

UDK: 621.86/.87.

*Originalni naučni rad  
Original scientific paper*

## FORMIRANJE BAZNOG MODELA TRANSPORTA POLJOPRIVREDNIH PROIZVODA

**Zoran Mileusnić<sup>\*1</sup>, Rajko Miodragović<sup>1</sup>, Đorđe Mišković<sup>2</sup>, Aleksandra Dimitrijević<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku,  
Beograd-Zemun*

<sup>2</sup>*Plattner d.o.o. Bačka Palanka*

**Sadržaj:** U radu su objašnjeni principi organizacije transportnog procesa i transportnog ciklusa i dati su svi potrebni inputi za formiranje baznog modela transporta poljoprivrednih proizvoda. Predmet ovog rada je razvoj baznog modela transporta i proračun potrebnih resursa. Izrada plana je bitna i bitan je plan kao dokument po kome se postupa, ali plan je samo jedan dokument u datom preseku vremena. Upravo razvoj ovakvog modela treba da omogući lakše planiranje i izradu osnovnog plana i sve njegove naknadne korekcije. Praktičan cilj rada su osnovni parametri modela neophodni u procesu planiranja optimizacije transportnih sistema.

**Ključne reči:** *transport, bazni model, parametri i komponente modela, transportni ciklus*

### UVOD

Transport i manipulacija teretom predstavljaju veoma važan deo procesa u poljoprivrednoj proizvodnji, a može se reći da se to posebno odnosi na fazu ubiranja roda. Vremenski period za koji to mora biti urađeno je promenljiva kategorija te to ima za posledicu pojavu dva uticajna faktora. Prvi je, koliko vremena proizvod u zahtevanoj fazi zrelosti može da opstane sa nepromenjenim kvalitetom. Drugi faktor je koliko je proizvod osetljiv na delovanje atmosferskih parametara. Svakako je dominantan uticaj onog faktora koji ima kraći vremenski period. Pred proces transporta se postavljaju dva oprečna zahteva. Traži se da transport bude obavljen u što kraćem roku, a da

---

\* Kontakt autor. E-mail: zoranm@agrif.bg.ac.rs

Rezultati istraživanja su proizašli iz projekta TR 310 51 „Unapređenje biotehnoških postupaka u funkciji racionalnog korišćenja energije, povećanja produktivnosti i kvaliteta poljoprivrednih proizvoda“, koga finansira Ministarstvo prosvete, neuke i tehnološkog razvoja RS.

istovremeno troškovi transporta budu minimalni kako bi manje uticali na cenu. Jasno je da i jedan i drugi zahtev ne mogu biti zadovoljeni u potpunosti. Stoga se pribegava kompromisnom rešenju da se potrebno vreme ne prekorači, a da se u tom vremenu troškovi minimiziraju. Ovaj uslov se postiže: proračunom svih potrebnih elemenata, pravovremenim planiranjem, pripremom transporta, organizacijom transporta, realizacijom transporta prema planu, stalnim praćenjem realizacije, korektivnim akcijama u odnosu na odstupanje od plana i kontrolom u svim fazama. Prema tome, transport je proces kojim se mora upravljati.

Predmet ovog rada je razvoj baznog modela transporta i proračun potrebnih resursa prema zadatom modelu transporta. Bazni model omogućava da se brzo izdvoje konkretni sažeti modeli po kojima bi bili izvedeni navedeni proračuni. Na taj način se dobijaju neophodni elementi za planiranje transporta.

Osnovni cilj rada je razvoj baznog modela transporta poljoprivrednih proizvoda od ubiranja do konačnog uskladištenja i proračun potrebnih resursa. Praktičan cilj su osnovni elementi neophodni u procesu planiranja optimizacije transportnih sistema.

## MATERIJAL I METOD RADA

Organizacija izvršenja transporta obavlja kroz više radnji, kao što su: priprema za transport, utovar tereta na utovarno-pretovarnom mestu, transport od mesta utovara do mesta istovara, istovar i skladištenje i izvršenje kretanja iz reona istovara do mesta razmeštaja [7].

