

# Morfološka raščlamba traktorskih šumskih poluprikolica

---

**Birt, Božo**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2015**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:312945>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-17**



*Repository / Repozitorij:*

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**

**ŠUMARSKI ODSJEK**

**SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ URBANOG ŠUMARSTVA, ZAŠTITA  
PRIRODE I OKOLIŠA**

**SMJER: URBANO ŠUMARSTVO, ZAŠTITA PRIRODE I OKOLIŠA**

**BOŽO BIRT**

**MORFOLOŠKA RAŠČLAMBA TRAKTORSKIH ŠUMSKIH  
POLUPRIKOLICA**

**DIPLOMSKI RAD**

**ZAGREB, 2015.**

**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**  
**ŠUMARSKI ODSJEK**

**MORFOLOŠKA RAŠČLAMBA TRAKTORSKIH ŠUMSKIH  
POLUPRIKOLICA**

**DIPLOMSKI RAD**

Diplomski studij: Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša

Predmet: Okolišno prihvatljive tehnike i tehnologije

Ispitno povjerenstvo: 1. Izv. prof. dr. sc. Marijan Šušnjar

2. Prof. dr. sc. Dubravko Horvat

3. Dr. sc. Marko Zorić

Student: Božo Birt

JMBAG: 0068204681

Broj indeksa: 479/2013

Datum odobrenja teme: 21. 04. 2015.

Datum predaje rada: 21. 09. 2015.

Datum obrane rada: 25. 09. 2015.

**Zagreb, rujan, 2015.**

## Ključna dokumentacijska kartica

Naslov	Morfološka raščlamba traktorskih šumskih poluprikolica
Title	Morphological analysis of forestry tractor semi trailers
Autor	Božo Birt
Adresa autora	Miholec 66, 48267 Orehovec
Mjesto izrade	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	Izv. prof. dr. sc. Marijan Šušnjar
Izradu rada pomogao	Dr. Marko Zorić, Izv. prof. dr. sc. Marijan Šušnjar
Godina objave	2015.
Obujam	I – IV + 30 str. + 2 tablice + 19 slika + 17 literat.
Ključne riječi	traktorska šumska poluprikolica, morfološka analiza, tehničke značajke
Keywords	forest tractor semi trailer, morphological analysis, technical features
Sažetak	<p>Cilj je ovog diplomskog rada izvršiti morfološku raščlambu različitih tipova traktorskih šumskih poluprikolica te na osnovu rezultata ukazati na posebnosti njihovih dimenzijskih i tehničko-tehnoloških značajki, te okolišnu pogodnost takvih poluprikolica za izvođenje radova izvoženja drva iz proreda nizinskih šuma.</p> <p>Cijela zamisao morfološke raščlambe zasniva se na korelacijskoj ovisnosti između pojedinih parova tehničkih značajki starijih i novijih tipova šumskih poluprikolica. Odabrane su sljedeće značajke: duljina, širina, visina štica, masa, klirens, nosivost, max.doseg hidraulične dizalice te max.podizni moment dizalice.</p> <p>Morfološkom analizom utvrđeno je trenutačno stanje, svojstva i zakonitosti , ali i mogući tijek razvoja šumskih poluprikolica za samoutovar i izvoženje drva iz proreda. Rezultati provedenih istraživanja mogu poslužiti kao pomoć šumarskim stručnjacima pri odabiru novih strojeva.</p>

## Sadržaj

Ključna dokumentacijska kartica .....	I
Sadržaj .....	II
Popis slika .....	III
Popis tablica .....	III
Predgovor .....	IV
1. UVOD .....	1
2. TRAKTORSKE ŠUMSKE POLUPRIKOLICE.....	6
2.1. Traktorske prikolice za prijevoz rastresitog tereta .....	6
3. METODE ISTRAŽIVANJA .....	11
3.1. Postojeća rješenja na tržištu .....	16
3.1.1. Prikolica tvrtke <i>Woodland Mills</i> model <i>T-Rex Trailer</i> .....	16
3.1.2. Prikolica tvrtke <i>Riko</i> model <i>Fast Tow Forwarding trailer</i> .....	18
3.1.3. Prikolica tvrtke <i>Pfanzelt Maschinenbau</i> model <i>RW 9242 K-line</i> .....	19
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA .....	21
4.1. Indeks oblika .....	21
4.2. Ovisnost nekih morfoloških značajki o masi traktorskih šumskih poluprikolica.....	22
5. ZAKLJUČAK .....	29
LITERATURA.....	30

## **Popis slika**

Slika 1. Tehnologije privlačenja drva po tlu

Slika 2. Traktorski skup „Pionir“

Slika 3. Jednoosovinska prikolica tvrtke *Mengele* grupa modela *MEDK 3000-8000*

Slika 4. Šumska traktorska poluprikolica s dizalicom za prijevoz drvenih trupaca tvrtke *Nokka*

Slika 5. Primjer hidraulične dizalice tvrtke *Farmi*

Slika 6. Traktorska prikolica *T-Rex* u izvedbi za prijevoz rastresitog tereta

Slika 7. Traktorska prikolica *T-Rex* u izvedbi za prijevoz drvenih trupaca

Slika 8. Prikolica *Riko Fast Tow Forwarding trailer*

Slika 9. Ovjese s hodajućim gredama na prikolici *Riko Fast Tow Forwarding trailer*

