

Utjecaj propisnosti mjerenja oblovine na transport drva

Tomislav Poršinsky, Andreja Đuka, Ostoja Busić

Nacrtak – Abstract

U trgovini drvom u hrvatskom se šumarstvu oblo drvo najčešće otprema po obujmu u skladu s odredbama norme (HRN EN 1309-2:2006) pri čemu dolazi do gubitaka obujma zbog propisanoga načina: 1) mjerenja duljine, 2) mjerenja srednjega promjera, 3) odbitka dvostruke debljine kore te 4) izraza za izračun obujma obloga drva.

Analiza utjecaja načina iskaza tereta (stvarni obujam, masa, deklarirani – reducirani obujam zbog propisnosti mjerenja drva) na proizvodnost i jedinične troškove forvardera Valmet 840.2 u odnosu na udaljenost izvoženja drva provedena je prema višekriterijskom modelu izračuna proizvodnosti tih vozila (Stankić i dr. 2012).

Istraživanje je zasnovano na pet različitim tereta (hrast lužnjak) forvardera, koji su se međusobno razlikovali s obzirom na: 1) vrstu utovarenih sortimenata (trupci, višemetarsko ogrjevno drvo, mješoviti tovar), 2) količinu utovarenoga drva (puna visina utovarnoga prostora, <2/3 visine utovarnoga prostora, <1/3 visine utovarnoga prostora vozila). Osim vaganja radi utvrđivanja mase tereta, mjerena je i oblovina unutar tereta, što je obuhvatilo: 1) mjerenje duljine na centimetar točnosti i 2) mjerenje promjera na debljem i tanjem kraju te na sredini duljine oblovine. Stvarni (bruto) obujam pojedinoga komada oblovine (tereta) izračunat je Reicke–Newtonovim izrazom, a neto u skladu s odredbama norme (HRN EN 1309-2:2006) Huberovim izrazom.

Razlike u proizvodnosti, iskazane s obzirom na bruto obujam i masu tereta, zanemarive su (<1%) zbog djelovanja gustoće oblovine hrasta lužnjaka $995,8 \pm 2,5 \text{ kg/m}^3$.

Proizvodnost forvardera, iskazana prema neto obujmu tereta, manja je u rasponu od 3,5 % do 24,3 % u odnosu na bruto obujam tereta. Polučeni rezultati uvojetovani su vrstom i dimenzijama utovarenih sortimenata te količinom utovarenoga drva.

Način iskaza obujma oblovine ili tereta ima različit utjecaj na sudionike u lancu dobave drva i u tom smislu čini jasnu razliku između transporta i trgovine drvom

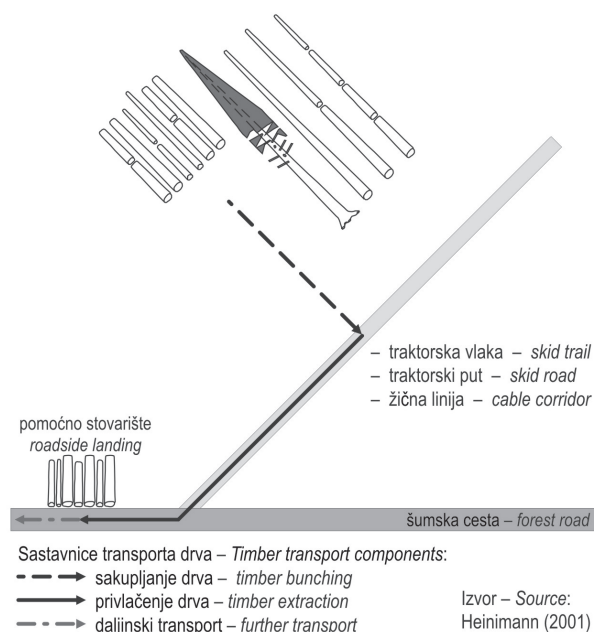
Ključne riječi: propisnost mjerenja oblovine, masa, obujam, forvarder

1. Uvod – Introduction

Transport je drva micanje stabala ili dijelova stabala s jednoga na drugo mjesto u prostoru, a obuhvaća sve oblike kretanja drva iz šume (panj) do krajnjega korisnika, pri čemu su osnovni čimbenici teret (drvo) – transportna sredstva (najčešće vozila) – mreža transportne infrastrukture u znakovitom međudjelovanju. Nakon sječe stabala (i) izradbe drva, drvo (ili drvni sortimenti – ovisno o metodi izradbe) razasuto je po velikoj površini te ga treba prvo sakupiti i privući po šumskom bespuću do pomoćnoga stovarišta, a zatim

transportirati do pogona primarne prerade. Analizirajući transport drva kroz povijest, Greulich (2002) zaključuje da se, neovisno o autorima, sve teorije transporta drva zasnivaju na dvjema međuovisnim podfazama (slika 1):

- ⇒ primarnom transportu drva – privlačenju drva po šumskom bespuću, odnosno sekundarnim (traktorski putovi i vlake) ili tercijarnim (žične linije) šumskim prometnicama,
- ⇒ sekundarnom transportu drva – daljinskom transportu drva po izgrađenim transportnim sus-



Slika 1. Transport drva

Fig. 1 Timber transport

tavima (prijevoz drva po javnim i šumskim cestama ili željezničkim prugama), odnosno vodenim putovima.

