



DOI: 10.5937/topola2515051D

UDK: 630*37(497.11 Tara)

Originalni naučni rad

Efekti rada kamiona sa prikolicom pri prevozu drvnih sortimenata u Nacionalnom parku „Tara“

Milorad Danilović^{1*}, Dušan Stojnić¹, Vladimir Puđa¹, Slavica Antonić¹,
Vojkan Đorđević²

¹ Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd, Republika Srbija

² Javno preduzeće Nacionalni park „Tara“, Bajina Bašta, Republika Srbija

* Autor za korespondenciju: Milorad Danilović; E-mail: milorad.danilovic@sfb.bg.ac.rs

Datum prispeća rukopisa u uredništvo: 30.04.2025; **Datum recenzije:** 04.06.2025; **Datum prihvatanja rukopisa za publikovanje:** 11.06.2025.

Apstrakt: U radu je obrađena problematika efikasnosti rada kamiona sa prikolicom pri prevozu drvnih sortimenta lišćara i četinarara na području Nacionalnog parka „Tara“, a istraživanja su sprovedena u tri gazdinske jedinice. Predmet istraživanja bio je kamion Mercedes Arocs 3345. U istraživanjima je primenjena studija rada. Efekti rada razlikovali su se od uslova rada koji su podeljeni na povoljne, srednje povoljne i nepovoljne. U radu su dati koeficijenti korekcije za preračunavanje norme u srednje povoljnim uslovima na normu u povoljnim i nepovoljnim uslovima rada, kao i koeficijenti korekcije normi za različite vrste drveća. Norme rada prikazane su u m³/dan, za prosečne zapremine ture od 20 do 40 m³ i za prosečne zapremine komada od 0,1 do 0,8 m³. Norme su prikazane za srednju obračunsku transportnu distancu po makadamskom putu od 3 do 50 km. Za preračunavanje distanci po različitim kategorijama puta na obračunsku transportnu distancu ustanovljeni su obračunski koeficijenti.

Ključne reči: kamion, prevoz drveta, kamionski put, norma.

Original scientific paper

Effects of truck and trailer operation in the transport of timber assortments in the “Tara” National Park

Abstract: This paper addresses the issue of the efficiency of truck and trailer operation in the transport of broadleaved and coniferous timber assortments in the area of the “Tara” National Park, across three forest management units. The subject of the research was a Mercedes Arocs 3345 truck. A work study methodology was applied. Work productivity varied depending on working conditions, which were classified as favorable, moderately favorable, and unfavorable. The paper provides correction coefficients for converting work productivity norms from moderately favorable to favorable and unfavorable conditions, as well as correction coefficients for different tree species. Work norms are presented in m³/day, for average load volumes ranging from 20 to 40 m³ and for average log volumes from 0.1 to 0.8 m³. Norms are given for an average calculated transport distance on gravel roads ranging from 3 to 50 km. In order to recalculate distances across different road categories to a standard transport distance, specific calculation coefficients were established.

Keywords: truck, timber transport, forest road, productivity norm.

1. Uvod

Prevoz drvnih sortimenata predstavlja jednu od najznačajnijih faza u lancu proizvodnje i isporuke šumskih proizvoda, jer direktno utiče na ukupne troškove i efikasnost poslovanja (Devlin, 2010; Klvač et al. 2013; Ghaffariyan et al. 2018), ali istovremeno predstavlja značajan potencijal za optimizaciju (McDonald et al. 2010). Kamionski prevoz drvnih sortimenata je dominantan vid prevoza. U Finskoj se oko 75% ukupno posečene drvene mase preveze kamionima (Anttila et al. 2022), u Švedskoj se u toku godine kamionima preveze oko 60 miliona tona oblog drveta (Johannes et al. 2018), dok se u Poljskoj oko 90% drvene mase preveze teškim kamionima (Trzcinski et al. 2014). U Srbiji se skoro celokupna posečena drvena masa transportuje kamionima. Ove poslove pretežno obavlja privatni sektor, dok manji deo drvnih sortimenata prevoze kamioni u vlasništvu javnih preduzeća.

Razvoj sredstava rada na poslovima prevoza oblog drveta odvija se veoma brzo, uz konstantno unapređivanje tehničko-tehnoloških rešenja. Na tržištu se danas nalaze sredstva novije generacije, koja ostvaruju znatno veće učinke, pri čemu povoljnije utiču na životnu sredinu (Lindholm and Berg, 2005; Zorić et al. 2014; Timmermann and Dibdiakova, 2014). Prednost ovih vozila ogleda se u boljim performansama motora, modernim sistemima vožnja, lakšem upravljanju i uvođenju automatizacije procesa kao što su utovar i istovar. Značajnu ulogu ima i primena senzora, telematike i navigacionih sistema, koji omogućavaju praćenje transporta u realnom vremenu (Zorić, 2015).

Troškovi transporta zavise od zapremine tovara, transportne distance, karakteristika terena, stanja putne mreže i dozvoljene bruto mase vozila (Svenson, 2011; Šušnjar et al. 2011). U skladu sa zakonskim propisima u Republici Srbiji, najveća dozvoljena ukupna masa motornog vozila i skupa vozila (u ovom slučaju kamiona sa prikolicom) iznosi 40 tona (Pravilnik o podeli motornih i priključnih vozila i tehničkim uslovima za vozila u saobraćaju na putevima, 2012). Istim Pravilnikom definisana su i maksimalna osovinska opterećenja vozila, deklarirana od strane proizvođača, s tim da su osovinska opterećenja često ograničena kategorijom i stanjem saobraćajnica. Najčešća ograničenja za kretanje kamiona sa prikolicom javljaju se na šumskim, nekategorisanim i opštinskim putevima. Danas se šumski putevi grade u skladu sa pravilnicima za gradnju šumskih puteva, a njihovi konstruktivni elementi obezbeđuju saobraćanje kamiona sa prikolicom. Međutim, konstruktivni elementi šumskih puteva koji su građeni u drugoj polovini XX veka, a koji su i danas veoma zastupljeni, uglavnom su prilagođeni za kretanje solo kamiona, što u značajnoj meri utiče na korišćenje kapaciteta kamiona, posebno na većim transportnim distancama.

Istraživanjima efekata rada kamiona pri prevozu oblog drveta lišćara i četinara, moguće je objektivno oceniti efikasnost rada, identifikovati kritične faktore, predložiti mere optimizacije i definisati norme i normative rada. Istovremeno, dobijeni podaci mogu doprineti razvoju novih tehnoloških rešenja i unapređenju proizvodnog procesa u celini, sa aspekta tehničke, organizacione, ekonomske i ekološke opravdanosti (Acuna, 2017; Klačec et al. 2017; Danilović, 2020; Kogler et al. 2020; Mydlarz and Wieruszewski, 2020; Lotfalian et al. 2022).

Cilj ovog rada je da se istraže efekti rada kamiona sa prikolicom pri prevozu oblog drveta lišćara i četinara u brdsko-planinskim predelima Srbije, kao i da se na osnovu dobijenih rezultata predlože norme i normativi rada u različitim uslovima transporta.

2. Materijal i metode

U šumarstvu Republike Srbije prevoz tehničkog oblog drveta, oble građe, dugog ogrevnog i dugog celuloznog drveta, kao i usitnjenog drvnog materijala, obavlja se solo kamionima, kamionima sa prikolicama i kamionima sa poluprikolicama. Kamioni se kreću po različitim kategorijama saobraćajnica, u različitim vremenskim uslovima i transportuju sortimente na različitim transportnim

distanicama. U toku dana kamion izvrši jedan ili više transportnih ciklusa, zavisno od srednje transportne distance. Pored toga, broj transportnih ciklusa zavisi i od uslova rada.