Slika 10. Prikolica *RW 9242 K-Line* u izvedbi za prijevoz trupaca

Slika 11. Zakretanje ruda pomoću horizontalnog zgloba

Slika 12. Ovisnost indeksa oblika *B/L* o indeksu oblika *Hš/L*

Slika 13. Ovisnost duljine šumskih poluprikolica o masi

Slika 14. Ovisnost širine o masi šumskih poluprikolica

Slika 15. Ovisnost visine štica o masi šumske poluprikolice

Slika 16. Ovisnost klirensa o masi poluprikolice

Slika 17. Ovisnost nosivosti o masi poluprikolica

Slika 18. Ovisnost dosega dizalice o masi poluprikolica

Slika 19. Ovisnost max. podiznog momenta hidraulične dizalice o masi poluprikolice

## **Popis tablica**

Tablica 1. Popis traktorskih šumskih poluprikolica i njihove značajke

Tablica 2. Karakteristike prikolice *T-Rex* u izvedbi za prijevoz rastresitog tereta

## **Predgovor**

Diplomski rad izrađen je na Zavodu za šumarske tehnike i tehnologije Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Želio bih se zahvaliti svome mentoru izv. prof. dr. sc. Marijanu Šušnjaru, te također dr. Marku Zoriću na velikoj pomoći, iskazanom strpljenju i uloženom trudu prilikom izrade ovog rada.

Također, hvala svim profesorima na prenesenom znanju tijekom ovih pet godina. I najveće hvala mojim roditeljima na bezuvjetnoj podršci.

## 1. UVOD

Pridobivanje drva je radni proces koji obuhvaća sječu stabala, njihovo preoblikovanje u šumske sortimente te micanje stabala ili dijelova stabala iz šume do korisnika, prerađivača drva ili tržišta šumskim proizvodima (Petreš 2004).

Pod privlačenjem smatramo micanje cijelih stabala ili dijelova stabala (deblo, drvni sortiment) od mjesta sječe i izrade do pomoćnog stovarišta. Svrha privlačenja drva je prikupljanje veće količine drvnih sortimenata na pomoćnom stovarištu s kojeg utovarom počinje prijevoz drva. S utovarom drva u kamionske skupove na pomoćnome stovarištu, započinje faza daljinskoga transporta drva (Poršinsky 2005).

U nastojanju podizanja proizvodnosti i ekonomičnosti eksploatacije šume, iznošenje ili vuča pomoću životinjske snage početkom 50-ih godina prošloga stoljeća zamjenjuje se privlačenjem drva mehaniziranim radnim sredstvima. Mehaniziranje privlačenja oblog drva u šumama Hrvatske počinje primjenom velikoserijskih poljoprivrednih traktora. U početku su radili bez prilagodbi i to za šumski transport drva prikolicama ili privlačenje jednostavnim prihvatnim napravama te za uzgojne radove. Zbog potrebitih tehničkih zahtjeva za izvođenje radova pridobivanja drva u brdskim uvjetima, poljoprivredni se traktori dodatno opremaju zaštitnim konstrukcijama i šumskim vitlima ili šumskim poluprikolicama s dizalicama za privlačenje u proredama nizinskih sastojina (Horvat 2001). Prednost opremanja traktora vitlima je njihovo kretanje samo po traktorskim vlakama i putovima čime se smanjuje oštećenje šumskog tla i dubećih stabala. Traktor s postavljenim vitlom na zadnjem kraju ne mora zauzeti položaj uz posječeno stablo ili izrađene drvne sortimente prilikom formiranja tovara, jer radom vitla postoji mogućnost privitlavanja stabla, debla ili drvnoga sortimenta od mjesta sječe i izrade do traktora na vlaci. Ovako opremljeni poljoprivredni traktori za šumske radove nazivaju se adaptirani poljoprivredni traktori (APT).

Primjena APT-a ukazala je na neke njihove nezadovoljavajuće radne značajke kao što su velike dimenzije i veliki krug okretanja, slaba uzdužna stabilnost te veliko opterećenje zadnjeg mosta pri privlačenju i privitlavanju tovara.



Zbog navedenih se nedostataka adaptiranih poljoprivrednih traktora za potrebe privlačenja drva razvijaju specijalizirani šumski zglobni traktori – skideri i forvarderi. Uvođenje skidera i forvardera za pridobivanje drva rezultiralo je smanjenjem uporabe poljoprivrednih traktora koji se uglavnom koriste za radove u proredama te za uzgojne radove. Njihova je uporaba u druge svrhe ograničena te se dovodi u pitanje iskorištenost stroja i opreme (Zečić i dr. 2005).

