

# Ispitivanje tehničkih značajki nove šumske poluprikolice »Lika«

Zdravko Pandur, Marijan Šušnjar, Dubravko Horvat, Marko Zorić, Mirko Matajčić

## Nacrtak – Abstract

U radu su prikazane značajke nove traktorske poluprikolice »Lika« s ugrađenom hidrauličnom dizalicom »Palms«. Prikolica je izrađena u Hrvatskoj po mjerama koje su već ispitane u šumarskoj praksi u srednjoj Europi, dok je hidraulična dizalica »Palms« estonskoga proizvođača. Bitna je značajka istraživane šumske poluprikolice mogućnost pomicanja njezine bogi osovine po uzdužnoj gredi poluprikolice čime se može utjecati na opterećenje poluprikolice preko ruda na stražnju osovinu traktora ovisno o tome prevozi li se oblovina ili šumski ostatak. Isto tako poluprikolica ima mogućnost zglobnoga pomaka ruda u uzdužnoj osi kako bi se smanjio polumjer okretanja cijeloga traktorskoga skupa, odnosno povećala njegova manevarska sposobnost u sastojinskim uvjetima. Ispitivanje je poluprikolice provedeno u skladu s važećim normama ISO zajedno s poljoprivrednim traktorom. Rezultati ispitivanja pokazuju da se takav traktorski skup dimenzijski ne razlikuje od ostalih traktorskih skupova koji rade na izvoženju drva iz proreda u nizinskim šumama, uz to što u odnosu na njih ima i veću masu u iznosu od 250 kg te vrlo povoljan promjer kruga okretanja.

Ključne riječi: šumska poluprikolica, traktorski skup, ispitivanje, norme ISO

## 1. Uvod – Introduction

Traktorski skupovi u Hrvatskoj, od kojih je jedan i objekt ovoga istraživanja, uglavnom se koriste pri izvoženju drva iz prorednih sastojina nizinskih šuma. Pod pojmom traktorski skup razumijeva se adaptirani poljoprivredni traktor sa šumskom poluprikolicom i ugrađenom dizalicom. Prednost uporabe traktorskih skupova pri izvoženju drva iz proreda nizinskih šuma ogleda se ponajprije u masi vozila te prema tomu manjim dodirnim tlakovima na šumsko tlo u uvjetima njegove slabe nosivosti tijekom vegetacijskoga razdoblja (razdoblja provođenja proreda) čime se umanjuju štete na šumskom tlu i ostalim dubecim stablima i pomlatku. Uz to, traktorski je skup jeftinije vozilo od specijaliziranih šumskih vozila – forvardera, što izravno utječe na smanjenje troška po jedinici proizvoda.

Neke od glavnih prednosti traktorskih skupova u odnosu na ostala mehanizirana sredstva pri radu u proredama nizinskih šumskih sastojina jesu:

⇒ drvo se ne vuče po podlozi već se izvozi na kotačima (manji otpori)

⇒ strojem se manje ulazi u sastojinu, a više se kreće postojećim i/ili novonačinjenim prosjekama čime se manje oštećuju tlo, postojeća stabla i eventualni pomladak.

Ovi se zahtjevi temelje na uvjetima okolišne prihvatljivosti, odnosno zaštite tla i sastojine, ali i na jasnoj ekonomskoj računici izbjegavanja dugoročnih nepovoljnih učinaka koji se mogu odraziti na šumskom tlu, umanjenju kakvoći i količini glavnih šumskih proizvoda, te iznimno visokih troškova vezanih uz prirodnu obnovu nizinskih šuma.

Šušnjar i dr. (2009) navode da primjena traktorskih skupova pri izvoženju drva iz proreda nizinskih šuma započinje početkom 70-ih godina prošloga stoljeća. Nakon primjene prvoga takvoga skupa 1968. godine kreće 1972. proizvodnja i primjena domaćega traktorskoga skupa. Prvi takav skup bio je tzv. »Pionir« koji je imao mehaničku dizalicu i mehanički pogonjeno vitlo.

Sredinom je osamdesetih godina broj traktorskih skupova »Pionir« dostigao maksimum od 70 komada. I nakon 25 godina taj se skup još uvijek rabi, ponajpri-

je zbog iznimno jednostavne konstrukcije te s tim u vezi i razmjerno niske nabavne cijene, cijene rada i održavanja. Takva jednostavnost konstrukcije skriva ujedno i mnoge nedostatke koji se očituju s jedne strane u smanjenim mogućnostima pojedinih radnih zahvata (mehanička dizalica tipa konzole, s manjom manevarskom sposobnošću utovara i istovara), te nerijetkom broju slučajeva nemogućnosti udovoljavanja temeljnim tehnološkim zahtjevima (kretanje samo po prosjekama i ne-ulaženje u samu sastojinu), a s druge strane u tehničko-tehnološkoj zastarjelosti i nemogućnosti zadovoljavanja mnogih suvremenih mjerila ergonomsko-sigurnosnih zahtjeva (kabina i sjedalo vozača, potreba za čestim penjanjem na utovarni prostor i prekapčanje tereta i sl.).

Početak 90-ih godina počinje intenzivno traženje optimalnoga traktorskoga skupa. Pri tome se mehaničke dizalice na traktorskom skupu zamjenjuju hidrauličnim dizalicama čime se omogućuje dizanje težih drvnih sortimenata te ergonomski povoljnije hidraulično, a poslije elektro-hidraulično upravljanje. Dodatnim opremanjem traktorskih skupova šumskim vitlom omogućilo se da traktorske ekipaže ne moraju ulaziti u sastojinu do svakoga izrađenoga drvnoga sortimenta na udaljenost dosega dizalice, već se isključivo kreću po paralelnim vlakama međusobne udaljenosti od 37,5 m na koje se privitlavaju drvni sortimenti te utovaruju dizalicama. Navedenom se tehnologijom smanjuje razina oštećenja šumskoga tla, pomlatka i ostalih stabala pri izvođenju eksploatacijskih radova u proredama, poglavito tijekom razdoblja velike vlažnosti tla, odnosno njegove slabe nosivosti.

Od 90-ih godina primjenjivani su ovi načini izvedbe traktorskih skupova:

- ⇒ poljoprivredni traktor, šumska poluprikolica i hidraulična dizalica s hidrauličnim vitlom na dizalici (1993)
- ⇒ proredni domaći skider bez vitla, poluprikolica i hidraulična dizalica (1996)
- ⇒ poljoprivredni traktor s uskim tragom kotača, šumska poluprikolica i hidraulična dizalica bez vitla (2003)
- ⇒ poljoprivredni traktor uskoga traga, dvobubanjско vitlo, hidraulična dizalica te šumska poluprikolica (2004).