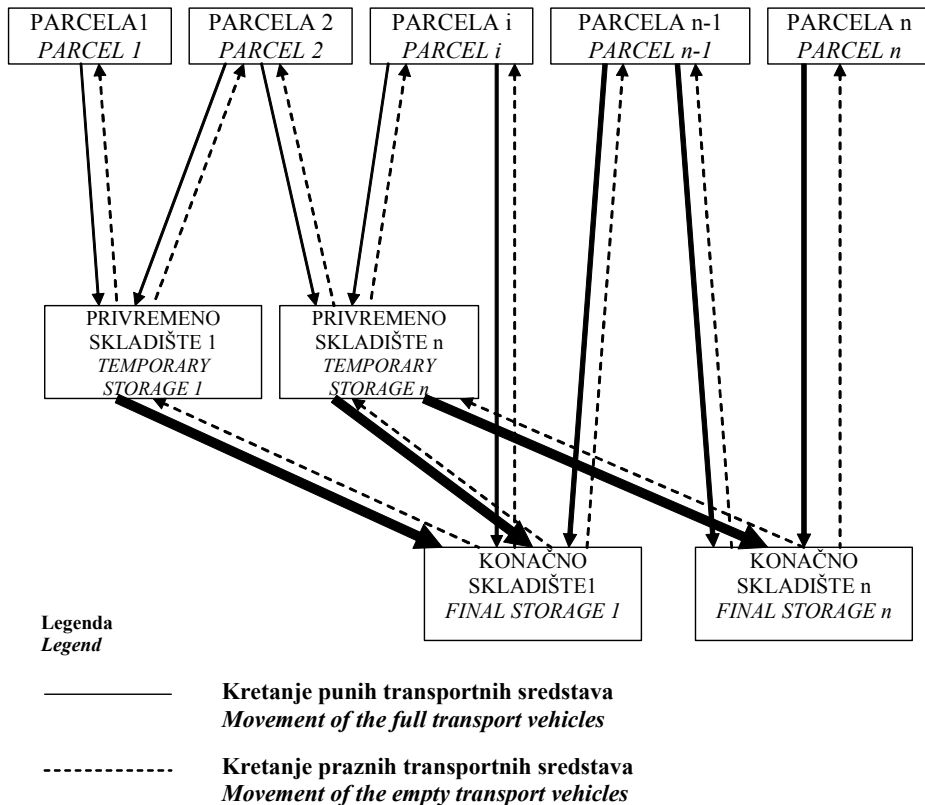
Postupak izrade konkretnog modela je iterativni postupak i neodvojiv je od procesa proračuna. Prvo se postavi model, izvrši proračun, pa se zatim koriguje model i ponovo vrši proračun. Radi ilustracije ovog postupka, ovde je u skraćenom obliku prikazan bazni model transporta pri žetvi pšenice i on se naziva „neformalni opis modela“ [11]. Varijable i parametri nisu posebno prezentovani. Model se sastoji od komponenti koje su nazvane: parcela, privremeno skladište i konačno skladište (Slika 1).

Transportno-manipulativne jedinice se pojavljuju kao integracioni elementi u transportu i prosta primena paleta ili kontejnera, bez sistematizacija jedinica u transportu komadnih sredstava, ne omogućava njegovo puno iskorišćenje. Uvedene i prihvaćene transportno-manipulativne jedinice su mere koje omogućuju optimizaciju transporta i koordinaciju zahteva za racionalnim transportom [5].

Karakteristike poljoprivrednih proizvoda mogu se sagledavati i klasifikovati sa različitih stanovišta i po različitim principima deobe, a sve u zavisnosti od cilja zbog koga se te karakteristike uopšte sagledavaju [6]. U ovom radu su interesantne samo one karakteristike koje imaju uticaj na transport i manipulaciju poljoprivrednim proizvodima: direktne (mehanička svojstva) i indirektne (zahtevano vreme potrebno za transport). Sa stanovišta transporta interesantne su i sledeće karakteristike: namena poljoprivrednog proizvoda, mehanička svojstva poljoprivrednog proizvoda, potreba za klasiranjem, interval strpljivosti [8], osetljivost na uticaj atmosferskih parametara, posebne karakteristike transportovanog materijala.

Transport poljoprivrednih proizvoda je deo šireg logističkog lanca. Logistički lanci su u ovom radu prikazani samo u meri koja je neophodna za razvoj modela transporta. "Logistika predstavlja umeće rukovođenja i upravljanja tokom materijala i proizvoda od izvora do krajnjeg potrošača" [4], [7] i [9]. Procesnom dekompozicijom logistički lanac

transporta se može razložiti na šest osnovnih procesa [1]: transport, poručivanje, pakovanje, skladištenje, pretovar i držanje zaliha.



Slika 1. Bazni model transporta pri žetvi pšenice

Figure 1. Base model for the wheat transport during harvesting

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Da bi se transport mogao što bolje organizovati neophodno je: izvršiti izbor najpovoljnijeg tipa vozila prema poslu i vrsti materijala, odrediti potreban broj vozila, uskladiti mogućnost rada na utovarno-istovarnim mestima prema broju planiranih vozila i odrediti brojno stanje potrebne radne snage za izvršenje posla [2], [3] i [10].

Jedan od osnovnih pokazatelja izbora tipa vozila je koeficijent iskorišćenja nosivosti vozila. Statički koeficijent iskorišćenja nosivosti, kada transport obavlja jedno vozilo, jeste odnos stvarno prevezene mase tereta u jednoj ili više vožnji i mase koju bi moglo vozilo prevesti da je maksimalno opterećeno:

$$\gamma_v = \frac{Q}{q} \quad (1)$$

gde je:

- $q$  [t] - fabrička ili deklarirana nosivost vozila,  
 $Q$  [t] - masa tereta prevezena vozilom za više vožnji.