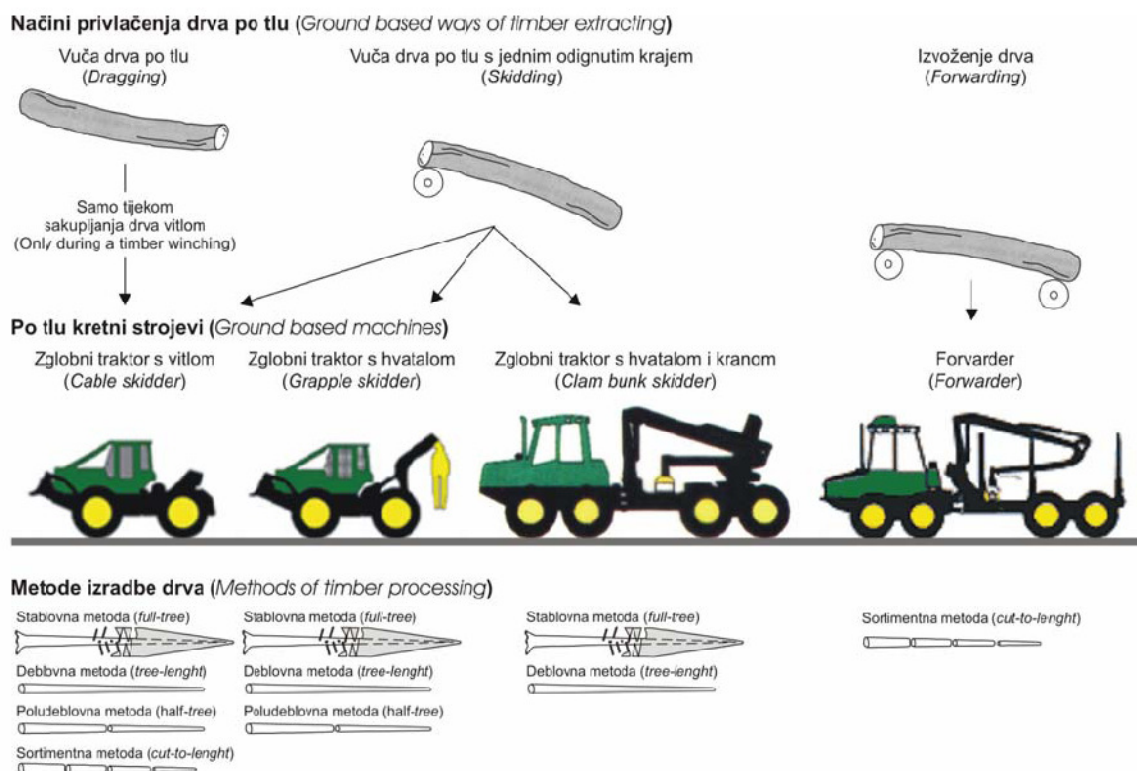
Šumski se zglobni traktori međusobno razlikuju s obzirom na: izvedbu voznog sustava (gusjenični i kotačni), način upravljanja (preko prednjih, stražnjih, svih kotača vozila ili zglobno) i način transporta drva (vuča drva po tlu, vuča s jednim odignutim krajem, izvoženje drva).

Skider se definira kao šumsko zglobno samohodno vozilo za privlačenje stabala ili dijelova stabala (Šušnjar 2005). Rad privlačenja drva se odvija sa jednim odignutim krajem tovara od tla i oslonjenim na zadnji kraj vozila, dok se drugi kraj tovara vuče po tlu. Osim opremanja šumskog zglobnog traktora s vitlom (eng. *cable skidder*) razvijaju se i različite konstrukcije prihвата (utovara) drva: s hvatalom okrenutim prema dolje (eng. *grapple skider*) i s hvatalom okrenutim prema gore i dizalicom za utovar drva u hvatalo (eng. *clam-bunk skidder*). Dogradnjom dizalice i poluprikolice s tovarnim prostorom iza zgloba nastaje forvarder. za razliku od skidera koji vuče drvo po tlu s jednim odignutim krajem, kod rada forvardera drvo se nalazi utovareno na vozilu pa tada govorimo o izvoženju drva (slika 1).

Mehanizirana sredstva za privlačenje drva možemo podijeliti s obzirom na njihovu primjenu prema metodama izradbe drva (sortimentna, poludeblovna, deblovna i stablovna), prema vrsti sječe (prorede, oplodne i preborne sječe) te uvjetima terena (ravničarski i brdski tereni). Na području prigorskih i brdskih šuma u uporabi je (polu)deblovna metoda izradbe drva, a za privlačenje se koriste veliki skideri u oplodnim i prebornim sječinama, odnosno, srednji (proredni) skideri i adaptirani poljoprivredni traktori u prorednim sječinama.

U području nizinskih šuma (ravničarski tereni) primjenjuje se sortimentna metoda izradbe drva. Drvo se u oplodnim sječinama izvozi forvarderima, dok se u

prorednim sječinama koriste traktorski skupovi (poljoprivredni traktor opremljen šumskom poluprikolicom i dizalicom).



Slika 1. Tehnologije privlačenja drva po tlu (Krpan i dr. 2003)

Privlačenje drva iz proreda nizinskih šuma hrasta lužnjaka u istočnom dijelu Hrvatske vrlo je značajno zbog značajnih količina drva – oko 50% ukupnog etata, ekološke osjetljivosti i ekonomske učinkovitosti. Te su se šume razvile na dubokim pseudoglejnim tlima koje karakterizira slaba nosivost i velik udio vode u tlu. 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).

Temeljem 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. Traktorskim skupom se podrazumijeva 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 dubećim stablima i pomlatku. Ujedno je traktorski skup jeftinije vozilo od specijaliziranih šumskih vozila – forvardera, što utječe na smanjenje troška po jedinici proizvoda.

