

Potrošnja goriva i emisija stakleničkih plinova pri kamionskom prijevozu drva u hrvatskom šumarstvu

Marko Zorić, Marijan Šušnjar, Zdravko Pandur, Kristijan Mihaljević

Sažetak – Abstract

Daljinski je prijevoz drva kamionima druga polufaza prijevoza drva. Zbog svojih značajki, cikličnoga rada, velikoga udjela vožnje neopterećenoga vozila, visoke nabavne cijene vozila, prevezene male količine jeftine robe visoka cijena goriva, velika potrošnja goriva, daljinski prijevoz drva kamionima prate iznimno visoki troškovi. Osim visoke cijene daljinskoga prijevoza drva kamionima značajno je i njegovo veliko opterećenje okoliša emisijom stakleničkih plinova te niska energetska učinkovitost.

Cilj je ovoga rada napraviti analizu podataka o ukupnim prevezenim količinama drva, te dvije jedinične potrošnje goriva po jedinici prevezenoga tereta te po tona kilometru (t km), koja je najbolji pokazatelj energetske učinkovitosti prijevoza, te analizu podataka o jediničnoj emisiji stakleničkih plinova kamiona koji su u vlasništvu trgovačkoga društva »Hrvatske šume« d.o.o Zagreb za 2012. godinu. Osim provedene analize dobiveni će se rezultati usporediti s rezultatima istraživanja potrošnje goriva u daljinskom prijevozu drva u Hrvatskoj koje navodi Anić i dr. (1996).

Gljučne riječi: daljinski prijevoz drva kamionima, kamionski skup, potrošnja goriva, emisija stakleničkih plinova

1. Uvod – Introduction

U Hrvatskoj se između dvaju svjetskih ratova počinju rabiti šumski kamioni. Krpan (1991) navodi da se u Hrvatskoj 75 % drva prevozi kamionskim skupovima, dok se ostatak prevozi željeznicom. Horvat i Šušnjar (2002) daju podatak da je udio prijevoza drva kamionskim skupovima 85 %. Danas se u Hrvatskoj gotovo svi drveni sortimenti prevoze kamionskim skupovima. Razlozi tomu mogu se naći u razvoju kamiona i kamionskoga prijevoza u cjelini, gradnji takve mreže javnih putova koja je omogućila masovnu uporabu kamiona te u otvaranju šuma gradnjom primarnih šumskih prometnica (Horvat i Šušnjar 2002). Promatrajući prijevoz drva kamionima u slobodnom tržištu, Kulušić (1988) smatra da se prednost kamionskoga prijevoza pred ostalim načinima daljinskoga prijevoza očituje u velikoj fleksibilnosti zbog mogućnosti izbora optimalnoga sredstva za prijevoz određene vrste tereta te ula-

ganja relativno malih investicijskih i obrtnih sredstava s brzim obrtom kapitala.

Od 1986. do 2000. godine broj kamionskih prijevoznih jedinica u vlasništvu trgovačkoga društva »Hrvatske šume« d.o.o Zagreb (HŠ) smanjio se s 400 na 250 komada zbog povećanja udjela privatnih prijevoznika. Od 1995. godine do danas zamjetno rastu količine drva koje prevezu poduzetnici i/ili kupci – od 51 % 1995. pa sve do 78 % 2004. (Tomašić 2005). Tomašić (2012) navodi kako su u 2011. godini »Hrvatske šume« sa svojim kapacitetima za prijevoz drva sudjelovale sa 16,1 %, dok privatni poduzetnici sudjeluju sa 72,1 %, a ostatak od 11,8 % čini mjesno stanovništvo koje traktorima prevozi ogrjevno drvo za vlastite potrebe. Za usporedbu, Beuk i dr. (2007.) navode da su u ukupnom prijevozu drva kamionskim skupovima u Hrvatskoj »Hrvatske šume« u 2007. godini sudjelovale s 21 %, dok preostalih 79 % prijevoza drva obavljaju privatni poduzetnici.



Slika 1. Kamionski skupovi »Hrvatskih šuma« d.o.o. A) IVECO Trakker, B) MAN 33-422, C) MAN 33-464, D) SCANIA P124

Fig. 1 Truck and trailer units owned by »Hrvatske šume« d.o.o.

Posebnosti daljinskoga prijevoza drva kamionima očituju se u njegovu cikličnom radu, gdje je vrlo teško osigurati »povratnu turu«, u čestom radu u nepovoljnim vremenskim uvjetima, vožnji po šumskim cestama velikoga nagiba i nepovoljnoga stanja gornjega ustroja. Holtzleitner (2009 i 2011) navodi da šumski kamionski skupovi provode čak do 14 % vožnje na šumskim cestama, zbog čega šumski kamionski skupovi moraju biti opremljeni snažnim pogonskim motorima, snažnijim od 4 kW/t, što je i zahtjev Pravilnika o tehničkim uvjetima vozila na cestama (NN 51/10, 84/10, 145/11 i 140/13). Konstrukcijska rješenja šumske nadogradnje šumskih kamionskih skupova takva su da se ne može koristiti, ili se vrlo rijetko koristi za prijevoz ostale robe. Svenson (2011) prema Klvaču (2013) nabroja niz tehničkih čimbenika koji utječu na potrošnju goriva šumskih kamionskih skupova, a samim time i na emisiju stakleničkih plinova. Čimbenike svrstava u ove skupine: značajke vozila, značajke prikolice, geometrija ceste, gornji ustroj šumske ceste, brzina kretanja, promjena stupnja

prijenosa, način vožnje, vrijeme i uvjeti gornjega ustroja šumske ceste. Devlin (2010) govori da navedeni čimbenici značajno utječu na potrošnju goriva prilikom daljinskoga prijevoza drva kamionima, koja može biti dvostruko veća u usporedbi s prijevozom drugih vrsta roba, a Favreau (2006) piše da u ukupnim troškovima daljinskoga prijevoza drva kamionima trošak goriva sudjeluje s 30 %.

