

# Osovinsko opterećenje traktorskih skupova

Marijan Šušnjar, Andrija Kristić, Nikola Jambrek

## Nacrtač – Abstract

U radu su prikazani rezultati mjerenja mase i osovinskoga opterećenja traktorskih skupova. Istraživanje je provedeno mjerenjem osnovnih dimenzijskih i masenih značajki na 5 različitih tipova traktorskih skupova. Utvrđene su tehničke značajke koje utječu na raspodjelu osovinskoga opterećenja traktorskih skupova kao što su: tip traktora i poluprikolice, šumska nadogradnja na traktoru, tip dizalice na poluprikolici, veličina tovara.

Masa se praznih traktorskih skupova kreće oko 8800 kg. Masa praznih poluprikolica ovisi o nosivosti poluprikolice te o ugrađenoj hidrauličnoj dizalici. Na osnovi se izmjere opterećenja na veznoj točki traktora zaključuje da se glavnina mase dizalice prebacuje na stražnju osovinu traktora.

Masa se traktorskih skupova s tovarom od  $3,19 \text{ m}^3$  kreće u opsegu od 12 505 kg do 12 582 kg. Rezultati pokazuju da se 4 % do 15 % ukupne mase tovara prenosi na stražnju osovinu traktora. Mjereni opterećenje na stražnjim kotačima traktora dostiže i/ili premašuje dopušteno opterećenje guma. Na osnovi se istraživanja procjenjuje da će pri punom tovaru poluprikolice doći do prekoračenja ukupnoga dopuštenoga opterećenja traktora.

Ključne riječi: traktorski skup, masa, osovinsko opterećenje, dopušteno opterećenje

## 1. Uvod – Introduction

Nizinske šume hrasta lužnjaka u istočnim predjelima Hrvatske smatraju se najvrednijim šumama, ali i ekološki najosjetljivijima. Te su se šume razvile na dubokim pseudoglejnim tlima koje karakterizira slaba nosivost i velik udio vode u tlu. Šumama se gospodari na načelu potrajnosti prihoda, ali se pri tome javljaju problemi pri pridobivanju drva.

Zbog navedenih značajki šumskih tala drvo se uglavnom izvozi kako bi se oštećivanje tla svelo na najmanju moguću mjeru. Pri izvoženju se drva iz glavnoga prihoda zimi upotrebljavaju forvarderi. No, forvarderi nisu prikladni za izvoženje drva iz prorednih sječa tijekom vegetacijskoga razdoblja. Zbog svoje velike mase (uključujući i masu tovara) stvaraju veliki dodirni pritisak na tlo koje je u tom vremenu vrlo slabe nosivosti te se tlo uvelike oštećuje. S druge strane drvni su sortimenti iz proreda manjih dimenzija i kakvoće, a čine oko 50 % ukupnoga godišnjega etata. Stoga je problem izvoženja drva iz proreda ne samo ekološki već i ekonomski problem jer se uporabom skupih strojeva (forvardera) povećava trošak izvoženja drva (Šušnjar i dr. 2008).

Na osnovi iskustva šumarskih stručnjaka uz općeprihvaćeni stav o potrebi primjene izvoženja

drva iz nizinskih šuma od početaka mehaniziranja privlačenja drva u proredama navedenih šuma koriste se traktorski skupovi.

Pod traktorskim se skupom razumijeva adaptirani poljoprivredni traktor sa šumskom poluprikolicom i ugrađenom dizalicom. Prednost uporabe traktorskih skupova pri izvoženju drva iz proreda nizinskih šuma ogleda se u masi vozila te time manjim dodirnim tlakom na šumsko tlo u uvjetima njegove slabe nosivosti tijekom vegetacijskoga razdoblja (razdoblja izvođenja proreda) čime se umanjuju štete na šumskom tlu i na preostalim dubecim stablima i pomlatku. Šušnjar i dr. (2008) usporedbom imaginarnoga tlaka traktorskih skupova i forvardera dolaze do spoznaja o boljoj ekološkoj pogodnosti traktorskih skupova za izvoženje drva pri uvjetima slabe nosivosti tla. Prema istraživanju Horvata i dr. (2004) najmanji imaginarni tlakovi 6-kotačnih i 8-kotačnih forvardera imaju vrijednosti oko 4 kPa. Najveći je imaginarni tlak istraživanih traktorskih skupova 3 kPa. Prema tomu noviji tipovi traktorskih skupova imaju prednost s gledišta zaštite tla odnosno veću ekološku prihvatljivost za rad na šumskim tlima slabe nosivosti. Ujedno je traktorski skup jeftinije vozilo od specijaliziranih šumskih vozila – forvardera, što utječe na smanjenje troška po jedinici proizvoda.