Ako se radi o grupi ili voznom parku istih vozila, onda je statički koeficijent iskorišćenja nosivosti:

$$\gamma_v = \frac{Q}{Aq} \quad (2)$$

gde je:

- $A$  [vozila] - broj angažovanih vozila u transportu.

Koeficijent dinamičkog iskorišćenja nosivosti vozila ( $\varepsilon$ ) služi za analizu iskorišćenja vozila sa gledišta ostvarenog transportnog rada u nekom zadatku.

$$\varepsilon = \frac{U}{qAk} \quad (3)$$

gde je:

- $U$  [tkm] - ostvareni transportni rad,  
 $q$  [t] - deklarirana nosivost vozila,  
 $Ak$  [km] - ukupno pređeni put sa teretom.

Radna proizvodnost predstavlja prosečan učinak jednog vozila za jedan čas proveden na radu, izraženo u [t·km] ili [t·h<sup>-1</sup>] i dobija se kao odnos planiranog ili ostvarenog transportnog rada i ukupnog vremena:

$$W_u = \frac{U}{AT_r} = \frac{AQ_v L_t}{AT_r} = \frac{QL}{AT_r} \quad (4)$$

$$W_Q = \frac{Q}{AT_r} \quad (5)$$

gde je:

- $W_u$  [tkm·h<sup>-1</sup>] - radna proizvodnost vozila prema transportnom radu,  
 $W_Q$  [t·h<sup>-1</sup>] - radna proizvodnost vozila prema količini tereta,  
 $Q_v$  [t] - masa tereta prevezena vozilom u jednoj vožnji,  
 $Tr$  [h] - ukupno radno vreme.

Za proračun potrebnog broja vozila mora se znati ukupna količina tereta i vrsta tereta, jer od toga zavisi koliko se tereta može smestiti na jedno vozilo i potrebno vreme za koje treba biti obavljen transport (za broj obrta). Potreban broj vozila ( $A$ ) se računa iz odnosa:

$$A = \frac{Q}{Q_v Z} = \frac{Q}{q \gamma_v Z} [\text{vozila}] \quad (6)$$

gde je:

- $Z$  [tura] - broj obrta (tura).

U slučajevima kada se obavljaju veliki i složeni transportni poslovi, kao što su žetva pšenice, kukuruza i drugih kultura, kada poslovi vremenski traju duže, a intenzitet eksploatacije je veliki, potreban broj transportnih sredstava se povećava za 10-15%. Razlog povećanja su otkazi koji mogu da se dogode na transportnim sredstvima.

Prostori za utovar i istovar obrazuju front utovara i istovara čije razmere zavise od načina postavljanja vozila i njihovih dimenzija. Ako na utovarno-istovarnom mestu u toku jednog dana treba pretovariti određenu količinu tereta ( $Q$ ), onda se broj radnih mesta ( $N$ ) određuje prema propusnoj moći jednog mesta ( $Q_{cm}$ ) i ukupnog vremena rada utovarno-istovarne stanice ( $T$ ):

$$N = \frac{Q}{Q_{cm}T} \quad (7)$$

Propusna moć jednog radnog mesta se izražava količinom tereta koji se može utovariti ili istovariti za 1 čas rada na radnom mestu, prema:

$$Q_{cm} = \frac{1}{t_1} [th^{-1}] \quad (8)$$

gde je:

$t_1$  [h·t<sup>-1</sup>] - vreme potrebno za utovar ili istovar jedne tone,

pa je onda potreban broj radnih mesta:

$$N = \frac{Qt_1}{T} \quad (9)$$

Propusna moć utovarno-istovarne stanice ( $Q_c$ ) zavisi od broja radnih mesta i njihove propusne moći:

$$Q_c = NQ_{cm} = \frac{N}{t_1} \quad (10)$$

Ako je poznat broj vozila i vrsta tereta, koje u toku zadatog vremena treba opslužiti u stanici za utovar ili istovar, onda se potreban broj radnih mesta izračunava preko propusne moći jednog radnog mesta, ali izraženo brojem vozila:

$$N = \frac{A}{A_{cm}T} = \frac{Aq\gamma_v t_1}{T} \quad (11)$$

Propusna moć dobija se preko propusnih moći pojedinih radnih mesta, koje zavise od potrebnog vremena za utovar jednog vozila. Propusna moć jednog radnog mesta u ovom slučaju se računa prema:

$$A_{cm} = \frac{1}{t_{u(i)}} = \frac{1}{Q_v t_1} [\text{vozh}^{-1}] \quad (12)$$

Propusna moć utovarno-istovarnog mesta ( $A_c$ ) je tako:

$$A_c = NA_{cm} = \frac{N}{t_u} = \frac{N}{Q_v t_1} [\text{vozh}^{-1}] \quad (13)$$