Trgovačko društvo »Hrvatske šume« d.o.o 1996. godine imalo je 259 kamionskih skupova te je u ukupnom daljinskom prijevozu drva kamionima sudjelovalo s 85 %. Potrošnja goriva u svim radovima potrebnim za proizvodnju 1 m³ 1996. godine u hrvatskom šumarstvu bila je 6,96 L/m³, a potrošnja goriva u kamionskom prijevozu drva bila je 2,33 L/m³ ili 33,4 % ukupno utrošenoga goriva (Anić i dr. 1996). Karjalainen i Asikainen (1996) navode kako potrošnja goriva u Finskoj iznosi 56 L/100 km, dok emisija stakleničkih plinova (CO₂, CH₄ i N₂O) iznosi 0,03 kg/m³km. Prema Svensonu (2011) potrošnju goriva u Švedskoj iznosi 28 L/100 km, a pre-

ma Klvaču (2013) potrošnja goriva iznosi 2,19 L/m³, odnosno 67,4 L/100 km. Pandur (2013) daje podatak da je utrošak energije u svim radovima potrebnim za proizvodnju 1 m³ drva u nizinskim šumama 634 MJ/m³, od toga iznosa energija goriva čini 86 %. Od svih radova potrebnih za proizvodnju 1 m³ utrošak energije pri kamionskom prijevozu drva iznosi 31 % ukupno utrošene energije.

Cilj je ovoga rada napraviti analizu podataka o ukupnim prevezenim količinama drva, potrošnji goriva po jedinici prevezenoga tereta te po tona kilometru (t km), koja je najbolji pokazatelj energetske učinkovitosti prijevoza, te analizu podataka o emisiji stakleničkih plinova također po jedinici prevezenoga proizvoda kamiona koji su u vlasništvu HŠ za 2012. godinu. Osim provedene analize dobiveni će se rezultati usporediti s rezultatima istraživanja potrošnje goriva u daljinskom prijevozu drva u Hrvatskoj koje navodi Anić i dr. (1996).

2. Materijal i metode – *Material and Methods*

Trgovačko društvo »Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb u 2012. godini imalo je 101 kamionski skup, 38 IVECO, 55 MAN, 7 TAM i 1 SCANIA, raspoređenih u 13 radnih jedinica na području 13 uprava šuma podružnica (UŠP). Kamionski su skupovi prosječno imali 12,7 godina. Na slici 1 prikazani su kamionski skupovi koje

posjeduje trgovačko društvo »Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb.

Analiza potrošnje goriva i emisije štetnih stakleničkih plinova kamionskoga prijevoza drva provedena je na osnovi podataka o praćenju rada kamiona u poduzeću HŠ u 2012. godini. Podaci koji su korišteni za analizu u ovom su radu:

- ⇒ godišnja proizvodnost kamionskoga skupa,
- ⇒ potrošnja goriva kamionskoga skupa,
- ⇒ broj ostvarenih turnusa,
- ⇒ ostvareni tona kilometri – t km,
- ⇒ kilometri vožnje opterećenoga kamionskoga skupa,
- ⇒ kilometri vožnje neopterećenoga kamionskoga skupa.

Na temelju ukupne potrošnje goriva, ukupno prevezenoga drva i ukupno ostvarenih kilometara izračunata je jedinična potrošnja goriva. Nadalje, potrošnja goriva po tona kilometru izračunata je tako da je prevezeni obujam, preračunat u masu, pomnožen s ostvarenim kilometrima vožnje opterećenoga kamionskoga skupa. Koeficijenti za pretvorbu obujma u masu prikazani su u tablici 1.

Emisija štetnih stakleničkih plinova izračunata je na temelju pretvorbenih vrijednosti koje su preuzete iz priručnika DEFRA (2012), a prikazani su u tablici 2. Vrijednosti prikazane u tablici 2 odnose se na proračun emisije s obzirom na točnu količinu utrošenoga goriva, što je prema navedenom priručniku i najtočniji način izračuna emisije. Za potrebe ovoga rada emisija štetnih stakleničkih plinova izračunata je po prevezenoj jedinici obujma, po prijednim kilometrima te po ostvarenim tona kilometrima. Na temelju prosječne jedinične potrošnje (L/m³) i ukupno proizvedenih sortimenata u 2012. godini koji su prevezeni kamionskim skupovima, i HŠ i privatnih prijevoznika, izračunata je ukupna emisija stakleničkih plinova koja je proizvod daljinskoga prijevoza drva kamionima u Republici Hrvatskoj. Izračun emisije štetnih stakleničkih plinova predstavlja procjenu, dok je točno stanje potrebo izravno izmjeriti.

Tablica 1. Koeficijenti za pretvorbu obujma u masu

Table 1 Coefficients for converting volume to mass

Naziv proizvoda – <i>Type of product</i>		Koeficijent pretvorbe <i>Converting coefficient</i>
Trupci <i>Roundwood</i>	Tvrde listače <i>Hard hardwood</i>	1,16
	Meke listače <i>Soft hardwood</i>	0,95
	Crnogorica <i>Softwood</i>	0,85
	Crnogorica bez kore <i>Softwood without bark</i>	0,8
Višemetarski ogrjev <i>Long firewood</i>	Tvrde listače <i>Hard hardwood</i>	1,00
	Meke listače <i>Soft hardwood</i>	0,85
	Crnogorica <i>Softwood</i>	0,8

Tablica 2. Vrijednosti za izračune emisije štetnih stakleničkih plinova

Table 2 Values for calculating greenhouse gases emissions

Vrsta goriva <i>Type of fuel</i>		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Ukupno <i>Total</i>
Diesel	kg/l	2,6569	0,0009	0,0191	2,6769

Prikupljeni su podaci sortirani u bazu podataka u MS Excel, dok su podaci obrađeni pomoću softvera STATISTICA.