Pri tome 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 6 t, Kronos 6 t, 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 karakteristike 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 zglobnoga ruda ili okretne osovine bogi kotača
- ⇒ dvobubanjско vitlo vučne sile >50 kN.

Način izvedbe traktorskoga skupa iz 2004. godine zasnovan je na navedenim preporukama. Takav traktorski skup nazvan je »Formet« te se u prvom izvedbama sastojao od poljoprivrednoga traktora Steyr 8090 uskoga traga, dvobubanjско vitla Igland 6002, hidraulične dizalice Igland 43–65 i poluprikolice Metalac nosivosti 6 t.

Najvažnije tehničko-eksploatacijske značajke traktorskoga skupa »Formet« očituju se u neovisnoj hidrauličnoj dizalici dobrih podiznih mogućnosti, većoj kabini s okretnim sjedalom, dvobubanjско vitlu dobrih vučnih značajki, većoj nosivosti poluprikolice, ali i samom traktoru suvremenije izvedbe u smislu boljih tehničkih i sigurnosnih značajki.

U radu traktorskoga skupa »Formet« potpuno je ostvarena težnja da vozilo ne ulazi u sastojinu, već se kreće po izvoznim pravcima (prosjekama), a dohvat drva koje nije u dosegu dizalice obavlja privitlavanjem pomoću dvobubanjско vitla.

Izabrana tehnologija izvoženja drva iz prorednih nizinskih sječa, kakva je zastupljena u primjeni traktorskih skupova opremljenih poluprikolicom, dvobubanjско vitlom i hidrauličnom šumskom dizalicom, prihvatljiva je s teorijsko-znanstvenoga i stručnoga gledišta, poglavito je u skladu s ekološkim zahtjevima čuvanja tla i sastojine.

Lindroos i Wästerlund (2014) istražuju mogućnost primjene poluprikolice u kombinaciji s forvarderom te zaključuju, na temelju teorijske analize, da kod takva skupa postoje i ekonomske i okolišne prednosti u odnosu na primjenu samo forvardera, i to posebno u uvjetima slabe nosivosti tla i na velikim udaljenostima izvoženja drva.

U posljednje vrijeme sve se više govori o uporabi šumskoga ostatka. Ono što je poznato u nas, šumski se ostatak iz sastojina nizinskih šuma izvozi na pomoćno stovarište forvarderom uglavnom u oplodnim sječama, dok se u nešto manjoj mjeri u brdskim i planinskim

šumama za privlačenje šumskoga ostatka koristi skider. Kako bi se povećala učinkovitost privlačenja šumskoga ostatka u brdskim uvjetima, ali isto tako i drvnih sortimenata, dvije su domaće tvrtke pokrenule proizvodnju šumske poluprikolice »Lika« s hidrauličnom dizalicom »Palms«. Prikolica je građena u Hrvatskoj po mjerama koje su već ispitane u šumarskoj praksi u srednjoj Europi, dok je hidraulična dizalica »Palms« estonskoga proizvođača. Bitna je značajka istraživane šumske poluprikolice (slika 1) da se njezinu bogi osovinu može pomicati po uzdužnoj gredi poluprikolice čime je omogućen utjecaj na opterećenje poluprikolice preko ruda na stražnju osovinu traktora ovisno o tom prevozi li se oblovina ili šumski ostatak. Također poluprikolica ima mogućnost zglobnoga pomaka ruda u uzdužnoj osi kako bi se smanjio polumjer okretanja cijeloga traktorskoga skupa odnosno povećala njegova manevarska sposobnost u sastojinskim uvjetima.

## 2. Cilj istraživanja – Aim of research

Cilj je ovoga istraživanja utvrđivanje tehničkih značajki nove šumske traktorske poluprikolice s hidrauličnom dizalicom prikopčanom na poljoprivredni traktor na temelju izmjere njezinih dimenzija, vaganja prazne i natovarene s jelovim trupcima u dva položaja bogi osovine, te izmjere kruga okretanja s pomicanjem i bez pomicanja ruda prikolice s obzirom na uzdužni smjer cijele ekipaže.

## 3. Metode istraživanja – Methods of research

Za utvrđivanje tehničkih značajki koristila se mjerne oprema Laboratorija za tehničke i tehnološke izmjere u šumarstvu Zavoda za šumarske tehnike i tehnologije Šumarskoga fakulteta u Zagrebu.

Dimenzije i masa traktora mjerene su mjernim priborom koji odgovara zahtjevima normi ISO. Za mjerenje dimenzija korištene su mjerne vrpce Laboratorija te pomoćni sustavi za određivanje okomitosti i paralelnosti.

Masa je traktora mjerena pomoću četiri samostalne 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, što znači da je riječ o mjernim pretvornicima s mjernim trakama u punom mostu. Mjerni su pretvornici spojeni tako da pojedinačno i zajednički registriraju svako vanjsko opterećenje. Svaka je vaga granično opteretiva s 90 kN. Budući da se opterećenje ne mora simetrično rasporedi-



**Slika 1.** Šumska traktorska poluprikolica »Lika« s hidrauličnom dizalicom »Palms« prikopčana na poljoprivredni traktor Massey-Ferguson 365

**Fig. 1** Forest semitrailer »Lika« with hydraulic crane »Palms« connected to farm tractor Massey-Ferguson 365

ti na sva četiri dinamometra, u krajnosti je moguća i takva situacija u kojoj se svaki od tih tlačnih dinamometara može pojedinačno opteretiti s graničnom nosivošću čitave vage. Svi su dinamometri na jednoj vagi povezani u jedinstveni sustav koji je neusporedivo osjetljiviji od svakoga pojedinačno. Za ilustraciju valja navesti da se sila od 1 daN sasvim pouzdano mjeri, mada predstavlja tek 0,011 % nazivne nosivosti svakoga dinamometra. Prije mjerenja sve su vage umjeravane na poligonu za ispitivanje poljoprivredne mehanizacije Poljoprivrednoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.



**Slika 2.** Prikaz sustava za prikupljanje podataka (vage, pojačalo, prijenosno računalo)

**Fig. 2** Data acquisition equipment (scales, amplifier, notebook)



**Slika 3.** Drvene podloge ispod kotača poluprikolice

**Fig. 3** *Wooden pads under semitrailer wheels*

Sve su vage spojene s mjernim pojačalom Spider 8 proizvođača HBM (Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH) koje je izravno povezano s prijenosnim osobnim računalom i čine jedinstveni sustav za prikupljanje podataka (slika 2). Rezultati mjerenja sa svake



**Slika 4.** Podizanje ruda poluprikolice radi odvage samo traktora

**Fig. 4** *Lifting semitrailer shaft for tractor weighing*

vage očitavani su pomoću računalnoga programa Catman 4.0.