Nosivost kamiona zavisi od snage motora i uslova kretanja. Snaga motora kamiona koji se danas najčešće koriste za prevoz drvnih sortimenata u Srbiji kreće se u rasponu od 300 do 400 kW.

Istraživanje efekata rada kamiona sa prikolicom pri prevozu drvnih sortimenata sprovedena su na kamionu Mercedes Arocs 3345, snage 330 kW, sa hidrauličnom dizalicom i dvoosovinskom prikolicom (Slika 1). Tehničke karakteristike kamiona, dizalice i prikolice predstavljene su u Tabeli 1.

Tabela 1. Tehničke karakteristike kamiona i prikolice.

Table 1. Technical characteristics of truck and trailer.

Kamion	Mercedes Arocs 3345
Godina proizvodnje	2022
Broj osovinama kamiona	3
Zapremina motora (cm ³)	12.800
Broj cilindara	6
Snaga motora (kW)	330
Emisioni standard	Euro 6
Korisna nosivost (kg)	23.194
Maksimalno dozvoljena masa (kg)	33.000
Pogon na osovina	6×4
Hidraulična dizalica	Palfinger Epsilon M12Z91
Prikolica	PSM 200 sa 4 para štica
Broj osovinama prikolice	2
Maksimalno dozvoljena masa (kg)	20.000



Slika 1. Kamion Mercedes Arocs 3345 sa prikolicom.

Picture 1. Mercedes Arocs 3345 truck with trailer.

Tokom prevoza drvnih sortimenata kamionima ostvaruju se različite brzine kretanja vozila u zavisnosti od kategorije saobraćajnice, pa se prilikom utvrđivanja efekata rada moraju uzeti u obzir ostvarene distance po mekom tj. zemljanom putu, putu sa kolovozom od kamenog agregata, nekategorisanom asfaltnom putu, lokalnom (opštinskom) asfaltnom putu, državnim putevima I i II reda i ulicama.

Utovar trupaca i oble građe najčešće se obavlja dizalicama, a utovar prostornog drveta ručno. U poslednje vreme sve češće se i prostorno drvo utovara dizalicom uz potrebu za dodatnim slaganjem. Broj elemenata i radnih operacija pri utovaru i istovaru zavisi od načina utovara i istovara, kao i sredstva sa kojim se vrši ova radna operacija.

Dešava se da se u toku dana realizuje više transportnih tura, s tim što treba imati u vidu da su prva i poslednja tura opterećena vremenom koje vozilo potroši dok dođe od mesta garažiranja do šume, kao i vreme koje se potroši da se posle poslednje ture u toku dana odveze na mesto garažiranja.

Istraživanje efekata rada kamiona sa prikolicom pri transportu tehničkog oblog drveta lišćara i četinara u različitim uslovima rada izvršeno je primenom studije rada i vremena, dok su normativi utroška goriva ustanovljeni po metodi dolivanja goriva u rezervoar.

U toku rada snimano je trajanje sledećih tehnoloških elemenata i radne operacije: manipulacija transportnog sredstva na mestu garažiranja, odlazak transportnog sredstva po tovar (prazna tura), manipulacija na privremenom stovarištu, utovar drvnih sortimenata, premeštanje transportnog sredstva, vreme vožnje od utovarne do istovarne stanice (puna tura), vreme istovara, vreme manipulacije.

Vreme istovara snimano je za više varijanti, odnosno u zavisnosti od potrebe za razdvajanjem drvnih sortimenata.

Pored čistog vremena rada, snimano je i opšte vreme rada, koje se sastoji od pripremno-završnog vremena, gubitaka vremena, odnosno zastoja koji se javljaju u toku rada iz fizioloških, tehničkih i organizacionih razloga, kao i zbog vremenskih neprilika (kiša, sneg i sl.).

Faktori od kojih zavisi norma na poslovima prevoza drvnih sortimenata su: vrsta drvnih sortimenata, transportna distanca po različitim kategorijama saobraćajnica, prosečna zapremina komada, vremenske prilike, zakonska ograničenja vezana za bruto masu kamiona i tovara, osovinska opterećenja i dr.

Trajanja radnih operacija izvršeno je digitalnim časovnikom po protočnoj metodi merenja vremena. Dužina transportne distance u odlasku i povratku za različite kategorije puta određena je pomoću kilometar-sata na kamionu, sa tačnošću do na 100 m. Na bazi vremena kretanja po različitim kategorijama puta i pređenog puta izračunata je prosečna brzina kretanja transportnog sredstva po različitim kategorijama terena. Obim tovara je određen merenjem svakog od utovarenih komada posebno sa tačnošću na dve decimale, a zatim sumiranjem. Kategorizacija puteva određena je na bazi dosadašnjih istraživanja, kao i istraživanja autora ovog rada.

Analize podataka izvršena je u statističkom programu Statgraphics Plus. Primenjena je regresiona i korelaciona analiza, kao i analiza varijanse.

2.1. Područje istraživanja

Istraživanja su izvršena na području Nacionalnog parka „Tara“ u tri gazdinske jedinice (GJ): „Zvezda“, „Crni vrh“ i „Tara“.

Površina GJ „Zvezda“ iznosi 3.470,19 ha, s tim da skoro 74% čine kanjonski delovi i ove površine pripadaju zoni I stepena zaštite. Na delu GJ koji ima zaštitno-proizvodni karakter, tzv. 'Ravna Zvezda', zastupljene su visoke mešovite šume jele, bukve i smrče, pri čemu je planom korišćenja obuhvaćeno oko 629 ha (Osnova gazdovanja šumama za GJ „Zvezda“, 2022-2031). Ravna Zvezda pretežno pripada zoni II stepena zaštite, gde su i sprovedena ova istraživanja (Osnova gazdovanja šumama za GJ „Zvezda“, 2022-2031). Nadmorska visina GJ „Zvezda“ kreće se od 291 m pa do 1.445 m.

Ukupna dužina šumskih puteva u proizvodnom delu GJ „Zvezda“ iznosi 16,88 km, što čini gustinu mreže šumskih puteva od 26,84 m/ha (Osnova gazdovanja šumama za GJ „Zvezda“, 2022-

2031). Svi šumski putevi su sa tucaničkom kolovoznom konstrukcijom, a njihovi konstruktivni elementi omogućavaju saobraćanje kamiona sa prikolicom. Veza sa centrima prodaje ostvaruje se preko nekategorisanih asfaltnih puteva „Perućac – Rastište“ i „Sedaljka – Predov Krst“.

Gazdinska jedinica „Crni vrh“ prostire se na 2.509,55 ha, pri čemu dominiraju visoke šume bukve, jele i smrče. Nadmorska visina kreće se od 825 do 1.591 m (Osnova gazdovanja šumama za GJ „Crni vrh“, 2023-2032). Skoro 97% površina je u zoni II stepena zaštite. Odeljenja koja su bila predmet istraživanja pripadaju ovom stepenu zaštite.