Primjena traktorskih skupova pri izvoženju drva iz proreda nizinskim šuma započela je početkom 70-ih godina prošloga stoljeća. Nakon primjene prvoga takva uvoznoga skupa 1968. godine započela je 1972. proizvodnja i primjena domaćega traktorskoga skupa (Horvat i Kristić 1999). Prvi takav skup bio je tzv. »Pionir« koji je imao mehaničku dizalicu i mehanički pogonjeno vitlo (slika 1). Zbog ekoloških je zahtjeva bilo predviđeno da se trupci privitlavaju iz sastojine, od mjesta sječe i izrade do jedne od usporodnih vlaka, koje su bile na udaljenosti 75 m. Zbog tehničkih nedostataka »Pionira« takav je rad bilo teško provesti pa su oni ulazili u sastojinu praktično do panja, čime su narušena i ekološka i ekonomska svojstva. Ni otvaranje šuma s usporednim vlakama na 37,5 m nije donijelo bitno poboljšanje. I nakon 25 godina taj se skup još uvijek primjenjuje, ponajprije iz razloga iznimno jednostavne konstrukcije te s tim vezane i razmjerno niske nabavne cijene, cijene rada i održavanja (Beuk i dr. 2007).

Početkom se 90-ih godina mehaničke dizalice na traktorskom skupu zamjenjuju hidrauličnim dizalicama čime se omogućuje dizanje težih drvnih sortimenata te ergonomski povoljnije hidraulično, a poslije elektro-hidraulično upravljanje. Od 90-ih godina primjenjivane su različite izvedbe traktorskih skupova pri čemu su korišteni različiti tipovi poljoprivrednih traktora (Torpedo 55A, Tigar 42, Tigar 49 DV, IMT 541, IMT 549, Steyr 860, Steyr 964, Steyr 9094, Steyr 8090, Belarus 920, Belarus 952), šumskih poluprikolica (Moheda 6t, Kronos 6t, Igland Swingtrac 480, Metalac 6 t) te šumskih hidrauličnih dizalica (FMV 230, FMV 470, HDM 340, Kronos 250, Cranab, Igland 43-65).

Na temelju iskustava u korištenju tih skupova donesene su preporuke za osnovne tehničke karak-

teristike traktorskoga skupa (Horvat i dr. 2004): nosivost poluprikolice 6 t, traktor snage oko 60 kW, hidraulična dizalica neto podiznoga momenta > 40 kNm, isti trag kotača traktora i poluprikolice < 1,7 m, ukupna duljina skupa < 9 m, klirens > 300 mm, smanjivanje radiusa okretanja pomoću zglobove rude ili okretnih bogi kotača, dvobubanjsko vitlo vučne sile > 50 kN.

Posljednji način izvedbe traktorskoga skupa iz 2004. godine zasnovan je na navedenim preporukama. Novi traktorski skup nazvan je Formet te se u prvim izvedbama sastojao od poljoprivrednoga traktora Steyr 8090 uskoga traga, dvobubanjskoga vitla Igland 6002, hidraulične dizalice Igland 43-65 te poluprikolica Metalac nosivosti 6 t (slika 2). Danas su često u upotrebi poljoprivredni traktori Belarus 920 i Belarus 952 umjesto traktora Steyr 8090.

U radu novoga traktorskoga skupa Formet potpuno je ostvarena težnja da vozilo ne ulazi u sastojinu, već da se kreće po izvoznim pravcima (prosjekama), a drvo koje nije u dosegu dizalice dohvaća se privitlavanjem pomoću dvobubanjskoga vitla.

Međutim, upravo to navodi na razmišljanje o ukupnim učincima primjene takve tehnike s obzirom na zaštitu od oštećivanja postojećih stabala i tla. Znatan dio posječenih stabala nije u dosegu dizalice te se treba privitlati do njezina dohvata. Wästerlund (1994) naglašava da privitlavanje unutar sastojine u kojoj se provode prorede može uzrokovati iznimno velike štete na preostalim stablima u sastojini. Horvat i dr. (2005) utvrdili su veće otpore pri privitlavanju trupaca s debljim krajem, a štetni učinak na tlo pojačava i pluzno djelovanje prednjega kraja trupca. Navedene štete moguće je umanjiti usmjerenim obaranjem. Tako bi drvni sortimenti već pri izradi bili usmjereni tanjim krajem prema šumskoj vlaci, a i



**Slika 1.** Traktorski skup »Pionir«

**Fig. 1** Tractor assembly »Pionir«



**Slika 2.** Traktorski skup Formet

**Fig. 2** Tractor assembly Formet

smanjio bi se put privitlavanja. Usmjerenom obaranje stabala ima prednost u ekološkom smislu zbog manjega oštećivanja šumskog tla te u gospodarskom smislu zbog veće proizvodnosti traktorskoga skupa na manjim udaljenostima privitlavanja. S druge strane kretanjem traktorskoga skupa isključivo po izvoznim pravcima smanjuje se mogućnost oštećenja šumskog tla (zbijanje tla, nastanak kolotruga) prolaskom natovarenoga vozila, pogotovo u uvjetima njegove slabe nosivosti.

Način izvoženja drva iz prorednih nizinskih sječa, kao što je primjena traktorskih skupova opremljenih poluprikolicom, dvobubanjnim vitlom i hidrauličnom šumskom dizalicom, prihvatljiv je i sa znanstvenoga i sa stručnoga gledišta, poglavito je u skladu s ekološkim zahtjevima čuvanja tla i sastojine.