Da bi se mjerenje obavilo pravilno, svi kotači traktorskoga skupa moraju biti u vodoravnoj ravnini. U tu su se svrhu prvo sve četiri vage postavile ispod kotača poluprikolice, a drvene podloge iste visine ispod kotača traktora te se obavila izmjera mase. Nakon odvage poluprikolice vage su se postavile ispod kotača traktora, a drvene podloge ispod kotača poluprikolice te se obavila odvaga. Zbroj svih očitavanja predstavlja ukupnu masu traktorskoga skupa, prvo s praznim tovarnim prostorom, poslije s punim te s pomakom bogi osovine prazne i natovarene poluprikolice.

Šumska je poluprikolica rudom spojena kroz veznu točku s traktorom te se dio težine poluprikolice prenosi na stražnje kotače traktora. Prilikom vaganja traktora, radi dobivanja mase samoga traktora, rudo se poluprikolice podizalo ručnom hidrauličnom dizalicom sve dok se u potpunosti nije odvojilo od oslonca na traktoru, odnosno dok nije bilo oslonjeno na dizalicu. Tijekom podizanja ruda mijenjalo se očitavanje na vagama (smanjenje mase traktora) sve do trenutka prestanka opterećenja poluprikolice na stražnji kraj traktora. U tom trenutku očitavanje na vagama pokazuje stalnu vrijednost mase koja ujedno predstavlja masu samoga traktora.

Mjernom su vrpcom određene dimenzije traktorskoga skupa prema sljedećim definicijama:

- ⇒ duljina – vodoravna udaljenost od okomite površine koja dodiruje najudaljeniju točku prednjega dijela vozila (prednjega dijela traktora) – prednji prepust do okomite površine koja dodiruje najudaljeniju točku zadnjega dijela vozila (zadnjega dijela poluprikolice) – stražnji prepust
- ⇒ širina – vodoravna udaljenost između dviju okomitih površina paralelnih s uzdužnom osi vozila koje dodiruju najudaljenije točke na obje strane osovine (najveća je širina traktorskoga skupa izmjerena između vanjskih rubova kotača poluprikolice ili vanjskih rubova kotača stražnje osovine traktora)
- ⇒ visina – okomita udaljenost između vodoravne površine tla i vodoravne površine koja dotiče najvišu točku vozila (najvišu točku hidraulične dizalice u transportnom položaju).

Promjer kruga okretanja izmjeren je prema zahtjevima norme ISO 789-3:1996 (*Agricultural tractors – Test procedures – Part 3: Turning and clearance diameters*). Norma definira promjer kruga okretanja kao promjer najmanjega kruga koji će opisati rubni dijelovi nenatovarenoga vozila pri okretanju, bez kočenja.

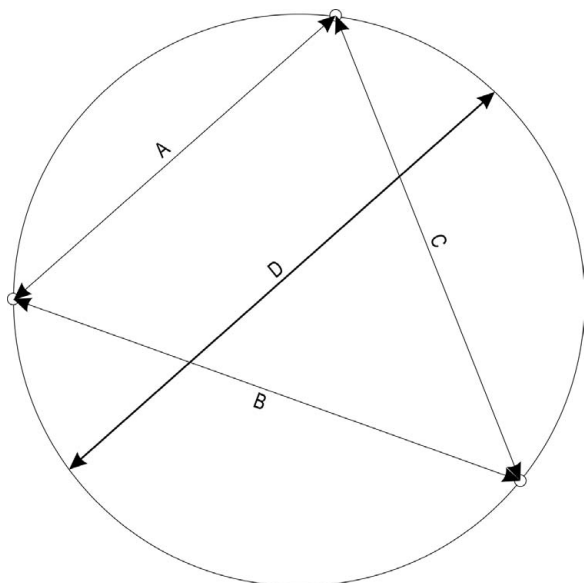


**Slika 5.** Mjerenje promjera kruga okretanja

**Fig. 5** *Turning diameter measurement*

Najmanji krug okretanja mjerio se vožnjom traktorskoga skupa na ravnom poligonu pod uvjetom da se vožnja odvija kada je čelo traktorske gume najbliže što može biti rudu poluprikolice bez ometanja ili zapinjavanja rebara gume o rudo. Kako je poluprikolica građena tako da joj se rudo može pomicati u uzdužnoj osi, radi smanjenja kruga okretanja, odnosno radi bolje manevarske sposobnosti u sastojinskim uvjetima, postupak vožnje, tj. mjerenja obavljen je dvaput, s pomicanjem i bez pomicanja ruda.

Pri kružnom kretanju traktorskoga skupa pri postizanju najmanjega kruga okretanja na podlozi se



**Slika 6.** Prikaz mjerenih vrijednosti

**Fig. 6** *Scheme of measured values*

označivalo nekoliko mjesta koja opisuju rubni dijelovi traktorskoga skupa: prednji kotači traktora koji se kreću vanjskim rubom kruga. Na slici 6 dan je prikaz mjesta na krugu okretanja traktorskoga skupa te označene mjerene udaljenosti ( $A$ ,  $B$  i  $C$ ).

Promjer najmanjega kruga okretanja je izračunat prema jednadžbi:

$$D = \frac{2ABC}{\sqrt{2(A^2B^2 + A^2C^2 + B^2C^2) - (A^4 + B^4 + C^4)}} \quad (1)$$

Prema izrazu (1) računa se promjer kruga tako da se na krugu izaberu tri točke te se mjere udaljenosti između svake ( $A$ ,  $B$  i  $C$ ) kako to prikazuje slika 6. Drugi način određivanja promjera kruga okretanja jest taj da se izmjeri nekoliko promjera kruga ( $D$ ) te se na kraju izračuna aritmetička sredina svih mjerenja koja predstavlja stvarni promjer kruga okretanja traktorskoga skupa.

### 3.1 Tehničke značajke traktorskoga skupa »Dasović« – *Technical features of »Dasović« tractor assembly*

Ispitivani traktorski skup »Dasović« sastojao se od triju zasebnih dijelova:

- ⇒ pogonski stroj – poljoprivredni traktor Massey Ferguson 365
- ⇒ šumska poluprikolica »Lika«
- ⇒ hidraulična dizalica »Palms« 675.

#### 3.1.1 Traktor Massey-Ferguson 365 – *Massey-Ferguson 365 tractor*

Pogoni ga četverocilindrični dizelski motor Perkins tip A4.236 obujma 3,9 litara, promjera i hoda klipa



**Slika 7.** Poljoprivredni traktor Massey-Ferguson 365

**Fig. 7** *Agricultural tractor Massey-Ferguson 365*

98 × 127 mm. Najveću snagu od 48,5 kW (65 KS) razvija pri najvećem broju okretaja od 2200 min<sup>-1</sup>, a najveći okretni moment od 255,1 Nm razvija pri 1400 min<sup>-1</sup>.

