

Razvoj i umjeravanje prijenosnoga sustava za mjerenje osovinskih opterećenja vozila – mjerenja na forvarderu

Andreja Bosner, Stjepan Nikolić, Zdravko Pandur, Davor Benić

Nacrtač – Abstract

U radu je istražen prijenosni sustav vaga WLS 101/R2K korišten za izmjeru osovinskih opterećenja forvardera Valmet 840.2 radi što preciznijega utvrđivanja količine šumske biomase. Zbog uočenih odstupanja u izmjerenoj masi tereta prijenosnoga sustava vaga i kontrolnoga mjerenja (kolna vaga) istraženo je kako značajke tovara (zakrivljenost oblovine i količina drva), niveliranje osovina vozila te značajke podloge utječu na izmjeru mase vaganjem. Mjerenja su provedena u tri serije: 1) mjerenja iste vrste tovara na neravnoj i ravnoj podlozi, 2) mjerenja pet različitih vrsta tovara uz istodobno istraživanje utjecaja horizontalnosti osovina, 3) mjerenja iste vrste tovara uz korištenje metalnoga okvira za umetanje para prijenosnih vaga radi centriranja kotača forvardera na mjernu površinu vage.

Najmanja odstupanja mjernih vrijednosti (<2 % u odnosu na kontrolno mjerenje mase kolnom vagom) postignuta su korištenjem metalnoga okvira za umetanje para prijenosnih vaga. Također je utvrđeno da je neprecizno postavljanje kotača vozila na površinu vage uzrok najvećih pogrešaka u mjerenju mase tereta.

Ključne riječi: šumska biomasa, osovinsko opterećenje vozila, prijenosni sustav vaga, forvarder

1. Uvod – Introduction

Nakon gotovo dva desetljeća procjena količina, izrada raznih studija te održavanja okruglih stolova šumska biomasa za energiju polako, ali sigurno postaje proizvod hrvatskoga šumarstva. Svakako je tomu pridonijelo osnivanje 2007. godine »Šumske biomase« d.o.o., tvrtke u 100 %-tnom vlasništvu trgovačkoga društva »Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb. Tvrtka je osnovana radi organizacije prikupljanja i proizvodnje drva za energiju, odnosno plasmana na tržište.

Od osnivanja »Šumske biomase« d.o.o. najveći se dio proizvodnje odnosi na pridobivanje šumske biomase iz oplodnih sječa nizinskih šuma Hrvatske, i to kao posljedica uspostave šumskoga reda. Naime, 2006. godine hrast lužnjak obilno plodonosi te se u tom trenutku na području UŠP Vinkovci nalazi u obnovi preko 1100 ha sastojina. Velika površina, ali i količina šumskoga ostatka te donošenje novoga propisa sigurnosti pri radu (»Pravilnik o vrsti šumarskih

radova, minimalnim uvjetima za njihovo izvođenje te radovima koje šumoposjednici mogu izvoditi samostalno«, NN, 66/07) doveli su do nemogućnosti provođenja uspostave šumskoga reda na dotadašnji način, koji se oslanjao na lokalno stanovništvo u samoizradbi ogrjevnoga drva. S druge strane, istodobno se otvara tržište, tj. raste potražnja za drvnim iverjem u inozemstvu (Austrija i pogotovo Mađarska), ali se pojavljuje i nekoliko domaćih kupaca (Spačva d.o.o., Strizivojna Hrast d.o.o. i dr.).

Za ovodobni je sustav pridobivanja šumske biomase iz oplodnih sječa na području UŠP Vinkovci i UŠP Našice znakovito da se iz debala srušenih stabala izrađuje tehnička oblovinna i višemetarsko prostorno drvo, a krošnje se stabala trupe s nekoliko rezova isključivo radi mogućnosti utovara dizalicom, odnosno poboljšanja iskorištavanja utovarnoga prostora forvardera pri transportu po šumskom bespuću (slika 1A). Nakon istovara forvardera neusitnjeno se drvo ostavlja da »odleži« na pomoćnom stovarištu 3

do 4 mjeseca radi isušivanja (slika 1B), nakon čega se usitnjava u drvenu sječku iveračima. Pri iveranju, ovisno o situaciji, koristi se otvoreni (slika 1C) ili zatvoreni (slika 1D) lanac proizvodnje drvnoga iverja (Stampfer i Kanzian 2006). Međutim, podaci o izvršenoj proizvodnji odnose se na otpremljene količine drvnoga iverja (~ 30 % vlažnosti), koji su isključivo dostupni od krajnjega korisnika (kupca), i to na osnovi izmjere mase tereta vaganjem.

Tri su razloga za utvrđivanje količine (izmjeru mase) »zelene« šumske biomase odmah po završetku privlačenja:

- ⇒ Obujam izvezene šumske biomase za potrebe razduživanja stanja u sječini te zaduživanja stanja na pomoćnom stovarištu ne može se utvrditi izmjerom njezine duljine i promjera.
- ⇒ Uspostavljanje sustava normiranja izvoženja šumske biomase za energiju forvarderima ra-

di utvrđivanja proizvodnosti, odnosno troškova ove sastavnice proizvodnje.

- ⇒ Prikupljanje podataka o količinama šumske biomase za energiju, potrebnih za izradu sustava planiranja njezine proizvodnje. Naime, planiranje se proizvodnje drva (izrada planova sječa) zasniva na strukturi obujma krupnoga drva (>7 cm promjera s korom), koji je razdijeljen na tehničku oblovinu po namjenskim razredima, prostorno (višemetarski i metarski ogrjev) drvo i otpad. S druge strane šumska biomasa za energiju obuhvaća: drvo koje nije obuhvaćeno planom sječa (šumski ostatak – drvo <7 cm s korom) te drvo djelomično ili u potpunosti obuhvaćeno planom sječa (kompletno jednometarsko ogrjevno drvo, ali i dio otpada pri sječi i izradbi koji se ne odnosi na propisani način mjerenja tehničke oblovine). Dodatan problem predstavlja činjenica da su podaci u planu sječa iskazani u jedi-



Slika 1. Ovodobni sustav pridobivanja šumske biomase iz nizinskih šuma u Hrvatskoj

Fig. 1 Current system of biomass harvesting from Croatian lowland forests

nicama obujma (m^3), a šumsku je biomasu jedino moguće korektno mjeriti u jedinicama mase (kg, t), što dodatno nameće potrebu za utvrđivanjem pretvorbenih koeficijenata.

Cilj je ovoga rada istražiti mogućnosti utvrđivanja količine privučene šumske biomase prijenosnim sustavom vaga izmjerom mase osovinskih opterećenja forvardera. Korištenje je prijenosnoga sustava vaga korisno jer omogućuje neposrednu izmjeru po završetku privlačenja, tj. na pomoćnom stovarištu.

Budući da pri mjerenju (vaganju) osovinskih opterećenja prijenosnim sustavima postoji mogućnost pojave velikih odstupanja, istraživanje je provedeno da bi se utvrdilo kako značajke tereta (zakrivljenost oblovine, količina drva), horizontalnost osovina te značajke same podloge ispod vaga utječu na rezultat izmjere.

2. Materijal i metode – *Materials and methods*

Obujam je tovara parametar koji neposredno i značajno utječe na razinu proizvodnosti forvardera (Poršinsky 2002). Teorijska je nosivost forvardera određena tehničkim značajkama samoga vozila, dok praktičnu nosivost određuju terenski čimbenici (stanje podloge, nagib terena, površinske prepreke), koji najčešće umanjuju teorijsku mogućnost vozila (Por-

šinsky 2005). Osim terenskih čimbenika bitni su gustoća drva te dimenzije i oblik utovarene oblovine (oblovinu kraća od duljine utovarnoga prostora vozila, zakrivljenost i/ili nedovoljna obrađenost žilišta i kvrga umanjuju iskorištenost teorijske nosivosti). Danas se drvo transportira pretežno u sirovom stanju pa je gustoća drva ovisna o vrsti drva te sadržaju vlage u trenutku rušenja stabla.