Ukupna dužina šumskih puteva u GJ „Crni vrh“ iznosi 55,04 km i sve su putevi sa kolovoznom konstrukcijom, čiji konstruktivni elementi omogućavaju saobraćanje kamiona sa prikolicom. Gustina mreže šumskih puteva iznosi 21,93 m/ha (Osnova gazdovanja šumama za GJ „Crni vrh“, 2023-2032). Kao i u GJ „Zvezda“, veza sa centrima prodaje ostvaruje se preko nekategorisanih asfaltnih puteva „Perućac – Rastište“ i „Sedaljka – Predov Krst“, ali i preko tri šumska puta sa tucaničkim kolovozom.

Gazdinska jedinica „Tara“ prostire se na površini od 3.698,94 ha (Osnova gazdovanja šumama za GJ „Tara“, 2021-2030). U GJ dominiraju visoke šume bukve, jele i smrče. Odeljenja koja su bila predmet istraživanja nalaze se u zoni II i III stepena zaštite.

Ukupna dužina šumskih puteva u GJ „Tara“ iznosi 69,82 km, od čega je asfaltnih puteva 13,04 km (18,7%), a puteva sa tucaničkom kolovoznom konstrukcijom 56,78 km (81,3%). Svi putevi imaju konstruktivne elemente koji omogućavaju saobraćanje kamiona sa prikolicom. Gustina mreže šumskih puteva u Gazdinskoj jedinici „Tara“ iznosi 19,3 m/ha (Osnova gazdovanja šumama za GJ „Tara“, 2021-2030). Veza sa centrima prodaje vrši se preko više asfaltnih puteva koji prolaze kroz GJ.

3. Rezultati

Podaci izvršenih snimanja sistematizovani su u obradnoj tabeli. Uz primenu deskriptivne statistike izračunate su prosečne vrednosti trajanja radnih operacija i ostalih elemenata. Na bazi rezultata regresione analize izabrani su statistički modeli ispitivanih zavisnosti koji najbolje predstavljaju prirodu zavisnosti. Rezultati izvršenih analiza prikazani su u tabelama i grafikonima.

Norme rada izračunate su i prikazane u m³/dan, za prosečne zapremine ture od 20 do 40 m³ i za prosečne zapremine komada od 0,1 do 0,8 m³. Norme su prikazane za srednju obračunsku transportnu distancu po šumskog putu sa tucaničkim kolovozom od 3 do 50 km.

Koeficijenti za računanje srednje obračunske transportne distance dati su za povoljne, srednje povoljne i nepovoljne uslove rada (Tabela 2).

Tabela 2. Obračunski koeficijenti.

Table 2. Calculation coefficients.

Uslovi rada	Kategorija puta					Ulice
	Šumski put sa tucaničkim kolovozom	Nekategorisani asfaltni put	Opštinski asfaltni put	Državni put II reda	Državni put I reda	
	Obračunski koeficijenti					
Srednje povoljni	1	0,75	0,52	0,36	0,22	1,06

Kategorizacija uslova rada izvršena je na bazi istraživanja normi i normativa rada (Danilović 2020). Povoljni uslovi rada: šumski put sa tucaničkim kolovozom je suv ili minimalne vlažnosti bez udarnih rupa i većih oštećenja, a asfaltni put suv bez udarnih rupa. Kretanje kamiona se odvija bez smetnji.

Srednje povoljni uslovi rada: šumski put sa tucaničkim kolovozom je suv i delimično oštećen (pojava manjih vododerina, udarnih rupa, ulegnuća i kolotruga), što ometa normalno kretanje kamiona ili vlažan put (tucanički i asfaltni) sa malim brojem udarnih rupa i drugih oštećenja.

Nepovoljni uslovi rada: šumski put sa tucaničkim kolovozom je značajno oštećen (pojava većih vododerina, većeg broja udarnih rupa, dubokih kolotruga i drugih oštećenja koja otežavaju normalno kretanje kamiona) ili vlažan put (tucanički i asfaltni) sa raskvašenim snegom veće visine ili sa utabanim zamrznutim snegom.

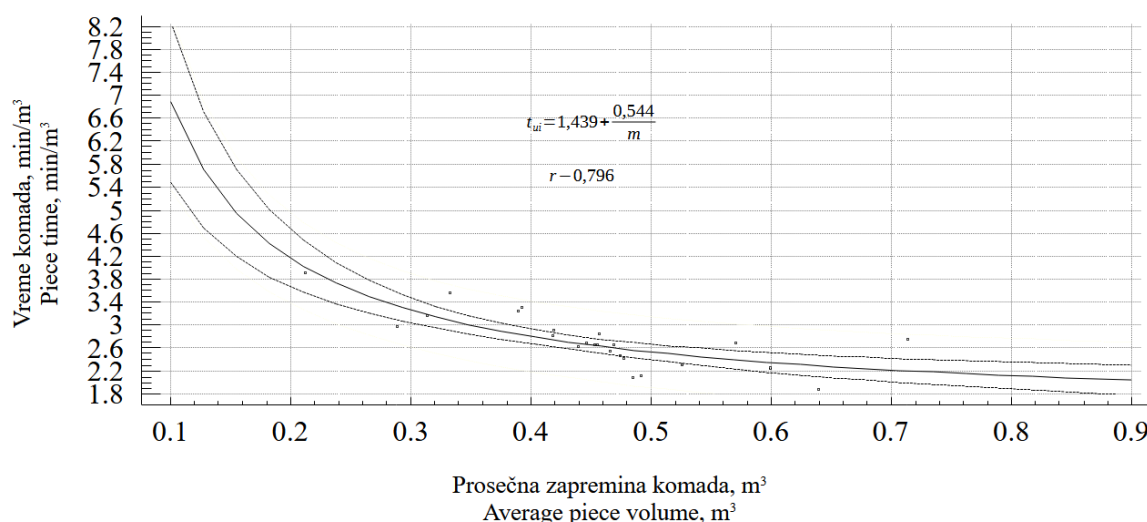
U tabeli 3 prikazane su prosečne vrednosti trajanja transportnog ciklusa u toku izvršenih istraživanja.

Tabela 3. Prosečne vrednosti merenih elemenata tovara i distanci.

Table 3. Average values of measured load elements and distances.

Prosečne vrednosti elemenata transportnog ciklusa	Jedinica mere	Vrednost
Broj tura	tura	25
Prosečna zapremina ture	m ³	39,15
Prosečan broj zahvata po turi	zah./tura	70
Prosečan broj komada po turi	kom/tura	93
Prosečan broj komada po zahvatu	kom/zah.	1,33
Prosečna distanca u odlasku i povratku po makadam putu	m	6235
Prosečna distanca u odlasku i opštinskom lokalnom putu	m	15065
Prosečna distanca u odlasku i povratku državnom putu II kategorije	m	13935
Prosečan utrošak goriva po turi	l/tura	52,4
Prosečan utrošak goriva po pogonskom satu	l/h	9,93
Prosečan utrošak goriva po m ³	l/ m ³	1,34