Ako je pak poznat broj radnih mesta, onda se određuje broj vozila koja se mogu opsluživati na tom mestu prema:

$$A = \frac{NT}{q\gamma_v t_1} = \frac{NT}{Q_v t_1} [\text{vozila}] \quad (14)$$

Organizacija radnih mesta mora biti sprovedena tako da nema zastoja u radu i da vozila ne čekaju na utovar ili istovar. Pod ritmom rada stanice ( $R$ ) podrazumeva se vreme između otpremljanja utovarenih ili istovarenih vozila iz stanice ( $t_{u(i)}$ ). Ako u utovarno-istovarnoj stanici ima više radnih mesta, smanjuje se vreme između gotovosti vozila za pokret srazmerno broju mesta, pa je tada:

$$R = t_{u(i)} = Q_v t_1 \quad (15)$$

Na utovarno-istovarnoj stanici sa više radnih mesta, skraćuje se vreme između gotovosti vozila za pokret srazmerno broju mesta, pa je tada:

$$R = \frac{Q_v t_1}{N} \quad (16)$$

Interval stizanja ( $I_v$ ) je vreme između dolaska dva uzastopna vozila na pretovarno mesto. On je jednak vremenu obrta vozila na liniji ako radi jedno vozilo:

$$I_v = t_0 \quad (17)$$

odnosno, ako ima više vozila ( $A_1$ ), onda se interval stizanja skraćuje:

$$I_v = \frac{t_0}{A_1} [h] \quad (18)$$

Optimalna organizacija se postiže u slučaju da su ritam rada stanice i interval stizanja vozila isti, iz uslova:

$$R = I_v \quad (19)$$

Odavde se zamenom dobija potreban broj radnih mesta na utovaru ili istovaru:

$$N = \frac{A_1 t_{u(i)}}{t_o} \quad (20)$$

ili potreban broj vozila koji se može opslužiti na  $N$  radnih mesta:

$$A_1 = \frac{N t_o}{t_{u(i)}} [\text{vozila}] \quad (21)$$

Kada je potreban broj vozila za izvršenje zadatka veći od broja vozila ( $A_1$ ) koji može da se opsluži na utovarno-istovarnoj stanici, tada je broj radnih mesta ograničenje. U tom slučaju mora se povećati broj radnih mesta, smanjiti vreme utovara, ili produžiti vreme izvršenja zadatka. Potreban broj transportnih sredstava ( $A$ ) za pretovar zavisi od ukupne

količine tereta koji treba pretovariti ( $Q$ ), broja obrta ( $Z$ ) koji vozila mogu izvršiti u raspoloživom vremenu i od količine tereta koja se može smestiti na jedno vozilo ( $Q_v$ ):

$$A = \frac{Q}{Q_v Z} = \frac{Q}{q \gamma_v Z} \quad (22)$$

Broj radnika ( $Z_v$ ) zavisi od količine tereta koji treba da se pretovari ( $Q$ ), od toga koliko jedan radnik može da pretovari za jedan čas rada (od njegove proizvodnosti  $W_z$ ) i od vremena za koje pretovar treba da se obavi ( $T_s$ ):

$$Z_v = \frac{Q}{W_z T_s} [\text{radnika}] \quad (23)$$

Proizvodnost radnika, kada nije normirana, može se izračunati, a zavisi od broja prenošenja (radnih ciklusa  $n$ ) koje radnik obavi za jedan čas i mase tereta u jednom ciklusu ( $q_k$ ):

$$W = n q_k [\text{th}^{-1}] \quad (24)$$

Broj ciklusa u jednom času zavisi od trajanja jednog radnog ciklusa ( $T_c$ ), a izražava se u sekundama:

$$n = \frac{3600}{T_c} \quad (25)$$

Ako je masa tereta data u kilogramima, onda se pretvara u tone, pa je proizvodnost:

$$W_z = \frac{3600 q_k}{T_c 1000} = \frac{3,6 q_k}{T_c} [\text{th}^{-1}] \quad (26)$$

Do vremena trajanja ciklusa može se doći snimanjem vremena ili proračunavanjem na osnovu raspoloživih podataka. Vreme trajanja jednog ciklusa, se načelno, sastoji od vremena prihvatanja tereta, ( $t_p$ ), i vremena prenosa i povratka po novi teret i vremena odlaganja tereta, ( $t_s$ ):

$$T_c = t_p + \frac{2L}{v} + t_s [\text{s}] \quad (27)$$

gde je:

- $L$  [m] - put prenosa tereta,
- $v$  [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ] - srednja brzina koja se za put do 30 m kreće 0,5-1  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,
- $t_p, t_s$  [s] - vreme iznosi od 3 do 5 sekundi.

Zamenom vrednosti u jednačini (23) za proizvodnost ( $W_z$ ) iz jednačine (26), dobija se potreban broj radnika ( $Z_v$ ):

$$Z_v = \frac{Q}{\frac{3,6 q_k}{T_c} T_s} = \frac{Q T_c}{3,6 q_k T_s} \quad (28)$$

Proizvodnost po radniku u pretovaru iznosi u privredi 0,6-1,2 [t·h<sup>-1</sup>] za duži rad. Radnu snagu treba realno planirati kako ne bi došlo do nagomilavanja ljudi, ili pak produženja vremena pretovara zbog manjeg broja ljudi. U slučajevima kada nema vremena za proračune, radna snaga se određuje i prema opštim empirijskim vremenskim normama, koje su date u Tabeli 1.