Prijenos je snage izveden tako da je pogon na stražnje kotače stalan (4×2), s mogućnošću uključivanja pogona na prednju osovinu (4×4). Postoji blokada stražnjega diferencijala. Ručni je mjenjač stupnjevan s 12 stupnjeva prema naprijed i 4 prema nazad. Kočnice su stražnjih kotača izvedene s lamelama u ulju. Gume su prednjih kotača dimenzije 12,4–24, a stražnjih 16,9–30.

### 3.1.2 Šumska poluprikolica »Lika« – »Lika« forest semitrailer

Poluprikolica je konstruirana da njezina nosivost bude 8000 kg, a dimenzije su joj prikazane na slici 9 zajedno s poljoprivrednim traktorom.

### 3.1.3 Hidraulična dizalica »Palms« 675 – »Palms« 675 hydraulic crane

Deklarirana je bruto masa dizalice 1000 kg (s beskonačnim rotatorom i hvatalom). Okretno područje stupa dizalice iznosi 360°, bruto podizni moment je 46 kNm, a okretni moment 10,0 kNm. Potrebni radni tlak ulja za rad dizalice iznosi 18 Mpa. Hidraulični su ventili tipa HC 4/8XY+el. i upravljanje je s obje ruke izvedeno pored stupa dizalice. Dimenzije dizalice i raspon radnoga opterećenja prikazuje slika 8.

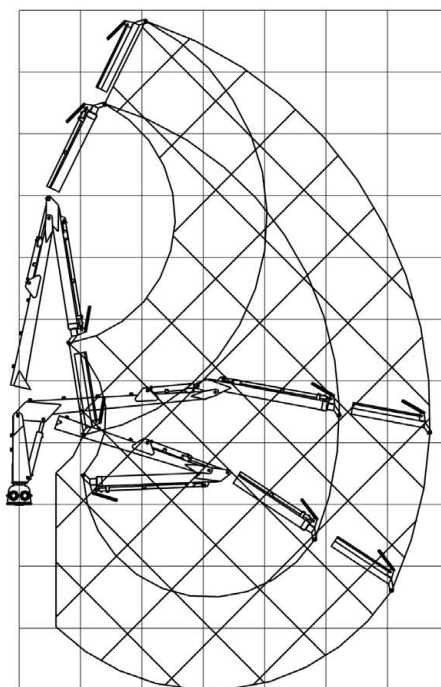
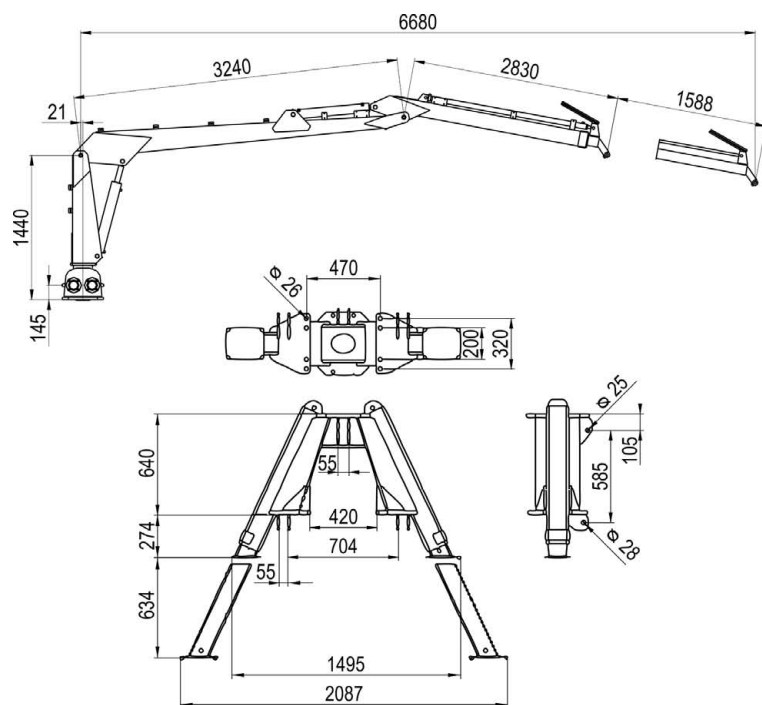
Dizalica nema potpun vlastiti hidraulični sustav, već snagu ulja (tlak i protok) dobiva hidrauličnim vodovima preko brzih spojki od poljoprivrednoga traktora.