Tablica 3. Promatrani parametri za sve kamionske skupove HŠ
Table 3 Observed parameters for all truck and trailer units (TTU's) of HŠ

Prevezeni obujam, m ³ <i>Volume of transported timber, m³</i>	842 776
Ukupno prijeđena udaljenost, km <i>Traveled distance, km</i>	3 499 901
Vožnja opterećenoga kamionskoga skupa, km <i>Loaded driving, km</i>	1 667 032
Vožnja neopterećenoga kamionskoga skupa, km <i>Unloaded driving, km</i>	1 832 869
Prosječni udio vožnje opterećenoga kamionskoga skupa, % <i>Average backhauling, %</i>	47,6
Ostvareni tona kilometri, t km <i>Achieved ton-kilometer, t km</i>	20 827 633
Ukupna potrošnja goriva, L <i>Total fuel consumption, L</i>	2 256 193
Jedinična potrošnja goriva, L/m ³ <i>Unit fuel consumption, L/m³</i>	2,73
Jedinična potrošnja goriva na 100 kilometra, L/100km <i>Average fuel consumption per 100 km, L/100km</i>	66
Jedinična potrošnja po tona kilometru, L/ t km <i>Average fuel consumption per ton-kilometer, L/ t km</i>	0,07
Ukupan broj turnusa <i>Total number of cycles</i>	36 144
Prosječna duljina jednoga turnusa (oba smjera), km <i>Average haulage distance (both directions), km</i>	96,83
Prosječan obujam turnusa, m ³ <i>Average volume of cycle, m³</i>	23,32
Prosječni dnevni učinak, m ³ <i>Average daily productivity, m³</i>	51,01

3. Rezultati i rasprava – Results and discussion

U 2012. godini »Hrvatske šume« proizvele su 4 823 786 m³ drva neto (obujam drva bez kore, smanjenje obujma zbog propisnosti mjerenja, smanjenje obujma zbog greške Huberove formule za izračun obujma drvnih sortimenata), od toga 2 297 782 m³ tehničke oblovine, 2 146 122 m³ višemetarskoga ogrjeva i 379 882 m³ jednometarskoga ogrjeva. Kamioni kojima se koriste »Hrvatske šume« prevezli su ukupno 842 776 m³ ili 17,47 % ukupno proizvedenih sortimenata, privatni prijevoznici prevezli su 74,65 % ili 3 600 956 m³, dok ostatak daljinskoga prijevoza drva od 7,88 % jest prijevoz jednometarskoga ogrjeva za potrebe lokalnoga

stanovništva koji se najčešće obavlja pomoću poljoprivrednih traktora s poluprikolicom. Kamionski skupovi HŠ prevezli su navedeni obujam uz utrošak goriva od $2,25 \times 10^6$ L te su ostvarili ukupni prijeđeni put od 3 499 901 km.

U tablici 3 dan je prikaz svih analiziranih parametara za kamionske skupove koje posjeduju »Hrvatske šume« d.o.o. Udio vožnje opterećenoga kamionskoga skupa kretao se od 34,2 % do čak 57,3 %, što je jako velik raspon.

Na slici 2 prikazana je godišnja proizvodnost kamionskih skupova koje imaju »Hrvatske šume« d.o.o. Njihova je prosječna proizvodnost bila 8 344 m³, najveća je proizvodnost 15 754 m³, a najmanja 2 527 m³. Na godišnju proizvodnost kamionskih skupova izravan utjecaj ima prosječna udaljenost prijeđena za potrebe jednoga turnusa. Tako se u 2012. godini prosječna udaljenost vožnje opterećenoga kamionskoga skupa kretala od 17 do 68 km s prosjekom od 37 km. Na slici 2 prikazane su prosječne udaljenosti vožnje opterećenoga kamionskoga skupa po UŠP. Osim prosječne vožnje opterećenoga kamionskoga skupa na proizvodnost kamionskih skupova utječe godišnja iskorištenost radnih dana, tehnička ispravnost, iskorištenost kamionskih skupova, značajke drva koje se prevozi te zakonitost obujma komada (Spiedel 1952).