Jedan od glavnih problema kod proučavanja šumskih traktorskih skupova je postavljanje što boljih uvjeta da se:

- drvo ne vuče po podlozi već se izvozi na kotačima (manji otpor)
- zbog što manjeg oštećivanja tla, postojećih stabala i samog pomlatka strojem što manje ulazi u sastojinu, a što više kreće postojećim i/ili novonačinjenim prosjekama

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

Primjena traktorskih skupova pri izvoženju drva iz proreda nizinskih šuma započela je početkom 70-ih godina prošloga stoljeća. 1972. godine započela je proizvodnja i primjena prvog takvog domaćeg traktorskog skupa, tzv. „Pionir“ koji je imao mehaničku dizalicu i mehanički pogonjeno vitlo (slika 2). 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.



Slika 2. Traktorski skup „Pionir“

Početakom 90-tih godina počinje intenzivno traženje optimalnog traktorskog skupa. Na temelju iskustava u korištenju različitih skupova donesene su preporuke za osnovne tehničke karakteristike traktorskoga skupa pa tako i poluprikolice (Horvat i dr. 2004): nosivost poluprikolice 6 t, traktor snage oko 60kW, hidraulična dizalica neto podiznoga momenta  $> 40 \text{ kNm}$ , isti trag kotača traktora i poluprikolice  $< 1,7 \text{ m}$ , ukupna duljina skupa  $< 9 \text{ m}$ , klirens  $> 300 \text{ mm}$ , smanjivanje radijusa okretanja pomoću zglobne rude ili okretnih bogi kotača, dvobubanjnsko vitlo vučne sile  $> 50 \text{ kN}$ .

Pri tome se mehaničke dizalice na šumskim poluprikolicama zamjenjuju hidrauličnim dizalicama, čime se omogućuje dizanje težih drvnih sortimenata te ergonomski povoljnije hidraulično, a poslije i elektrohidraulično upravljanje. Dodatnim opremanjem traktorskih šumskih poluprikolica 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 usporednim vlakama međusobne udaljenosti od 37,5m na koje se privitlavaju drvni sortimenti te utovaruju dizalicama. Navedenim se postupkom smanjuje mogućnost oštećenja šumskoga tla, pomlatka i preostalih stabala pri pridobivanju drva u proredama, poglavito u razdoblju velike vlažnosti tla, odnosno njegove slabe nosivosti.

## 2. TRAKTORSKE ŠUMSKE POLUPRIKOLICE

Traktorske prikolice predstavljaju vrlo mali ali ključan segment radnih dodataka koji svakom traktoru povećavaju iskoristivost. Danas se na tržištu mogu pronaći mnoge različite varijante traktorskih prikolica koje su nastale evolucijom osnovne prikolice u različitim pravcima ovisno o području primjene. Ono što traktorske prikolice izdvaja iz grupe ostalih prikolica za vuču osobnim i teretnim vozilima jest činjenica da su traktorske prikolice prilagođene za upotrebu na cesti ali su i namijenjene za upotrebu van ceste. S obzirom na predviđene uvjete korištenja, koji su ponekad vrlo grubi i zahtjevni, traktorske prikolice su vrlo robusne i izdržljive te predstavljaju pravi izazov za konstruktora jer je potrebno osigurati terenska i vozna svojstva voznog skupa uz što manju masu same prikolice tj. pokušati postići veću specifičnu nosivost prikolice. Još jedna posebnost traktorskih prikolica jest njihova višestruka namjena.

Službena podjela traktorskih prikolica u RH definirana je *Pravilnikom o utvrđivanju sukladnosti traktora za poljoprivredu i šumarstvo* NN 74/11. U praksi traktorske se prikolice dijele prema broju osovina i namjeni. Prema broju osovina traktorske prikolice su najčešće jedno- ili dvoosovinske uz dodatak tzv. tandem prikolica koje se spajaju jedna za drugom u tzv. vozni slog. Prema namjeni traktorske prikolice dijele se na:

- traktorske prikolice za prijevoz rastresitog tereta
- traktorske prikolice za prijevoz komadnog tereta

### 2.1. Traktorske prikolice za prijevoz rastresitog tereta

To su prikolice kod kojih je najveća dopuštena nosivost najčešće između 2 i 10t te su prilagođene za upotrebu na kultiviranim šumskim i poljskim putovima te javnim prometnicama brzinama do 40 km/h (češće 25 km/h). Takve prikolice između ostalog posjeduju sanduke za prijevoz tereta s mogućnošću otvaranja bočnih i stražnje stranice, hidraulični sustav za naginjanje sanduka za potrebe istovara tereta, kočioni sustav sa dodatnom naletnom kočnicom itd. (slika 3).



Slika 3. Jednoosovinska prikolica tvrtke *Mengele* grupa modela *MEDK 3000-8000*

Osim navedenih karakteristika traktorske prikolice te vrste posjeduju niz drugih karakteristika kao što su:

- prihvat vučnog svornjaka za vuču dodatnog priključka,
- dodatne stranice za povećanje visine teretnog prostora,
- bočni i stražnji istovar tereta,
- ljestve za ulazak u teretni prostor itd.

## 2.2. Traktorske prikolice za prijevoz komadnog tereta

Za razliku od prikolica za prijevoz komadnog tereta prikolice iz ove skupine su relativno jednostavnog izgleda no, iako najčešće imaju manje konstrukcijskih dijelova, nikako se ne može tvrditi kako su zbog toga i jednostavne za konstruiranje i izradu. Zbog uvjeta korištenja, koji su kod ove grupe prikolica često teški terenski uvjeti ove prikolice ispunjavaju vrlo visoke zahtjeve na sigurnost i stabilnost pri upotrebi u stanju potpune nosivosti. Traktorske prikolice za prijevoz komadnog tereta koje su najčešće u upotrebi koriste se za prijevoz drvene građe, drva za ogrjev, baliranog otkosa i za prijevoz stoke na manje udaljenosti.