S obzirom na to da je transport drva rad cikličnoga karaktera, osnovni utjecajni čimbenici njegove djelotvornosti su udaljenost i količina drva koja se transportira u jednom turnusu (Conway 1976, MacDonald 1999, Silversides i Sundberg 1989, Staff i Wiksten 1984).

Pri stavljanju obloga drva u promet, drvo je moguće mjeriti prema obujmu, odnosno masi. Mjerenje drva po masi pod utjecajem je trenutačne vlažnosti drva, a najčešće se rabi pri otpremi ogrjevnoga drva.

Izmjera količine obloga drva prema obujmu (HRN EN 1309-2:2006) zasniva se na izmjeri dimenzija (promjer i duljina) pojedinačnih komada (m^3), odnosno na izmjeri dimenzija (duljina, visina i širina) složaja drva (prm). Obujam obloga drva koji odgovara obujmu složaja može se dobiti primjenom odgovarajućega pretvorbenoga faktora. Pretvorba je nepouzdana zbog razlika u vrsti složaja, položaju trupaca u složaju, udjelu prvih trupaca (peraca), srednjih promjera, zakrivljenosti i zadebljanja, kore te vrste drva (Fonseca 2005).

Propisani način mjerenja pojedinačnih komada obloga drva (HRN EN 1309-2:2006) u hrvatskom se šumarstvu zasniva na izmjeri:

- ⇒ najkraće duljine koja je određena kao udaljenost između dviju paralelnih površina na krajevima obloga drva okomito na uzdužnu os, izražena u metrima te zaokružena na puni decimetar naniže,

- ⇒ dvaju međusobno okomitih promjera s korom na sredini duljine izrađene oblovine zaokruženi na puni centimetar naniže, a njihova se aritmetička sredina, isto tako, zaokružuje na puni niži centimetar,

- ⇒ kod oblovine, gdje je promjer bez kore relevantan za određivanje dimenzija i klase kakvoće (trupci), mjereni se promjer mora umanjiti za dvostruku debljinu kore,

- ⇒ za izračun obujma služi Huberov izraz, gdje je Ludolfov broj (π) zaokružen na 4 decimalna mjesta (3,1416), a rezultat se izkazuje u kubnim metrima na tri decimalna mjesta.

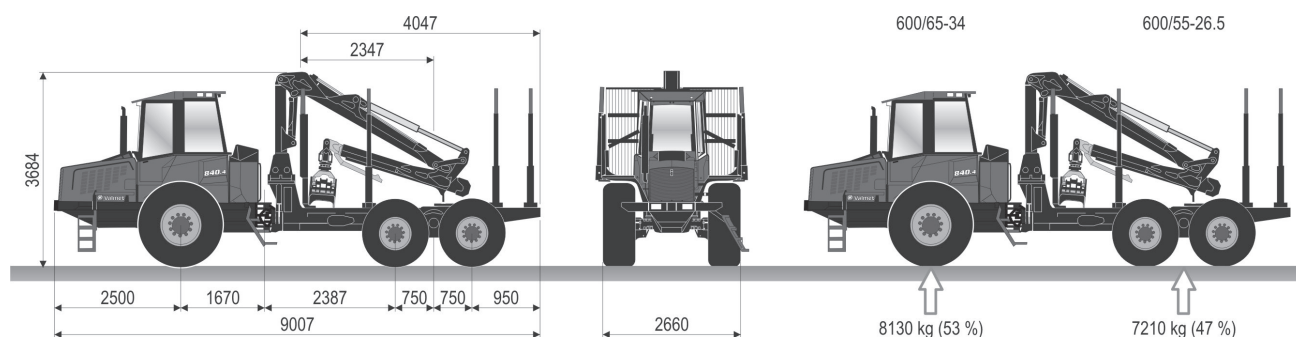
Paradoks nastaje kada se proizvodnost i troškovi rada sredstva transporta drva iskazuju s obzirom na propisani način mjerenja obloga drva po obujmu zbog gubitka: 1) mjerenja duljine, 2) mjerenja srednjega promjera, 3) odbitaka kore te 4) primjene izraza za izračun obujma obloga drva.

Ovaj će se rad baviti usporedbom djelotvornosti forvardera s obzirom na način iskaza tereta: 1) stvarnoga (bruto) obujma, 2) deklariranoga (neto) obujma, 3) mase tereta.