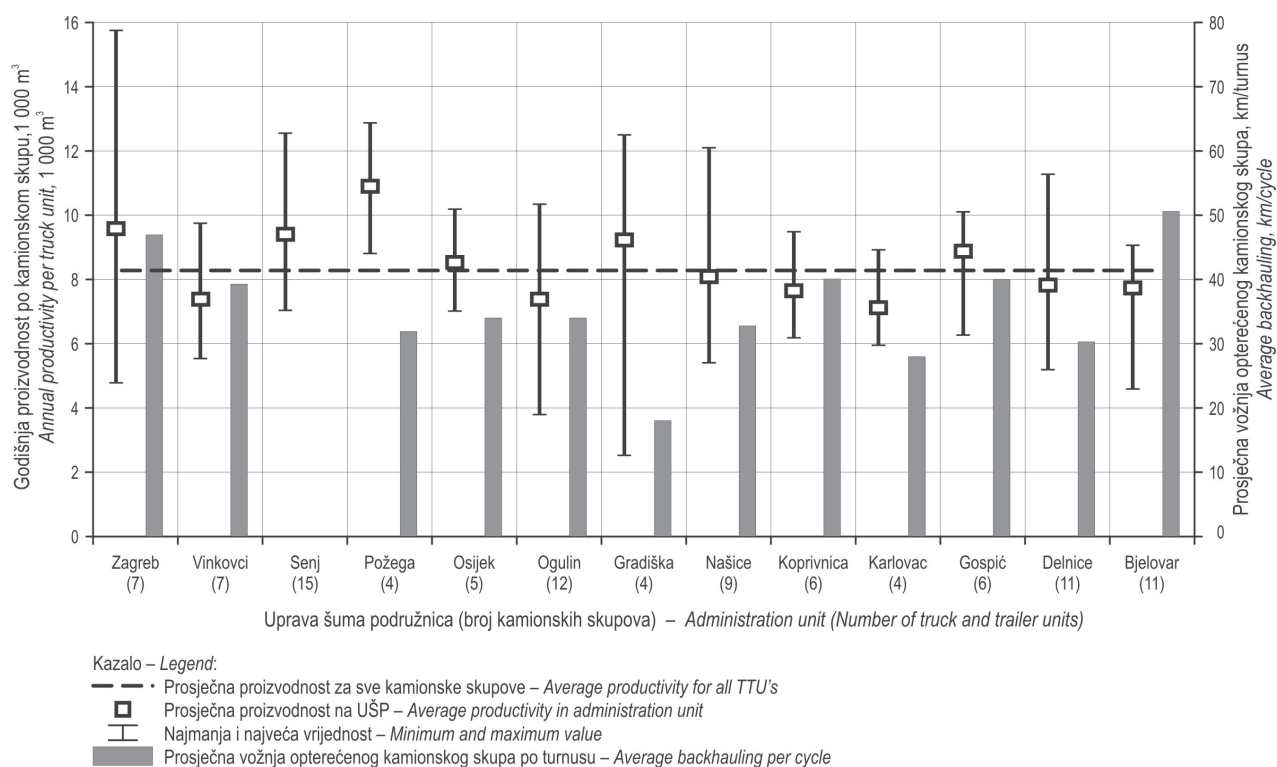
Na slikama 3, 4 i 5 prikazana je potrošnja goriva kamionskih skupova u pojedinom UŠP-u. Na slici 3 prikazana je potrošnja goriva po jedinici prevezenoga obujma drva. Prosječna potrošnja iznosi 2,73 L/m³, najveća potrošnja goriva po jedinici prevezenoga obujma je 3,9 L/m³, dok je najmanja 1,26 L/m³.

Potrošnja goriva po prijeđenom kilometru kretala se između 0,46 – 0,94 L/km s prosječnom vrijednošću za sve kamionske skupove od 0,66 L/km (slika 4), odnosno 66 L/100 km.

Na slici 5 prikazana je potrošnja goriva kamionskih skupova po ostvarenom tona kilometru. Potrošnja se kretala od 0,04 do 0,16 L/t km, s prosjekom potrošnje od 0,07 L/t km.

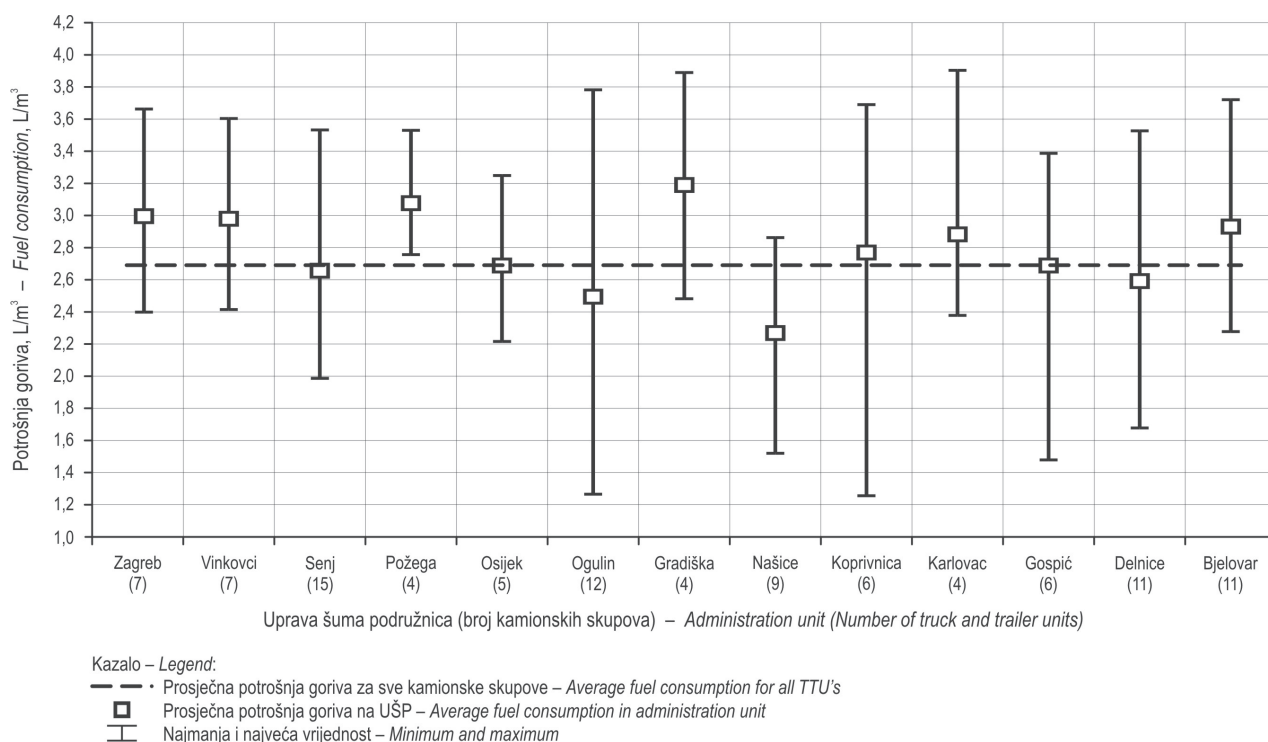
Prosječna potrošnja goriva od 2,73 L/m³ veća je za 0,4 L/m³ od potrošnje koju navodi Anić i dr. (1996). Razlog povećane potrošnje goriva u današnje vrijeme u odnosu na 1996. godinu vjerojatno je nastala zbog poštivanja osovinskih opterećenja koje propisuje Pravilnik o tehničkim uvjetima vozila na cestama (NN 51/10), zbog čega se u jednom ciklusu preveze manji obujam drva. Nadalje, nastala je razlika vjerojatno rezultat i toga što se u današnje vrijeme koriste kamioni s nešto snažnijim pogonskim motorima.