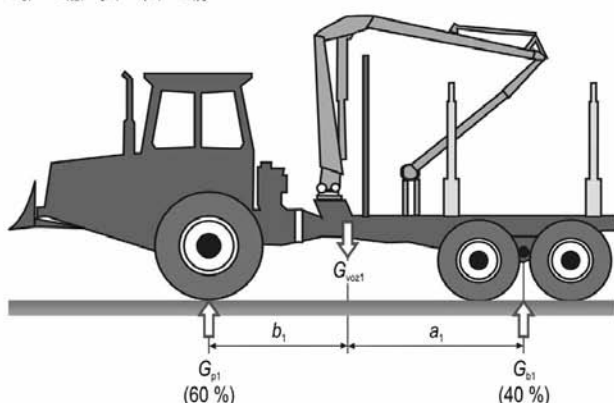
Saarilahti (2002) za potrebe izračuna faktora kretnosti vozila (faktori bruto i neto vuče te otpora kotrljanja) predstavlja jednostavan model za procjenu osovinskih opterećenja forvardera u mirovanju na osnovi dimenzija vozila, težine prednjega i stražnjega mosta vozila te udaljenosti težišta od prednje odnosno stražnje osovine (slika 2). Nažalost, ovaj pristup zahtijeva poznavanje podatka o udaljenosti točke težišta između prednje i stražnje osovine vozila, koji nije čitljiv iz podataka proizvođača forvardera. Isti autor navodi pravilo raspodjele osovinskih opterećenja nenatovarenoga vozila kod zadnje generacije forvardera: 60 % prednja osovina, 40 % stražnja osovina.

Poršinsky i Horvat (2005) za procjenu okolišne prihvatljivosti vozila za privlačenja drva rabe indeks kotača (bezdimenzijski parametar koji opisuje međudjelovanje opterećenoga kotača i tla), za čiji izračun upostavljaju teorijski model raspodjele osovinskih opterećenja, za slučaj vozila u mirovanju na rav-

Nenatovareni forvarder – *Unloaded forwarder*

$$G_{p1} = G_{voz1} \cdot [a_1 + (a_1 + b_1)]$$

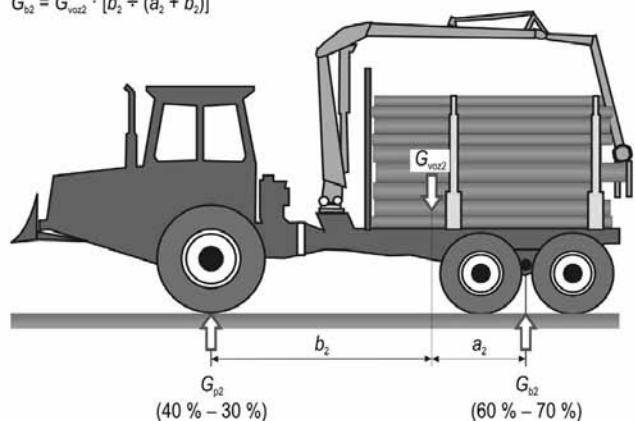
$$G_{b1} = G_{voz1} \cdot [b_1 + (a_1 + b_1)]$$



Natovareni forvarder – *Loaded forwarder*

$$G_{p2} = G_{voz2} \cdot [a_2 + (a_2 + b_2)]$$

$$G_{b2} = G_{voz2} \cdot [b_2 + (a_2 + b_2)]$$



Kazalo – *Directory:*

G_{voz} – Težina vozila – *Vehicle weight*

G_p – Opterećenje prednje osovine – *First axle load*

G_b – Opterećenje stražnje (bogi) osovine – *Rear (bogie) axle load*

a – Udaljenost između položaja točke težišta i stražnje osovine – *Distance between centre of gravity and rear axle*

b – Udaljenost između položaja točke težišta i prednje osovine – *Distance between centre of gravity and front axle*

Izvor – *Source:* Saarilahti (2002)

Slika 2. Raspodjela osovinskih opterećenja (ne)natovarenoga forvardera
Fig. 2 Axle load distribution of unloaded/loaded forwarder

noj podlozi, u ovisnosti o masi i dimenzijama natovarene oblovine u tovarni prostor forvardera. Za navedeni model koriste podatke mjerenja osovinskih opterećenja neopterećenoga forvardera te podatke izmjere osnovnih dimenzija vozila, pri čemu pretpostavljaju da je teret (oblovinina) pravilna prizma određene mase i duljine uz zanemarivanje šupljina između utovarenoga obloga drva. Na osnovi dobivenih rezultata isti autori zaključuju da, ovisno o težini i duljini utovarene oblovine, raste ukupna težina vozila. Pri tome je znakovit porast opterećenja na stražnjoj osovini te beznačajan porast opterećenja na prednjoj osovini, što dovodi do premještanja točke težišta od prednje ka stražnjoj osovini.

Oba navedena teorijska pristupa zasnivaju se na podacima izmjera osovinskih opterećenja nenatovarenoga forvardera, ali i poznavanju podataka o udaljenosti točke težišta između prednje i stražnje osovine vozila, koji je teško mjerljiv parametar.

Za potrebe ovoga rada opterećenja su osovina šesterokotačnoga forvardera Valmet 840.2 mjerena pomoću prijenosnog sustava vaga WLS 101/R2K (BARK System-und Wiegetechnik GmbH & CO.KG), koji se primjenjuje za mjerenje osovinskoga opterećenja vozila s pneumatskim ili punim gumenim kotačima. Prijenosne vage WLS 101/R2K rade na električno-mehaničkom principu, podnose opterećenje od 10 t po vagi (ukupno 20 t), a otpornost na lomljenje iznosi 150 % najvećega opterećenja.

Istraživanje je provedeno u tri serije mjerenja osovinskih opterećenja forvardera.

Prva je serija mjerenja obuhvatila osovinska opterećenja (ne)natovarenoga forvardera na neravnoj i ravnoj podlozi uz postavljanje drvenih ploča na vage. Ploče su korištene da bi kotači vozila bili što

točnije postavljeni na vage jer dimenzije guma (prednje 600/65–34, stražnje 600/55–26,5) nadilaze mjerenu površinu vaga (širina 420 mm, duljina 715 mm), što otežava precizno postavljanje kotača vozila te samim time dovodi do pogrešaka u mjerenju.

Druga je serija mjerenja obuhvatila vaganje pet različitih vrsta tovara radi utvrđivanja utjecaja značajki tovara na točnost mjerenja. Ujedno je istražen i utjecaj horizontalnosti osovine forvardera (daske su podmetane pod kotače vozila radi niveliranja forvardera) na točnost izmjere osovinskih opterećenja.

Treća je serija mjerenja obuhvatila jednu vrstu tovara, ali su prijenosne vage bile postavljene u metalni okvir radi lakšega i točnijega postavljanja kotača vozila na mjernu površinu vaga.

Podaci sve tri serije mjerenja osovinskih opterećenja (ne)natovarenoga forvardera uspoređeni su s podacima izmjera mase vozila na kolnoj vagi, koji su ujedno i predstavljali kontrolna mjerenja.

Sva su mjerenja osovinskih opterećenja forvardera prijenosnim sustavom vaga provedena tijekom lipnja, srpnja i studenoga 2008. godine u mehaničkoj radionici šumarije Otok, dok su mjerenja ukupne mase forvardera provedena na kolnoj vagi Poljoprivredne zadruge Otok.

3. Rezultati – Results

U skladu s postavljenim ciljem istraživanja ostvareni su rezultati prikazani po serijama mjerenja.

3.1 Prva serija mjerenja – First series of measurements

U prvoj se seriji mjerenja tovar sastojao od 14 trupaca hrasta lužnjaka obujma 6,60 m³, čiji su rezultati

Tablica 1. Mjerenja nenatovarenoga forvardera

Table 1 Measurements of unloaded forwarder

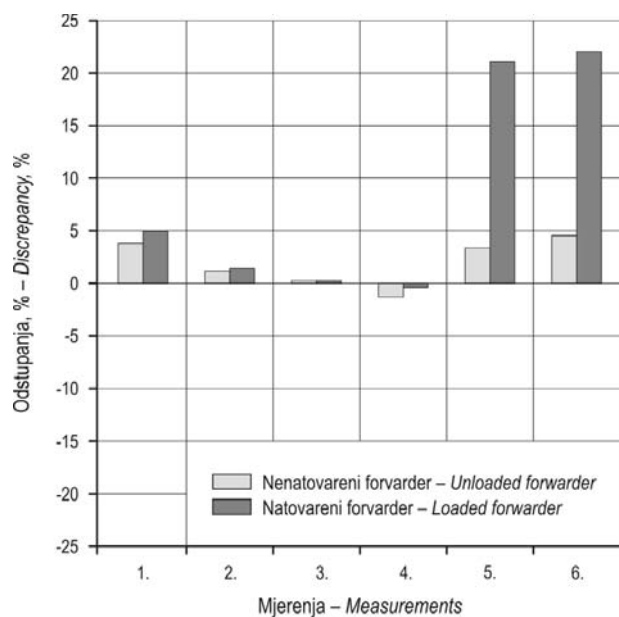
Mjerenje Measurement	Prijenosne vage – Mobile scales				Kolna vaga Weighbridge scale	Napomena Comment
	Osovina – Axle			Ukupna masa Total mass		
	Prednja Front	Prednji bogi Front bogie	Stražnji bogi Rear bogie			
	kg					
1.	8620	3900	3400	15 920	15 340	Neravna podloga – Uneven surface
2.	8940	3260	3320	15 520		Neravna podloga – Uneven surface
3.	8180	3960	3240	15 380		Ravna podloga – Even surface
4.	8180	3720	3240	15 140		Ravna podloga – Even surface
5.	8680	4000	3180	15 860		Ravna podloga* – Even surface*
6.	8600	4200	3240	16 040		Ravna podloga* – Even surface*