2. Materijal i metode – Material and Methods

Analiza utjecaja triju načina iskaza transportiranoga tereta (masa, stvarni obujam, deklarirani obujam) na djelotvornost (proizvodnost i jedinične troškove) izvoženja drva forvarderom provedena je na primjeru srednje teškoga šestokotačnoga forvardera Valmet 840.2, nominalne nosivosti 12 t, čije su gabaritne dimenzije i raspored opterećenja nenatovarenoga vozila prikazane na slici 2. Ploština je poprečnoga presjeka utovarnoga prostora 4,1 m^2 , a duljina 4 m. Vozilo pokreće šestocilindarski dizelski motor s prednabijanjem, nazivne snage 125 kW pri 2200 min^{-1} i 670 Nm najvećega momenta pri 1400 min^{-1} . Forvarder je opremljen hidrauličnom dizalicom Cranab CFR7C, podizne sile 7,1 kN pri najvećem dosegu od 9,1 m. Vozilo je opremljeno gumama dimenzija 600/65-34 (prednje) i 600/55-26.5 (stražnje).

Podaci o pet različitim tereta (hrast lužnjak) forvardera preuzeti su iz prethodnoga istraživanja (Bosner i dr. 2008) koje je provedeno radi razvoja i umjeravanja prijenosnoga sustava za mjerenje osovinskih opterećenja vozila. Za svaki od pojedinih tovara osovinska opterećenja šestokotačnoga forvardera Valmet 840.2 mjerena su pomoću prijenosnoga sustava vaga WLS 101/R2K (BARK System-und Wiegetechnik GmbH & CO.KG) koje rade na električno-mehaničkom principu, podnose



Slika 2. Forvarder Valmet 840.2

Fig. 2 Valmet 840.2 Forvarder

opterećenje od 10 t po vagi (ukupno 20 t), a otpornost na lomljenje iznosi 150 % najvećega opterećenja.

Osim vaganja radi utvrđivanja mase vozila, odnosno svakoga pojedinoga tereta, mjerena je i oblovinu u teretu, što je obuhvatilo: 1) mjerenje duljine na centimetar točnosti, 2) mjerenje promjera na debljem i tanjem kraju te na sredini duljine oblovine.

Stvarni (bruto) obujam tereta izračunat je na osnovi duljine oblovine koja je mjerena na centimetar točnosti i izmjere promjera na debljem i tanjem kraju te na sredini duljine oblovine bez odbijanja dvostruke debljine kore, pri čemu je obujam izračunat po Reicke–Newtonovu izrazu, za koji Sertić (2012) utvrđuje da je najtočniji u odnosu na obujam oblovine utvrđen metodom sekcioniranja.

Deklarirani (neto) obujam oblovine (tereta) radi stavljanja drva u promet pri trgovini drvom izmjeren je u skladu s propisanim načinom mjerenja i iskaza obujma obloga drva u hrvatskom šumarstvu sukladno s normom HRN EN 1309-2:2006. Navedeno je obuhvatilo izračun obujma oblovine temeljem Huberove formule, na osnovi mjerenja najkraće duljine oblovine zaokružene na puni decimetar naniže te dva unakrsna promjera na sredini duljine oblovine zaokružena na puni centimetar naniže. Za trupce, za koje je promjer bez kore relevantan za određivanje dimenzija i klase kakvoće, zaokruženi srednji promjeri umanjani su za dvostruku debljinu kore primjenom odbitka za hrast lužnjak: 2 cm za oblovinu promjera 12 cm do 30 cm, 3 cm za oblovinu promjera 31 cm do 39 cm, 4 cm za oblovinu promjera > 40 cm.

Utjecaj triju načina iskaza transportiranoga tereta (masa, stvarni obujam, deklarirani obujam) na djelotvornost forvardera u odnosu na udaljenost izvoženja drva iskazan je prema višekriterijskom modelu izračuna proizvodnosti tih vozila (Stankić 2010, Stankić i dr. 2012), koji uzima u obzir: 1) klasu forvardera, 2) nosivost tla, 3) opremljenost forvardera gusjenicama, 4)

sječnu gustoću, 5) obujam srednjega sječivoga stabla te 6) udaljenost izvoženja drva. Jedinичni trošak izvoženja drva izračunat je na osnovu kalkulacije troška trgovačkoga društva »Hrvatske šume« d.o.o Zagreb za forvarder Valmet 840.2 u iznosu od 452,13 kn/h.

3. Rezultati – Results

Simulaciju različitih situacija koje se mogu dogoditi pri izvoženju drva forvarderom čini pet analiziranih tereta (slika 3). Prvi, drugi i treći teret kombinacija je nominalno natovarenoga forvardera (masa tereta < 12 t), a četvrti i peti teret simulacija je smanjenja tereta zbog ograničene nosivosti tla šumskoga bespuća koja je prisutna u hrvatskim nizinskim šumama tijekom cijeloga razdoblja glavnoga prihoda drva (Horvat i dr. 2004, Poršinsky i dr. 2012). Svaki se pojedini teret sastojao od različitoga broj komada oblovine s obzirom na:

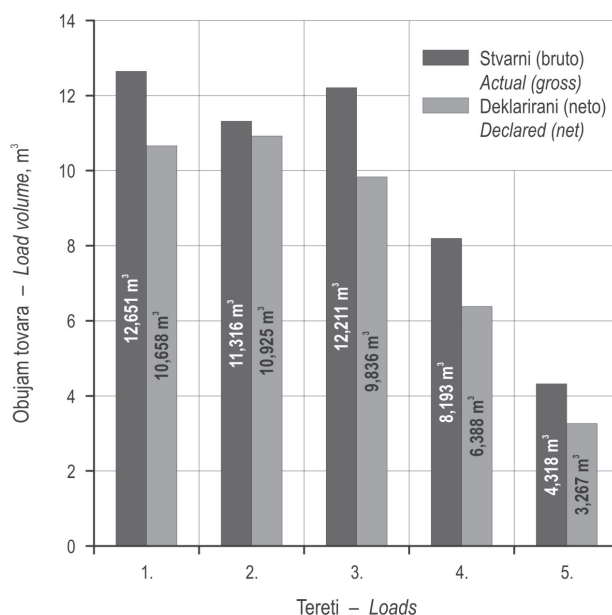
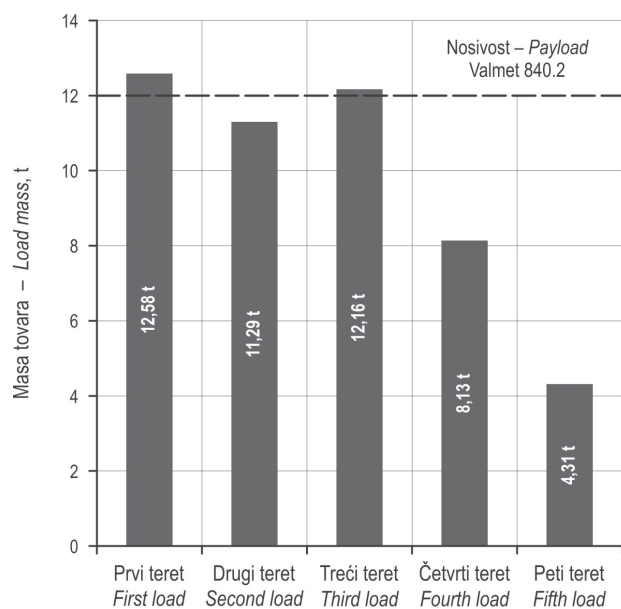
- ⇒ vrstu i dimenzije sortimenata (tehnička oblovinu, ogrjevno višemetarsko drvo, mješoviti tovar),
- ⇒ količinu utovarenoga drva (puna visina utovarnoga prostora, <2/3 visine utovarnoga prostora, <1/3 visine utovarnoga prostora vozila).

Usporedba mase i obujma istraživanih tereta prikazana je na slici 4. Vrijednosti mase analiziranih tereta forvardera manje su < 1 % u odnosu na vrijednosti stvarnih obujama tereta, što je posljedica čvrste povezanosti tih dvaju parametara kao fizikalnih veličina zbog konstantne gustoće drva, koja se kod istraživanih tereta kretala u uskom rasponu vrijednosti od 992,4 kg/m³ do 998,1 kg/m³, odnosno prosječno 995,8 ± 2,5 kg/m³.

Zbog propisnosti mjerenja pojedinačnih komada oblovine deklarirani (neto) obujam tereta manji je od stvarnoga (bruto) obujma za 15,75 % (1. teret), 3,46 % (2. teret), 19,45 % (3. teret), 22,03 % (4. teret) i 24,36 % (5. teret). Na izražene vrijednosti redukcije obujma deklariranih tereta značajan utjecaj ima:

	1. teret – 1 st load Puna visina tovarnoga prostora Full height of loading area – trupci i višemet. ogrjevno drvo – – logs and long fuelwood –	2. teret – 2 nd load Puna visina tovarnoga prostora Full height of loading area – višemetasko ogrjevno drvo – – long fuelwood –	3. teret – 3 rd load Puna visina tovarnoga prostora Full height of loading area – trupci – – logs –	4. teret – 4 th load Do 2/3 visine tovarnoga prostora Up to 2/3 height of loading area – trupci – – logs –	5. teret – 5 th load Do 1/3 visine tovarnoga prostora Up to 1/3 height of loading area – trupci – – logs –
Masa tereta, kg Load mass, kg	12580	11295	12160	8130	4310
Stvarni (bruto) obujam, m ³ Actual (gross) volume, m ³	12,651	11,316	12,211	8,193	4,318
Deklarirani (neto) obujam, m ³ Declared (net) volume, m ³	10,658	10,925	9,836	6,388	3,267
Oblovine u tovaru, kom. No. of roundwood in the load, psc.	21	40	17	11	5
Gustoća drva, kg/m ³ Timber density, kg/m ³	994,4	998,1	995,8	992,4	998,1
Prosječan obujam oblovine, m ³ /kom. Average roundwood volume, m ³ /psc.	0,602	0,283	0,718	0,745	0,864
Prosječna zakrivljenost oblovine, cm/m Average roundwood sweep, cm/m	0,8 ± 0,9	1,8 ± 2,3	0,4 ± 0,7	0,6 ± 0,8	0,7 ± 1,0

Slika 3. Podaci mjerenja različitih tereta forvardera
Fig. 3 Data of measuring different forwarder loads



