vezane uz dopremu i pokretanje tereta.

4. PROPUSNA SPOSOBNOST I INTENZITET PROMETNOG TOKA

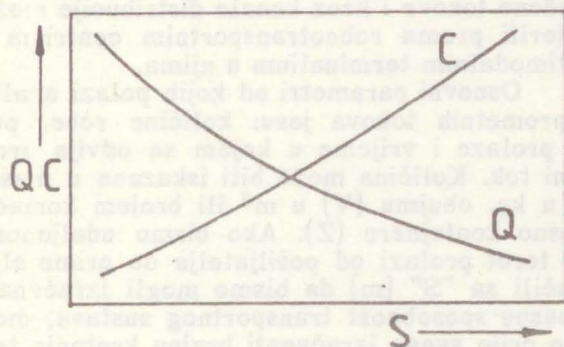
Ostali važni parametri za koncentraciju i tokove robe odnose se na intenzitet S_t , propusnu sposobnost Q i promjenljivost intenziteta prometnog toka. Intenzitet prometnog toka izražava količinu tereta koja se prevozi u jedinici vremena. Veličina intenziteta prometnog toka izražava se diskretnom funkcijom u (kg/h), (m³/h) i (kom./h).⁴

$$S_t = \frac{dM}{dt} = M, S_m = \frac{dm}{dt} = m, s_v = \frac{dv}{dt} = VS_z = \frac{dz}{dt} = Z$$

Srednji intenzitet toka robe S_{cp} određuje se između dviju točaka u vremenu:

$$S_{cp} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} S dt = \frac{\Delta M}{\Delta t}$$

pa možemo zaključiti da promjene propusne sposobnosti transportnog sustava imogućnosti prometnog toka ovise o duljini puta transporta.



Grafikon 1. Promjene propusne sposobnosti transportnog sustava

Q - propusna sposobnost transportnog sustava
 C - propusna mogućnost prometnog toka
 S - duljina puta

Ako promatramo vrijeme i put u kojemu se odvija prometni tok, možemo to iskazati u dijagramu vrijeme - put i vrijeme - brzina za proces usporavanja transportnih jedinica u transportnom toku pri jednakom smanjenju brzine i nepodudaranja u vremenu etapa usporavanja.

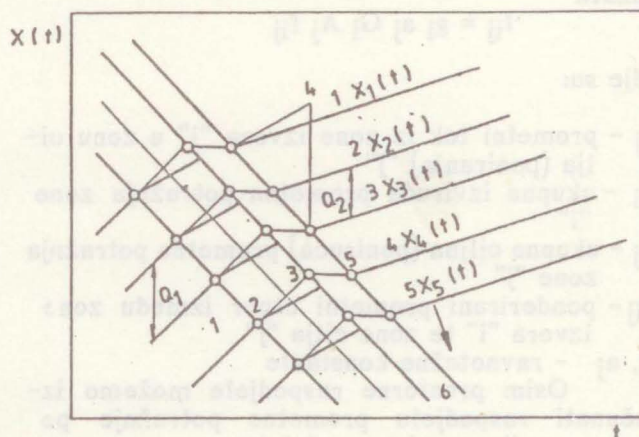
Propusna sposobnost, što se izražava u količini robe koja prelazi kroz neki transportni

sustav u određenom vremenu može se izražavati u masi, volumenu i komadima (kontejnerima) ili TEU pa izraz za izračunavanje glasi:

$$Q = \frac{M_2 - M_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta M}{\Delta t}, Q_m = \frac{\Delta m}{\Delta t}$$

$$Q_v = \frac{\Delta V}{\Delta t}, Q_z = \frac{\Delta z}{\Delta t}$$

Veličina promjene intenziteta prometnog toka analogna je promjeni brzine prometa tj. usporavanja, a ona karakterizira dinamiku opterećenosti transportnog sustava.



Grafikon 2. Proces usporavanja transportnih jedinica u transportnom toku

1. prvi ograničujući dio vrijednosti faze usporavanja
2. faza reagiranja
3. faza usporavanja
4. točka početka oblikovanja sklopa
5. prvi ograničujući dio početka oblikovanja sklopa
6. prvi prijelaz kroz točke srednjih vrijednosti početka oblikovanja sklopa

Za određivanje dinamike opterećenosti "N" možemo upotrijebiti izraz:

$$N = \frac{ds}{dt} \dot{s} = \frac{d^2M}{dt^2} = M$$

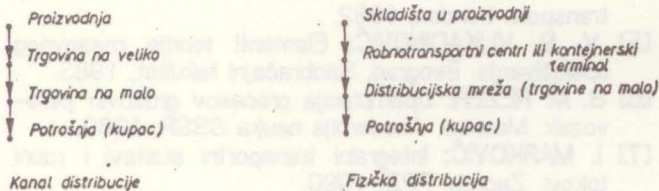
$$N_m = \frac{dsm}{dt} = m, H_v \frac{dsv}{dt} = v, H_z = \frac{dsz}{dt} = Z$$

Kod svih parametara prometnog toka izračunavamo pojedine parametre za masu, volumen i komadno.