* na vage su postavljene drvene ploče debljine 2,5 cm – wooden boards of 2.5 height were placed on scales

Tablica 2. Mjerenja natovarenoga forvardera**Table 2** Measurements of loaded forwarder

Mjerenje Measurement	Prijenosne vage - Mobile scales				Kolna vaga Weighbridge scale	Napomena Comment
	Osovina - Axle			Ukupna masa Total mass		
	Prednja Front	Prednji bogi Front bogie	Stražnji bogi Rear bogie			
	kg					
1.	9580	8440	6900	24 920	23 740	Neravna podloga - Uneven surface
2.	9960	7000	7120	24 080		Neravna podloga - Uneven surface
3.	9160	7360	7280	23 800		Ravna podloga - Even surface
4.	9100	7120	7420	23 640		Ravna podloga - Even surface
5.	9380	10 380	8980	28 740		Ravna podloga* - Even surface*
6.	9340	10 560	9080	28 980		Ravna podloga* - Even surface*

* na vage su postavljene drvene ploče debljine 2,5 cm - wooden boards of 2.5 height were placed on scales

**Slika 3.** Odstupanja mase vozila (razlika prijenosnih u odnosu na kolnu vagu)**Fig. 3** Discrepancy between vehicle mass (weighbridge and mobile scales)

prikazani za nenatovareni forvarder u tablici 1, a za natovareni u tablici 2.

Prvom serijom mjerenja uspoređivana su odstupanja mjerenja osovinskih opterećenja s obzirom na tri načina vaganja: 1) mjerenje osovinskih opterećenja na neravnoj podlozi, 2) mjerenje osovinskih opterećenja na ravnoj podlozi, 3) mjerenje osovinskih opterećenja na ravnoj podlozi uz postavljanje drvenih ploča debljine 2,5 cm na vage radi preciznijega postavljanja kotača vozila na samu površinu vaga.

Slika 3 prikazuje odstupanja mase vozila utvrđenih mjerenjem osovinskih opterećenja prijenosnim vagama u odnosu na kontrolno mjerenje ukupne mase vozila kolnom vagom.

U 1. i 2. mjerenju vagalo se na neravnoj podlozi te su odstupanja iznosila do 5,0 % mase vozila. Postavljanje vozila (ali i vage) na ravnu podlogu (3. i 4. mjerenje) pridonijelo je smanjenju odstupanja, koje je najviše iznosilo do 0,25 % mase vozila. Radi lakšega postavljanja kotača vozila na površinu prijenosnih vaga u 5. i 6. mjerenju na gornju su površinu vaga postavljene drvene ploče visine 2,5 cm, što je povećalo odstupanje u odnosu na mjerenje kolnom vagom u iznosu do 22,07 % mase forvardera.






Tijekom mjerenja uočena je važnost što preciznijega postavljanja kotača forvardera na površinu prijenosnih vaga te važnost pridržavanja pravilnoga postupka mjerenja.

3.2 Druga serija mjerenja – Second series of measurements

Druga je serija mjerenja obuhvatila izmjeru osovinskih opterećenja natovarenoga forvardera za pet različitih vrsta tovara (tablica 3). Cilj je bio istražiti kako značajke tovara (zakrivljenost oblovine, količina drva) i horizontiranje osovina vozila (podmetanjem kotača daskama) utječu na točnost izmjere prijenosnim vagama. Vage su također postavljene na ravnu metalnu ploču debljine 2 cm, a na vagama su postavljene daske debljine 2,5 cm (slika 4).

Niveliranje je vozila postignuto daskama visine 7,6 cm (slika 5) radi utvrđivanja da li takva podmetanja pod prednju osovina vozila, odnosno pod prednju i/ili stražnju bogi osovina izazivaju velika odstupanja u masi izmjerom osovinskih opterećenja

Tablica 3. Vrste tovara**Table 3** Load types

Vrste tovara – Type of loads				
1.	2.	3.	4.	5.
Oblovinu izrađenu iz 5 različitih stabala – pun tovar <i>Roundwood processed from 5 different trees – full load</i>	Zakrivljena oblovinu – pun tovar <i>Sweepled roundwood – full load</i>	Ravni trupci – pun tovar <i>Straight logs – full load</i>	Ravni trupci utovareni do 2/3 visine tovarnoga prostora <i>Straight logs loaded up to 2/3 of loading area height</i>	Ravni trupci utovareni do 1/3 visine tovarnoga prostora <i>Straight logs loaded up to 1/3 of loading area height</i>
				
21 komad – 21 pcs.	40 komada – 40 pcs.	17 komada – 17 pcs.	11 komada – 11 pcs.	5 komada – 5 pcs.
12,853 m ³	11,524 m ³	12,588 m ³	8,429 m ³	4,431 m ³
0,612 m ³ /kom. – 0.612 m ³ /pcs.	0,288 m ³ /kom. – 0.288 m ³ /pcs.	0,740 m ³ /kom. – 0.740 m ³ /pcs.	0,766 m ³ /kom. – 0.766 m ³ /pcs.	0,766 m ³ /kom. – 0.766 m ³ /pcs.

**Slika 4.** Mjerenje prijenosnim vagama**Fig. 4** Mobile scales measurements



Slika 5. Daske korištene za niveliranje vozila
Fig. 5 Boards used for vehicle levelling

prijenosnim vagama. Za jednu je vrstu tovara 12 puta vagano osovinsko opterećenje (slika 6): 1) bez podmetanja kotača daskama, 2) s podmetanjem daskama pod sve kotače vozila osim onih koji se važu, 3) naiz-

mjeničnim podmetanjem kotača daskama u 6 mogućih inačica. Uz izmjeru osovinskih opterećenja mjereni su i bočni nagibi (na prednjoj i stražnjoj strani vozila) te uzdužni nagib forvardera koji su se javljali prilikom podmetanja daskama pojedinih kotača.

Kao kontrolna vrijednost uzeta je masa vozila izmjerena na kolnoj vagi.