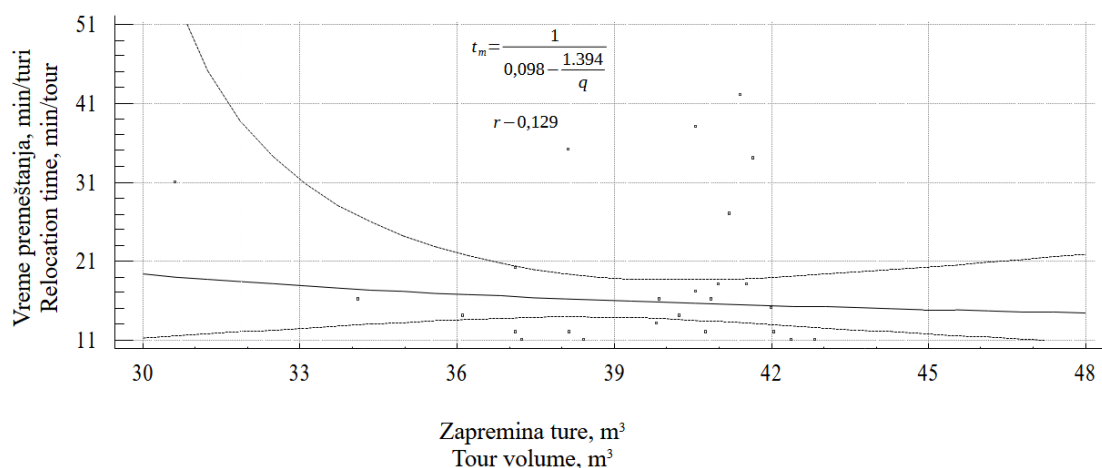
Zavisnost vremena utovara i istovara od prosečne zapremine komada prikazana je na grafikonu 1. Vreme utovara i istovara raste sa povećanjem prosečne zapremine komada, a ako se izrazi u minutima po m³, vreme utovara opada.



Grafikon 1. Zavisnost vremena utovara i istovara komada od prosečne zapremine komada.

Figure 1. Dependence of loading and unloading piece time on average piece volume.

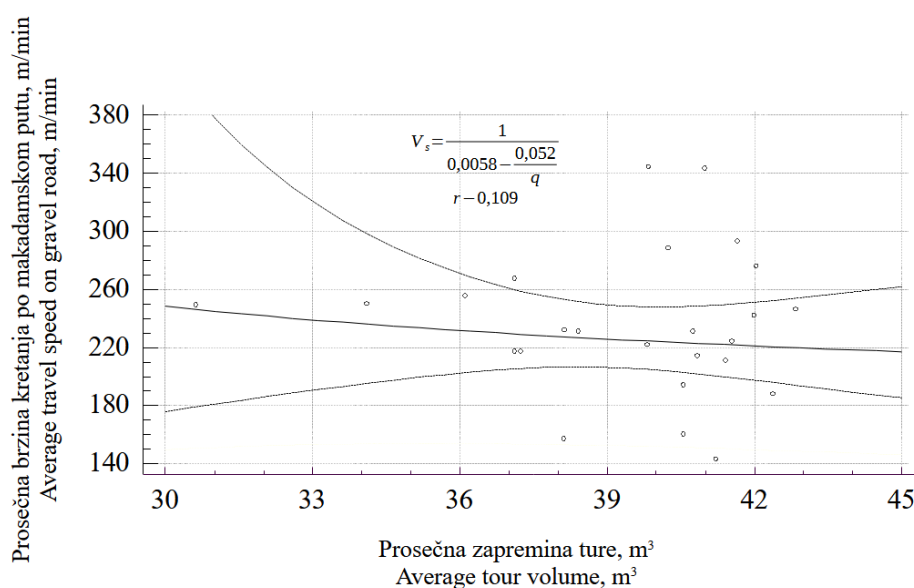
Parametri izabrane funkcije su precizno ocenjeni, a koeficijent korelacije iznosi 0,796. Vreme manipulacije obuhvata okretanje i pozicioniranje kamiona na utovarnoj stanici (stovarištu), premeštanje kamiona pri utovaru, zatim okretanja i pozicioniranje kamiona na istovarnoj stanici. Vreme premeštanja opada sa povećanjem prosečne zapremine ture (Grafikon 2).



Grafikon 2. Vreme premeštanja kamiona na utovarnoj stanici u zavisnosti od zapremine ture.

Figure 2. Relocation time truck at the loading station depending on load volume.

Parametri izabrane funkcije zavisnosti vremena manipulacije od zapremine tovara su izabrani na nivou poverenja (P_a -0,099; P_b -0,538). Koeficijent korelacije iznosi 0,129 i radi se o slaboj povezanosti promenljivih. Na grafikonu 3 prikazana je zavisnost prosečne brzine kretanja kamiona po makadamskom putu (puna tura) od zapremine ture.

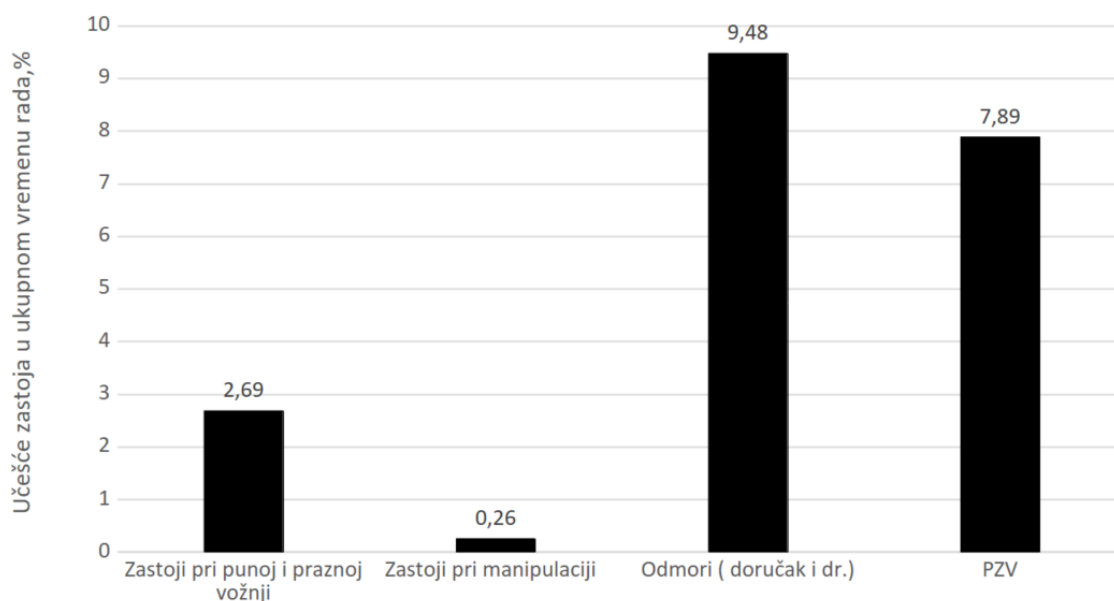


Grafikon 3. Zavisnost prosečne brzine kretanja kamiona po tucaničkom šumskom putu (puna tura) od zapremine ture.

Figure 3. Dependence of the average speed of a fully loaded truck on a gravel forest road on load volume.

Parametri izabrane funkcije zavisnosti vremena manipulacije od zapremine tovara su izabrani na nivou poverenja (P_a -0,031; P_b -0,602). Koeficijent korelacije iznosi -0,109 i radi se o slaboj povezanosti promenljivih. Vreme okretanja i pozicioniranje kamiona na utovarnoj i istovarnoj stanici iznosi u proseku 10,2 min/turi.

Na grafikonu 4 prikazano je učešće zastoja u toku radnog dana na poslovima prevoza drvnih sortimenata.



Grafikon 4. Učešće zastoja u ukupnom radnom vremenu.

Figure 4. Share of delays in total working time.