## 2. Metode istraživanja – *Research methods*

Cilj je ovoga rada odrediti masu traktorskih skupova, raspodjelu opterećenja po osovina praznih i natovarenih traktorskih skupova te utvrditi tehničke značajke koje utječu na raspodjelu opterećenja. Istraživanje je provedeno mjerenjem osnovnih dimenzijskih i masenih značajki na 5 različitih tipova traktorskih skupova. Mjerenja su obavljena u mehaničarskoj radionici Šumarije Cerna, Uprave šuma podružnice Vinkovci, »Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb. Istraživani su ovi traktorski skupovi uz opis pojedinih sastavnica:

- ⇒ FMV – traktor Steyr 964, šumska poluprikolica Metalac S-5 nosivosti 5 t, hidraulična dizalica FMV 470 (doseg 6 m, bruto podizni moment 47 kNm)
- ⇒ Vinkum – traktor Steyr 9094, šumska poluprikolica Metal S-8 nosivosti 8 t, hidraulična

dizalica HDM 340 (doseg 4,8 m, bruto podizni moment 60 kNm)

- ⇒ Vinkum – traktor Belarus 952, šumska poluprikolica Graditelj S-8 nosivosti 8 t, hidraulična dizalica Cranab 40-55 (doseg 5,5 m, bruto podizni moment 56 kNm)
- ⇒ Formet – traktor Belarus 920, šumska poluprikolica Metalac S-6 nosivosti 6 t, hidraulična dizalica Igländ 43-65 (doseg 6,5 m, bruto podizni moment 52 kNm), šumsko vitlo Igländ Pronto 6002
- ⇒ Formet – traktor Belarus 952, šumska poluprikolica Metalac S-6 nosivosti 6 t, hidraulična dizalica Igländ 43-65 (doseg 6,5 m, bruto podizni moment 52 kNm), šumsko vitlo Igländ Pronto 6002



**Slika 3.** Traktorski skup FMV (Steyr 964)

**Fig. 3** Tractor assembly FMV (Steyr 964)



**Slika 4.** Traktorski skup Vinkum (Steyr 9094)

**Fig. 4** Tractor assembly Vinkum (Steyr 9094)



**Slika 5.** Traktorski skup Vinkum (Belarus 952)

**Fig. 5** Tractor assembly Vinkum (Belarus 952)





**Slika 6.** Traktorski skup Formet (Belarus 920)

**Fig. 6** Tractor assembly Formet (Belarus 920)

Masa je traktora, traktorskih poluprikolica i cjelokupnoga traktorskoga skupa mjerena s četiri vage švedskoga proizvođača TELUB. U svakoj se vagi nalaze po četiri neovisna dinamometra namijenjena mjerenju tlačnih naprezanja. Na svakom su dinamometru postavljene po četiri aktivne mjerne trake. Mjerni su pretvornici spojeni tako da pojedinačno i zajednički registriraju svako vanjsko opterećenje. Svaka je vaga granično opteretiva s 90 kN. Sve su vage spojene s mjernim pojačalom HBM Spider 8 koji je izravno povezan s prijenosnim računalom te su pomoću računalnoga programa Catman 4.0 očitani rezultati mjerenja sa svake vage.

Radi pravilnoga mjerenja mase svi se kotači traktorskoga skupa trebaju nalaziti vodoravno. Zbog toga su četiri vage prvo postavljene ispod kotača traktora, a kotači poluprikolice na drvene podloge visine vage. Nakon toga su vage postavljene ispod kotača



**Slika 8.** Mjerenje mase traktora

**Fig. 8** Measurement of tractor mass

poluprikolice, a drvene podloge ispod kotača traktora. Zbroj svih očitavanja predstavlja ukupnu masu praznoga traktorskoga skupa.

Šumska je poluprikolica rudom spojena na veznu točku traktora te se dio težine poluprikolice prenosi na stražnje kotače traktora. Radi pravilne izmjere težine samoga traktora bilo je potrebno ručnom hidrauličnom dizalicom podići rudo poluprikolice sve dok se ono potpuno ne osloni na dizalicu umjesto na stražnji kraj traktora (slika 8). Tijekom podizanja ruda mijenja se očitavanje na vagama sve do trenutka prestanka opterećenja poluprikolice na stražnji kraj traktora te tada očitavanje na vagama pokazuje stalnu vrijednost mase koja je ujedno masa traktora.

Zbroj mase na vagama ispod kotača poluprikolice te razlika očitavanja mase traktora u skupu i mase traktora tijekom odizanja ruda jest masa poluprikolice (slika 9).



**Slika 7.** Traktorski skup Formet (Belarus 952)

**Fig. 7** Tractor assembly Formet (Belarus 952)



**Slika 9.** Mjerenje mase prazne poluprikolice

**Fig. 9** Mass measurement of unloaded semitrailer



**Slika 10.** Mjerenje mase natovarene poluprikolice

**Fig. 10** Mass measurement of loaded semitrailer

Izmjerena je masa na svim kotačima praznih traktorskih skupova te nakon toga ponovljen isti postupak mjerenja mase traktorskih skupova natovarenih jednakim obujmom tovара.