5. METODE OPTIMALIZACIJE PROMETNIH TOKOVA

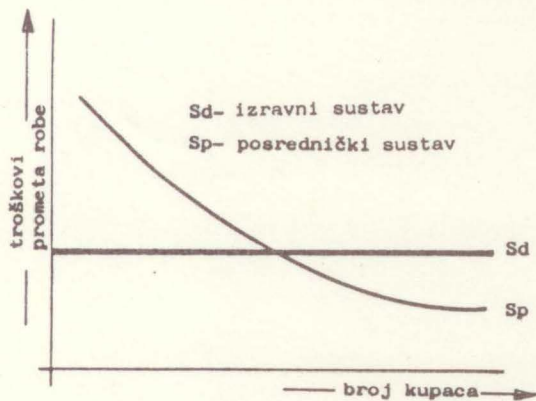
Metode optimalizacije prometnih tokova mogu se primjenjivati na cijelu transportnu mrežu, na pojedine dijelove mreže, na unutarnji transport u poduzeću i na kontejnerski terminal.

Primjena metode optimalizacije prometnih tokova na objekt, u ovom slučaju na kontejnerski terminal, omogućuje dimenzioniranje sadržaja i elemenata i terminala, koji zavise od tokova robe i kanala distribucije usmjerenih prema terminalu odnosno iz terminala. Iz proizvodnje prema potrošnji roba se kreće kanalima distribucije, koje čine unutarnje organizacijske jedinice kanala i vanjski posrednici. Razvojem proizvodnje, a time i potrošnje, raste uloga posrednika. Iz toga se razvila uloga trgovine na veliko, trgovine na malo koja predstavlja posredovanje u prometu robe, dok njezinu fizičku distribuciju obavljaju druge logističke organizacije, skladišta, transportne organizacije, robnotransportni centri, kontejnerski terminali.



Slika 3. Kanali distribucije i fizička distribucija

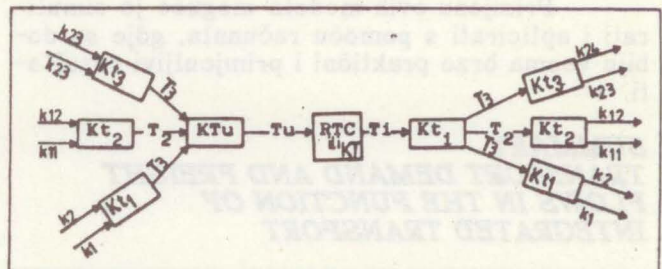
Razlika između kanala distribucije i fizičke distribucije sastoji se u tome da kanal distribucije čini trgovina na veliko i malo, a fizičku distribuciju čine fizički tokovi robe od skladišta proizvođača, prijevoza transportnim sredstvima u robnotransportne centre ili kontejnerske terminale, pa preko trgovine do krajnjeg potrošača. U današnjoj se trgovini izravna razmjena veoma malo koristi; između krajnjih točaka reprodukcije nalazi se niz pos-



Slika 4. Kretanje troškova prometa u izravnom i posredničkom sustavu distribucije

rednika s obzirom na prostornu i vremensku dimenziju povezivanja sfere proizvodnje i sfere potrošnje. Suština se sastoji u smanjenju broja prometnih transakcija koje poskupljuju distribuciju. Stoga je značajna koncentracija na manji broj posrednika s kojima komuniciraju proizvođači koji robu upućuju u jedan centar i kupci koji robu kupuju na jednom mjestu. Što je tržište manje, troškovi posredovanja su veći i, obrnuto, s porastom broja kupaca padaju.

Iz toga proizlazi da se više kanala distribucije koncentrira u tokove robe, koji se u daljnjoj koncentraciji pretvaraju u jedan veliki tok usmjeren prema konkretnom prometnom objektu, robnotransportnom centru ili kontejnerskom terminalu. U takvim objektima stijevaju se kanali i tokovi usmjereni na proizvodnu potrošnju (sirovine, reprodukcijski materijali i sredstva za proizvodnju) i konačnu potrošnju (svakodnevna potrošnja i potrošnja trajnih dobara).



Slika 5. Ulazni i izlazni kanali i tokovi robe u robnotransportni centar ili kontejnerski terminal i iz njih

Za djelovanje određenoga kontejnerskog terminala ili robnotransportnog centra značajni su ulazni i izlazni tokovi robe, određeni gravitacijskim područjem, razvojnim stupnjem proizvodnje i potrošnje. Niz kanala distribucije (k_n) i različitih pravaca gravitacijskog područja usmjereni prema koncentraciji u tokove robe (t_n), u daljnjim se fazama koncentriraju u tokove robe (T_n) i u krajnjoj fazi pretvaraju u ulazni tok (Kt_u) prema kontejnerskom terminalu ili robnotransportnom centru. Nakon obrade i manipulacije s teretom formiraju se izlazni tokovi robe prema proizvodnoj ili konačnoj potrošnji.