Slika 4. Šumska traktorska poluprikolica s dizalicom za prijevoz drvenih trupaca tvrtke *Nokka*

Prikolica za prijevoz drvnih sortimenata (slika 4) predstavlja najzastupljeniju skupinu traktorskih prikolica za prijevoz komadnog tereta. Takve prikolice vrlo su česta pojava na područjima gdje postoji tradicija i potreba obavljanja šumarskih poslova sječe i transporta drvenih trupaca i drva za ogrjev.

Neki od najznačajnijih dijelova traktorske šumske poluprikolice su:

- Hidraulična dizalica s mogućnošću okretanja oko vertikalne osi
- Zaštita traktora od pomicanja tereta
- Okretna šapa za spoj na kuku traktora
- Bočni stabilizatori prikolice za vrijeme utovara i istovara
- Okviri i vertikalne cijevi (štice) za ograđivanje teretnog prostora
- Pomično podvozje s četiri kotača i hodajućim gredama (eng. *walking beam*)
- Trup prikolice

U našim krajevima za osobne potrebe domaćinstava popularna je i samogradnja neke vrste traktorskih prikolica koje služe za prijevoz polupripremljene drvene mase za ogrjev. Takve prikolice izrađene su tako da po svojoj širini mogu sigurno prihvatiti cijepana drva duljine od jednog metra koja se zatim slažu na prikolicu između okomitih cijevi (štice) koje omeđuju teretni prostor prikolice (Cesar 2014).

### **2.3. Definiranje podiznog uređaja**

Osnovni su dijelovi dizalice: okretni stup, podizni krak, produžni krak, izvlačni krak (samo pojedini tipovi), rotator i hvatalo (slika 5). Rad dizalice i pokretanje njezinih dijelova omogućuje hidraulični sustav koji se sastoji od hidraulične pumpe, spremnika ulja, ventila, hidrauličnih vodova i hidrauličnih cilindara.

Hidrauličnu pumpu pogoni transmisija motora vozila na kojem se nalazi. Hidraulična pumpa predaje tlak ulju u zatvorenom sustavu te se ulje pod tlakom provodi hidrauličnim vodovima do hidrauličnih cilindara ili hidromotora te se njihovim radom pokreće pojedini dio dizalice.

Okretni stup, kao što i sam naziv kaže, služi uglavnom za okretanje same dizalice za određeni kut. Dno je okretnoga stupa nazubljeno s vanjske strane te se naslanja na nazubljenu letvu. Pomicanjem nazubljene letve u lijevu ili desnu stranu pod utjecajem tlaka ulja u hidrauličnom cilindru okreće se stup dizalice.

Podizni je krak dio dizalice koji se nastavlja na okretni stup i služi za podizanje samoga tereta. Podizni se krak pokreće s dva hidraulična cilindra koja se nalaze na okretnom stupu dizalice.

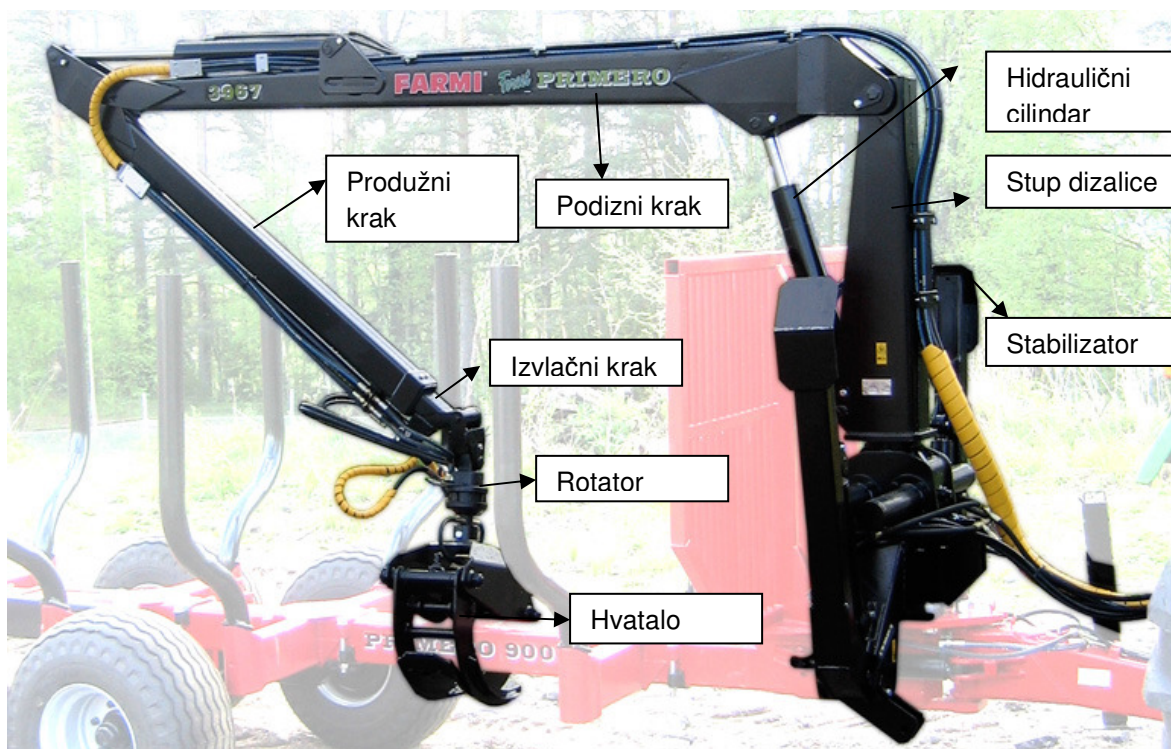
Nakon podiznoga kraka nalazi se produžni krak koji se također pokreće na isti način. Kod pojedinih tipova dizalice u produžnom se kraku nalazi izvlačni krak. Njegovim se izvlačenjem pomoću hidrauličnih cilindara omogućuje veći doseg dizalice.