## 4. Rezultati ispitivanja – Testing results

### 4.1 Dimenzije traktorskoga skupa »Dasović« Dimensions of »Dasović« tractor assembly

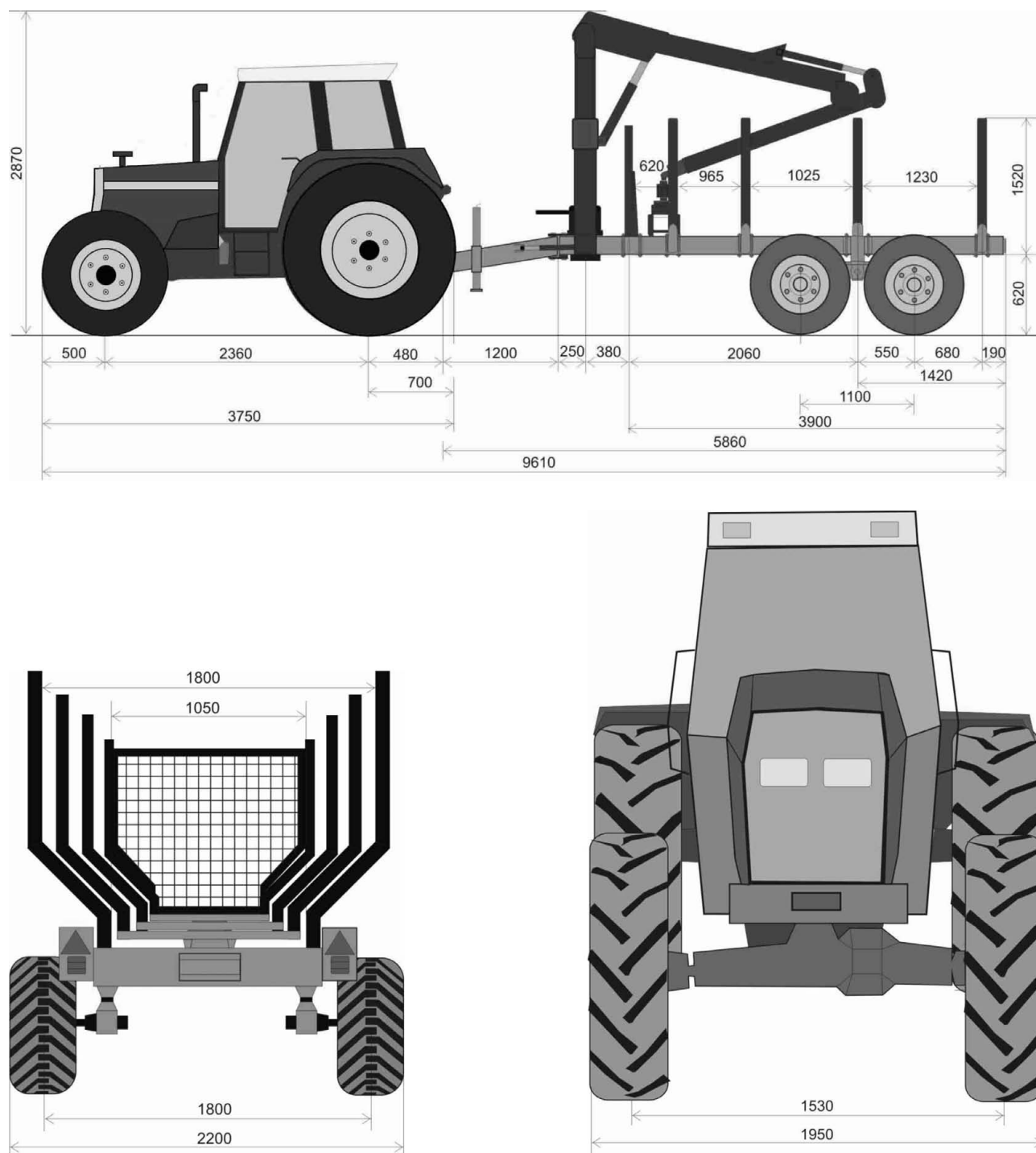
Šušnjar i dr. (2008) napravili su morfološku raščlambu svih traktorskih skupova (ukupno njih 9) koji su u upotrebi u spačvanskim nizinskim šumama (tablica 1). Uspoređujući rezultate istraživana traktorskoga skupa s rezultatima raščlambe traktorskih skupova tih autora, možemo zaključiti da istraživani traktorski skup prema ukupnoj duljini (9610 mm) pripada sredini skupine (od 7890 mm do 10.310 mm) istraživanih traktorskih skupova. Prema njegovoj ukupnoj širini (2200 mm) ubraja se među najšire skupove (od 1880 mm do 2200 mm), dok prema ukupnoj visini (2870 mm) pripada među najniže skupove u skupini (od 2780 mm do 3790 mm) gdje samo 3 traktorska skupa imaju visinu manju od 3000 mm.

Iz ovoga možemo zaključiti da je traktorski skup dobro dimenzioniran na temelju svih njegovih osnovnih dimenzija. Većom ukupnom širinom koja predstavlja okomitu udaljenost između vanjskih rubova guma



Slika 8. Značajke hidraulične dizalice »Palms« 675

Fig. 8 Features of »Palms« 675 hydraulic crane



**Slika 9.** Dimenzije traktorskoga skupa »Dasović«

**Fig. 9** Dimensions of »Dasović« tractor assembly

postiže se bolja bočna stabilnost, što je poželjno prilikom kretanja preko neravnina ili po brdovitom terenu. Manja ukupna visina (visina do najviše točke na hidrauličnoj dizalici) također je poželjna osobito u slučaju

kada se radi u prorednim sastojinama. Manja ukupna duljina traktorskoga skupa povoljna je zbog veće manevarske sposobnosti u sastojinama gdje je broj stabala po jedinici površine veći.

**Tablica 1.** Masa i dimenzije šumskih traktorskih skupova (Šušnjar i dr. 2008)**Table 1** Mass and dimensions of tractor assemblies (Šušnjar i dr. 2008)

Traktorski skup <i>Tractor assembly</i>	Masa – Mass			Dimenzije traktorskoga skupa <i>Dimensions of tractor assembly</i>			Promjer kruga okretanja <i>Turning diameter</i>
	Traktorski skup <i>Tractor assembly</i>	Traktor <i>Tractor</i>	Poluprikolica <i>Semitrailer</i>	Duljina <i>Length</i>	Širina <i>Width</i>	Visina <i>Height</i>	
	m	$m_t$	$m_p$	L	B	H	r
	kg	kg	kg	mm	mm	mm	m
TIGAR 42 PIONIR	3573	2754	819	7890	1880	3685	11,8
IMT 541 PIONIR	3870	3059	811	8380	1820	3415	14,3
TIGAR 49 DV PIONIR	4136	3301	835	8230	1850	3450	12,8
IMT 549 PIONIR	4186	3328	858	8320	1800	3081	13,6
STEYR 964 FMV	6478	4798	1680	9300	1940	2844	14,3
BELARUS 920 FORMET	8758	6418	2340	10.480	2060	2995	13,7
BELARUS 952 FORMET	8774	6576	2198	10.420	1930	2780	12,0
BELARUS 952 VINKUM	8811	6188	2623	10.230	2130	3190	14,2
STEYR 9094 VINKUM	8824	6469	2355	10.310	2200	3790	12,5

**Tablica 2.** Dimenzije kotača traktorskoga skupa**Table 2** Tractor assembly wheel dimensions

Gume – Tyres	Kotači – Wheels		Oznaka veličine gume <i>Tyre size</i>	Polumjer – Radius	Broj vlakana – Ply rating
				mm	N
Traktorski skup »Dasović« »Dasović« tractor assembly	Traktor <i>Tractor</i>	Prednji – Front	12,4–24	540	8
		Stražnji – Rear	16,9–30	700	8
	Prikolica – Semitrailer	Bogi – Bogie	400/60–15,5	425	14

Dimenzija guma na poluprikolici dobro je odabrana, posebno što se tiče širine gaznoga sloja gume koji u ovom slučaju iznosi 400 mm. Širi je gazni sloj poželjan zbog manjega zbijanja šumskoga tla i manjega propadanja u nj. Promjer od 15,5 inča standardna je dimenzija naplatka. Prilikom kretanja izvan putova bitno je da trag kotača poluprikolice prati trag kotača traktora da ne bi došlo do povećanih otpora kotrljanja zbog formiranja novih kolotruga poluprikolice iza kolotruga traktora. Na taj se način smanjuje ukupna površina gaženja sastojine čime se utječe na okolišnu prihvatljivost cijeloga skupa.

#### 4.2 Krug okretanja – Turning diameter

Norma ISO 789–3:1996 (*Agricultural tractors – Test procedures – Part 3: Turning and clearance diameters*) razlikuje promjer kruga okretanja traktora koji opisuju vanjski rubovi kotača (*turning diameter*) i promjer uku-

pnoga kruga okretanja kojega opisuju najudaljeniji dijelovi okvira ili radnoga oruđa traktora (*clearance diameter*) pri okretanju.