Na bazi izvršenih analiza ustanovljene su osnovne norme rada:

- prosečna brzina kretanja kamiona po šumskom putu sa tucaničkim kolovozom u povoljnim uslovima rada, iznosi 18,80 km/h,
- prosečna brzina kretanja kamiona po šumskom putu sa tucaničkim kolovozom u srednje povoljnim uslovima rada, iznosi 16,04 km/h,
- prosečna brzina kretanja kamiona po šumskom putu sa tucaničkim kolovozom u nepovoljnim uslovima rada, iznosi 12,90 km/h,
- prosečna brzina kretanja kamiona po nekategorisanom asfaltnom putu u srednje povoljnim uslovima rada, iznosi 21,39 km/h,
- prosečna brzina kretanja kamiona po državnom putu II reda u srednje povoljnim uslovima rada, iznosi 44,56 km/h,
- prosečna brzina kretanja kamiona ulicama, iznosi 15,34 km/h,
- prosečno vreme komada, iznosi 1,15 min/kom,
- prosečno vreme premeštanja, iznosi 18,30 min/turi,
- prosečno vreme manipulacije, iznosi 10,96 min/turi.

Na bazi osnovnih normi rada i ustanovljenih zakonitosti izračunate su norme rada za prevoz drvnih sortimenta lišćara i četinarara. Osnovni ulazi u norme rada su srednja obračunska transportna distanca, prosečna zapremina komada i prosečna zapremina ture.

Tabele normi prikazane su po vrsti drveća za zapremine ture od 20 do 40 m³ i maksimalnom dozvoljenom bruto nosivosti kamiona od 40 tona.

Ako se uzme da je gustina drveta tvrdih lišćara u sirovom stanju oko 960 kg/m³, a masa kamiona sa prikolicom 15,7 tona, maksimalno dozvoljeni tovar je 25,3 m³. Ova vrednost može minimalno da odstupa u zavisnosti od sezone rada, pa se preporučuje da se smanji zapremina tovara na 24 m³.

Maksimalno dozvoljeni tovar za četinare, jelu i smrču je 34 m³. U slučaju da se prevoze u istoj turi lišćari i četinari dozvoljena masa ture računa se kao ponderisana vrednost.

Norme zavise od velikog broja faktora: vrste i snage transportnog sredstva (kamion sa prikolicom i bez prikolice), vrste drveća (meki lišćari, tvrdi lišćari, četinari), kategorije puta, stanja puta, smera transporta, načina utovara, načina istovara (istovar na jednom mestu, istovar na više mesta, razdvajanje tehničkog oblog i višemetarskog drveta pri istovaru), mogućnosti formiranja optimalne zapremine ture i dr.

Koeficijenti za korekciju normi u zavisnosti od vrste drveća za istu prosečnu zapreminu ture prikazani su u tabeli 3.

Tabela 3. Koeficijenti korekcije normi četinara za istu prosečnu zapreminu ture pri transportu oblog drveta bukve.

Table 3. Correction coefficients of conifer norms for the same average tour volume when transporting beech roundwood.

Srednja obračunska transportna distanca, km	Prosečna zapremina komada, m ³							
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
3	1.132	1.1	1.085	1.076	1.072	1.066	1.063	1.061
4	1.121	1.089	1.075	1.067	1.064	1.058	1.056	1.053
5	1.112	1.081	1.068	1.06	1.057	1.052	1.05	1.048
6	1.103	1.074	1.062	1.055	1.052	1.047	1.045	1.043
7	1.096	1.068	1.057	1.05	1.047	1.043	1.041	1.039
8	1.090	1.063	1.052	1.046	1.043	1.039	1.037	1.036
9	1.085	1.059	1.049	1.043	1.04	1.037	1.035	1.033
10	1.080	1.055	1.045	1.04	1.037	1.034	1.032	1.031
11	1.076	1.052	1.043	1.037	1.035	1.032	1.03	1.029
12	1.072	1.049	1.04	1.035	1.033	1.03	1.028	1.027
13	1.068	1.047	1.038	1.033	1.031	1.028	1.027	1.025
14	1.065	1.044	1.036	1.031	1.029	1.027	1.025	1.024
15	1.062	1.042	1.034	1.03	1.028	1.025	1.024	1.023
16	1.060	1.04	1.032	1.028	1.026	1.024	1.023	1.022
17	1.057	1.038	1.031	1.027	1.025	1.023	1.022	1.021
18	1.055	1.037	1.03	1.026	1.024	1.022	1.021	1.02
19	1.053	1.035	1.028	1.025	1.023	1.021	1.02	1.019
20	1.051	1.034	1.027	1.024	1.022	1.02	1.019	1.018
21	1.049	1.033	1.026	1.023	1.021	1.019	1.018	1.017
22	1.048	1.031	1.025	1.022	1.02	1.019	1.018	1.017
23	1.046	1.03	1.024	1.021	1.02	1.018	1.017	1.016
24	1.045	1.029	1.024	1.02	1.019	1.017	1.016	1.016
25	1.043	1.028	1.023	1.02	1.018	1.017	1.016	1.015
26	1.042	1.027	1.022	1.019	1.018	1.016	1.015	1.015
27	1.041	1.027	1.021	1.019	1.017	1.016	1.015	1.014
28	1.040	1.026	1.021	1.018	1.017	1.015	1.014	1.014
29	1.039	1.025	1.02	1.017	1.016	1.015	1.014	1.013
30	1.038	1.024	1.02	1.017	1.016	1.014	1.013	1.013
31	1.037	1.024	1.019	1.016	1.015	1.014	1.013	1.012
32	1.036	1.023	1.018	1.016	1.015	1.013	1.013	1.012
33	1.035	1.023	1.018	1.016	1.014	1.013	1.012	1.012
34	1.034	1.022	1.018	1.015	1.014	1.013	1.012	1.011
35	1.033	1.021	1.017	1.015	1.014	1.012	1.012	1.011

Koeficijenti korekcije normi u zavisnosti od uslova rada dobijeni su na bazi ostvarenih prosečnih brzina po različitim kategorijama puta i njihovog učešća u obračunskoj transportnoj distanci, kao i učešća vremena utovara i istovra u zavisnosti od prosečne zapremine komada.

U tabeli 4 prikazani su koeficijenti korekcije sa kojima je potrebno pomnožiti norme date za srednje povoljne uslove da bi se dobile norme u povoljnim uslovima rada.

Tabela 4. Koeficijenti za korekciju normi za povoljne uslove rada.**Table 4.** Correction coefficients for norms under favorable working conditions.