Na kraju se dizalice nalazi rotator i hvatalo. Rotator je hidromotor koji omogućuje okretanje hvatala oko svoje osi u beskonačnom broju okretaja na obje



strane. Otvaranje i zatvaranje hvatala također je omogućeno hidrauličnim cilindrima (Šušnjar i dr. 2007).

Radi poboljšanja stabilnosti vozila pri radu dizalice ugrađuje se stabilizator. Stabilizatori se postavljaju kod stupa dizalice i njihovim spuštanjem s obje strane vozila povećava se njegova stabilnost na mjestu najvećega utjecaja momenta sile pri dizanju tereta.



Slika 5. Primjer hidraulične dizalice tvrtke *Farmi*

Na svjetskom tržištu traktorskih šumskih poluprikolica pojavljuje se danas velik broj proizvođača. Svi se ti uređaji reklamiraju s mnogobrojnim svojim više ili manje značajnim tehničkim svojstvima; ističu im se pojedini detalji kao važne prednosti, naglašava se mogući način ili pak elementi koji pridonose sigurnosti odnosno komforu rukovatelja.

### 3. METODE ISTRAŽIVANJA

Jedna od metoda proučavanja strojeva koji se rabe u šumastvu je i morfološka raščlamba. Morfološkom se raščlambom utvrđuje trenutačno stanje, svojstva i zakonitosti, ali i mogući tijek razvoja strojeva u šumarstvu. Na temelju izabranih geometrijskih, masenih i drugih veličina izražavaju se ovisnosti i donosi sud o valjanosti izbora stroja. Rezultati provedenih analiza služe:

- šumarskim stručnjacima pri odabiru novih strojeva
- najpovoljnijoj uporabi strojeva u raznim radnim uvjetima
- određivanju parametara pri konstrukciji novih strojeva unutar poznatih obitelji

Ovu metodu prvenstveno s ciljem ocjene pogodnosti vozila koja se kreću izvan puteva, uvodi Bekker 1956. godine, koji navodi kako odnos geometrijskih pokazatelja vozila, a posebice tzv. faktora noseće ploštine vozila, određuje kretnost vozila po mekim tlima (Poršinsky 2005).

Horvat (2001) morfološkom raščlambom utvrđuje razlike između adaptiranih poljoprivrednih traktora s ugrađenim različitim izvedbama šumskih vitala.

Horvat i Šušnjar (2001) prikazuju razvoj morfoloških značajki poljoprivrednih traktora, zaključujući da dostignuta raznovrsnost njihove konstrukcije omogućuje izbor pogodne inačice traktora za prilagodbu za šumske radove.

Sever i Horvat (1992) analiziraju temeljne morfološke značajke raznih šumskih vozila. Iznose mišljenje kako se ovakvim podacima mogu služiti konstruktori pri konstrukciji vozila i šumarski stručnjaci pri njihovu izboru.

Horvat i Kristić (1999) iznose prvu morfološku raščlambu prorednih traktorskih skupova (traktor s poluprikolicom i hidrauličkom dizalicom) kao polazište u traženju optimalnog rješenja za nizinske šume. Morfološka je analiza provedena tako da su duljine, širine, širine kolotruga, visine, klirensi, nosivosti, najveći dosezi dizalice i najveći podizni momenti promatrani u odnosu na masu poluprikolica.

Iz ovoga se kratkog pregleda nekih dosadašnjih radova lako da zapaziti kako je morfološka raščlamba značajna metoda u analizi pogodnosti šumskih vozila i drugih strojeva općenito.

Cilj je ovog diplomskog rada izvršiti morfološku raščlambu različitih tipova traktorskih šumskih poluprikolica te na osnovu rezultata ukazati na posebnosti njihovih dimenzijskih i tehničko-tehnoloških značajki, te okolišnu pogodnost takvih poluprikolica za izvođenje radova izvoženja drva iz proreda nizinskih šuma.