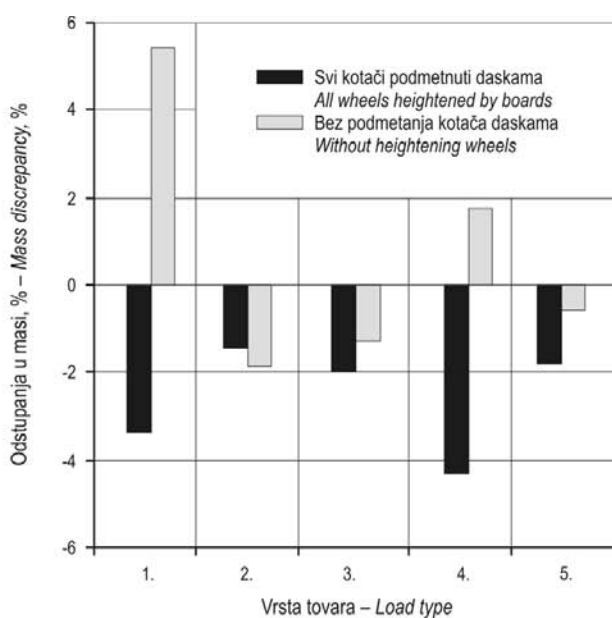
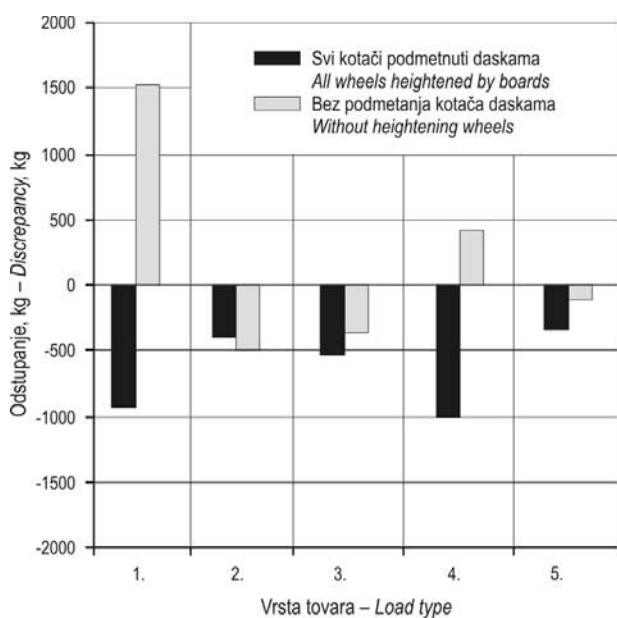
Uspoređene su vrijednosti ukupne mase forvardera (zbroj mase po osovinama) i mase vozila izmjerene kolnom vagom (slika 7). Masa po osovinama mjerena je bez podmetanja kotača daskama te s podmetnutim daskama pod sve kotače (kombinacije različitoga podmetanja dasaka pod različite kotače vozila nisu uključene u ovaj prikaz). Prilikom vaganja s podmetnutim daskama pod sve kotače dobivane su manje vrijednosti na prijenosnim vagama od onih na kolnoj vagi, dok su bez podmetanja kotača daskama u 2 slučaja vrijednosti na prijenosnim vagama bile veće od onih na kolnoj vagi (kod 1. i 4. vrste tovara). Kada se najveća razlika u masi vozila izmjerena kolnom i prijenosnom vagom (1500 kg) stavi u odnos, najveće odstupanje iznosi 5 % ukupne

Načini niveliranja forvardera – Types of forwarder's leveling			
Bez podmetanja kotača daskama Without heightening wheels by boards	Podmetanje svih kotača daskama Heightening all wheels by boards	Naizmjenično podmetanje kotača daskama – inačice 1 do 6 Interchangeable heightening of wheels by boards – varieties 1 to 6	
 Vaga Scale	 Vaga Scale Daske Boards	Inačica 1 Variety 1 Vaga Scale Daska Board	Inačica 2 Variety 2 Vaga Scale Daska Board
 Vaga Scale	 Daska Board Vaga Scale Daska Board	Inačica 3 Variety 3 Daska Board Vaga Scale	Inačica 4 Variety 4 Vaga Daska Scale Board
 Vaga Scale	 Daska Board Daska Board Vaga Scale	Inačica 5 Variety 5 Daska Board Vaga Scale	Inačica 6 Variety 6 Daska Vaga Board Scale

Slika 6. Skica vaganja osovinskih opterećenja forvardera
Fig. 6 Draft of forwarder's axle load measurements

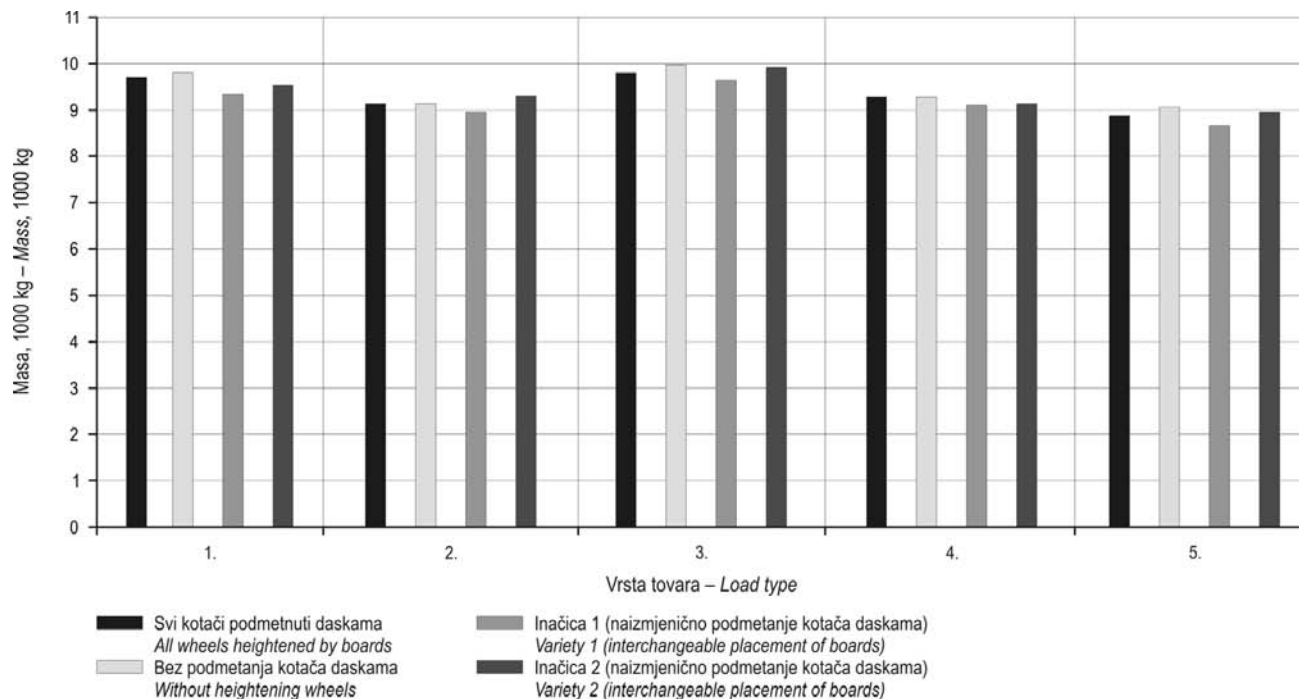
Tablica 4. Mjerenja pet različitih vrsta tovara**Table 4** Measurements of five different load types

Mjerenje <i>Measurement</i>	Tip tovara <i>Load type</i>	Prijenosne vage – <i>Mobile scales</i>				Ukupna masa <i>Total mass</i>	Kolna vaga <i>Weighbridge scale</i>	Napomena <i>Comment</i>
		Osovina – <i>Axle</i>						
		Prednja <i>Front</i> kg	Prednji bogi <i>Front bogie</i>	Stražnji bogi <i>Rear bogie</i>				
1.	1.	9800	10 620	9020	29 440	27 920	Bez podmetanja kotača daskama <i>Without heightening wheels by boards</i>	
2.		9700	8940	8340	26 980		Podmetanje svih kotača daskama <i>Heightening of all wheels by boards</i>	
3.	2.	9140	8420	8580	26 140	26 635	Bez podmetanja kotača daskama <i>Without heightening wheels by boards</i>	
4.		9140	8660	8440	26 240		Podmetanje svih kotača daskama <i>Heightening of all wheels by boards</i>	
5.	3.	9980	8540	8620	27 140	27 500	Bez podmetanja kotača daskama <i>Without heightening wheels by boards</i>	
6.		9800	8440	8720	26 960		Podmetanje svih kotača daskama <i>Heightening of all wheels by boards</i>	
7.	4.	9280	7600	7000	23 880	23 470	Bez podmetanja kotača daskama <i>Without heightening wheels by boards</i>	
8.		9280	6220	6960	22 460		Podmetanje svih kotača daskama <i>Heightening of all wheels by boards</i>	
9.	5.	9060	5140	5340	19 540	19 650	Bez podmetanja kotača daskama <i>Without heightening wheels by boards</i>	
10.		8880	5060	5360	19 300		Podmetanje svih kotača daskama <i>Heightening of all wheels by boards</i>	

**Slika 7.** Odstupanja mase vozila (razlika prijenosnih u odnosu na kolnu vagu)**Fig. 7** Discrepancy between vehicle mass (weighbridge and mobile scales)