### 3. Rezultati istraživanja – Research results

#### 3.1 Masa traktora – Mass of tractors

U tablici 1 prikazana je masa traktorâ kada nisu priključeni u traktorskim skupovima. Pri tome je prikazana razlika između mjerene mase traktora i mase koju iznose proizvođači. Razlika u masi ustvari je šumska nadogradnja traktora – zaštitni okvir, zaštita podvozja, utezi na prednjem kraju (braniku) traktora.

Traktor Steyr 964 odlikuje se najmanjom masom od 3915 kg, od čega 985 kg iznosi šumska nadogradnja. Zanimljivo je uočiti razliku u masi istoga tipa

traktora (Belarus 952) koji je namijenjen priključivanju u dva različita traktorska skupa. Kod traktorskoga skupa Vinkum masa traktora Belarus 952 iznosi 4906 kg, od čega šumska nadogradnja 706 kg. S druge strane traktor Belarus 952 namijenjen traktorskomu skupu Formet ima masu od 5428 kg i izrazito veću masu šumske nadogradnje od 1228 kg. Razlog tomu leži u činjenici da se traktori za traktorske skupove Formet opremaju dvobubanjnim vitlima koja se fiksno postavljaju na zadnji kraj traktora te povećavaju ukupnu masu traktora. Isti se primjer uočava i kod traktora Belarus 920 koji je također namijenjen za traktorski skup Formet. Zbog navedenoga dodatnoga opterećenja stražnje osovine traktora masom šumskoga vitla ti traktori imaju i »nepovoljniju« raspodjelu mase po osovina (61 % i 62 % ukupne mase na stražnjoj osovini).

Traktor Steyr 9094 namijenjen za traktorski skup Vinkum ima povoljnu raspodjelu mase po osovina (47 : 52 %), ali se ističe znatnom masom šumske nadogradnje, iako nema postavljeno šumsko vitlo. Masa šumske nadogradnje od 1128 kg u prvom se redu odnosi na dodatne utege na prednjem kraju traktora, što osigurava navedenu raspodjelu po osovina.

#### 3.2 Masa praznih traktorskih skupova – Mass of unloaded tractor assemblies

Prema metodi opisanoj u prijašnjem poglavlju izmjerena je masa na kotačima pojedinih sastavnica traktorskih skupova (traktora i šumske poluprikolice), tj. određena ukupna masa praznih traktorskih skupova. Traktorski skup FMV odlikuje se najmanjom masom od 6478 kg, od čega je masa na kotačima traktora 4798 kg (74 %). Masa je ostalih praznih traktorskih skupova približno jednaka i kreće se oko 8800 kg (tablica 2).

**Tablica 1.** Masa traktora

**Table 1** Mass of tractors

Traktor Tractor	Raspodjela mase – Mass distribution				Masa traktora – Tractor mass		
	Prednja osovina Front axle	Stražnja osovina Rear axle	Prednja osovina Front axle	Stražnja osovina Rear axle	Mjerenje Measurement	Proizvođač Manufacturer	Šumska nadogradnja Forestry equipment
	$m_p$	$m_s$	$m_p$	$m_s$	$m_i$		
	kg		%		kg		
STEYR 964	1835	2080	47	53	3915	2930	985
STEYR 9094	2357	2691	47	53	5048	3920	1128
BELARUS 952	2212	2694	45	55	4906	4200	706
BELARUS 920	2073	3282	39	61	5355	4200	1155
BELARUS 952	2050	3378	38	62	5428	4200	1228

**Tablica 2.** Masa praznih traktorskih skupova**Table 2** Mass of unloaded tractor assemblies

Traktorski skup Tractor assembly			Traktor Tractor		Poluprikolica Semitrailer		Masa na kotačima Mass on wheels		
			Prednja osovina Front axle	Stražnja osovina Rear axle	Prednji kotači Front wheels	Stražnji kotači Rear wheels	Traktora Tractor	Poluprikolica Semi-trailer	Ukupno Total
STEYR 964 FMV	m	kg	1635	3163	813	867	4798	1680	6478
		%	25	49	13	13	74	26	100
STEYR 9094 Vinkum	m	kg	2024	4445	1164	1191	6469	2355	8824
		%	23	50	13	14	73	27	100
BELARUS 952 Vinkum	m	kg	1920	4268	1332	1291	6188	2623	8811
		%	22	48	15	15	70	30	100
BELARUS 920 Formet	m	kg	1869	4549	1178	1162	6418	2340	8758
		%	21	52	14	13	73	27	100
BELARUS 952 Formet	m	kg	1826	4750	1087	1111	6576	2198	8774
		%	21	54	12	13	75	25	100

### 3.3 Masa poluprikolica – Mass of semitrailers

Podaci o masi na kotačima poluprikolice nisu prave vrijednosti mase poluprikolice. Kada se poluprikolica priključi na traktor, tada se preko vezne točke traktora dio mase poluprikolice prebacuje na stražnju osovinu traktora. Stoga razlika u masi praznoga traktora i mase traktora u skupu predstavlja dio mase poluprikolice. Stvarna je masa poluprikolice zbroj mase na kotačima i mase na veznoj točki traktora.