Mjere se najmanje tri promjera kruga koje opisuju kotači traktora te se izračunava aritmetička sredina. Aritmetička sredina triju mjerenja promjera kruga koji opisuju kotači navodi se kao najmanji promjer kruga okretanja (*minimum turning diameter*). Također se mjere udaljenosti od oznake mjesta prolaska kotača do oznaka mjesta prolaska najudaljenijih dijelova okvira traktora. Mjere se najmanje tri vrijednosti te izračunava njihova aritmetička sredina. Aritmetička se sredina dvostruko dodjeljuje krugu okretanja te se izračunata vrijednost navodi kao najmanji promjer ukupnoga kruga okretanja (*minimum clearance diameter*).

U ovom slučaju prednji kotači traktora opisuju najveći krug okretanja.



**Tablica 3.** Krug okretanja**Table 3** Turning diameter

		Bez pomaka zgloba ruda <i>Without shaft wrist shift</i>	S pomakom zgloba ruda <i>With shaft wrist shift</i>
TROKUT <i>Triangle</i>	A	12,50	10,90
	B	11,40	10,30
	C	14,00	8,00
	D	14,80	11,50
KRUG <i>Circle</i>	1	14,70	11,90
	2	14,55	11,50
	3	14,55	11,50
	4	14,40	11,45
	5	14,25	11,60
	6	14,65	11,80
Sredina <i>Mean</i>		14,52	11,60

Krug je okretanja bez pomaka zgloba ruda ograničen položajem ruda pri okretanju pri čemu dolazi do dodira zadnjih kotača traktora s rudom i hidrauličnim crijevima za pokretanje dizalice. Kut zakretanja ruda pomoću horizontalnoga zgloba iznosi  $36^{\circ}56'$  te se zakretanjem ruda (slika 10) omogućuje manji krug okretanja od 11,5 m (11,6 m) kako to prikazuje tablica 3.

Dobiveni promjer kruga okretanja od 11,5 m vrlo je povoljan i u odnosu na istraživane traktorske skupove (Šušnjar i dr. 2008) najmanji je (od 11,8 m do 14,3 m). Kod traktorskih skupova, ali i kod svih ostalih vozila, bilo šumskih ili cestovnih, poželjno je da promjer okre-

tanja bude što manji. U ovom slučaju postignut je najmanji krug okretanja u odnosu na ostale traktorske skupove, i to isključivo zahvaljujući mogućnosti zglobnoga pomaka ruda.

#### 4.3 Masa – Mass

Masa je traktorskoga skupa mjerena s vozačem prema normi ISO 789–6:1982 (*Agricultural tractors – Test procedures – Part 6: Centre of gravity*). Obavljena su četiri mjerenja: prazan traktorski skup, traktorski skup s punim tovarnim prostorom bez pomaka bogi osovine te prazan traktorski skup i traktorski skup s punim tovarom i s pomakom bogi osovine. Tovar je bio obujma  $6,88 \text{ m}^3$  jelovih drvnih sortimenata. Rezultati su mjerenja prikazani u sljedećim tablicama.

Iz tablice 4 vidimo da je ukupna masa traktorskoga skupa 6253 kg. Masa samoga traktora, mjerena u slučaju kada je rudo poluprikolice odignuto od vezne točke traktora, iznosi 3425 kg, a kada je poluprikolica ovješena na traktor, ukupna masa traktora iznosi 4305 kg, što je za 880 kg više. Tih je 880 kg masa poluprikolice kojom ona preko ruda opterećuje stražnji kraj traktora i prema tomu ukupna je masa poluprikolice zbroj izmjerene mase (1948 kg) i mase kojom ona opterećuje traktor preko ruda (880 kg), što iznosi 2828 kg.

Kada ukupnu masu traktorskoga skupa (6253 kg) usporedimo s masom traktorskih skupova (Šušnjar i dr. 2008), koja se kreće od 3573 kg pa do 8774 kg, vidimo da je ona otprilike u sredini skupine, dok masa samo poluprikolice s dizalicom iznosi 2880 kg, što je najveća masa od svih istraživanih (od 811 kg do 2623 kg). Masa samoga traktora iznosi 3425 kg, što je manja masa u odnosu na traktore ostalih traktorskih skupova iste snage motora čija se masa kreće od 2754 kg do 6576 kg.

**Tablica 4.** Masa nenatovarenoga (neopterećenoga) traktorskoga skupa (bez pomaka bogi osovine)**Table 4** Mass of unloaded tractor assembly (without shift of bogie axle)

Traktorski skup »Dasović« – PRAZAN »Dasović« tractor assembly – UNLOADED										
Poluprikolica – <i>Semitrailer</i>			Traktor s poluprikolicom <i>Tractor with semitrailer</i>			Samo traktor – <i>Tractor only</i>			Rudo <i>Shaft</i>	Ukupno <i>Total</i>
Bogi <i>Bogie</i>	kg	kg	Kotač <i>Wheel</i>	kg	kg	Kotač <i>Wheel</i>	kg	kg	kg	kg
PL	512	971	PL	761	1441	PL	837	1584	–	–
PD	459		PD	680		PD	747			
SL	517	977	SL	1388	2864	SL	865	1841		
SD	460		SD	1476		SD	976			
Ukupno <i>Total</i>	1948		Ukupno <i>Total</i>	4305		Ukupno <i>Total</i>	3425		880	6253



**Slika 10.** Zakretanje ruda pomoću horizontalnoga zgloba  
**Fig. 10** Shaft shift with horizontal wrist



**Slika 11.** Optimalno natovarena poluprikolica  
**Fig. 11** Optimally loaded semitrailer

Razlog manje mase traktora Massey-Ferguson 365 leži u činjenici da on nije bio prilagođen za rad u šumarstvu, tj. nije imao zaštitni okvir kabine, zaštitu podvozja i vitlo s kranom (ekipaže »Pionir«), odnosno dvobubanjско vitlo s vodilicama i koloturama (ekipaže »Formet«).

Iz tablice 5 može se vidjeti da masa jelovih drvnih sortimenata obujma 6,88 m<sup>3</sup> iznosi 5648 kg (razlika ukupne mase cijele traktorske ekipaže). Glavnina te mase opterećuje kotače poluprikolice (bogi ovjes), dok se samo 358 kg prenosi preko ruda na traktor. Bitno je spomenuti da je u ovom slučaju tovarni prostor bio gotovo optimalno ispunjen sortimentima (slika 11) te da je položaj osovine s bogi kotačima bio dobro podešen jer je izmjereno povećanje opterećenja traktora preko ruda.