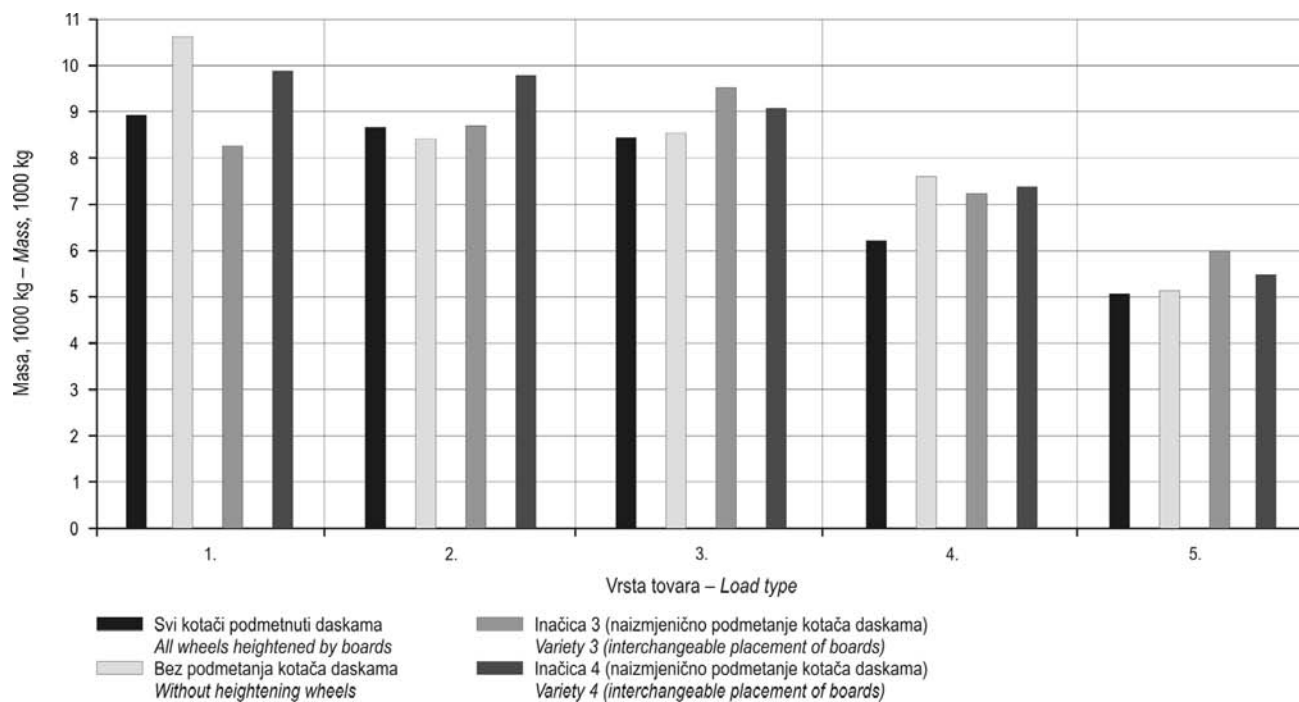
mase forvardera. Najmanja su odstupanja utvrđena kod najlakše (5) vrste tovara, gdje su utovareni trupci do 1/3 visine tovarnoga prostora.

Prilikom mjerenja opterećenja prednje osovine (slika 8) vidljivo je da su najveće vrijednosti izmjerene u dva slučaja vaganja: bez podmetanja kotača



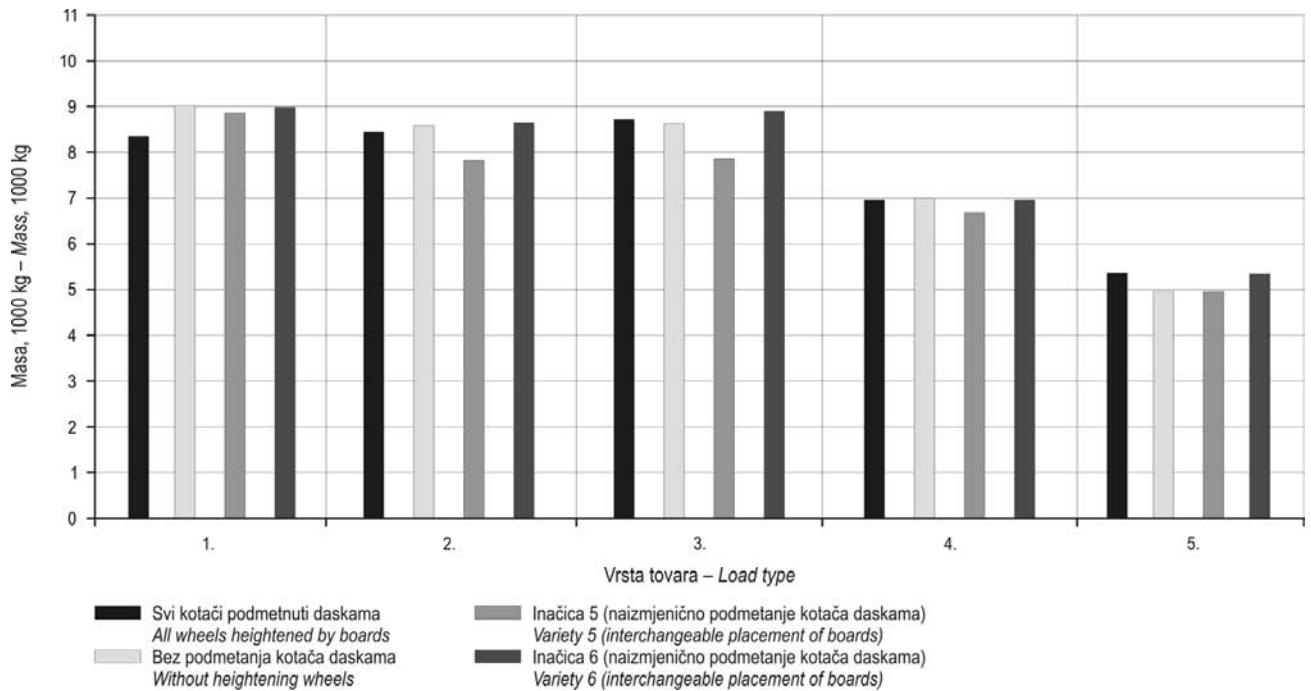
Slika 8. Masa prednje osovine vozila

Fig. 8 Mass of front vehicle axle



Slika 9. Masa prednje bogi osovine

Fig. 9 Mass of front bogie axle



Slika 10. Masa stražnje bogi osovine

Fig. 10 Mass of rear bogie axle

daskama te u inačici br. 2 naizmjeničnoga podmetanja kotača (pri vaganju prednje osovine daskom su podmetnuti kotači stražnje bogi osovine).

Najmanje su dobivene vrijednosti u inačici 1 naizmjeničnoga podmetanja kotača daskama (pri vaganju prednje osovine vozila kotači prednje bogi osovine podmetnuti su daskama).

Pri mjerenju opterećenja na prednjoj bogi osovini (slika 9) vrijednosti su izmjerene i u sljedeća dva slučaja vaganja – bez podmetanja kotača daskama i u inačici 4 naizmjeničnoga podmetanja kotača daskama (pri vaganju prednje bogi osovine daskom su podmetnuti kotači stražnje bogi osovine). Najmanje su vrijednosti mjerenja osovinskih opterećenja dobivene prilikom podmetanja svih kotača daskama.

Pri mjerenju opterećenja na stražnjoj bogi osovini (slika 10) najviše su vrijednosti izmjerene u inačici br. 6 (pri vaganju stražnje bogi osovine daskom su podmetnuti kotači prednje bogi osovine), dok su najmanje vrijednosti vaganja ponovno izmjerene u inačici 5 naizmjeničnoga podmetanja daskama (pri vaganju stražnje bogi osovine prednji su kotači vozila podmetnuti daskama).

Ovi rezultati potvrđuju Saarihtijevu (2000) pretpostavku da utovarom forvardera glavčinu opterećenja vozila preuzima bogi osovina, dok opterećenja na prednjoj osovini vozila ostaju gotovo nepromijenjena.

Za prikaz relativnoga odstupanja vrijednosti pri mjerenjima osovinskih opterećenja svih triju osovina za kontrolnu je vrijednost uzeto mjerenje mase bez podmetanja kotača daskama (1. način niveliranja forvardera). Najveća su odstupanja prilikom mjerenja osovinskih opterećenja prednje osovine primijećena kod inačica 1, 3 i 5 naizmjeničnoga podmetanja kotača daskama te su iznosila <5 % osovinskoga opterećenja.