Podaci u tablici 3 pokazuju stvarnu masu poluprikolice koja se kreće od 2563 kg do 3905 kg. Poluprikolica u traktorskom skupu FMV odlikuje se najmanjom masom od 2563 kg, jer je to najmanja od svih istraživanih poluprikolica, s najmanjom nosivošću od samo 5 tona.

Neznatne razlike u masi iste poluprikolice u traktorskim skupovima Formet (poluprikolica Metalac S-6) s ugrađenom istom hidrauličnom dizalicom pokazuju se zbog različitoga transportnoga položaja dizalice pri mjerenju.

Pri tome je zanimljivo da traktorski skupovi Formet imaju lakšu poluprikolicu od traktorskih skupova Vinkum. Na masu poluprikolica velik utjecaj ima masa ugrađene hidraulične dizalice. Na traktorskim skupovima Vinkum ugrađene su hidraulične dizalice većega podiznoga momenta (56 kNm i 62 kNm) nego na traktorskim skupovima Formet (52 kNm), koje stoga pretpostavljamo imaju i veću masu. Također poluprikolice u traktorskim skupovima Vinkum imaju veću nosivost (8 tona), što upućuje na njihovu veću masu u odnosu na poluprikolice u traktorskim skupovima Formet koje imaju nosivost od 6 tona.

Također je vidljivo iz opterećenja na veznoj točki traktora da se glavnina mase dizalice prebacuje na stražnju osovinu traktora. Kako je hidraulična dizalica postavljena na prednji kraj poluprikolice, sam se stup dizalice nalazi bliže veznoj točki traktora nego stražnjoj osovini poluprikolice. Ovisno o tipu poluprikolice i tipu hidraulične dizalice, opterećenje se na veznoj točki traktora kreće od 883 kg (kod najlakše poluprikolice i dizalice najmanjega podizno-

**Tablica 3.** Masa poluprikolica**Table 3** Mass of semitrailers

Traktorski skup Tractor assembly	Masa traktora - Tractor mass		Masa poluprikolice - Semitrailer mass		
	Prazan Unloaded	Prazan u skupu Unloaded in assembly	Na veznoj točki traktora On tractor hitch point	Na kotačima On wheels	Ukupno Total
	kg				
STEYR 964 FMV	3915	4798	883	1680	<b>2563</b>
STEYR 9094 Vinkum	5048	6469	1421	2355	<b>3776</b>
BELARUS 952 Vinkum	4906	6188	1282	2623	<b>3905</b>
BELARUS 920 Formet	5355	6418	1063	2340	<b>3403</b>
BELARUS 952 Formet	5428	6576	1148	2198	<b>3346</b>



ga momenta i mase u traktorskom skupu FMV) do 1421 kg (kod najteže poluprikolice i dizalice najvećega podiznoga momenta i mase u traktorskom skupu Vinkum).

### 3.4 Masa natovarenih traktorskih skupova – *Mass of loaded tractor assemblies*

Sljedeći se rezultati istraživanja odnose na mjerenje osovinskoga opterećenja traktorskih skupova natovarenih istim tovarom hrastovih trupaca od 3,19 m<sup>3</sup>. Pri tome se mora naglasiti da nije bilo moguće provesti isti način slaganja trupaca u tovarni prostor, što se može u određenoj mjeri odraziti na različitost osovinskoga opterećenja. Ako su trupci tovareni s debljim krajem prema hidrauličnoj dizalici, pretpostavka je da dolazi do većega prijenosa dijela mase tovara preko ruda poluprikolice na stražnju osovinu traktora.

U tablici 4 prikazani su rezultati mjerenja mase po osovinama traktora i poluprikolice te ukupna masa traktorskih skupova. Traktorski skup FMV opet se iskazuje s najmanjom masom zbog najlakšega traktora i poluprikolice. Ujedno je jedini traktorski skup na kojem je više od 50 % ukupne mase na poluprikolici pri tovaru od 3,19 m<sup>3</sup>. Masa ostalih traktorskih skupova s istim tovarom kreće se u opsegu od 12 505 kg do 12 582 kg. Isto tako imaju približno identičnu raspodjelu mase po osovinama traktora i poluprikolice.

### 3.5 Raspodjela mase tovara – *Load mass distribution*

Razlika mjerenja ukupne mase praznih i natovarenih traktorskih skupova predstavlja masu tovara obujma 3,19 m<sup>3</sup>. Prema rezultatima mjerenja odre-

đena je masa tovara u rasponu od 3731 kg do 3758 kg, sa srednjom vrijednošću od 3744 kg.

Raščlanjena je raspodjela mase tovara na traktorskom skupu na osnovi izmjerenih masa praznih i natovarenih traktora i poluprikolice. Ovisno o položaju trupaca u tovarnom prostoru, određeni dio mase tovara prenijet će se na stražnju osovinu traktora. U tablici je vidljivo da većina mase tovara opterećuje osovine poluprikolice od 85 % do 96 % ukupne mase tovara, dok se 4 % do 15 % ukupne mase tovara prenosi na stražnju osovinu traktora (tablica 5).