Opterećenje je traktora preko ruda poželjno zbog povećanja trakcije prilikom kretanja (adhezijska težina), pogotovo u ovom slučaju gdje imamo, kao što je već spomenuto, manju masu traktora u odnosu na ostale skupove.

Budući da je ova poluprikolica namijenjena i za izvoženje šumskoga ostatka, a iz iskustva je poznato da zbog same dužine može doći do rasterećenja na rudu, pa i do rasterećenja na stražnjim kotačima traktora, što je vrlo nepovoljno jer se smanjuje trakcija pogonskih kotača s tlom. Rješenje je u mogućnosti pomicanja osovine bogi ovjesa čime se može utjecati na opterećenje stražnjih kotača traktora preko ruda. U slučaju izvoženja šumskoga ostatka kada dolazi do rasterećenja na rudu, osovinu bi se trebala pomaknuti prema stražnjemu kra-

**Tablica 5.** Masa natovarenoga traktorskoga skupa (bez pomaka bogi osovine)

**Table 5** Mass of loaded tractor assembly (without shift of bogie axle)

Traktorski skup »Dasović« – PUN (6,88 m <sup>3</sup> ) »Dasović« tractor assembly – LOADED (6.88 m <sup>3</sup> )										
Poluprikolica – Semitrailer		Traktor s poluprikolicom Tractor with semitrailer			Samo traktor – Tractor only			Rudo Shaft	Ukupno Total	
Bogi Bogie	kg	kg	Kotač Wheel	kg	kg	Kotač Wheel	kg	kg	kg	kg
PL	1881	3728	PL	702	1291	PL	804	1479	–	–
PD	1847		PD	589		PD	675			
SL	1718	3467	SL	1635	3415	SL	947	1989		
SD	1749		SD	1780		SD	1042			
Ukupno Total	7195		Ukupno Total	4706		Ukupno Total	3468		1238	11.901

**Tablica 6.** Raspodjela mase po osovinama traktorskoga skupa (bez pomaka bogi osovine)**Table 6** Distribution of tractor assembly axle mass (without shift of bogie axle)

Traktorski skup »Dasović« – »Dasović« tractor assembly			Traktor – Tractor		Prikolica – bogi Semitrailer – bogie		Rudo Shaft	Ukupno Total
Opterećenje na mjernim točkama – Load on measuring points			Osovine – Axles		Bogi osovina – Bogie axle			
			Prednja Front	Stražnja Rear	Prednja Front	Stražnja Rear		
Prazan – Unloaded	Masa – Mass	kg	1584	1841	971	977	880	6253
	Udio – Share	%	24,76	29,44	15,53	15,62	14,1	100
Pun, obujam tovara 6,88 m <sup>3</sup> Loaded, volume of load 6.88 m <sup>3</sup>	Masa – Mass	kg	1479	1989	3728	3467	1238	11.901
	Udio – Share	%	12,43	16,71	31,33	29,13	10,40	100

ju poluprikolice radi postizanja dovoljnoga opterećenja na rudu.

Iz tablice 6 može se uočiti da se kod natovarenoga traktorskoga skupa u prosjeku udio opterećenja na kotačima bogi ovjesa dvostruko povećava, dok je slučaj suprotan na kotačima traktora gdje je kod natovarene ekipaže udio opterećenja upola manji. Uočeno je i smanjenje opterećenja na rudu poluprikolice.

Uspoređujući masu iz tablice 7 s vrijednostima mase prazne ekipaže bez pomaka bogi osovine (tablica 4), može se vidjeti da je s pomakom bogi osovine poluprikolice za 10 cm prema naprijed izmjerena masa ostajala približno ista. Što se tiče mase kojom poluprikolica preko ruda opterećuje traktor, zbog pomaka osovine prema naprijed, moglo se očekivati da će opterećenje biti manje, no povećalo se opterećenje s 880 kg na 918 kg.

Uspoređujući vrijednosti mase natovarenih traktorskih skupova bez pomaka i s pomakom osovine na

poluprikolici (tablica 5 i tablica 8), može se uočiti da je ukupna izmjerena masa približno jednaka. Međutim, također se može uočiti da se javlja rasterećenje na rudu poluprikolice, dok je na kotačima poluprikolice izmjerena veća masa, a na kotačima traktora manja, što je i logično zbog pomaka osovine prema naprijed.

Iz tablice 9 vidljivo je da je kod natovarene traktorske ekipaže udio opterećenja po osovinama dvostruko veći nego kod nenatovarene, dok je kod traktora slučaj obrnut, dakle isto kao i kod slučaja bez pomaka bogi osovine. Na rudu je također uočeno smanjenje udjela opterećenja kod natovarene ekipaže.

## 5. Zaključci – Conclusions

Iz dobivenih rezultata istraživanja može se zaključiti da prema izmjerenim dimenzijskim značajkama ispitivani traktorski skup »Dasović« ne odstupa od traktor-

**Tablica 7.** Masa nenatovarenoga traktorskoga skupa (s pomakom bogi osovine za 10 cm)**Table 7** Mass of unloaded tractor assembly (with bogie axle shift for 10 cm)

Traktorski skup »Dasović« – PRAZAN (pomak bogi osovine prema naprijed) »Dasović« tractor assembly – UNLOADED (bogie axle shift to the front)										
Poluprikolica – Semitrailer			Traktor s poluprikolicom Tractor with semitrailer			Samo traktor – Tractor only			Rudo Shaft	Ukupno Total
Bogi Bogie	kg	kg	Kotač Wheel	kg	kg	Kotač Wheel	kg	kg	kg	kg
PL	515	1046	PL	702	1404	PL	781	1556	–	–
PD	531		PD	702		PD	775			
SL	453	916	SL	1448	2933	SL	909	1863		
SD	463		SD	1485		SD	954			
Ukupno Total	1962		Ukupno Total	4337		Ukupno Total	3419		918	6299

**Tablica 8.** Masa natovarenoga traktorskoga skupa (s pomakom bogi osovine za 10 cm)**Table 8** Mass of loaded tractor assembly (with bogie axle shift for 10 cm)

Traktorski skup »Dasović« – PUN (6,88m <sup>3</sup> ) »Dasović« tractor assembly – LOADED (6.88 m <sup>3</sup> )										
Poluprikolica – <i>Semitrailer</i>			Traktor s poluprikolicom <i>Tractor with semitrailer</i>			Samo traktor – <i>Tractor only</i>			Rudo <i>Shaft</i>	Ukupno <i>Total</i>
Bogi <i>Bogie</i>	kg	kg	Kotač <i>Wheel</i>	kg	kg	Kotač <i>Wheel</i>	kg	kg	kg	kg
PL	1966	3810	PL	691	1367	PL	792	1550	1120	11.948
PD	1844		PD	676		PD	758			
SL	1811	3586	SL	1550	3185	SL	930	1882		
SD	1775		SD	1635		SD	952			
Ukupno <i>Total</i>	7396		Ukupno <i>Total</i>	4552		Ukupno <i>Total</i>	3432		1120	11.948

skih skupova koji su već u upotrebi u hrvatskom šumarstvu. Nedostatak koji je uočen na istraživanom traktorskom skupu jest visina vezne točke ruda poluprikolice i traktora. Naime, uočeno je da je vezna točka prenisko postavljena i ona predstavlja klirens skupa, tj. najnižu točku skupa. Zbog tako niske vezne točke šumska poluprikolica nije u horizontalnom položaju, već je nagnuta prema naprijed (slika 11) zbog čega dolazi do većega prebacivanja mase na prednji dio poluprikolice, odnosno na rudo i preko ruda dolazi do većega opterećenja stražnje osovine traktora.