Ako se pak usporede dobiveni rezultati s rezultatima koje navodi Klvač (2013), razlika od 20 % više utrošenoga goriva po kubnom metru vjerojatno je nastala



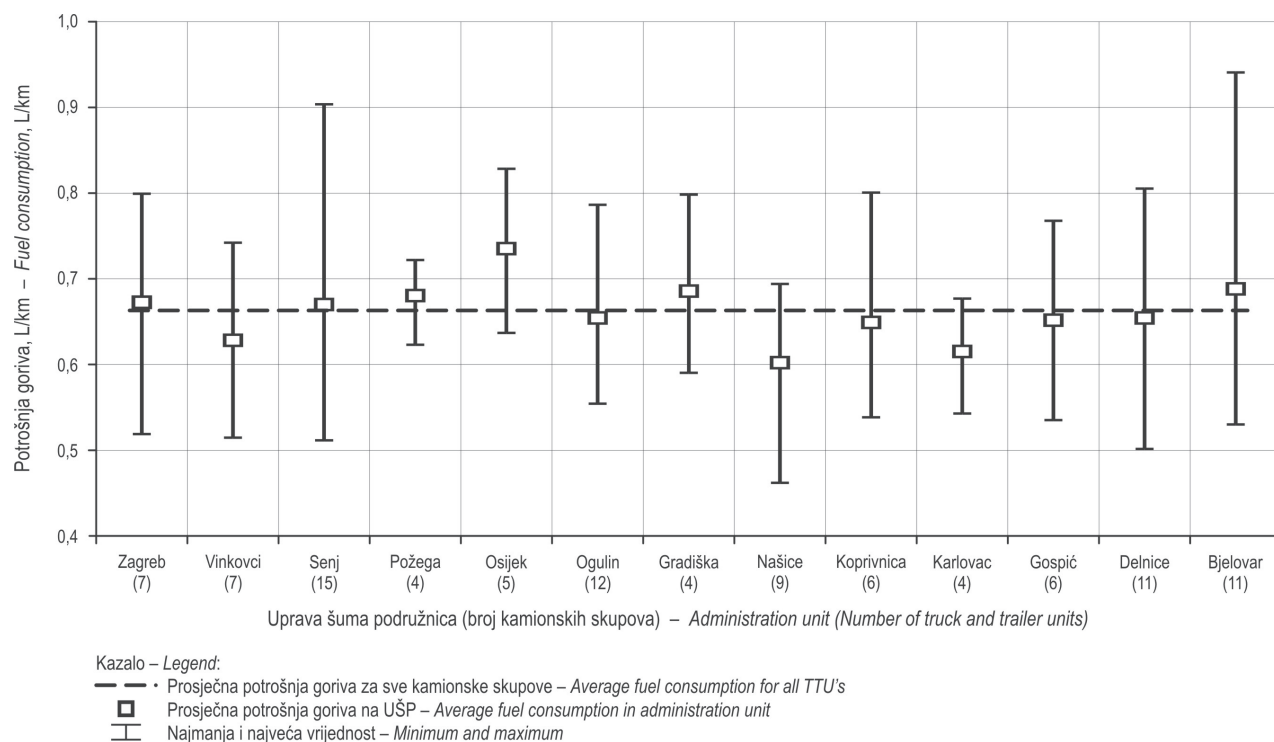
Slika 2. Godišnja proizvodnost kamionskih skupova »Hrvatskih šuma« d.o.o.

Fig. 2 Annual productivity of truck and trailer units of »Hrvatske šume« d.o.o.