### 3.6 Opterećenje stražnje osovine traktora – *Load of tractor rear axle*

Kod svih traktorskih skupova najveće je opterećenje na stražnjoj osovini traktora. Konceptija gradnje poljoprivrednih traktora nalaže veće opterećenje stražnje osovine pri raspodjeli mase praznoga vozila. U prijašnjem je poglavlju *Masa traktora* vidljiva raspodjela opterećenja po osovinama istraživanih poljoprivrednih traktora nakon njihova opremanja šumskom nadogradnjom. S postavljanjem utega na prednji kraj traktora moguće je poboljšati raspodjelu opterećenja po osovinama, ali se povećava ukupna masa vozila. Priključivanjem poluprikolice dio se njezine mase prebacuje na stražnju osovinu traktora, ponajprije zbog mase hidraulične dizalice. Također je utvrđeno da se dio mase tovara na poluprikolici prebacuje preko vezne točke na stražnju osovinu traktora. Sve navedeno povećava ukupno opterećenje traktora te posebno opterećenje stražnje osovine.

Prema nađenim podacima proizvođača uspoređeno je stvarno (mjereno) opterećenje traktora s dopuštenim. Proizvođač »Belarus« navodi ukupno do-

**Tablica 4.** Masa natovarenih traktorskih skupova

**Table 4** *Mass of loaded tractor assemblies*

Traktorski skup <i>Tractor assembly</i>			Traktor <i>Tractor</i>		Poluprikolica <i>Semitrailer</i>		Masa na kotačima <i>Mass on wheels</i>		
			Prednja osovina <i>Front axle</i>	Stražnja osovina <i>Rear axle</i>	Prednji kotači <i>Front wheels</i>	Stražnji kotači <i>Rear wheels</i>	Traktor <i>Tractor</i>	Poluprikolica <i>Semitrailer</i>	Ukupno <i>Total</i>
STEYR 964 FMV	m	kg	1552	3403	2638	2621	4955	5259	10 214
		%	15	33	26	26	48	52	100
STEYR 9094 Vinkum	m	kg	1987	4690	2947	2958	6677	5905	12 582
		%	16	37	23	24	53	47	100
BELARUS 952 Vinkum	m	kg	1771	4978	2880	2922	6749	5802	12 551
		%	14	40	23	23	54	46	100
BELARUS 920 Formet	m	kg	1642	5221	2846	2803	6863	5649	12 512
		%	13	42	23	22	55	45	100
BELARUS 952 Formet	m	kg	1746	5136	2813	2810	6882	5623	12 505
		%	14	41	22,5	22,5	55	45	100

**Tablica 5.** Raspodjela mase tovara**Table 5** Load mass distribution

Traktorski skup – Tractor assembly		Masa – Mass			
		Prazan – Unloaded	Pun – Loaded	Tovar – Load	
		kg	kg	kg	%
STEYR 964 FMV	Traktor – Tractor	4798	4955	157	4
	Poluprikolica – Semitrailer	1680	5259	3579	96
	Ukupno – Total	6478	10 214	3736	100
STEYR 9094 Vinkum	Traktor – Tractor	6469	6677	208	6
	Poluprikolica – Semitrailer	2355	5905	3550	94
	Ukupno – Total	8824	12 582	3758	100
BELARUS 952 Vinkum	Traktor – Tractor	6188	6749	561	15
	Poluprikolica – Semitrailer	2623	5802	3179	85
	Ukupno – Total	8811	12 551	3740	100
BELARUS 920 Formet	Traktor – Tractor	6418	6863	445	12
	Poluprikolica – Semitrailer	2340	5649	3309	88
	Ukupno – Total	8758	12 512	3754	100
BELARUS 952 Formet	Traktor – Tractor	6576	6882	306	8
	Poluprikolica – Semitrailer	2198	5623	3425	92
	Ukupno – Total	8774	12 505	3731	100

pušteno opterećenje za oba ispitivana traktora od 7000 kg. Iz rezultata je (tablica 6) vidljivo da traktori Belarus 920 i 952 u traktorskom skupu Formet dostižu ukupno opterećenje od 6863 kg, odnosno 6882 kg kada su natovareni s 3744 kg trupaca (3,19 m<sup>3</sup>). Nosivost poluprikolice Metalac S-6, koja se koristi u traktorskom skupu Formet, iznosi 6 tona. Uz pretpostavku istoga odnosa prijenosa mase tovara preko vezne točke traktora (oko 10 %) može se procijeniti da će pri punom tovaru poluprikolice doći do prekoračenja ukupnoga dopuštenoga opterećenja traktora. Naravno, tu je pretpostavku potrebno potkrijepiti mjerenjem osovinskoga opterećenja traktorskih skupova pri punom tovaru s obzirom na nosivost poluprikolice.

Mjerenjima je ustanovljeno opterećenje na svim kotačima traktora u natovarenom traktorskom skupu (tablica 7). No, podaci o ukupnom dopuštenom

opterećenju traktora (7000 kg) ne govore o raspodjeli opterećenja po osovinama, tj. o dopuštenom opterećenju stražnje osovine.