Cijela zamisao morfološke raščlambe zasniva se na korelacijskoj ovisnosti između pojedinih parova tehničkih značajki traktorskih šumskih poluprikolica. Pri tome su odabrane sljedeće značajke:

- masa –  $m$  (kg)
- duljina –  $L$  (mm)
- visina štica –  $H_s$  (mm)
- visina stupa dizalice –  $H_s$  (mm)
- širina –  $B$  (mm)
- klirens –  $h$  (mm)
- nosivost –  $m$  (kg)
- max. doseg hidraulične dizalice –  $L_{max}$  (m)
- max. podizni moment hidraulične dizalice –  $M_{max}$  (kNm)

Za potrebe raščlambe preuzeti su tehnički podaci šumskih poluprikolica s web-stranica ili iz kataloga proizvođača. Podaci su tablično razvrstani u računalnoj datoteci te su lako dostupni za određivanje mogućih ovisnosti. Ukupno baza podataka sadrži 110 tipova šumskih poluprikolica (tablica 1). U bazi podataka nisu pronađene sve odabrane tehničke značajke za nekoliko tipova šumskih poluprikolica te su se ovisnosti s tim tehničkim značajkama izračunale na manjem broju parova podataka.

U prikazima ovisnosti između morfoloških značajki šumske su poluprikolice podijeljene u dvije skupine s obzirom na starost, a to su: stari tipovi – do 1999.g. i novi tipovi (plavo obojani) od 1999. do 2015.g.

Tablica 1. Popis traktorskih šumskih poluprikolica i njihove značajke

Naziv/Tip	Dužina -L (mm)	Širina -B (mm)	Visina štica- Hš (mm)	Visina stupa dizalice -Hs (mm)	Masa -m (kg)	Klirens -h (mm)	Nosivos t-m (kg)	Max. doseg hidr.diz -Lmax (m)	Max.po d. mom. hidr.diz. -Mmax (kNm)
<b>FARMI 70</b>	4392	1940	1795		750	497	7000	4	27
FARMI 90	5300	2120	2200		1100	550	9000	6,7	39
FARMI 100	5900	2150	2210		1680	550	10000	7	46
FARMI VARIO 101	6020	2210	2230		1580	640	11000	7,1	45,1
FARMI VARIO 121	6770	2260	2385		1995	695	13000	8,5	61,5
FARMI VARIO 121-80	6820	2260	2435		2180	660	13000	8,5	61,5
FARMI PROFDRIVE 12-4WD	6960	2480	2730		3700	490	12000	8,5	80,6
<b>NOKKA MV 819</b>	6030	1900	2040	2390	800	570	8500	6,7	34
NOKKA MV 921	6420	2060	2270	2945	1360	580	9500	6,7	35
NOKKA MV 1124	6430	2170	2330	2945	1750	590	11000	7,2	44
NOKKA MV 1230	6650	2380	2710	3350	2290	660	12000	7,6	50
NOKKA MV 1330	7350	2380	2710	3350	2300	660	12000	8,2	54
NOKKA MV 1530	7350	2530	2770	3390	2390	740	15000	8,4	61
<b>IGLAND 300</b>	5600	1900			970	520	7000	5,1	31
IGLAND 380	5600	2200			1030	520	7500	6,3	35,4
IGLAND 450	6420	2200			1030	520	8500	6,8	49
IGLAND 480	6420	2200			1645	520	9500	6,8	49
IGLAND 490	5800	2300			1670	520	10500	6,9	56
<b>KRONOS 100 H</b>	5700	2200	2500		1490	580	10000	6,6	39,3
KRONOS 120 H	6100	2370	2500		1690	610	12000	8,3	50
KRONOS 150 4WD	6960	2500	2900		5500	650	12500	8,3	60
KRONOS 140 4WDM	6970	2500	2910		5400	550	12000	8,3	72
KRONOS 160 4WDM	6900	2750	3040		6600	660	13000	8,3	82
<b>MOHEDA M 100 4WD</b>	5500	2170	2180	3050	1550	500	10000	6,6	43
MOHEDA M120 4WD	5750	2270	2500	3000	1800	500	11000	7,5	54
MOHEDA M 135 4WD	6250	2310	2610	3140	2900	500	13000	7,5	59
MOHEDA M 155 4WD	6300	2410	2860	3185	3200	500	15000	8,75	59
MOHEDA K 70 S	5300	1950	1910	2600	1050	500	7000	5,5	25
MOHEDA K 90 S	5300	2030	2000	2600	1115	500	9000	6,2	25
MOHEDA K 100	5300	2030	2000	2750	1395	500	10000	6,2	36
<b>MOWI 650</b>	5530	1800	1940	2760	1050	500	7000	4,7	21
MOWI 850	5400	2030	1970	2760	1220	510	9000	5,7	31
MOWI 1050	5810	2150	2150	2910	1230	560	10000	5,7	31
MOWI 1250	5885	2300	2350	3200	1850	500	12000	6,2	37
MOWI 1250 WD	5855	2300	2500	3250	1850	500	12000	6,2	37
<b>FARMA CT 3,8-6</b>	4390	1800	1680		721	475	6000	3,8	18
FARMA CT 4,6-7D	5410	2070	2050		1177	515	7000	4,6	23
FARMA CT 5,1-8	5410	2070	2050		1310	515	8000	5,1	30