Srednja obračunska transportna distanca, km	Prosečna zapremina komada, m ³							
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
3	1.038	1.048	1.053	1.056	1.058	1.059	1.06	1.061
4	1.047	1.058	1.064	1.067	1.069	1.071	1.072	1.073
5	1.055	1.067	1.073	1.076	1.079	1.08	1.081	1.082
6	1.062	1.075	1.081	1.084	1.086	1.088	1.089	1.09
7	1.068	1.082	1.087	1.091	1.093	1.095	1.096	1.097
8	1.074	1.087	1.093	1.097	1.099	1.1	1.101	1.102
9	1.079	1.092	1.098	1.102	1.104	1.105	1.106	1.107
10	1.083	1.097	1.103	1.106	1.108	1.109	1.11	1.111
11	1.087	1.101	1.107	1.11	1.112	1.113	1.114	1.115
12	1.091	1.104	1.11	1.113	1.115	1.116	1.117	1.118
13	1.095	1.108	1.113	1.116	1.118	1.119	1.12	1.121
14	1.098	1.111	1.116	1.119	1.121	1.122	1.123	1.124
15	1.101	1.113	1.119	1.121	1.123	1.125	1.125	1.126
16	1.103	1.116	1.121	1.124	1.125	1.127	1.128	1.128
17	1.106	1.118	1.123	1.126	1.128	1.129	1.13	1.13
18	1.108	1.12	1.125	1.128	1.129	1.131	1.131	1.132
19	1.11	1.122	1.127	1.129	1.131	1.132	1.133	1.134
20	1.112	1.124	1.129	1.131	1.133	1.134	1.135	1.135
21	1.114	1.126	1.13	1.133	1.134	1.135	1.136	1.137
22	1.116	1.127	1.132	1.134	1.135	1.137	1.137	1.138
23	1.118	1.129	1.133	1.135	1.137	1.138	1.138	1.139
24	1.119	1.13	1.134	1.136	1.138	1.139	1.14	1.14
25	1.121	1.131	1.135	1.138	1.139	1.14	1.141	1.141
26	1.122	1.132	1.137	1.139	1.14	1.141	1.142	1.142
27	1.123	1.134	1.138	1.14	1.141	1.142	1.143	1.143
28	1.125	1.135	1.139	1.141	1.142	1.143	1.143	1.144
29	1.126	1.136	1.14	1.142	1.143	1.144	1.144	1.145
30	1.127	1.137	1.14	1.142	1.144	1.144	1.145	1.146
31	1.128	1.138	1.141	1.143	1.144	1.145	1.146	1.146
32	1.129	1.138	1.142	1.144	1.145	1.146	1.147	1.147
33	1.13	1.139	1.143	1.145	1.146	1.147	1.147	1.148
34	1.131	1.14	1.143	1.145	1.146	1.147	1.148	1.148
35	1.132	1.141	1.144	1.146	1.147	1.148	1.148	1.149
36	1.133	1.142	1.145	1.147	1.148	1.148	1.149	1.149
37	1.134	1.142	1.145	1.147	1.148	1.149	1.15	1.15
38	1.134	1.143	1.146	1.148	1.149	1.15	1.15	1.15
39	1.135	1.143	1.147	1.148	1.149	1.15	1.151	1.151
40	1.136	1.144	1.147	1.149	1.15	1.151	1.151	1.151

U tabeli 5 prikazani su koeficijenti sa kojima je potrebno pomnožiti norme date za srednje povoljne uslove da bi se dobile norme u nepovoljnim uslovima rada.

Tabela 5. Koeficijenti za korekciju normi za nepovoljne uslove rada.**Table 5.** Correction coefficients for norms under unfavorable working conditions.

Srednja obračunska transportna distanca,km	Prosečna zapremina komada, m ³							
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
3	0.943	0.93	0.923	0.919	0.917	0.915	0.914	0.913
4	0.931	0.916	0.909	0.906	0.903	0.901	0.9	0.899
5	0.92	0.905	0.899	0.895	0.892	0.89	0.889	0.888
6	0.912	0.896	0.89	0.886	0.883	0.882	0.88	0.88
7	0.904	0.889	0.882	0.879	0.876	0.875	0.873	0.872
8	0.898	0.883	0.876	0.873	0.87	0.869	0.868	0.867
9	0.892	0.877	0.871	0.867	0.865	0.864	0.863	0.862
10	0.887	0.872	0.866	0.863	0.861	0.859	0.858	0.858
11	0.882	0.868	0.862	0.859	0.857	0.856	0.855	0.854
12	0.878	0.864	0.859	0.856	0.854	0.853	0.852	0.851
13	0.875	0.861	0.856	0.853	0.851	0.85	0.849	0.848
14	0.871	0.858	0.853	0.85	0.848	0.847	0.846	0.846
15	0.868	0.856	0.851	0.848	0.846	0.845	0.844	0.843
16	0.866	0.853	0.848	0.846	0.844	0.843	0.842	0.841
17	0.863	0.851	0.846	0.844	0.842	0.841	0.84	0.84
18	0.861	0.849	0.844	0.842	0.84	0.839	0.839	0.838
19	0.859	0.847	0.843	0.84	0.839	0.838	0.837	0.836
20	0.857	0.845	0.841	0.839	0.837	0.836	0.836	0.835
21	0.855	0.844	0.84	0.837	0.836	0.835	0.834	0.834
22	0.853	0.842	0.838	0.836	0.835	0.834	0.833	0.833
23	0.851	0.841	0.837	0.835	0.834	0.833	0.832	0.832
24	0.85	0.84	0.836	0.834	0.833	0.832	0.831	0.831
25	0.849	0.839	0.835	0.833	0.832	0.831	0.83	0.83
26	0.847	0.838	0.834	0.832	0.831	0.83	0.829	0.829
27	0.846	0.837	0.833	0.831	0.83	0.829	0.829	0.828
28	0.845	0.836	0.832	0.83	0.829	0.828	0.828	0.827
29	0.844	0.835	0.831	0.829	0.828	0.828	0.827	0.827
30	0.843	0.834	0.83	0.829	0.828	0.827	0.826	0.826
31	0.842	0.833	0.83	0.828	0.827	0.826	0.826	0.825
32	0.841	0.832	0.829	0.827	0.826	0.826	0.825	0.825
33	0.84	0.831	0.828	0.827	0.826	0.825	0.825	0.824
34	0.839	0.831	0.828	0.826	0.825	0.825	0.824	0.824
35	0.838	0.83	0.827	0.826	0.825	0.824	0.824	0.823
36	0.837	0.829	0.827	0.825	0.824	0.824	0.823	0.823
37	0.837	0.829	0.826	0.825	0.824	0.823	0.823	0.822
38	0.836	0.828	0.826	0.824	0.823	0.823	0.822	0.822
39	0.835	0.828	0.825	0.824	0.823	0.822	0.822	0.821
40	0.834	0.827	0.825	0.823	0.822	0.822	0.821	0.821

U tabeli 6 prikazane su norme rada na poslovima prevoza oblog drveta četinaru kamionom sa snage 330 kW sa prikolicom, u srednje povoljnim uslovima, za prosečnu zapreminu ture od 20 m³.

Ulazi u norme prevoza su srednja obračunska transportna distanca i prosečna zapremina komada. Srednja obračunska transportna distanca dobija se na bazi obračunskih koeficijenata koji predstavljaju odnos prosečne brzine kretanja po šumskom putu sa tucaničkim kolovozom i prosečne

brzine kretanja po transportnim distancama po kojima se transportno sredstvo kreće pri prevozu drvnih sortimenata.

Tabela 6. Norme prevoza tehničkog oblog drveta četinarara prosečne zapremine tovara od 20 m³.

Table 6. Transport norms for coniferous technical roundwood with an average load volume of 20 m³.