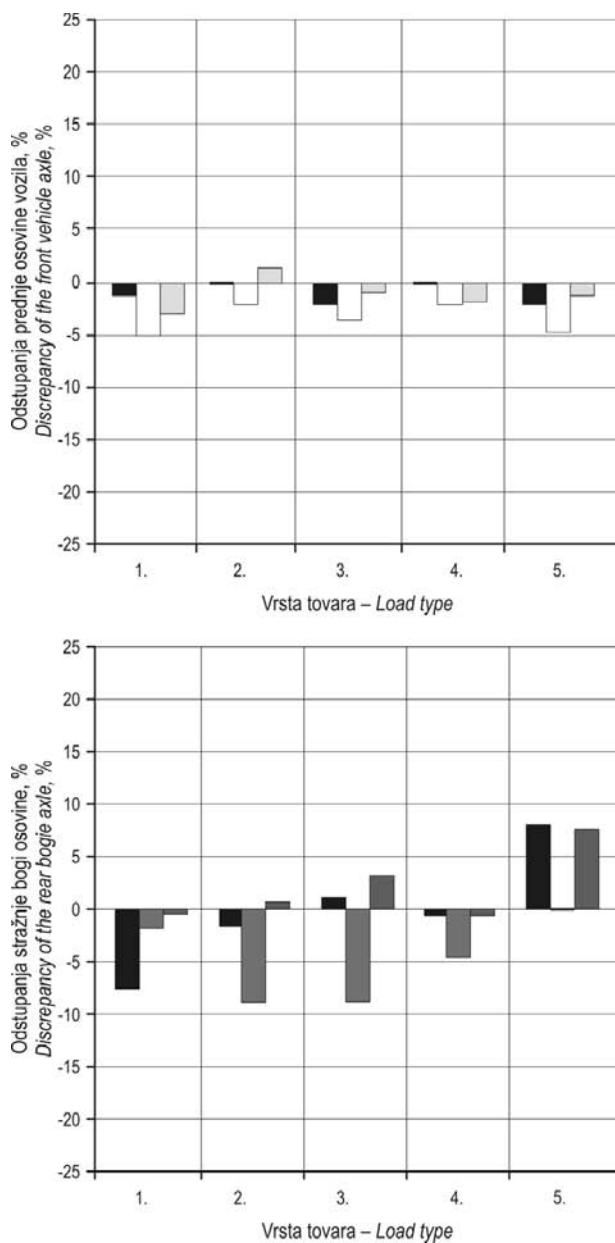
Pri usporedbi odstupanja po osovinama najmanja su na prednjoj osovini na kojoj najveće odstupanje iznosi 4,69 % (460 kg), dok su najveća odstupanja zabilježena na opterećenjima prednje bogi osovine s najvećom vrijednošću od 22,22 % (2360 kg).

Mjerenja bočnoga i uzdužnoga nagiba forvardera ukazala su na izrazito mali raspon izmjerenih podataka. Pri mjerenju bočnoga nagiba vozila najveća je vrijednost $-2,9^\circ$, dok je najveći uzdužni nagib vozila bio $1,2^\circ$. 90 % svih izmjerenih vrijednosti uzdužnoga nagiba nalazilo se u intervalu od $-0,5^\circ$ do $+0,5^\circ$.

Najvjerojatniji uzrok rasipanja vrijednosti u mjerenju osovinskih opterećenja jest točno postavljanje (centriranje) kotača na prijenosne vage, što se pokušalo izbjeći u trećoj seriji mjerenja.

3.3 Treća serija mjerenja – Third series of measurements

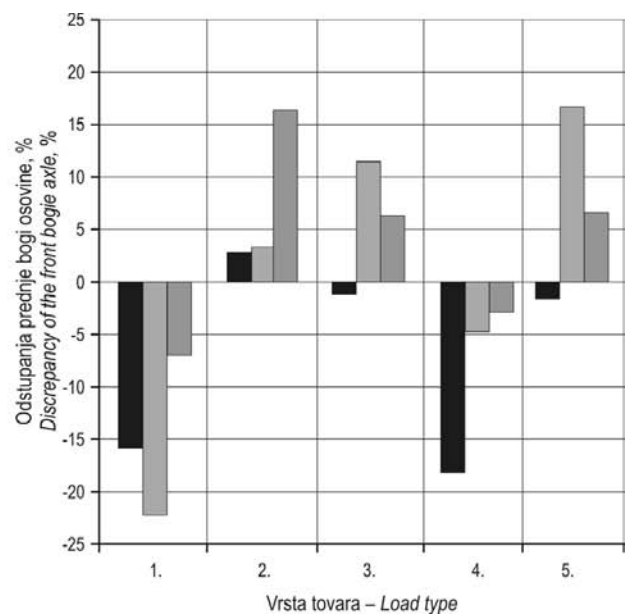
Prva i druga serija mjerenja osovinskih opterećenja forvardera pokazala je velika odstupanja mjernih



Slika 11. Odstupanja osovinskih opterećenja
Fig. 11 Discrepancy of axle masses

vrijednosti zbog nepreciznoga postavljanja kotača vozila na mjernu površinu prijenosnih vaga.

Da bi se izbjegla navedena odstupanja, napravljen je metalni okvir u koji su postavljene prijenosne vage (slika 13) te je time ostvaren preduvjet za treću seriju mjerenja osovinskih opterećenja vozila. Daske visine 76 mm stavljene su ispred i iza metalnoga okvira zbog lakšega i preciznijega navoženja forvardera na metalni okvir, tj. na prijenosne vage, međutim važno je napomenuti da daske više nisu imale namjenu niveliranja vozila.



1. vrsta tovara: oblovinna izrađena iz 5 različitih stabala – pun tovar
 1st Load type: roundwood processed from 5 different trees – full load
2. vrsta tovara: zakrivljena oblovinna – pun tovar
 2nd Load type: sweeped roundwood – full load
3. vrsta tovara: ravni trupci – pun tovar
 3rd Load type: straight logs – full load
4. vrsta tovara: ravni trupci utovareni do 2/3 visine tovarnoga prostora
 4th Load type: straight logs, loaded up to 2/3 of loading area height
5. vrsta tovara: ravni trupci utovareni do 1/3 visine tovarnoga prostora
 5th Load type: straight logs, loaded up to 1/3 of loading area height

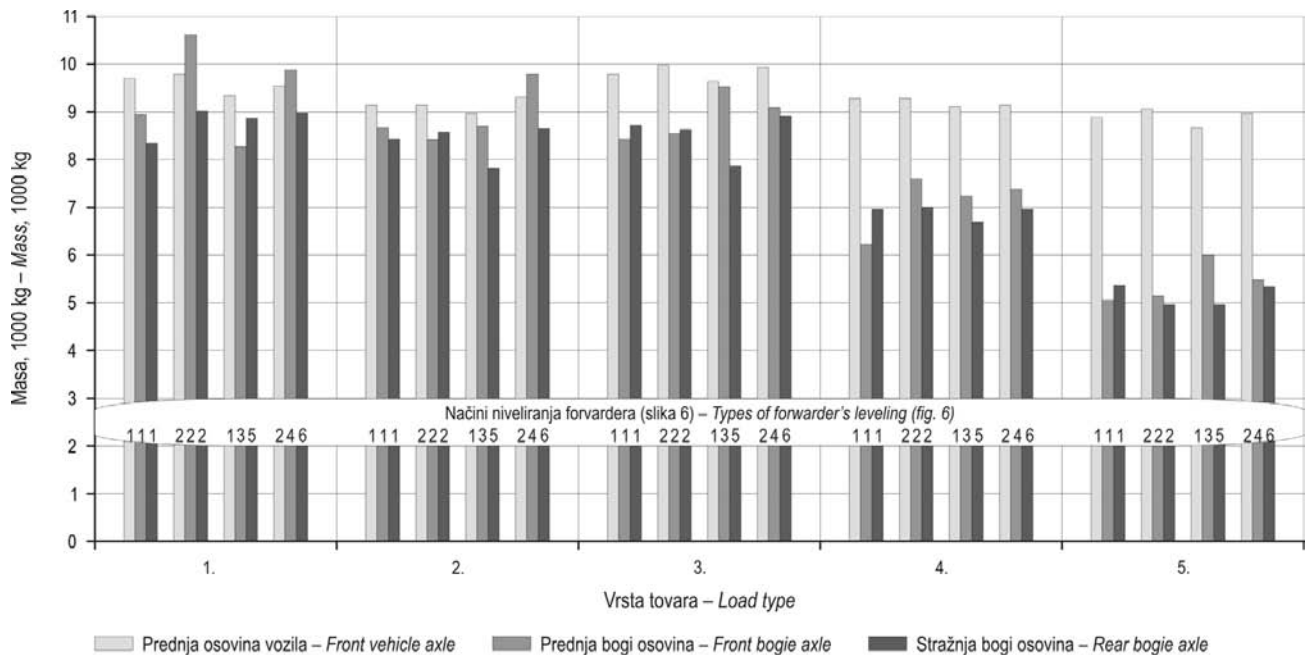
Načini niveliranja forvardera (slika 6) – Types of forwarder's leveling (fig. 6):

- Svi kotači podmetnuti daskama – All wheels heightened by boards
- Inačica 1 – Variety 1
- ▤ Inačica 2 – Variety 2
- ▥ Inačica 3 – Variety 3
- ▧ Inačica 4 – Variety 4
- ▨ Inačica 5 – Variety 5
- ▩ Inačica 6 – Variety 6

Pomoću metalnoga okvira izmjerena su opterećenja svih triju osovina forvardera s jednom vrstom tovara.