6. ZAKLJUČAK

Rezultati istraživanja, vezani uz prometnu potražnju i robne tokove, proizašli su iz postavljenih matematičkih modela. Tim modelima omogućuje se analiza postojeće i buduće prometne potražnje uz uporabu različitih modela distribucije potražnje, kao što je model gravitacije. Taj model daje veoma dobre rezultate praćenja i projiciranja potražnje za kontejnerske terminale. Osim prostorne raspodjele moguća je primjena modela za izračunavanje prometne potražnje po vrstama prijevoza. Daljnja istraživanja prometne potražnje pokazuju da

se ona iskazuje kao izviraća i ciljna kroz odgovarajuće prometne tokove, a prometni tokovi ostvaruju se kroz kanale distribucije. Analize i praćenje prometne potražnje i prometnih tokova mogu se razmatrati s užeg i šireg aspekta, dok kanale distribucije pratimo kao kanale robe proizvodne potražnje i kanale robe osobne potražnje. U modelima su praćeni različiti aspekti i parametri koji utječu na prometnu potražnju, prometne tokove i kanale distribucije.

Različitim metodama optimalizacije prometnih tokova moguće je pratiti te tokove u cijeloj transportnoj mreži npr. jedne republike, države ili više država, kao i na pojedinim dijelovima mreže u unutarnjem transportu i kontejnerskim terminalima.

Utjecaj na prometne tokove jednog kontejnerskog terminala imaju ulazni i izlazni kanali, odnosno u jednom prometnom toku može biti više ulaznih i izlaznih kanala, kao što prema kontejnerskom terminalu ili iz njega može postojati više tokova.

Primjenu ovih modela moguće je simulirati i aplicirati s pomoću računala, gdje se dobiju veoma brzo praktični i primjenljivi rezultati.

**SUMMARY
TRANSPORT DEMAND AND FREIGHT
FLOWS IN THE FUNCTION OF
INTEGRATED TRANSPORT**

As a result of an extensive research, different models of review and follow-up/monitoring of transport demand and freight flows have been obtained. Transport demand is either related either to the origin or destination while freight flows may be incoming and outgoing (inward and outward-bound) in(to) a given location or facility, as for instance a container terminal. Furthermore, simulation and mathematical models of monitoring and review of distribution channels and transport flows optimization have been dealt with in this paper.

POZIVNE BILJEŠKE

- 1) Č. IVAKOVIĆ: Izgradnja robotransportnih centara kao činitelj zaštite u prometu. Simpozij "Sigurnosni i ekološki aspekti prometnog sistema Jugoslavije", Savjet akademija SFRJ i Zajednice univerziteta, Zagreb, 9-11, studeni 1988, p. 249.
- 2) Konceptija dugoročnog razvoja prometa na području SR Hrvatske. Projekt, Zagreb, Institut prometnih znanosti, 1984.
- 3) Cf. Č. IVAKOVIĆ: Izgradnja robotransportnih centara kao činitelj zaštite u prometu, p. 250.
- 4) Umjesto komada na sat može biti i kontejnera na sat.

LITERATURA

- [1] R. KUNDER, M. PORSCHE: Neues Container-Umschlagverfahren ETR. Darmstadt, Hestra-Verlag, No. 7-8, 1979.
- [2] I. T. KOZLOV: Propusknaja sposobnost transportnih sistem. Transport, Moskva, 1985.
- [3] D. A. MAY: Traffic Flow Fundamentals. University of California, Berkeley, Prentice Hall, 1990.
- [4] G. VAN DEN BURG: Containerisation and other unit transport. London, 1982.
- [5] V. S. VUKADINOVIC: Elementi teorije masovnog opsluživanja. Beograd, Saobraćajni fakultet, 1983.
- [6] S. M. REZER: Optimizacija procesov gruzovih perevozak. Moskva, Akademija nauka SSSR, 1980.
- [7] I. MARKOVIĆ: Integralni transportni sustavi i robni tokovi, Zagreb, FPZ, 1990.
- [8] LJ. ČARAPIĆ: Organizacija prevoza sa integralnim transportom, Beograd, VŽŠ, 1987.
- [9] Č. IVAKOVIĆ: Robotransportni centri i moderni terminal - bitan faktor suvremenog prometa. Suvremeni saobraćaj '88. Zagreb, NIRO Privredni vjesnik, 1988.
- [10] I. WATANABE: Containerisation enters the Fourth generation. Ports and Harbours, No. 5, 1985.
- [11] Transportation Science the publication of the Transportation Science Section of ORSA. Baltimore. No. 2, 1988.