Stoga su za procjenu opterećenja stražnje osovine traktora korišteni podaci proizvođača »Belarus« o dopuštenom opterećenju guma s obzirom na dimenzije guma i tlak zraka punjenja guma (tablica 7).

Na istraživanim traktorima Belarus 920 i 952 na stražnjim su kotačima bile postavljene gume zraka u gumama od 1,2 do 1,4 bara. Uz najveću vrijednost tlaka zraka u gumama dopušteno opterećenje gume iznosi 2565 kg.

Usporedbom navedenoga dopuštenoga opterećenja gume i stvarnoga/mjerenoga opterećenja na stražnjim kotačima traktora vidljivo je da postiže vrijednost dopuštenoga opterećenja gume, iako je tovar značajno manji od nosivosti poluprikolice.

**Tablica 6.** Opterećenje na kotačima traktora**Table 6** Load on tractor wheels

Traktorski skup Tractor assembly	Masa traktora – Tractor mass			Opterećenje na kotačima traktora u natovarenom skupu Tractor wheel load in loaded assembly			
	Prazan Unloaded	Prazan u skupu Unloaded in assembly	Natovaren u skupu Loaded in assembly	Prednji desni Front right	Prednji lijevi Front left	Stražnji desni Rear right	Stražnji lijevi Rear left
	kg						
STEYR 964 FMV	3915	4798	<b>4955</b>	779	773	<b>1746</b>	<b>1657</b>
STEYR 9094 Vinkum	5048	6469	<b>6677</b>	992	995	<b>2354</b>	<b>2336</b>
BELARUS 952 Vinkum	4906	6188	<b>6749</b>	900	871	<b>2486</b>	<b>2492</b>
BELARUS 920 Formet	5355	6418	<b>6863</b>	794	848	<b>2560</b>	<b>2661</b>
BELARUS 952 Formet	5428	6576	<b>6882</b>	863	883	<b>2527</b>	<b>2609</b>



**Tablica 7.** Dopušteno opterećenje guma**Table 7** Permissible tire load

Guma Tire	Broj vlakana Ply rating	Tlak zraka u gumama - <i>Inflation pressure, bar</i>						
		1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
		Dopušteno opterećenje gume - <i>Permissible tire load, kg</i>						
13.6 - 20	8	1070	1105	1165	121	1250	1300	1345
11.2 - 20	8	850	890	930	970	1000	1040	1080
15.5R38	8	1630	1690	1775	1850	1900	1980	2060
16.9R38	8	2025	2125	2250	2325	2425	2520	
18.4 - 30	6	2225	2320	2415	2520	2615	2715	2815
<b>18.4 - 34</b>	<b>8</b>	<b>2350</b>	<b>2440</b>	<b>2565</b>				

Izvor - Source: Belarus Operators Manual (www.belarus.com)

Kod oba traktora Belarus u traktorskim skupovima Formet zabilježeno je prekoračenje dopuštenoga opterećenja gume na stražnjem lijevom kotaču za 44 kg i 96 kg, dok je opterećenje stražnjih desnih kotača za 5 kg i 38 kg manje od dopuštenoga.

#### 4. Zaključci – Conclusions

U radu su prikazani rezultati mjerenja mase i osovinskoga opterećenja 5 različitih tipova traktorskih skupova. Utvrđene su sljedeće tehničke značajke koje utječu na raspodjelu osovinskoga opterećenja traktorskih skupova: tip traktora i poluprikolice, šumska nadogradnja na traktoru, tip dizalice na poluprikolici, veličina tovara.

Traktori za traktorske skupove Formet opremaju se dvobubanjnim vitlima koja se fiksno postavljaju na zadnji kraj traktora te povećavaju ukupnu masu traktora i opterećenje stražnje osovine. Na osnovi se izmjere opterećenja na veznoj točki traktora zaključuje da se glavina mase dizalice prebacuje na stražnju osovinu traktora. Ovisno o položaju tovara na poluprikolici, određeni će se dio mase tovara prenijeti na stražnju osovinu traktora. Pri tome opterećenje na stražnjim kotačima traktora dostiže i/ili premašuje dopušteno opterećenje traktora i gume.

Na osnovi provedenih istraživanja te prijašnjih spoznaja o radu traktorskih skupova može se općenito zaključiti kako:

- ⇒ traktorske skupove smatramo ekološki povoljnim šumskim vozilima u uvjetima slabe nosivosti tla te rada u proredama nizinskih šuma zbog njihove male mase i dimenzija
- ⇒ traktorski skupovi nisu specijalizirana šumska vozila i iskazuju nedovoljnu tehničku pogodnost za izvoženje drva jer nastaju prilagodbom i nadogradnjom poljoprivrednih traktora i šumskih poluprikolica, što se očituje u prekoračenju dopuštenoga osovinskoga opterećenja.

Zaključuje se da se s većom udaljenosti kotača poluprikolice od vezne točke traktora povećava utjecaj mase hidraulične dizalice i mase tovara na opterećenje traktora. Rješenja u svezi s prekoračenjem dopuštenoga opterećenja traktora nalaze se u pomaku kotača poluprikolice prema naprijed kako bi preuzeli veći dio težine dizalice ili u primjeni težih traktora s većim dopuštenim opterećenjem. Pri tome bi povećali ukupnu masu traktorskoga skupa te narušili okolišnu pogodnost vozila.