Prema slici 9 može se vidjeti da je ukupna širina poluprikolice 2200 mm, dok je ukupna širina traktora 1950 mm, što je za 250 mm manje od poluprikolice. Zbog širega traga kotača poluprikolice postoji vjerojatnost većega otpora kotrljanja, odnosno potrebne veće sile za vuču poluprikolice.

Što se tiče promjera kruga okretanja, rezultati istraživana traktorskoga skupa vrlo su povoljni i izmjereni promjer od 11,5 m s pomaknutim horizontalnim zglobom poluprikolice najmanji je u odnosu na sve ostale traktorske skupove koje su istraživali Šušnjar i dr. 2008.

Izmjerena masa poluprikolice najveća je u odnosu na sve ostale šumske poluprikolice. Veća masa od približno 250 kg u odnosu na najtežu šumsku poluprikolicu (Belarus 952 Vinkum, tablica 1) očituje se u jačoj konstrukciji poluprikolice, ugrađenim horizontalnim zglobom, ali i drugačijom hidrauličnom dizalicom.

Raspored je mase po kotačima cijeloga traktorskoga skupa dobar. Veoma je korisno i jednostavno rješenje kojim se utječe na opterećenje stražnjega mosta traktora pomicanje bogi osovine na poluprikolici, pogotovo ako će se poluprikolica upotrebljavati podjednako i za izvoženje tehničke oblovine i šumskoga ostatka.

**Tablica 9.** Raspodjela mase po osovina traktorskoga skupa (s pomakom bogi osovine)**Table 9** Distribution of tractor assembly axle mass (with bogie axle shift)

Traktorski skup »Dasović« – »Dasović« tractor assembly			Traktor – <i>Tractor</i>		Prikolica – bogi <i>Semitrailer – bogie</i>		Rudo <i>Shaft</i>	Ukupno <i>Total</i>
Opterećenje na mjernim točkama – <i>Load on measuring points</i>			Osovine – <i>Axles</i>		Bogi osovina – <i>Bogie axle</i>			
			Prednja <i>Front</i>	Stražnja <i>Rear</i>	Prednja <i>Front</i>	Stražnja <i>Rear</i>		
Prazan – <i>Unloaded</i>	Masa – <i>Mass</i>	kg	1556	1863	1039	923	900	6281
	Udio – <i>Part</i>	%	24,77	29,66	15,64	14,70	14,33	100
Pun, obujam tovara 4,51 m <sup>3</sup> <i>Loaded, volume of load 4.51 m<sup>3</sup></i>	Masa – <i>Mass</i>	kg	1550	1882	3810	3586	1120	11.948
	Udio – <i>Part</i>	%	12,97	15,75	31,89	30,01	9,37	100

## 6. Literatura – References

Horvat, D., T. Poršinsky, A. Krpan, T. Pentek, M. Šušnjar, 2004: Ocjena pogodnosti forvardera morfološkom raščlambom. *Strojarstvo*, 46(4–6), 149–160.

ISO 789-3:1996 (Agricultural tractors – Test procedures – Part 3: Turning and clearance diameters).

Londroos, O., I. Wästerlund, 2014: Theoretical Potentials of Forwarder Trailers with and without Axle Load Restrictions. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 35(2):211–219.

Šušnjar, M., A. Kristić, N. Jambreč, 2009: Osovinsko opterećenje traktorskih skupova. *Nova mehanizacija šumarstva*, 30: 1–10.

Šušnjar, M., D. Horvat, A. Kristić, Z. Pandur, 2008: Morphological Analysis of Forest Tractor Assemblies (Morfološka raščlamba šumskih traktorskih skupova). *Croatian Journal of Forest Engineering*, 29(1): 41–51.

---

### Abstract

---

#### *Testing of Technical Features of New Forest Semi-trailer »Lika«*

*The paper presents the features of the new tractor semi-trailer »Lika« equipped with »Palms« hydraulic crane. The semi-trailer is made in Croatia according to dimensions that have already been tested in forestry practice in Central Europe, while the hydraulic crane »Palms« is made in Estonia. An important feature of the studied forest semi-trailer is the ability to shift its bogie axle across longitudinal beam, which may affect the semi-trailer load through the shaft to the rear axle of the tractor, depending on whether it is transporting logs or forest residue. Also, there is the possibility of an articulated shaft displacement in the longitudinal axis in order to reduce the radius of turning circle and improve manoeuvrability of the tractor assembly in stand conditions. Testing of the semi-trailer was conducted in accordance with applicable ISO standards, together with the agricultural tractor. Test results show that such a tractor assembly is not dimensionally different from other tractor assemblies engaged in timber extraction after thinning in lowland forests, and compared to them, the studied forest semi-trailer has a greater mass of 250 kg and a very convenient turning circle diameter.*

*Keywords: forest semi-trailer, tractor assembly, testing, ISO standards*

---

Adresa autorâ – *Authors' addresses:*

Dr. sc. Zdravko Pandur \*  
e-pošta: zpandur@sumfak.hr  
Izv. prof. dr. sc. Marijan Šušnjar  
e-pošta: susnjar@sumfak.hr  
Prof. dr. sc. Dubravko Horvat  
e-pošta: dhorvat@sumfak.hr  
Sveučilište u Zagrebu  
Šumarski fakultet  
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije  
Svetošimunska 25  
10 000 Zagreb  
HRVATSKA

Dr. sc. Marko Zorić  
e-pošta: marko.zoric@salix-plan.hr  
Salix plan d.o.o.  
Školski prilaz 1  
10 000 Zagreb  
HRVATSKA

Mirko Matajčić, dipl. inž. šum.  
e-pošta: mmatajccic@gmail.com  
Frana Supila 13  
33515 Orahovica  
HRVATSKA

\* Glavni autor – *Corresponding author*

Primljeno (*Received*): 13.05.2015.  
Prihvaćeno (*Accepted*): 11.09.2015.