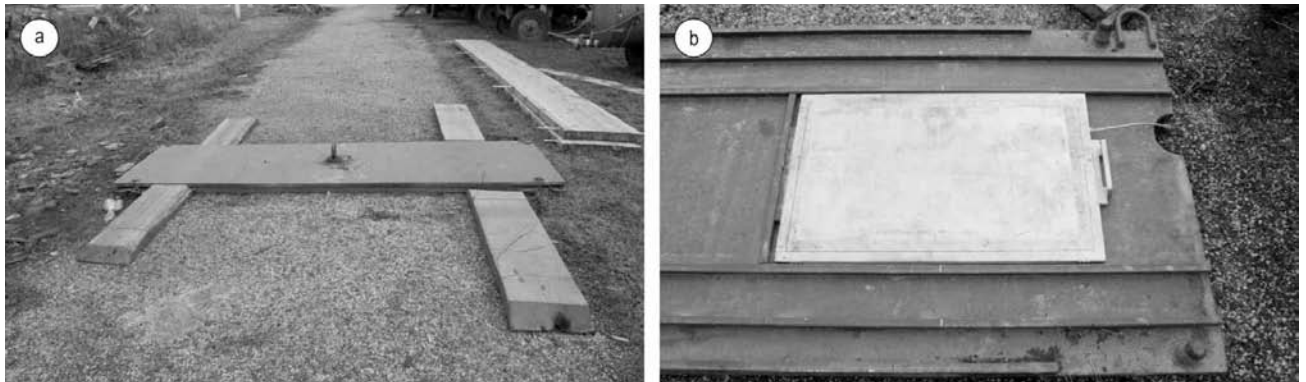
Mjerenja (ne)natovarenoga forvardera obavljena su u 10 ponavljanja (tablica 5). Za kontrolnu je vrijednost uzeto mjerenje ukupne mase forvardera na kolnoj vagi.

Pri korištenju metalnoga okvira s umetnutim prijenosnim vagama zabilježena su najmanja odstupanja u mjerenjima osovinskih opterećenja. Raspon se vrijednosti odstupanja kretao od –1,00 do 2,46 %



Slika 12. Masa svih osovina

Fig. 12 Mass of all axles

Slika 13. Metalni okvir za prijenosne vage^a i prijenosna vaga u metalnom okviru^bFig. 13 Metal frame for mobile scales^a and mobile scale inside the metal frame^b

svih ponavljanja (slika 14). Najveće odstupanje pri vaganju nenatovarenoga forvardera iznosi 2,46 %, a pri vaganju natovarenoga forvardera 2,31 %.

4. Zaključak – Conclusion

Već u prvoj seriji mjerenja osovinskih opterećenja forvardera zabilježena su odstupanja u vaganju istoga tovara s obzirom na ravninu podloge. Uočena odstupanja vrijednosti osovinskih opterećenja mjerenih prijenosnim sustavom vaga u odnosu na vrijednosti mjerene kolnom vagom (kontrolna izmjera) pokušale su se smanjiti postavljanjem dasaka na

mjernu površinu prijenosnih vaga. Time se pokušao smanjiti utjecaj nepreciznoga postavljanja kotača vozila na mjerne površine para prijenosnih vaga.

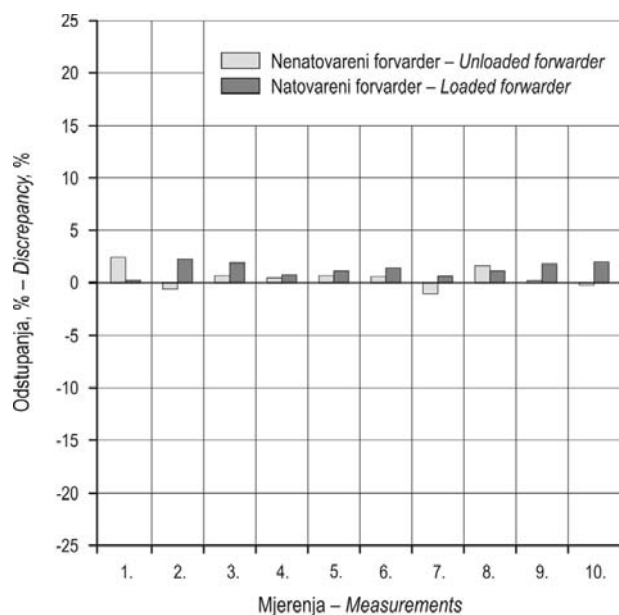
Da bi se istražio utjecaj značajki tereta te niveliranja forvardera na točnost vaganja, pristupilo se drugoj seriji mjerenja. U drugoj su seriji mjerena opterećenja osovina za pet različitih vrsta tovara, i to uza sve moguće inačice podmetanja kotača daskama radi niveliranja forvardera. Najmanja utvrđena odstupanja dobivena su pri mjerenju osovinskoga opterećenja prednje osovine vozila. Isto tako, nije primijećeno smanjenje odstupanja sa smanjenjem mase tovara ni s brojnim inačicama podmetanja kotača daskama.

Tablica 5. Mjerenja (ne)natovarenoga forvardera
Table 5 Measurements of unloaded/loaded forwarder

Mjerenje Measurement	Nenatovareni forvarder - Unloaded forwarder				Kolna vaga Weighbridge scale	Natovareni forvarder - Loaded forwarder				
	Prijenosne vage - Mobile scales					Prijenosne vage - Mobile scales				
	Osovina - Axle			Ukupna masa Total mass		Osovina - Axle			Ukupna masa Total mass	Kolna vaga Weighbridge scale
	Prednja Front	Prednji bogi Front bogie	Stražnji bogi Rear bogie			Prednja Front	Prednji bogi Front bogie	Stražnji bogi Rear bogie		
	kg									
1.	8480	3820	3120	15 420	15 050	8520	10 300	8980	27 800	27 720
2.	8580	3300	3080	14 960		8500	10 640	9220	28 360	
3.	8500	3600	3060	15 160		8560	10 660	9040	28 260	
4.	8580	3500	3040	15 120		8500	10 500	8940	27 940	
5.	8460	3540	3160	15 160		8480	10 660	8900	28 040	
6.	8520	3440	3180	15 140		8560	10 580	8980	28 120	
7.	8440	3380	3080	14 900		8460	10 400	9040	27 900	
8.	8580	3520	3200	15 300		8600	10 500	8940	28 040	
9.	8540	3440	3100	15 080		8600	10 620	9000	28 220	
10.	8400	3520	3100	15 020		8560	10 580	9140	28 280	

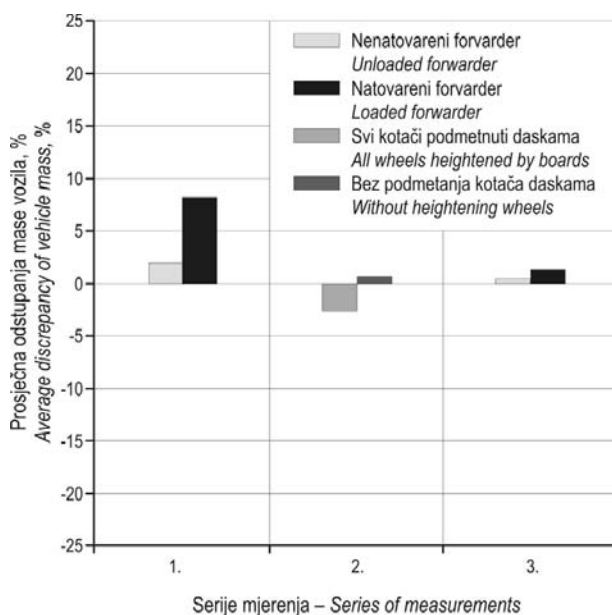
U zadnjoj su seriji mjerenja ostvarena najmanja odstupanja podataka osovinskih opterećenja mjernih prijenosnim vagama u odnosu na kontrolnu iz-

mjeru kolnom vagom zbog korištenja metalnoga okvira za umetanje para prijenosnih vaga. Upotreba je takve konstrukcije omogućila točnije postavljanje ko-



Slika 14. Odstupanja mase vozila (razlika prijenosnih u odnosu na kolnu vagu)

Fig. 14 Discrepancy between vehicle mass (weighbridge and mobile scales)



Slika 15. Relativna odstupanja mase vozila u trima serijama mjerenja (razlika prijenosnih u odnosu na kolnu vagu)

Fig. 15 Relative discrepancy between vehicle mass in three measurement series (weighbridge and mobile scales)

tača forvardera na mjernu površinu vaga, a time je postignuto i točnije mjerenje osovinskih opterećenja (zabilježeno najveće odstupanje od 2,46 %).