Tabela 1. Norme utovara i istovara vozila u zavisnosti od nosivosti [7]

Table 2. Norms for loading and unloading vehicles, depending on the load [7]

Nosivost vozila [t] Capacity of the transport [t]	Vreme trajanja [min] Duration [min]	
	Utovar Loading	Istovar Unloading
< 1,5	19	13
1,5 - 2,5	20	15
2,5 - 4,0	24	18
4,0 - 7,0	29	22
7,0 - 12,0	37	28
12,0 - 15,0	45	34

Ovo su privredne norme, a u ekstremnim uslovima ih treba povećati za 10 do 20%. U utovarno-istovarne norme su uračunata i sva vremena pripreme vozila i dokumentacije pre i posle obavljenog procesa. Tehnička proizvodnost kod mašina sa prekidnim dejstvom zavisi od broja radnih ciklusa koji se obavi u toku jednog časa i mase tereta koju može da se pretovari u jednom ciklusu:

$$W_t = nq_m = \frac{3600}{T_c} q_m [th^{-1}] \quad (29)$$

gde je :

- $W_t$  [t·h<sup>-1</sup>] - tehnička proizvodnost mašine,  
 $q_m$  [t] - nosivost mašine ili radnog organa,  
 $T_c$  [s] - vreme trajanja ciklusa.

Vreme za koje se obavi jedan ciklus je različito:

a) za mašine s horizontalnim premeštanjem tereta:

$$T_c = t_u + \frac{L}{v_1} + t_i + \frac{L}{v_2} [s] \quad (30)$$

gde je :

- $v_1, v_2$  [m·s<sup>-1</sup>] - brzina zahvatnog organa sa teretom i bez tereta,  
 $t_u, t_i$  [s] - vreme utovara i istovara tereta,  
 $L$  [m] - put prenosa tereta,

b) kod mašina s vertikalnim kretanjem tereta:

$$T_c = t_u + \frac{2h}{v} + t_i [s] \quad (31)$$

gde je :

- $h$  [m] - visina dizanja ili spuštanja tereta,  
 $v$  [m·s<sup>-1</sup>] - srednja brzina podizanja i spuštanja.



c) kod mašina sa kombinovanim premeštanjem tereta:

$$T_c = t_u + t_i + \left( \frac{4h}{v} + \frac{L}{v_1} + \frac{L}{v_2} \right) \varphi [s] \quad (32)$$

gde je :

$\varphi$  [-] - koeficijent manji od jedinice, a određuje se prema vrsti mašine.

Tehnička proizvodnost kod mašina s neprekidnim dejstvom pri pretovaru komadne robe može se odrediti kao:

$$W_t = nq_k [th^{-1}] \quad (33)$$

gde je:

$n$  [kom·h<sup>-1</sup>] - broj komada pretovarenih u toku jednog časa,

$q_k$  [t] - masa jednog komada.

Broj komada u toku časa je zavisao od rastojanja između njih i brzine prenosa, odnosno kretanja zahvatnog organa:

$$n = \frac{3600}{T} = \frac{3600}{\frac{x}{v}} = \frac{3600v}{x} [kom] \quad (34)$$

gde je:

$t$  [s] - vreme pretovara jednog komada,

$h$  [m] - rastojanje između komadnih tereta na traci,

$v$  [m·s<sup>-1</sup>] - brzina kretanja zahvatnog organa.

Zamenom za  $n$  iz izraza (34) u izraz (33) se dobija tehnička proizvodnost:

$$W_t = \frac{3600vq_k}{1000x} = \frac{3,6vq_k}{x} [th^{-1}] \quad (35)$$

Eksploataciona proizvodnost predstavlja učinak mašine, u određenom vremenu ili u toku jedne smene u konkretnim uslovima i sa određenom organizacijom. Može se izračunati umanjivanjem tehničke proizvodnosti zbog gubitaka u radnom vremenu i nepotpunog iskorišćenja nosivosti zahvatnog organa kao:

$$W_e = W_t \delta \gamma_0 T_s [t / smeni] \quad (36)$$

gde je:

$W_e$  [t·smeni<sup>-1</sup>] - eksploataciona proizvodnost,

$T_s$  [h] - vreme rada pretovarne stanice,

$\delta$  [-] - 0,8-0,9 - koeficijent iskorišćenja radnog vremena,

$\gamma_0$  [-] - koeficijenti iskorišćenja nosivosti zahvatnih organa.