#### 5. Literatura – References

- Beuk, D., Ž. Tomašić, D. Horvat, 2007: Stanje i razvoj mehaniziranosti pridobivanja drva u hrvatskom državnom šumarstvu. Nova mehanizacija šumarstva, 28, pos. izd., 1: 3–20.
- Horvat, D., A. Kristić, 1999: Research of some morphological features of thinning tractor assemblies with semi-trailer. Štrazivanje nekih morfoloških značajki prorjednih traktorskih skupova s poluprikolicom, Zbornik sažetaka na IUFRO savjetovanju »Emerging Harvesting Issues in Technology Transition at the End of Century«, Opatija, str. 99–100.
- Horvat, D., M. Šušnjar, Ž. Tomašić, 2004: New technical and technological solutions in thinning operations of lowland forests, Poster br. 410, Prvi kongres hrvatskih znanstvenika iz domovine i inozemstva, Zagreb – Vukovar, 15. – 19. studenog 2004, Zbornik sažetaka postera znanstvenih novaka izlaganih u inozemstvu 2002., 2003. i 2004. godine, Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske, I. dio, 427 str.
- Horvat, D., T. Poršinsky, A. Krpan, T. Pentek, M. Šušnjar, 2004: Ocjena pogodnosti forvardera morfološkom raščlambom (Suitability Evaluation of Forwarders Based on Morphological Analysis). Strojarstvo, 46(4–6): 149–160.
- Horvat, D., R. Spinelli, M. Šušnjar, 2005: Resistance coefficients on ground-based winching of timber. Croatian Journal of Forest Engineering, 26(1): 3–11.

Šušnjar, M., D. Horvat, A. Kristić, Z. Pandur, 2008: Morphological analysis of forest tractor assemblies. Croatian Journal of Forest Engineering, 29(1): 41–51.

Wästerlund, I., 1994: Forest response to soil disturbance due to machine traffic. Interactive seminar and workshop »Soil, tree, machines interaction«, Feldafing, Germany, str. 1–23.  
www.belarus.com

---

## Abstract

---

### Axle Load of Tractor Assemblies

*This paper presents the results of measurement of mass and axle load of tractor assemblies. The investigation was carried out by measuring the basic dimensions and mass characteristics of 5 different types of tractor assemblies. The following technical features affecting the distribution of axle loads have been determined: type of tractor and semitrailer, tractor reconstruction, type of semitrailer crane, load volume.*

*Tractors for tractor assemblies Formet are equipped with double-drum winches mounted on the rear part of the tractor and they increase the total mass of the tractor and load of the rear axle.*

*Masses of unloaded tractor assemblies are almost the same and they range around 8800 kg. Masses of unloaded semitrailers depend on semitrailer load capacity and on mounted hydraulic crane. Based on the measurement of the load at the hitch point of the tractor, it can be concluded that the mass of the crane is mostly transferred to the rear axle of the tractor. It can be further concluded that the increase of the distance between semitrailer wheels and the hitch point of the tractor results in the increase of the influence of the mass of hydraulic crane and mass of load on tractor load.*

*Masses of tractor assemblies with the load of 3.19 m<sup>3</sup> (mean value of 3744 kg) range between 12505 kg and 12582 kg. Depending on the position of the semitrailer load, a certain part of the load mass will be transferred to the rear axle of the tractor. The results show that 4 % to 15 % of the total load mass is transferred to the rear axle of the tractor.*

*With the above load, the measured loads of the tractor Belarus 920 and 952 in the tractor assembly „Formet« reach the total permissible load of 7000 kg. However, as the load capacity of the semitrailer Metalac S-6, which is used in the tractor assembly Formet, is 6 tons, provided that the transfer ratio of the load mass through the hitch point is the same (approximately 10 %), it can be estimated that the total permissible tractor load will be exceeded when the semitrailer is fully loaded.*

*Based on these investigations and past expertise, it can be generally concluded that tractor assemblies are not specialized forest vehicles and that they lack technical features required for performing wood extraction, because they are made by adapting and reconstructing farming tractors and forest semitrailers, which results in exceeding the permissible axle loads.*

*Keywords: tractor assembly, mass, axle load, permissible load*

---

#### Adresa autorâ – Authors' addresses:

Doc. dr. sc. Marijan Šušnjar  
e-pošta: susnjar@sumfak.hr  
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije  
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Svetošimunska 25  
HR – 10 000 Zagreb

Mr. sc. Andrija Kristić  
e-pošta: andrija.kristic@hrsume.hr  
»Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb  
Uprava šuma podružnica Vinkovci  
Trg bana Josipa Šokčevića 20  
HR-32100 Vinkovci

Nikola Jambrek, dipl. inž. šum.  
Frana Galovića 54a  
48321 Peteranec

Primljeno (Received): 2. 7. 2009.  
Prihvaćeno (Accepted): 16. 11. 2009.