Prosečna zapremina komada, m ³	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Srednja obračunska transportna distanca, km	m ³ ·dan ⁻¹							
3	98.5	123.7	135.7	142.9	147.6	151.0	153.5	155.5
4	91.0	112.1	121.9	127.6	131.3	134.0	136.0	137.6
5	84.5	102.4	110.6	115.2	118.3	120.5	122.1	123.3
6	78.9	94.3	101.2	105.1	107.6	109.4	110.7	111.8
7	74.0	87.4	93.2	96.6	98.7	100.2	101.3	102.2
8	69.7	81.4	86.5	89.3	91.1	92.4	93.4	94.1
9	65.8	76.2	80.6	83.1	84.7	85.8	86.6	87.2
10	62.4	71.6	75.5	77.7	79.0	80.0	80.7	81.3
11	59.2	67.6	71.0	72.9	74.1	75.0	75.6	76.1
12	56.4	63.9	67.0	68.7	69.8	70.5	71.1	71.5
13	53.9	60.7	63.4	65.0	65.9	66.6	67.1	67.5
14	51.5	57.7	60.2	61.6	62.5	63.1	63.5	63.8
15	49.4	55.1	57.3	58.6	59.4	59.9	60.3	60.6
16	47.4	52.6	54.7	55.8	56.5	57.0	57.4	57.7
17	45.6	50.4	52.3	53.3	54.0	54.4	54.7	55.0
18	43.9	48.4	50.1	51.0	51.6	52.0	52.3	52.6
19	42.4	46.5	48.1	48.9	49.5	49.9	50.1	50.4
20	40.9	44.7	46.2	47.0	47.5	47.9	48.1	48.3
21	39.5	43.1	44.5	45.2	45.7	46.0	46.2	46.4
22	38.3	41.6	42.9	43.6	44.0	44.3	44.5	44.7
23	37.1	40.2	41.4	42.0	42.4	42.7	42.9	43.1
24	36.0	38.9	40.0	40.6	41.0	41.2	41.4	41.6
25	34.9	37.7	38.7	39.3	39.6	39.9	40.0	40.2
26	33.9	36.5	37.5	38.0	38.3	38.6	38.7	38.9
27	33.0	35.4	36.3	36.8	37.1	37.4	37.5	37.6
28	32.1	34.4	35.3	35.7	36.0	36.2	36.4	36.5
29	31.2	33.4	34.3	34.7	35.0	35.2	35.3	35.4
30	30.4	32.5	33.3	33.7	34.0	34.1	34.3	34.4
31	29.7	31.7	32.4	32.8	33.0	33.2	33.3	33.4
32	29.0	30.8	31.5	31.9	32.1	32.3	32.4	32.5
33	28.3	30.1	30.7	31.1	31.3	31.4	31.5	31.6
34	27.6	29.3	29.9	30.3	30.5	30.6	30.7	30.8
35	27.0	28.6	29.2	29.5	29.7	29.9	30.0	30.0
36	26.4	27.9	28.5	28.8	29.0	29.1	29.2	29.3

Tabela 6. Nastavak.
Table 6. Continue.

Prosečna zapremina komada, m ³	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Srednja obračunska transportna distanca, km	m ³ ·dan ⁻¹							
37	25.8	27.3	27.8	28.1	28.3	28.4	28.5	28.6
38	25.3	26.7	27.2	27.5	27.7	27.8	27.9	27.9
39	24.7	26.1	26.6	26.9	27.0	27.1	27.2	27.3
40	24.2	25.5	26.0	26.3	26.4	26.5	26.6	26.7
Regresione jednačine	$N_{P01}=1/(0,0763+0,00084 \cdot S_0)$	$N_{P02}=1/(0,0763+0,00084 \cdot S_0)$	$N_{P03}=1/(0,0763+0,00084 \cdot S_0)$	$N_{P04}=1/(0,0763+0,00084 \cdot S_0)$	$N_{P05}=1/(0,0763+0,00084 \cdot S_0)$	$N_{P06}=1/(0,0763+0,00084 \cdot S_0)$	$N_{P07}=1/(0,0763+0,00084 \cdot S_0)$	$N_{P08}=1/(0,0763+0,00084 \cdot S_0)$

4. Diskusija

Prosečna zapremina ture ostvarena prilikom istraživanja iznosila je 39,15 m³. Prosečna zapremina ture je bila veća od dozvoljene. U strukturi drvnih sortimenta su zastupljeniji drvni sortimenti četinaru i vreme od seče do otpreme je bilo nešto duže, što je uticalo na mogućnost da se poveća zapremina tovara u odnosu na zapreminu kada se prevoze drvni sortimenti neposredno posle seče. U istraživanjima koja su u Češkoj sprovedi Klvač et al. (2013) na bazi 136 hiljada transportnih ciklusa, utvredne su prosečne zapremine tura od 25,21 m³ kamionima marke Iveco, 22,84 m³ kamionom marke Tatra i 28,38 m³ kamionima marke Mercedes Benz. Trziński et al. (2013) analizirali su zapremine tovara na 80 kamiona sa prikolicom i poluprikolicom u Poljskoj, prilikom prevoza drvnih sortimenata bora i pri tom ustanovili da je prosečna zapremina tovara iznosila 30,1 m³, i da je svih 80 vozila prekoračilo dozvoljenu bruto težinu za vrednosti od 2,28 do 19,94 t. Holzleitner et al. (2010) su u Austriji analizirali 7 kamiona, koji su ostvarili 2.000 tura i pritom prešli blizu 100.000 km. Analizom je ustanovljeno da je prosečna zapremina ture iznosila 25 m³. Allman et al. (2021) istraživali su tri tipa Scania kamiona i na osnovu realizovanih 1.232 ture u kojima je prevezeno blizu 25.000 m³ na ukupnoj distanci od skoro 55.000 km, ustanovili su da su prosečne zapremine tura iznosile 19,53 m³, 18,35 m³ i 27,14 m³. Kogler et al. 2020, su poredili sistem sa pretovarnim terminalom u odnosu na unimodalni transport i konstatovali da se pretovarom samoutovarnih kamiona u prikolice na terminalima smanjuje potreban broj samoutovarnih kamiona za 50%.

Mydlarz and Wieruszewski (2020) su u svom istraživanju koristili vozila sa kapacitetom 25 i 30 m³, uglavnom na distancama od 40 do 60 km. Ustanovili su razliku od 200 tura i pređenoj kilometraži od 20.000 do 33.000 km u korist vozila sa većim kapacitetom, pri čemu se razlika povećava sa povećanjem transportne distance. Oni su takođe utvrdili da su preopterećenja češća tokom jeseni i zime.

Na osnovu sprovedenih istraživanja na kamionu Mercedes Benz Arocs 3345 sa prikolicom PSM 200 ustanovljeno je da je prosečan utrošak goriva po pogonskom satu iznosio 9,93 l/h, dok je po jedinici mere tereta iznosio 1,34 l/m³. Klvač et al. (2013), za prosečnu transportnu distancu od 45 km ističu prosečnu potrošnju goriva od 2,19 l/m³. Holzleitner, et al. (2010) za prosječnu zapreminu ture od 25 m³ ustanovili su prosečnu potrošnju goriva od 0,77 l/km. Analizirajući kamion MAN TGS 33.440 sa prikolicom PSM 200, Pandur et al. (2021) ustanovili su prosečne potrošnje goriva od 1,21 l/km pri kretanju uzbrdo, odnosno 0,23 l/km pri kretanju nizbrdo. Svenson and Fjeld (2016) su utvrdili da uticaj nagiba puta i težine tereta dovode do povećanja potrošnje goriva i do 86%.

Klapec et al. (2017) ispitivali su optimizaciju transporta drveta u SAD pomoću linearnog programiranja. Primenom aplikacije postignuto je smanjenje transportne distance za 14% ili 15 km,

čime je ostvarena ušteda goriva od 1,1 milion litara i broj tura smanjen za 174.000.

Potrošnja goriva može se predstaviti kao funkcija mase vozila i tereta $P_g = 1,662 \times m(t) + 2,8612$ ($R^2 = 0,84$) (Ghaffariyan et al. 2018). Potrošnja zavisi od vrste kamiona. Primera radi, DAF kamion troši manje goriva (3,34-4,53 km/l) od IVECO kamiona u istim uslovima (1,52-1,66 Pgkm/l), što dovodi do godišnje uštede od 3029 do 3751 evra (Devlin, 2010).