Usporedbom prosječnih odstupanja između kolne i osovinskih vaga u svim trimma serijama mjerenja (slika 15) vidljivo je da su najmanja odstupanja dobivena upravo korištenjem metalnoga okvira za umećanje para prijenosnih vaga. Metalni je okvir omogućio preciznije postavljanje kotača vozila na mjernu površinu prijenosnih vaga, pa su time i odstupanja vrijednosti pri mjerenjima smanjena. Važno je napomenuti da navoženje forvardera na prijenosne vage nije jednostavno jer su dimenzije kotača forvardera veće od mjerne površine vaga (420 x 715 mm) pa se izradba metalnoga okvira pokazala kao najbolje moguće rješenje za postizanje što točnijega centriranja kotača na površinu prijenosnih vaga. Odstupanje do 2 % ukupne mase forvardera smatramo zadovoljavajućim za operativna mjerenja, ali uz napomenu da i dalje treba voditi računa o pravilnom postupku mjerenja i točnom postavljanju kotača vozila na mjernu površinu prijenosnih vaga.

5. Literatura – References

Anon., 2007: Korisnički priručnik za osovinsku vagu tipa WLS 101 / R2K, 1–12.

Beuk, D., Ž. Tomašić, D. Horvat, 2007: Status and development of forest harvesting mechanisation in Croatian state forestry. *Croat. j. for. eng.*, 28(1): 63–82.

Horvat, D., 1993A: Prilog proučavanju prohodnosti vozila na šumskom tlu. Disertacija, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, 234 str.

Horvat, D., 1993B: Prilog poznavanju dinamike bogie sustava kotača (A Contribution to comprehension of the bogie wheel system dynamics). *Meh. šumar.*, 18(3): 107–120.

NN, 66/07: Pravilnik o vrsti šumarskih radova, minimalnim uvjetima za njihovo izvođenje te radovima koje šumoposjednici mogu izvoditi samostalno (dopuna NN, 29/08).

Poršinsky, T., 2002: Čimbenici proizvodnosti forvardera Timberjack 1210 pri izvoženju obloga drva glavnoga prihoda hrvatskih nizinskih šuma (Productivity factors of Timberjack 1210 at forwarding the main felling roundwood in Croatian lowland forests). *Glasnik za šumske pokuse*, 38: 103–132.

Poršinsky, T., 2005: Djelotvornost i ekološka pogodnost forvardera Timberjack 1710B pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske (Efficiency and Environmental Evaluation of Timberjack 1710B Forwarder on Roundwood Extraction from Croatian Lowland Forests). Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 170 str.

Poršinsky, T., D. Horvat, 2005: Indeks kotača kao parametar procjene okolišne prihvatljivosti vozila za privlačenje drva (Wheel Numeric as Parameter for Assessing Environmental Acceptability of Vehicles for Timber Extraction). *Nova meh. šumar.*, 26: 25–38.

Saarilahti, M., 2002: Soil interaction model. Project deliverable D2 (Work package No. 1) of the Development of a Protocol for Ecoefficient Wood Harvesting on Sensitive Sites (ECOWOOD). EU 5th Framework Project (Quality of Life and Management of Living Resources) Contract No. QLK5-1999-00991 (1999–2002), 87 str.

Sever, S., 1988: Proizvodnost i performanse forvardera u radovima privlačenja drva (Productivity and performance of forwarders in hauling operations). *Meh. šumar.*, 18(5–6): 59–87.

Stampfer, K., C. Kanzian, 2006: Current state and development possibilities of wood chip supply chains in Austria. *Croat. j. for. eng.*, 27(2): 135–145.

Abstract

Development and Calibration of Mobile Measuring System of Vehicle Axle Mass – Measurements on Forwarder

The goal of this research was to establish an accurate mobile measuring system for measuring the mass of Valmet 840.2 forwarder's axles. Mobile measuring system will be used in future measurements of forest biomass as biomass today becomes more and more important in Croatian forestry. Analyses were made to determine the effect of load characteristics, horizontality of vehicle axles and ground characteristics (even and uneven surface) on measurements. Mobile measuring system consists of two mobile scales type WLS 101/R2K (BARK System-und Wiegetechnik GmbH & CO.KG), which were placed on a metal board (height of 2 cm) in all series of measurements. Mobile scales tolerate up to 10t/by platform, and resistance to fracture is 150% of maximum load. Measurements

on mobile scales were compared to measurements made on weighbridge scale.

Measurements were divided into three series:

⇒ Measurements of unloaded/loaded forwarder with one type of load: on uneven surface, on even surface and on even surface along with placement of wooden boards (height of 2.50 cm) on mobile scale platforms.

⇒ Measurements of five different loads along with the research of how heightening vehicle wheels with wooden boards (height of 7.60 cm) affect mass discrepancy. Wooden boards (height of 2 cm) were also placed on axle scale platforms. Load types:

⇒ Roundwood processed from five different trees, forwarder fully loaded.

⇒ Sweepled roundwood, forwarder fully loaded.

⇒ Straight logs, forwarder fully loaded.

⇒ Straight logs, loaded up to 2/3 of loading area height.

⇒ Straight logs, loaded up to 1/3 of loading area height.

⇒ Measurements of unloaded/loaded forwarder with one type of load, but with mobile scales placed in a metal case.

In the first series of measurements, discrepancy was recorded between mobile scale and weighbridge measurements due to uneven surface (5.0%) and placement of wheels on the mobile scale platforms (22.07%). In the second series, boards were used for heightening vehicle wheels in the following combinations: 1) heightening all wheels with boards, 2) without heightening wheels with boards, 3) combinations of interchangeably heightening different wheels with boards. Discrepancy between mobile scales and weighbridge measurements was also recorded, but with less value. Relative mass discrepancy was from -4.30% (for measurements without heightening axles with boards) to +5.44% (measurements with heightening all wheels with boards). Load characteristics did not affect accuracy of the measurements, but placement of wheels on the mobile scale platforms did. Upon understanding how placement of wheels on the mobile scale platforms affects measurements, in the third series mobile scales were placed in a metal case. Use of a metal case provided the most accurate measurements (relative mass discrepancy was from -1.00% to 2.46%) which is satisfactory for field measurements, even though emphasis is still on careful placement of wheels on the mobile scale platforms.

Keywords: forest biomass, vehicle axle load, mobile scale system, forwarder

Adresa autorâ – Authors' addresses:

Andreja Bosner, dipl. ing. šum.

e-pošta: bosner@sumfak.hr

Zdravko Pandur, dipl. ing. šum.

e-pošta: pandur@sumfak.hr

Zavod za šumarske tehnike i tehnologije

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Svetošimunska 25

HR-10 000 Zagreb

Stjepan Nikolić, dipl. ing. šum.

e-pošta: stjepan.nikolic@hrsume.hr

»Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb

Uprava šuma Podružnica Vinkovci

Kralja Zvonimira 1

HR-32 100 Vinkovci

Davor Benić, dipl. ing. šum.

e-pošta: davor.benic@email.t-com.hr

»Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb

Šumarija Vinkovci

Trg Josipa Runjanina 1

HR-32 100 Vinkovci

Primljeno (Received): 6. 10. 2008.

Prihvaćeno (Accepted): 2. 12. 2008.