Na osnovu eksploatacione proizvodnosti i ukupnih količina materijala za pretovar određuje se potreban broj pretovarnih mašina ( $Z_m$ ):

$$Z_m = \frac{Q}{W_e} [kom] \quad (37)$$

Osnovni uslov za racionalnu upotrebu pretovarnih mašina jeste da one ne prekidaju rad. Zato je najbolje da se organizuje kružno kretanje vozila u koja se vrši pretovar (utovar ili istovar). U ovom slučaju vreme pretovara ( $t_u$ ) treba izjednačiti s intervalom stizanja vozila ( $I_v$ ) kako bi se postigao optimalan rad:

$$t_u = I_v \quad (38)$$

Vreme za koje pretovarna mašina utovari jedno vozilo može se uzeti iz normativa ili izračunati prema:

$$t_u = Q_v t_1 [h] \quad (39)$$

gde je:

$Q$  [t] - količina tereta na vozilu,

$t_1$  [ $h \cdot t^{-1}$ ] - vreme utovara 1t tereta

Vreme utovara ( $t_1$ ) se dobijao kada se vreme jednog časa подели s proizvodnošću mašine:

$$t_1 = \frac{1}{W_t} [ht^{-1}] = \frac{60}{W_t} [\text{min } t^{-1}] \quad (40)$$

Zamenom izraza (40) u izraz (39) za ( $t_1$ ) se dobije:

$$t_u = \frac{Q_v}{W_t} [h] \quad (41)$$

Interval u kome stiže vozilo na pretovarnu stanicu zavisi od vremena trajanja jednog obrta ( $t_o$ ) i broja vozila:

$$I_v = \frac{t_o}{A_r} [h] \quad (42)$$

Zamenom se dobija potreban broj vozila za racionalan pretovar prema:

$$\frac{Q_v}{W_t} = \frac{t_o}{A_r} \quad (43)$$

$$A_r = \frac{W_t t_o}{Q_v} \quad (44)$$

Ukoliko se raspolaze sa  $N$  mašina ili radnih mesta, onda će broj vozila biti:

$$A_r = N \frac{W_t t_o}{Q_v} \quad (45)$$

Ako se planiranje vrši prema prosečnim normama za mehanizovani pretovar, onda se broj potrebnih vozila računa kao:

$$t_u = \frac{t_o N}{A_r} \quad (46)$$

$$A_r = \frac{t_o N}{t_u} \quad (47)$$

Vreme utovara i istovara vozila zavisi od nosivosti vozila i količine tereta koju pretovarna mašina zahvata odjednom. Pri proračunu, ako je poznat broj raspoloživih vozila, može se iz gornjih jednačina izabrati pretovarna mašina prema potrebnoj proizvodnosti. Potrebna radna snaga za obavljanje mehanizovanog pretovara, kada se mašina opslužuje radnicima, dobija se iz uslova da se operacije pretovara odvijaju neprekidno:

$$Z_r = \frac{W_t}{W_z} \quad (48)$$

Proizvodnost radne snage se određuje na isti način kao i kod ručnog pretovara:

$$Z_v = \frac{W_t T_c}{3,6 q_k} \quad (49)$$

gde je:

$q_k$  [t] - masa jednog komada tereta.

S obzirom na broj traktora i na njihove karakteristike, jasno je da je i da će traktorski transport biti korišćen kao sredstvo izvršenja transporta pri ubiranju. Prednost traktorskog transporta nad kamionskim je u tome što traktori imaju znatno veću prohodnost, mogu se koristiti za razne namene i ne moraju se zadržavati na mestu utovara-istovara. Jedina slaba strana su im niske brzine kretanja [6]. Broj sredstava zavisi od količine tereta i raspoloživog vremena. Ako se za transport koristi jedan traktor, onda su potrebne najmanje 3 prikolice za efikasno iskorišćenje traktora. Pri korišćenju većeg broja traktora, broj prikolica zavisi od vremena utovarno-istovarnih radova i trajanja vožnje. Ukupan broj prikolica u ovom slučaju ( $P_r$ ), jeste suma prikolica koje su u transportu ( $P_v$ ), na utovaru ( $P_u$ ), i na istovaru ( $P_i$ ):

$$P_r = P_v + P_u + P_i \quad (50)$$

Za svaku prikolicu, koja se nalazi u vožnji, potreban je jedan traktor, pa će ukupan broj potrebnih traktora ( $A_t$ ) biti:

$$A_t = P_v \quad (51)$$

Broj potrebnih prikolica određuje se iz uslova da nema čekanja. To se postiže ako je ritam rada utovarno-istovarnog mesta, ( $R_{ui}$ ), jednak intervalu pristizanja vozila ( $I_v$ ):

$$R_{ui} = I_v \quad (52)$$

Zavisno od broja radnih mesta, ritam utovarno-istovarnog mesta se računa posebno na utovaru i istovaru, ako su različita vremena utovara i istovara, pri tome on predstavlja odnos zbirnog vremena i ukupnog broja prikolica:

$$R = \frac{t_{u(i)}}{N_{u(i)}} = \frac{t_{ui}}{N_{ui}} = \frac{t_{ui}}{P_{ui}} \quad (53)$$

Interval kretanja je vremenski period između dolaska dva uzastopna vučna vozila. On zavisi od vremena trajanja obrta traktora i njihovog broja:

$$I_v = \frac{t_{ot}}{A_t} [h] \quad (54)$$

gde je:

- $t_{ot}$  [h] - vreme obrta traktora,  
 $A_t$  [kom] - broj vučnih traktora,  
 $P_{ui}$  [kom] - broj prikolica na utovaru i istovaru.