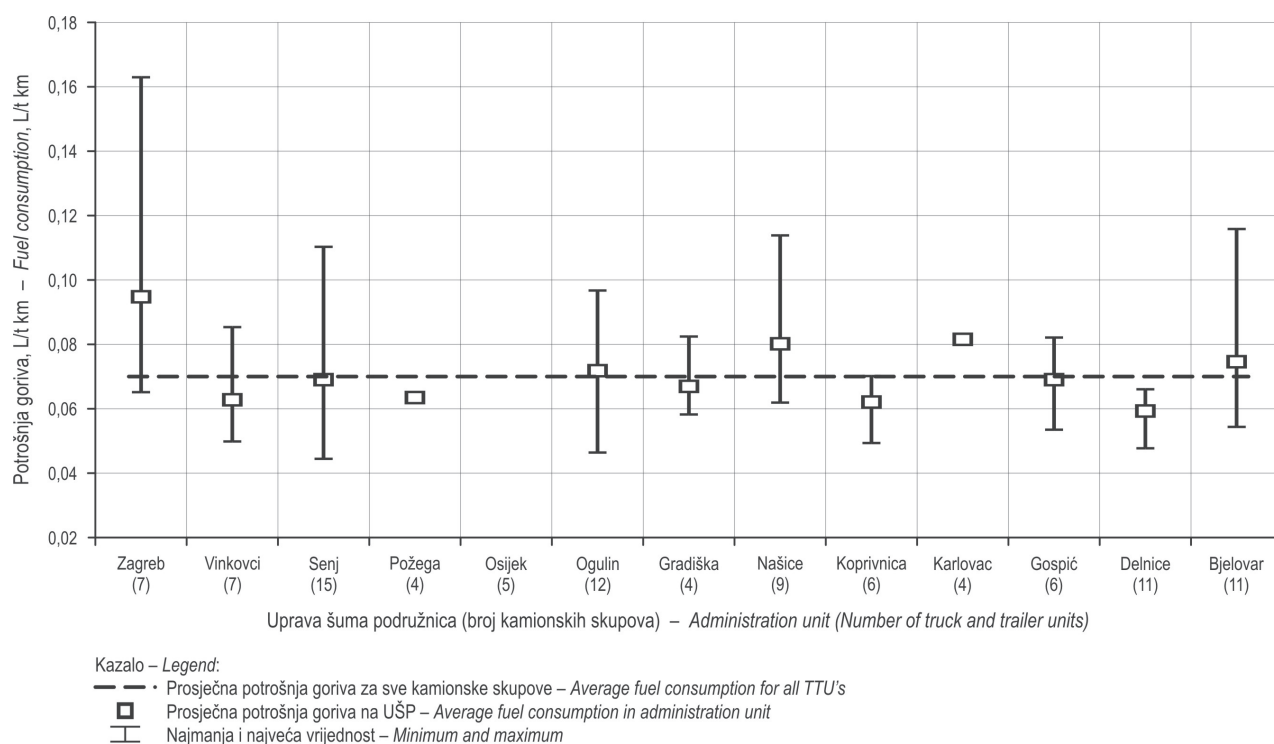
Slika 3. Jedinična potrošnja goriva, L/m³

Fig. 3 Unit fuel consumption, L/m³



Slika 4. Jedinična potrošnja goriva po prijeđenom kilometru, L/km

Fig. 4 Unit fuel consumption per kilometer, L/km



Slika 5. Jedinična potrošnja goriva po ostvarenom tona kilometru, L/t km

Fig. 5 Unit fuel consumption per ton-kilometer, L/t km

Tablica 4. Emisija stakleničkih plinova**Table 4** Greenhouse gases emission

		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Ukupno
Emisija stakleničkih plinova	kg/m ³	7,12	0,002	0,05	7,172
Greenhouse gases emission	kg/km	1,75	0,0006	0,013	1,7636
	kg/tkm	0,19	0,00006	0,001	0,191

zbog toga što je 2012. godine prosječna starost kamionskih skupova HŠ bila 12,7 godina. Osim starosti kamiona razlika u potrošnji goriva nastala je i zbog obračuna prevezenoga obujma, jer »Hrvatske šume« za svoju evidenciju uzimaju neto obujam drva, dok je Klvač u svojim istraživanjima uzimao obujam drva s korom.

Na osnovi vrijednosti emisija stakleničkih plinova, prikazanih u tablici 2, te potrošnje goriva izračunata je emisija stakleničkih plinova kamionskih skupova u vlasništvu HŠ. Emisija stakleničkih plinova prikazana je u tablici 4. Ukupna emisija stakleničkih plinova u 2012. godini, koja je nastala kao proizvod daljinskoga prijevoza drva kamionima (kamioni HŠ i kamioni privatnih prijevoznika) u hrvatskom šumarstvu iznosi 31,88 Gg. Modernizacijom kamionskih skupova, kako u vlasništvu privatnih prijevoznika tako i u vlasništvu HŠ, treba očekivati smanjenje emisije štetnih stakleničkih plinova jer u 2012. godini samo četiri kamionska skupa trgovačkoga društva »Hrvatske šume« d.o.o Zagreb zadovoljavaju EURO V norme.

Emisija stakleničkih plinova izračunata u ovom radu, 0,191 kg/t km, značajno je veća od emisije koju iznose Karjalainen i Asikainen (1996) – 0,03 kg/m³km. Razlog leži u činjenici da je prosječan obujam tovara koji su prevezli kamioni HŠ iznosio 23,32 m³, dok je prosječan obujam tovara u Finskoj 1996. godine iznosio 49 m³.

Povećanje okolišne pogodnosti i energetske učinkovitosti kamionskoga prijevoza drva moguće je provesti na nekoliko načina. Tako Loforth i Lindholm (2005) smatraju da se potrošnja goriva i maziva može smanjiti za 5–10 % poboljšanjem aerodinamičnosti kamiona.

Löföth i Svenson (2011) na primjeru kamionskoga skupa »One stack more« navode kako se povećanjem dopuštene nosivosti kamionskoga skupa s 60 na 90 tona značajno smanjuje potrošnja goriva po jedinici prevezenoga drva, do čak 20 %, a samim time značajno se smanjuje emisija štetnih stakleničkih plinova. Nadalje navode kako povećanje ukupne mase kamionskoga skupa sa 60 na 90 tona nema negativnoga utjecaja na ceste zbog ujednačenoga rasporeda mase po osovina, te da povećanje duljine kamionskoga skupa nema negativnoga učinka na sigurnost prometa, štoviše smanjenjem broja vozila na cesti povećava se sigurnost.

Anon. je (2012) proveo istraživanje uspoređujući konvencionalni kamionski skup sa »Star Truck« koji je bio manje mase, opremljen središnjim sustavom za kontrolu tlaka u gumama, sustavom za mjerenje mase tovara kako bi se optimalno iskoristio tovarni prostor. Sve je to potaknulo prijevoz veće količine korisnoga tereta za 9,8 %, uz povećanje potrošnje goriva za samo 1 %, prijevoz 8,6 % više jedinice tovara po litri goriva, smanjenje od 8 % troškova goriva po prevezenoj toni te smanjenje trošenja guma zbog korištenja središnjega sustava za kontrolu tlaka u gumama.