Slika 4. Usporedba mase i obujma tereta forvardera

Fig. 4 Comparison of forwarder load mass and volume

- ⇒ vrsta sortimenta, što je posebno izraženo kod drugoga tereta koji se u potpunosti sastojao od višemetarskoga ogrjevnoga drva, odnosno kod prvoga tereta kojega je s 18 % stvarnoga obujma činilo ogrjevno drvo,
- ⇒ zakonitost obujma komada koja predstavlja međudjelovanje dimenzija izrađene oblovine u utovarnom prostoru forvardera, s iskazanim utjecajem ($> 0,7 \text{ m}^3/\text{kom.}$) kod trećega, četvrtoga i petoga tereta, kojega su u potpunosti činili trupci,
- ⇒ udjel prvih trupaca izrađenih iz debla (perci), kod kojih je zbog njihove nepravilnosti oblika značajna razlika u izračunu obujma Huberovim, odnosno Reicke-Newtonovim izrazom (Sertić 2012).

Na osnovi podataka izmjere tereta, odnosno dimenzija utovarene oblovine provedena je i analiza iskoristivosti utovarnoga prostora forvardera s obzirom na: 1) masu tereta, 2) obujam utovarnoga prostora, 3) površinu poprečnoga presjeka utovarnoga prostora te 4) duljinu utovarnoga prostora (slika 5).

Iskoristivost utovarnoga prostora treba promatrati kroz količinu, ali i dimenzije utovarene oblovine, pri čemu dolazi do izražaja zakonitost obujma komada (promjer i duljina utovarene oblovine), ali i nepravilnost (zakrivljenost) obloga drva, što je vidljivo pogotovo kod trećega tereta koji se isključivo sastojao od višemetarskoga ogrjevnoga drva.

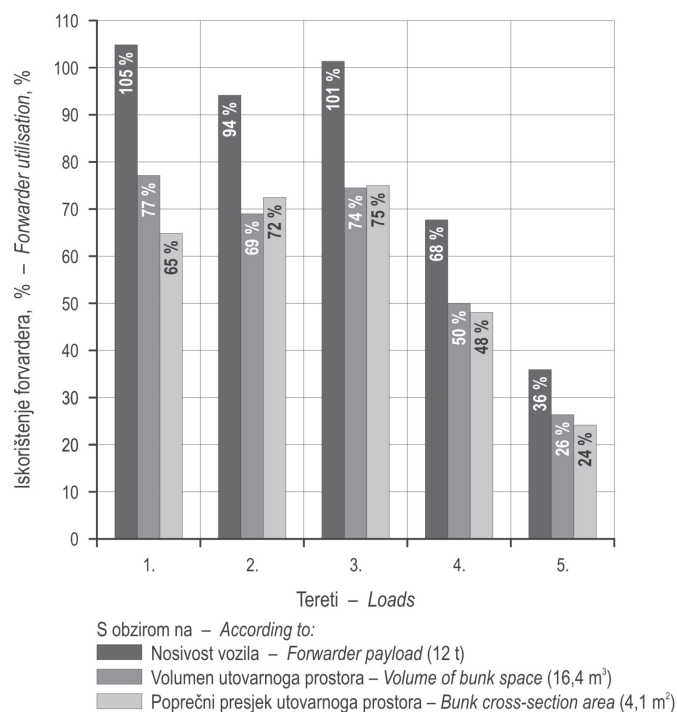
Pri izračunu proizvodnosti forvardera uzete su u obzir sljedeće pretpostavke koje zahtijeva višekriterijski

model izračuna proizvodnosti ovih vozila (Stankić 2010, Stankić i dr. 2012):

- ⇒ srednje teški forvarder bez korištenja polugusjenica,
- ⇒ za prva su tri tereta korištene vrijednosti prosječne brzine kretanja neopterećenoga i opterećenoga vozila po tlu dobre nosivosti ($3,71 \text{ km/h}$),
- ⇒ za četvrti i peti teret korištene su vrijednosti prosječne brzine kretanja neopterećenoga i opterećenoga vozila po tlu ograničene nosivosti ($3,01 \text{ km/h}$),
- ⇒ proizvodnost i jedinični troškovi za svaki teret prikazani su u ovisnosti o udaljenosti izvoženja drva po šumskom bespuću (raspon od 100 do 800 m),
- ⇒ za sve terete uzeta je ista udaljenost kretanja forvardera po pomoćnom stovarištu (50 m) s istom prosječnom brzinom kretanja neopterećenoga i opterećenoga vozila ($4,35 \text{ km/h}$),
- ⇒ za sve toware uzeta je ista sječna gustoća ($150 \text{ m}^3/\text{ha}$),
- ⇒ za izračun utroška vremena utovara i istovara drva nije korištena izvorna ovisnost iz algoritma, već je korišten broj komada drva u tovaru (slika 3).

Važnost načina iskaza tereta (stvarnoga obujma, deklariranoga obujma i mase tereta) na djelotvornost rada forvardera (proizvodnost i jedinične troškove izvoženja drva) prikazana je usporedno na slici 6.