Vreme obrta traktora obuhvata vožnju u oba pravca i vremena potrebnog za priključivanje i otkaçivanje prikolica na utovarno-istovarnim mestima ( $t_{po}$ ). Vreme vožnje je određeno daljinom transporta i srednjom brzinom kretanja traktora ( $V_{st}$ ):

$$t_{ot} = 2t_v + 2t_{po} = 2\left(\frac{L_t}{V_{st}} + t_{po}\right) = \frac{2(L_t + V_{st}t_{po})}{V_{st}} [h] \quad (55)$$

Ako se ovo uvrsti u izraz (54) za interval kretanja:

$$I_v = \frac{t_{ot}}{A_t} = \frac{2(L_t + V_{st}t_{po})}{V_{st}A_t} \quad (56)$$

dobija se:

$$\frac{t_{ui}}{P_{ui}} = \frac{2(L_t + V_{st}t_{po})}{V_{st}A_t} \quad (57)$$

$$P_{ui} = \frac{t_{ui}V_{st}A_t}{2(L_t + V_{st}t_{po})} \quad (58)$$

Ukupan broj potrebnih prikolica dobija se sabiranjem:

$$P_r = P_v + P_{ui} = A_t + \frac{t_{ui}V_{st}A_t}{2(L_t + V_{st}t_{po})} \quad (59)$$

$$P_r = A_t \left[ 1 + \frac{t_{ui}V_{st}A_t}{2(L_t + V_{st}t_{po})} \right] \quad (60)$$

Kada je poznat broj prikolica, onda se može odrediti broj vučnih vozila ( $A_t$ ). Ako je količina tereta ograničena, onda se prema njoj izračunava broj prikolica:

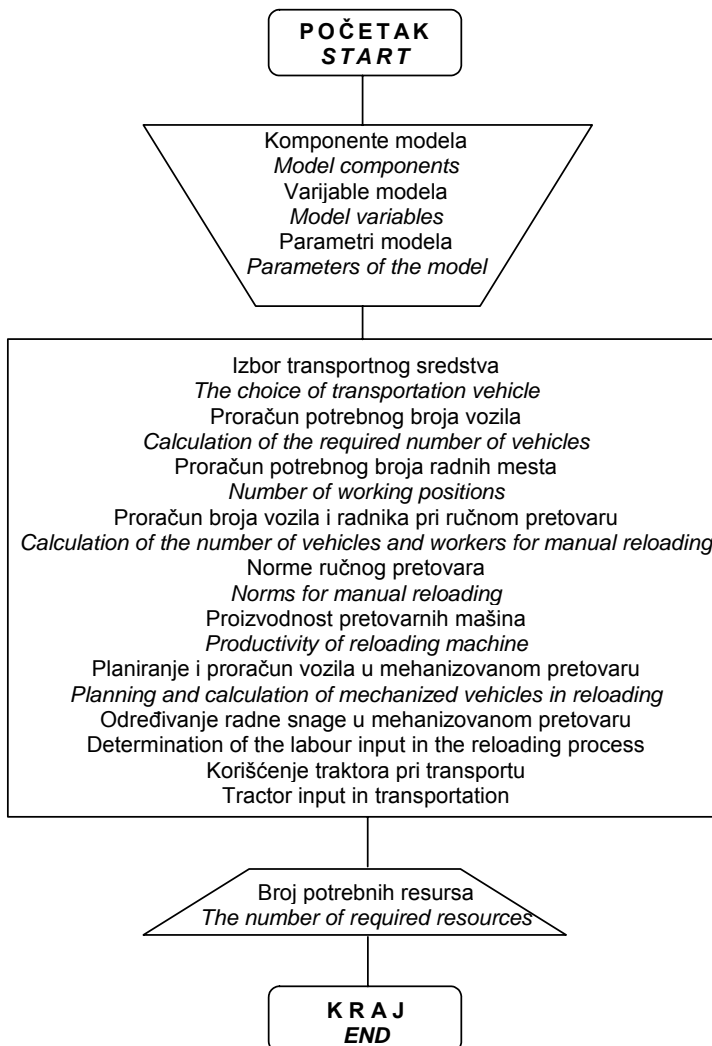
$$P_r = \frac{Q}{q_t \gamma_t Z} [\text{prikolica}] \quad (61)$$

gde je:

- $q_t$  [t] - nosivost prikolice,  
 $\gamma_t$  [-] - koeficijent iskorišćenja nosivosti.