4. Zaključak – Conclusion

Kamionski prijevoz drva zbog svojih svojstava ima velik negativan utjecaj na okoliš te nisku energetske učinkovitost. Potrošnja goriva ima važan utjecaj na ukupne troškove kamionskoga prijevoza drva te stoga značajan utjecaj na troškove pridobivanja drva. U usporedbi s potrošnjom goriva 1996. godine povećala se potrošnja goriva.

Kako bi se unaprijedio daljinski prijevoz drva kamionima te smanjila potrošnja goriva i emisija stakleničkih plinova, potrebno je uz pomoć sustava daljinskoga praćenja vozila (FMS-a) provesti detaljniju analizu rada kamionskih skupove te izravnim mjerenjima utvrditi stvarnu potrošnju goriva, ukupnu i potrošnju po radnim zahvatima. Dalje, potrebno je izmjeriti stvarnu emisiju stakleničkih plinova te iskorištenost kamionskih skupova, zatim je potrebno odrediti utjecaj načina vožnje i utjecaj stanja cestovnoga zastora na potrošnju goriva. Modernizacijom kamionskih skupova može se očekivati smanjenje potrošnje goriva i smanjenje emisije štetnih stakleničkih plinova. Prosječni je udio pune vožnje u radu kamionskih skupova nizak, ispod 50 %, te je potrebno pronaći organizacijska rješenja za povećanje udjela pune vožnje čime će se izravno pridonijeti smanjenju jedinične potrošnje goriva i povećanju iskorištenosti kamionskih skupova.

Osim detaljnijega praćenja daljinskoga prijevoza drva kamionima i novih organizacijskih rješenja potrebno je i naći nova tehnička rješenja (npr. ugradnja montažno-demontažne dizalice, električni pogon hidraulične

pumpe za pogon dizalice) koja će pridonijeti povećanju energetske učinkovitosti, smanjenju utjecaja na okoliš te povećanju iskorištenosti kamionskih skupova.

5. Literatura – References

- Anić, I., G. Fabijanić, S. Figurić, I. Hodić, D. Horvat, A. P. B. Krpan, S. Matic, Š. Meštrović, M. Oršanić, M. Polaček, T. Poršinsky, S. Puljak, S. Risović, S. Sever, S. Tomljanović, 1996: Razvoj i organizacija hrvatskoga energetskog sektora, Knjiga 6, Gospodarenje šumama u Hrvatskoj – Proizvodnja i potrošnja energenata i energije. Energetski institut »Hrvoje Požar«, Zagreb, 1–76.
- Anon., 2012: FP Inovation. Timber transport Research – FERIC's Star Truck Project. Logging-on newsletter. Available on http://www.loggingon.net/timber-transport-research-ferics-star-truck-project_news_op_view_id_43
- Beuk, D., Ž. Tomašić, D. Horvat, 2007: Status and development of forest harvesting mechanisation in Croatian state forestry, Croatian Journal of Forest Engineering 28(1): 63–82.
- DEFRA, 2012: Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting: Methodology Paper for Emission Factors. Department for Environment, Food and Rural Affairs.
- Devlin, G., 2010: Fuel consumption of timber haulage versus general haulage. Harvesting/transportation No. 22. COFORD, 6 p.
- Favreau, J., 2006: Six key elements to reduce forest transportation cost. FERIC. Available on <http://www.forac.ulaval.ca/fileadmin/docs/EcoleEte/2006/Favreau.pdf>
- Holzleitner, F., 2009: Analyzing road transport of roundwood with a commercial fleet manager. In: H. Prknová (ed), Formec 2009. Kostelec nad Černými lesy: Czech University of Life Sciences Prague, 173–181. ISBN 978-80-213-1939-4.
- Holzleitner, F., Ch. Kanzian, K. Stampfer, 2011: Analyzing time and fuel consumption in road transport of round wood with an onboard fleet manager. Eur J Forest Res 130(2): 293–301.
- Horvat, D., M. Šušnjar, 2002: Istraživanje tehničkih značajki šumskog kamionskog skupa Scania. Studija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–25.
- Karjalainen, T., A. Asikainen, 1996: Greenhouse gas emissions from the use of primary energy in forest operations and long-distance transportation of timber in Finland. Forestry 69 (3): 215–228.
- Klvač, R., J. Kolarik, M. Volona, K. Drapela, 2013: Fuel Consumption in Timber Haulage. Croatian Journal of Forest Engineering 34(2): 229–240.
- Krpan, A. P. B., 1991: Daljinski prijevoz drvne mase u Hrvatskoj – faktori razvoja i stanje. Drvna industrija 42(3–4): 49–54.
- Kulušić, B., 1988: Prijevoz drveta kamionskim kompozicijama. Šumarstvo i prerada drva XLII (10–12): 291–300.
- Löfroth, C., E. L. Lindholm, 2005: Reduced fuel consumption on roundwood haulage rigs. Skogforsk. Resultat, 23.
- Löfroth, C., G. Svenson, 2011: Two years with ETT, Skogforsk, <http://www.skogforsk.se/en/>
- Malnar, M., 2000: Tehničko-tehnološki čimbenici prijevoza drva u brdsko-gorskim uvjetima na primjeru šumarije Prezid. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Pandur, Z., 2013: Primjena komercijalnog sustava za praćenje rada strojeva u istraživanju izvoženja drva forvarderom. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–312.
- Speidel, G., 1952: Das Stückmassengesetz und seine Bedeutung für den internationalen Leistungsvergleich bei der Forstarbeit. Dissertation. Universität Hamburg, 1–66.
- Svenson, G., 2011: The impact of road characteristics on fuel consumption for timber trucks. In: P. Ackerman, H. Ham, E. Gleasure (eds), Proceedings of 4th Forest Engineering Conference: Innovation in Forest Engineering – Adapting to Structural Change. Stellenbosch University, p. 172. ISBN 978-0-7972-1284-8.
- Tomašić, Ž., Z. Sučić, M. Slunjski, M. Polaček, 2005: Ovodobno stanje prijevoza drva kamionskim skupovima u hrvatskom šumarstvu. Nova mehanizacija šumarstva 26(1): 65–71.
- Tomašić, Ž., 2012: Razvoj tehnologije i tehničkih sredstava u pridobivanju drva s obzirom na posebnosti šuma i šumarstva u Republici Hrvatskoj. Nova mehanizacija šumarstva 33(1): 53–67.
- *Pravilnik o tehničkim uvjetima vozila na cestama, Narodne novine, 51/10, 84/10, 145/11 i 140/13.