Gustoća oblovine hrasta lužnjaka ($995,8 \pm 2,5 \text{ kg/m}^3$) utjecala je na zanemarive razlike u iskazu proizvodnosti i jediničnih troškova s obzirom na to jesu li tereti



Slika 5. Usporedba iskoristivosti utovarnoga prostora forvardera

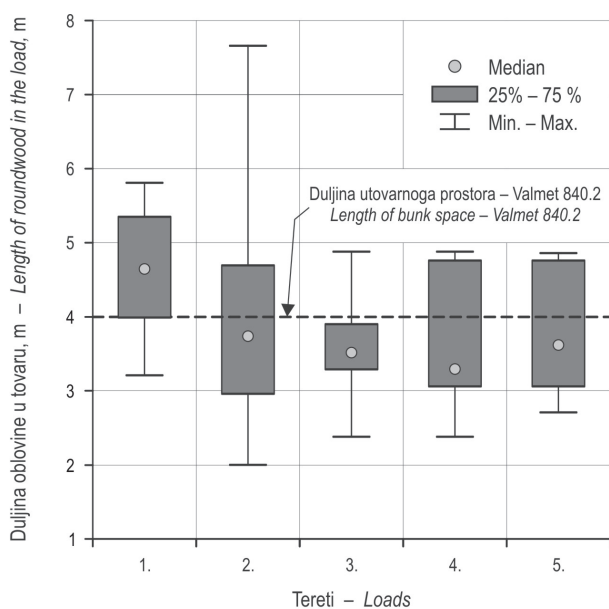
Fig. 5 Comparison of utilization of forwarder bunk space

iskazani prema masi (slika 6A) ili stvarnom obujmu (slika 6B).

Propisnost mjerenja pojedinačnih komada oblovine utjecala je na pad proizvodnosti forvardera, što je iskazano s obzirom na deklarirani (neto) obujam tereta (slika 6C) u odnosu na proizvodnost forvardera iskazanu sa stvarnim (bruto) obujmom tereta (slika 6B), na indentičan način kao i smanjenje vrijednosti deklariranoga obujma tereta koji je manji od stvarnoga obujma za 15,75 % (1. teret), 3,46 % (2. teret), 19,45 % (3. teret), 22,03 % (4. teret), te 24,36 % (5. teret).

Također, propisnost mjerenja pojedinačnih komada oblovine utjecala je na rast jediničnih troškova izvoženja drva forvarderom, što je iskazano s obzirom na deklarirani (neto) obujam tereta (slika 6C). Ti su troškovi viši od jediničnih troškova rada forvardera iskazanih stvarnim (bruto) obujmom tereta (slika 6B) za 18,70 % (1. teret), 3,58 % (2. teret), 24,15 % (3. teret), 28,26 % (4. teret), te 32,17 % (5. teret).

Neovisno o načinu iskaza tereta (slika 6), utvrđeni široki rasponi proizvodnosti i jediničnih troškova rada forvardera u ovisnosti o udaljenosti izvoženja drva posljedica su međudjelovanja utroška vremena kretanja (ne)opterećenoga vozila te utovara i istovara drva, odnosno veličine tereta (Poršinsky 2002, Poršinsky 2005, Poršinsky i Stankić 2006). Očito da smanjenje količine utovarenoga drva snažno utječe na djelotvornost rada