5. Zaključak

Na bazi rezultata istraživanja rada na poslovima prevoza drvnih sortimenata mogu se izvesti sledeći zaključci:

- struktura trajanja elemenata tehnološkog procesa razlikuje se po radnim operacijama, pri čemu se najviše vremena utroši na dve radne operacije: utovar drvnih sortimenata, koje u proseku iznosi 80,4 min., i vreme kretanja po asfaltnom putu, koje u proseku iznosi 55,7 min. Najmanji utrošak vremena odnosi se na prosečna vremena zastoja i kreće se, u proseku 1 min.
- Vreme trajanja transportnog ciklusa opada sa povećanjem prosečne zapremine komada i raste sa povećanjem srednje obračunske transportne distance.
- Jedinični utrošak goriva raste sa povećanjem obračunske transportne distance u odlasku i povratku i smanjenjem kvaliteta šumske putne infrastrukture, odnosno većom pojavom oštećenja na gornjem stroju puta.
- Faktori korekcije normi za različite uslove rada variraju u zavisnosti od uslova vožnje, odnosno od stanja šumske putne infrastrukture.
- Norme rada variraju u zavisnosti od vrste tovarnog prostora, vrste drveća koja je predmet transporta, sezone rada, kao i ostalih faktora (nagib puta, nadmorska visina) na bazi kojih se definišu uslovi rada pri prevozu šumskih drvnih sortimenata.

Literatura

1. Acuna, M., (2017): Timber and biomass transport optimization: A review of planning issues, solution techniques and decision support tools. *Croatian Journal of Forest Engineering* 38(2): 279–290.
2. Allman, M., Dudáková, Z., Jankovský, M., Merganič, J. (2021): Operational Parameters of Logging Trucks Working in Mountainous Terrains of the Western Carpathians. *Forests* 12: 718.
3. Anttila, P., Ojala, J., Palander, T., Väättäinen, K. (2023): The effect of road characteristics on timber truck driving speed and fuel consumption based on visual interpretation of road database and data from fleet management system. *Silva Fennica* 56(4): 10798.
4. Ghaffariyan, M.R., Barrier, C., Brown, M., Kuehmaier, M., Acuna, M. (2018): A short review of timber truck fuel consumption studies. *Industry Bulletin* 21, Technical report, 1-6.
5. Holzleitner, F., Kanzian, C., Stampfer, K. (2011): Analyzing time and fuel consumption in road transport of round wood with an onboard fleet manager. *European Journal of Forest Research* 130(2): 293-301.
6. Danilović, M. (2020): Tehničke norme i normativi rada u šumarstvu, JP "Vojvodinašume", Novi Sad.
7. Devlin, G. (2010): Fuel consumption of timber haulage versus general haulage. *Harvesting/transportation* No. 22. COFORD, 6 p.
8. Johannes, E., Ekman, P., Huge-Brodin, M., Karlsson, M. (2018): sustainable timber transport—economic aspects of aerodynamic reconfiguration. *Sustainability* 10: 1965.
9. Kłapeć, B., Tracz, W., Janeczko, K. (2017): Optimization of the transportation of wood purchased in the State Forests units. *Sylwan* 161(10): 842-850.
10. Klvač, R., Kolarik, J., Volona, M., Drapela, K. (2013): Fuel consumption in timber haulage. *Croatian Journal of Forest Engineering* 34(2): 229-240.

11. Kogler, C., Stenitzer, A., Rauch, P. (2020): Simulating combined self-loading truck and semitrailer truck transport in the wood supply chain. *Forests* 11(12): 1-15.
12. Lindholm, E.-L., Berg, S. (2005): Energy requirement and environmental impact in timber transport. *Scandinavian Journal of Forest Research* 20(2): 184-191.
13. Lotfalian, M., Peyrov, S., Adeli, K., Pentek, T. (2022): Determination of Optimal Distribution and Transportation Network (Wood Transportation in Iran). *Croatian Journal of Forest Engineering* 43(2): 313-323.
14. McDonald, T.P., Haridass, K., Valenzuela, J. (2010): Mileage savings from optimization of coordinated trucking. *Proceedings of the 33rd Annual Meeting of the Council on Forest Engineering*, 6-9 June 2010, Southern Research Station, Auburn, AL, USA: 1-11.
15. Mydlarz, K., Wieruszewski, M., (2020): Problems of sustainable transport of large-sized roundwood. *Sustainability* 12(5): 2038.
16. Osnova gazdovanja šumama za GJ „Zvezda“, 2022-2031.
17. Osnova gazdovanja šumama za GJ „Crni vrh“, 2023-2032.
18. Osnova gazdovanja šumama za GJ „Tara“, 2021-2030.
19. Pandur, Z., Nevečerel, H., Šušnjar, M., Bačić, M., Lepoglavec, K. (2021): Energy efficiency of timber transport by trucks on hilly and mountainous forest roads. *Forestist* 72(1): 20-28.
20. Pravilnik o podeli motornih i priključnih vozila i tehničkim uslovima za vozila u saobraćaju na putevima. Službeni glasnik RS broj 40/2012, 102/2012, 19/2013, 41/2013, 102/2014, 41/2015, 78/2015, 111/2015, 14/2016, 108/2016, 7/2017 - ispr., 63/2017, 45/2018, 70/2018, 95/2018, 104/2018, 93/2019, 2/2020 - ispr., 64/2021, 129/2021 - dr. pravilnik, 143/2022, 110/2022 - dr. pravilnik, 48/2023, 24/2024 i 101/2024
21. Svenson, G., (2011): The impact of road characteristics on fuel consumption for timber trucks. In: Ackerman, P., Ham, H., Gleasure, E. (Eds), *Proceedings of 4th Forest Engineering Conference: Innovation in Forest Engineering - Adapting to Structural Change*. Stellenbosch University, pp. 172.
22. Svenson, G., Fjeld, D. (2016): The impact of road geometry and surface roughness on fuel consumption of logging trucks. *Scandinavian Journal of Forest Research* 31(5): 526-536.
23. Timmermann, V., Dibdiakova, J. (2014): Greenhouse gas emissions from forestry in East Norway. *International Journal of Life Cycle Assessment* 19(9): 1593-1606.
24. Trzciński, G., Sieniawski, W., Moskalik, T. (2013): Effects of timber loads on gross vehicle weight. *Folia Forestalia Polonica, series A* 55(4): 159-167.
25. Trzciński, G., Moskalik, T., Wojtan, R. (2018): Total weight and axle loads of truck units in the transport of timber depending on the timber cargo. *Forests* 9: 164.
26. Šušnjar, M., Horvat, D., Pandur, Z., Zorić, M. (2011): Određivanje osovinskih opterećenja kamionskog i šleperskog skupa za prijevoz drva. *Croatian Journal of Forest Engineering* 32(1): 379-388.
27. Zorić, M., Šušnjar, M., Pandur, Z., Mihaljević, K. (2014): Potrošnja goriva i emisija stakleničkih plinova pri kamionskom prijevozu drva u hrvatskom šumarstvu. *Nova mehanizacija šumarstva* 35: 98-97.
28. Zorić, M., 2015: Uporaba novih mjernih sustava za određivanje energijske i tehničke pogodnosti kamionskog prijevoza drva. *Doktorski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*, 1-154.