Abstract

Fuel Consumption and Greenhouse Gas Emission in Timber Haulage in Croatian Forestry

Timber haulage is the last phase of wood harvesting. Due to its characteristics, cycle operation, a lot of unloaded driving, high purchase price of truck units, transport of small amounts of cheap goods, high oil prices, high fuel consumption, timber haulage is most expensive phase of wood harvesting. Apart from high prices, timber haulage has a lot of negative impact on environment due to its high greenhouse gas emission.

The aim of this paper is to analyze the data of the total amount of transported timber, fuel consumption per ton-kilometer, which is the finest indicator of energy consumption of transport, and to analyze greenhouse gas emission per production unit for all truck and trailer units owned by »Hrvatske šume« Ltd. (HŠ) in 2012. Furthermore, the obtained results have been compared with the results of fuel consumption given by Anić et al. (1996).

In 2012. »Hrvatske šume« Ltd. owned 101 truck and trailer units of different types (Fig. 1). In the analyzed year, their truck and trailer units transported 842 776 m³ or 17.47 % of all produced wood assortments. The rest was transported by private companies (74.65 %), and by local population (7.88 %). For transportation of 17.47 % of wood assortments, trucks owned by HŠ consumed 2.25×10⁶ L of fuel and they traveled 3 499 901 km. Some research parameters are shown in Table 3. It is interesting to see that the range of backhauling was from 34.2% to 57.3 %, with an average of 47.6 %.

Fig. 2 shows the annual productivity of truck and trailer units owned by HŠ. Fig. 3 to 5 show fuel consumption of all analyzed truck and trailer units, distributed in 13 administration units. Fig. 3 shows fuel consumption per unit of transported wood. The average fuel consumption was 2.73 L/m³, the maximum fuel consumption was 3.9 L/m³, while the minimum was 1.26 L/m³. Fuel consumption per traveled kilometer was between 0.46 and 0.94 L/km with an average value of 0.66 L/km or 66 L/100km (Fig. 4). Figure 5 shows fuel consumption per ton-kilometer. Values were from 0.04 to 0.16 L/t km.

The calculated average unit fuel consumption of 2.73 L/m³ is higher by 0.4 L/m³ than the consumption given by Anić et al. (1996). The reason for this higher consumption probably lies in stricter control of maximum allowed axle loads and total mass of truck and trailer unit, which results in lower amount of timber transported in one cycle. Furthermore, difference stems from different engine power of trucks used in 1996 compared to trucks used in 2012.

Based on values of emission factors showed in Table 2 and unit fuel consumption, we calculated greenhouse gas emission of truck and trailer units owned by HŠ. The emission values are showed in Table 4. Total greenhouse gas emission emitted from timber haulage in Croatian forestry (TTU's owned by HŠ and private contractors) is 31.88 Gg. This value is only an estimate, and the real value is to be determined. It is expected that emission will decline in the future, because in 2012 HŠ owned only 4 truck and trailer units, which meets the requirements of EURO V norm.

Due to its characteristics, timber haulage has a negative impact on the environment and very low energy efficiency. Fuel consumption has a great impact on total timber haulage costs and therefore also a great impact on wood harvesting costs.

To improve timber haulage and decrease fuel consumption and greenhouse gas emission, it is necessary to conduct a detailed survey of timber haulage using Fleet Management System, and to determine with direct measurements the exact fuel consumption, both total consumption and consumption by working procedures. It is also necessary to measure GHG emission, and utilization of truck and trailer units. Furthermore, it is needed to determine the effect of driver behavior on fuel consumption, as well as the effect of forest road conditions on fuel consumption. Besides the implementation of FMS system and new organization solutions, it is needed to find new technical solutions (e.g. install dismantling crane, electric propulsion of hydraulic pump for crane drive), with the aim to increase energy efficiency, decrease negative impact on the environment and increase utilization of timber haulage.

Keywords: timber haulage, truck and trailer unit, fuel emission, greenhouse gas emission

Adresa autorâ – Authors' addresses:

Marko Zorić, mag. ing. silv.*
e-pošta: mzoric@sumfak.hr
Izv. prof. dr. sc. Marijan Šušnjar
e-pošta: susnjar@sumfak.hr
Dr. sc. Zdravko Pandur
e-pošta: pandur@sumfak.hr
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Svetošimunska 25
10 000 Zagreb
HRVATSKA
Kristijan Mihaljević, mag. ing. silv.,
e-pošta: kristijan.mihaljevic88@gmail.com
Kneza Trpimira b.b.
80101 Livno
BOSNA I HERCEGOVINA

*Glavni autor – Corresponding author