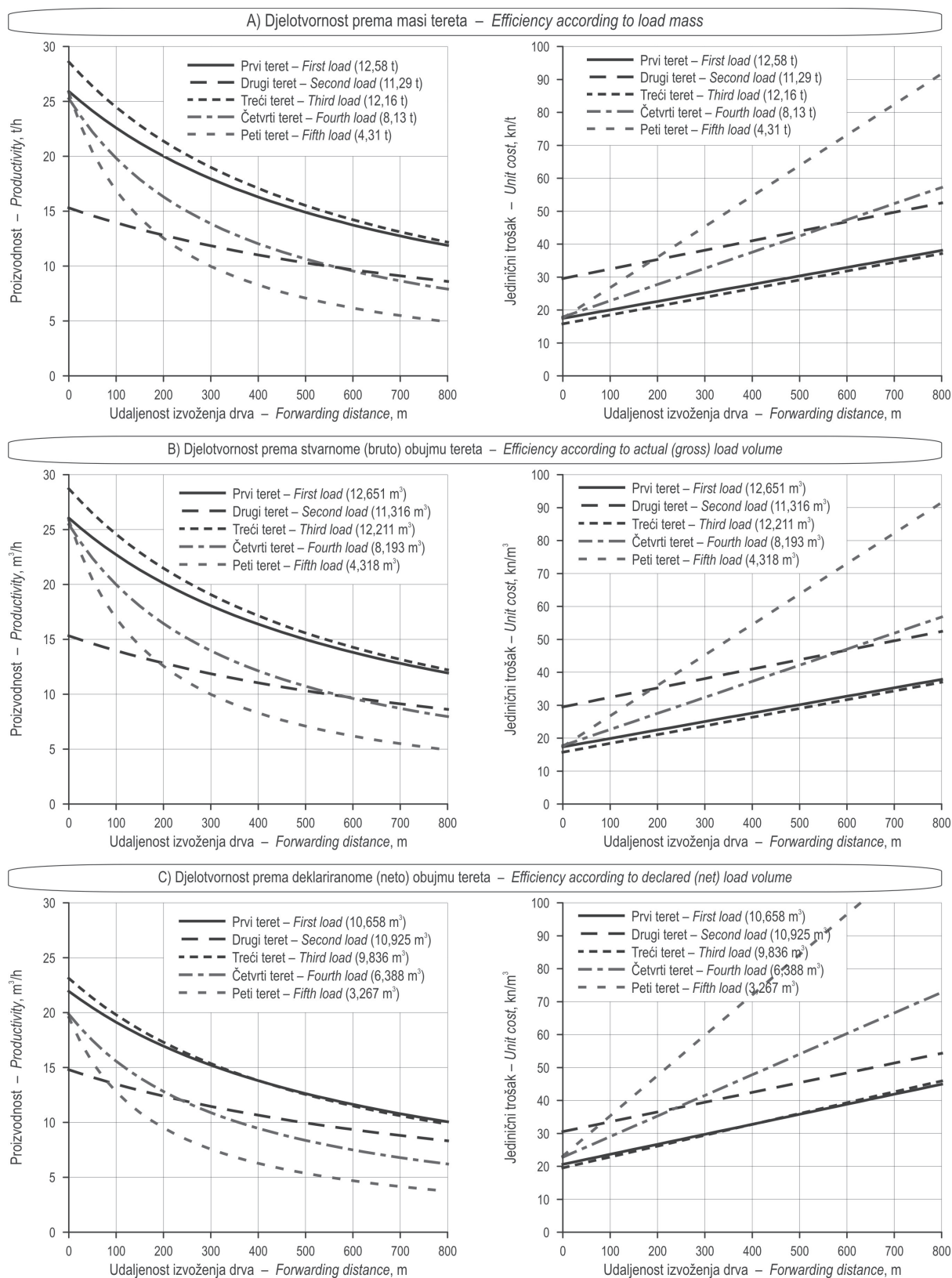


forvardera (pogotovo povećanjem udaljenosti izvoženja drva) te s ekonomskoga gledišta svakako nije prihvatljiva metoda osiguranja kretnosti forvardera u uvjetima ograničene nosivosti podloge hrvatskih nizinskih šuma (Poršinsky i dr. 2011).

4. Umjesto zaključaka - Instead of conclusions

Jasno je da su transport drva i trgovina drvom dva različita pojma sa stajališta iskaza obujma oblovine ili tereta, ali i s različitim utjecajem na sudionike u lancu dobave drva. Rezultati provedenoga istraživanja otvaraju cijeli niz pitanja na koja je jednoznačno teško naći odgovore:

- ⇒ Jesu li šume tako bogat resurs da možemo dopustiti stavljanje obujma tereta u kontekstu transporta i trgovine drvom pod isti zajednički nazivnik?
- ⇒ Postoje li zapreke promjeni poimanja zajedničkoga nazivnika (koje i tko)?
- ⇒ Što znači podizanje troška transporta drva za razliku stvarnoga i deklariranoga obujma tereta (obloga drva) sa stajališta sudionika u lancu dobave drva (šumovlasnika, izvođača šumskih radova, kupaca drva, ali i u kontekstu naknade za korištenje šumskih cesta njihovim vlasnicima)?



Slika 6. Usporedba djelotvornosti forvardera s obzirom na različite načine iskaza tereta

Fig. 6 Comparison of forwarder efficiency according to different load measurements