Preporučljivo je da se pri organizaciji rada predvidi rezerva transportnih kapaciteta 10-15% za intervenciju u slučaju poremećaja u intervalima stizanja vozila. Pri transportu velike količine materijalnih sredstava, broj vučnih sredstava treba uvećati za jedno po

stanici, radi obezbeđenja manipulacije punim i praznim prikolicama. Osnov za planiranje su resursi koji se mogu upotrebiti da bi transportni zadatak bio najbrže izvršen. Svako angažovanje resursa preko tog broja predstavlja u suštini samo trošak. Bez promene osnovnih elemenata uvedenih u proračun, transportni zadatak ne može biti izvršen brže, a povećanje resursa je u tom slučaju nepotrebno. Algoritam proračuna koji su predhodno dati, prikazan je na Slici 2.



Slika 2. Algoritam modela za proračun potrebnih resursa u transportu  
 Figure 2. The algorithm for the calculation of the model required resources in transport

## ZAKLJUČAK

Do konačnog uskladištenja poljoprivrednih proizvoda, transport predstavlja poslednju fazu u procesu poljoprivredne proizvodnje. Neadekvatnom realizacijom ove faze proizvodnje može se u velikoj meri dovesti u pitanje jednogodišnji rad i ulaganja, a to ima za posledicu smanjenje efikasnosti i porast cene celokupnog procesa proizvodnje.

Model koji je prikazan je bazni. Kao takav on se ne može primeniti, ali zato omogućava da se brzo uspostave konkretni, takozvani, "sažeti" modeli, koji su primenljivi.

Ponudeni model, omogućava da se brzo proračunaju potrebni resursi. Ovi modeli „brzih proračuna“ daju rezultate sa zadovoljavajućom tačnošću, što je provereno, kako eksperimentalno, tako i empirijski. Primena kompleksnijih metoda za ovakve slučajeve ne bi dala bolje rezultate, već bi samo nepotrebno, zakomplikovala model. To ne znači da u nekim drugim slučajevima složenije metode ne treba primenjivati.

Primenom ovog modela mogu se dobiti svi elementi za planiranje transporta u konkretnim, različitim situacijama. Na ovaj način se dobija alat koji omogućava da se u slučaju poremećaja može brzo doći do novih elemenata koji omogućavaju da se izvrši preplaniranje.

## LITERATURA

- [1] Cakić, S. 2000. *Istraživanje i izbor pokazatelja stanja iskorišćenja sredstava integralnog transporta*. Magistarski rad. VTA, Beograd.
- [2] Đokić, L. 1979. *Organizacija drumskog transporta*. Građevinska knjiga, Beograd.
- [3] Jevtić, M. 1984. *Logistika*. VIZ, Beograd.
- [4] Mileusnić, N. 1990. *Unutrašnji transport i skladišta*. Naučna knjiga, Beograd.
- [5] Miladinović, V., Mitić, Ž. 1980. *Savremene metode skladištenja, manipulisanja i transporta*. TŠC KoV JNA, Zagreb.
- [6] Novaković, D., Đević, M. 1999. *Transport u poljoprivredi*. Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- [7] Pantelić, V. 1986. *Snabdevanje tehničkim materijalnim sredstvima*. CVTŠ, Zagreb.
- [8] Vukićević, S. 1995. *Skladišta*. Preving, Beograd.
- [9] Zečević, S. 1996. *Model optimizacije logističkih lanaca u uslovima funkcionisanja RTC*. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd.
- [10] Zečević, S. 1996. *Savremeno tumačenje logistike i logističkih sistema. Konceptija razvoja saobraćajnih sistema Jugoslavije do 2010 godine*. Zbornik radova. Subotica.
- [11] Zeigler, B.P. 1976. *Theory of modeling and simulation*. J.Wiley, New York.

## BASIC MODEL FOR OPTIMAL TRANSPORT ORGANISATION IN AGRICULTURE

Zoran Mileusnić<sup>1</sup>, Rajko Miodragović<sup>1</sup>, Đorđe Mišković<sup>2</sup>, Aleksandra Dimitrijević<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering,  
Belgrade-Zemun, Republic of Serbia

<sup>2</sup>Plattner d.o.o. Bačka Palanka, Republic of Serbia

**Abstract:** In this paper basic principles of transport organization in agriculture are presented as well as details about the transportation cycles. The paper also gives all necessary inputs for the model definition regarding the transportation for the agricultural products. The paper deals with the development of the basic model for calculation of the necessary resources in optimal transportation organization. Development of the plan is very important and the plan itself is only a single document in the given time section. Development of such a plan should make planning and development of the basic plan easier. The most important part of this research was to define and analyze all the necessary inputs for the optimal organization of the agricultural product transportation.

**Key words** transportation, basic model, model parameters and components, transportation cycle.

Datum prijema rukopisa:	15.10.2012.
<i>Paper submitted:</i>	
Datum prijema rukopisa sa ispravkama:	30.10.2012.
<i>Paper revised:</i>	
Datum prihvatanja rada:	07.11.2012.
<i>Paper accepted:</i>	