5. Literatura – References

- Bosner, A., S. Nikolić, Z. Pandur, D. Benić, 2008: Razvoj i umjeravanje prijenosnoga sustava za mjerenje osovinskih opterećenja vozila – mjerenja na forvarderu. *Nova meh. šumar.*, 29: 1–15.
- Busić, O., 2011: Utjecaj propisanoga načina mjerenja obloga drva na djelotvornost forvardera, Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–25.
- Conway, S., 1976: *Logging practices. Principles of timber harvesting systems.* Miller Freeman Publications, 1–432.
- Fonseca, M. A., 2005: *The Measurement of Roundwood: Methodologies and Conversion Ratios.* CABI Publishing, 1–267.
- Greulich, F., 2002: *Transportation Networks in Forest Harvesting: Early Development of the Theory.* Proceedings of the International Seminar on New Roles of Plantation Forestry Requiring Appropriate Tending and Harvesting Operations, September 29 – October 5, 2002, The Japan Forest Engineering Society & IUFRO 3.04/3.06/3.07, Tokyo, Japan, 1–9.
- Heinimann, H. R., 2001: *Verfahrenstechnik III – Analyse, Gestaltung und Steuerung technischer Produktionssysteme.* D-FOWI, Forstliches Ingenieurwesen, 1–25. (<http://www.fowi.ethz.ch/piw/teach/>)
- Horvat, D., T. Poršinsky, A. P. B. Krpan, T. Pentek, M. Šušnjar, 2004: Ocjena pogodnosti forvardera morfološkom raščlambom. *Strojarstvo* 46 (4–6): 149–160.
- HRN EN 1309–2:2006: *Oblo i piljeno drvo – Metoda mjerenja dimenzija – 2. dio: Oblo drvo – Zahtjevi za pravila proračuna mjera i volumena (EN 1309–2:2006)*, 1–20.
- MacDonald, A. J., 1999: *Harvesting Systems and Equipment in British Columbia.* FERIC, Handbook No. HB-12, 1–197.
- Poršinsky, T., 2002: Čimbenici proizvodnosti forvardera Timberjack 1210 pri izvoženju obloga drva glavnooga prihoda hrvatskih nizinskih šuma. *Glasnik za šumske pokuse*, 38: 103–132.
- Poršinsky, T., 2005: *Djelotvornost i ekološka pogodnost forvardera Timberjack 1710B pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske.* Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–170.
- Poršinsky, T., I. Stankić, 2006: *Djelotvornost forvardera Timberjack 1710B pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske.* *Glasnik za šumske pokuse*, posebno izdanje, 5: 573–587.
- Poršinsky, T., I. Stankić, A. Bosner, 2011: *Djelotvorno i okolišno prihvatljivo izvoženje drva forvarderom temeljem analize nominalnoga tlaka na podlogu.* *Croat. j. for. eng.* 31(1): 345–356.
- Poršinsky, T., T. Pentek, A. Bosner, I. Stankić, 2012: *Ecoefficient Timber Forwarding on Lowland Soft Soils.* In: *Global Perspectives on Sustainable Forest Management* (ed.: C. A. Okia), In Tech, 275–288.
- Silversides, C. R., U. Sundberg, 1989: *Operational Efficiency in Forestry – Volume 2: Practice.* Kluwer Academic Publishers – Forest Sciences, Dodrecht/Boston/Lancaster, 1–169.
- Sertić, M., 2012: *Gubici obujma na prvom trupcu hrasta kitnjaka (Quercus petraea /Matt./ Liebl.) zbog propisanog načina mjerenja.* Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–99.
- Staff, K. A. G., N. A. Wiksten, 1984: *Tree harvesting Techniques.* Martinus Nijhoff/DR W. Junk Publishers, Dodrecht/Boston/Lancaster, 1–371.
- Stankić, I., 2010: *Višekriterijsko planiranje izvoženja drva forvarderima iz nizinskih šuma Hrvatske.* Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–123.
- Stankić, I., T. Poršinsky, Ž. Tomašić, I. Tonković, M. Frntić, 2012: *Productivity Models for Operational Planning of Timber Forwarding in Croatia.* *Croat. j. for. eng.* 33(1): 61–78.

Abstract

Influence of Prescribed Method of Roundwood Scaling on Timber Transport

In timber trade in Croatian forestry, roundwood is usually dispatched by volume in accordance with the standard (EN 1309–2: 2006) and there is a loss of volume due to the prescribed ways of measurement: 1) length, 2) mean diameter, 3) deduction of bark and 4) the expression for estimating the volume of roundwood. Impact analysis of transported load (actual timber volume, timber mass, reduced volume due to the prescribed measuring) for Valmet 840.2 forwarder productivity in relation to the transportation distance was determined using a multi-criteria productivity forwarder model (Stankić et al. 2012).

The study was based on five different loads of oak (Quercus robur L.) in a forwarder, which differed with respect to: 1) the type of loaded assortments (roundwood, firewood, mixed load), 2) amount of loaded timber (full height of loading area, <2/3 height of loading area, <1/3 height of loading area of the vehicle). In addition to weighing (aimed at determin-

ing the load mass), measurement of timber in the load was also performed including as follows: 1) measurement of length to centimeter accuracy, and 2) measurement of diameters on the thicker and thinner end and in the middle of logs. The actual (gross) volume of each log was calculated using Reicke–Newton's formula, and the net volume of timber was calculated in accordance with the standard (EN 1309-2: 2006).

Differences in forwarder productivity, expressed in terms of timber gross volume and load mass are negligible (<1%) due to the effects of wood density $995.8 \pm 2.5 \text{ kg/m}^3$.

Forwarder productivity expressed in terms of timber net volume ranged from 3.5% to 24.3% when compared to the actual timber volume. The obtained results depend on the type and size of loaded assortments and quantity of loaded timber.

Obviously, the transport of timber and trade of timber are two different concepts from the standpoint of timber volume or load volume, with a different impact on the participants in the timber supply chain.

Keywords: prescribed measurement of roundwood, mass, volume, forwarder

Adresa autorâ – Authors' addresses:

Prof. dr. sc. Tomislav Poršinsky*
e-pošta: porsinsky@sumfak.hr
Andreja Đuka, dipl. inž. šum.
e-pošta: bosner@sumfak.hr
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Svetošimunska 25
10 000 Zagreb
HRVATSKA

Ostoja Busić, mag. ing. silv.
e-pošta: osbusic@gmail.com
Strao Selo Topusko 148
44415 Topusko
HRVATSKA

* Glavni autor – Corresponding author

Primljeno (Received): 16. 1. 2014.
Prihvaćeno (Accepted): 8. 4. 2014.