FARMA CT 5,1-9	5360	2135	2065		1643	530	9000	5,1	30
FARMA CT 6,3-9	5360	2135	2065		1643	530	9000	6,3	28
FARMA CT 6,3-9 4WD	5400	2135	2070		2470	505	9000	6,3	28
FARMA 8,5-14 4WD	5980	2305	2225		2966	530	14000	8,5	45
PALMS 6 S	4710	1815	1755	2145	850	480	6000	4	26
PALMS 8 S	5715	2110	2040	2515	1150	490	8000	5,4	25
PALMS 10 D	6095	2090	2170	2860	1540	520	10000	6,7	42
PALMS 12 D	6095	2260	2295	2950	1860	515	12000	7	48
PALMS 15 D	6425	2535	2560	3150	2550	515	15000	8,25	48
KESLA 82	5570	2080	2050		1050	510	8000	5	24,6
KESLA 92 L	5570	2215	2200		1215	530	9000	5,3	36
KESLA 102 H	6295	2460	2420		2230	550	10000	6,8	42
KESLA 122 H	6295	2500	2450		2620	610	12000	6,9	65
KESLA 12 MD	6210	2500	2500		3220	530	12000	7,2	80
KRANMAN T5000 4WD	4790	1680	1550		690	450	5000	4,1	17
JUNKKARI P7	5560	2160			950	510	7500	5,1	31
JUNKKARI P9	5560	2160			1300	510	9000	6,2	31
JUNKKARI P10	6280	2250			1800	550	10000	6,9	41
JUNKKARI P12	6280	2300			2300	600	12000	8	45
Pm 9242 S line	6030	2175	2450		2970	530	9200	6,34	40
Pm PROFI ECO 1272	6000	2100	2075		2850	610	11000	7,2	40,5
Pm PROFI ECO 1480	6000	2350	2360		3225	635	13000	7,8	50
Pm PROFI RW 1577 WD4	6000	2500	2410		4325	690	15000	8	51
Pm PROFI RW 1780 WD4	6300	2550	2660		4525	730	17000	10	51
BINDERBERGER RW 5T	5570	1970	1810		1200	520	5000	5,3	20
BINDERBERGER RW 7T	5590	2130	2100		1500	520	7000	6,3	25
BINDERBERGER RW 9T	5850	2130	2200		1900	520	9000	7,2	29
BINDERBERGER RW 12T	6000	2130	2300		2300	530	12000	7	39
BINDERBERGER RW 16T	6200	2460	2300		3600	550	16000	7,2	40,5
BGU FRW 12	4450	2120			1800	460	12000	6,95	39
BGU FRW 8 CLASSIC	3700	2050			1200	550	8000	6,3	30
UNIFORST ECONOMY	5760	2000	2700		1350	570	9000	6,3	31
UNIFORST WORKER	4680	2150	2040		1400	570	8000	6,7	36
UNIFORS PARTNER PROFI	5900	2450	2900		2230	600	13000	8,3	48
UNIFORST PARTNER	4800	2150	2900		1900	570	10000	6,7	48
FERREL F12	6400	2370	2510	3000	2150	600	11350	6,3	40
FERREL 12T 4WD	6100	2850	3450	3950	4500	650	12000	7,1	62
FERREL F9	5360	2440	2235	2800	1450	450	7250	7,1	62
DASOVIĆ	5860	2220	2140	2988	1948	470	12000	6,7	46
KMA DR 110	5600	2060	1195		1200	520	9550	7,1	36
DR 135	5800	2250	1750		1500	450	11850	5,5	36
DR 77	5400	2020	1750		1050	400	5350	6,5	30

8 T	5650	2000	2000		1050	540	8000	7,1	30
9 T	5650	2000	2000		1050	540	9000	7,1	23
FORUS- RUCKEANHANGER	6000	2000	2250		2000	400	5500	5,2	24
-80	5450	2130	2050		1050	540	7950	5	23
7 T	5250	1850	2000		715	530	7000	5	23
NOKKA – 100	5450	2300	2150		1350	650	9650	7,1	36
- 104 WD	5450	2300	2150		1520	650	10480	7,1	36
FARMI-MPV 12-4WD	6280	2240	2485		3000	550	12000	5,5	20
-SHRV 6T	5500	2050	2300		2000	500	6000	5,6	30
SCHWAIGHOFER 12000	6700	1800	2900		2400	700	10000	7,2	36
FILMER –SHRV 5T	4950	1950	2200		1800	350	5000	4,4	20
-FORST-PROFI 8T	6000	2000	2700		1560	400	8000	4,5	25
-MPV 9000	6160	2100	2780		2320	320	9000	5,5	20
IGLAND –SWINGTRAC 480	6420	2200	2900		2150	520	8300	6,5	43,2
KRONOS 10 T	5650	2000	2600		1050	650	10000	7,1	36
MOHEDA – FMV 230	5400	2000	2500		1115	540	6000	5,1	22
IGLAND –SILVIGIGANT	6200	2200	2900		1700	490	11850	7,1	36
METALAC S-6	6290	2040	2990		2058	330	6000	6,5	43,2
BRIOL –FORST-PROFI 12T	6000	2000	2900		2170	400	12000	6	48
-WO 821	4900	2000	2455		1700	600	8000	5,1	21
-SPURLAUFER	5400	1900	2800		2000	500	5500	6,5	55
-5000	4500	1850	2400		1800	550	5000	5,5	45
MOWI –WO 1025	4900	2200	2650		1900	505	10000	5,5	21
-WQLDLAUFER	4200	1800	2300		2100	550	6000	6,6	26
KRONOS – 250 -6 T	5250	1700	2910		715	530	6000	5	23
6000	5000	1900	2800		2200	600	8100	6,2	29
METAL -5 T	5200	1840	3005		890	640	5000	2,4	17
GASSNER FW 4	4000	1800	2750		1300	450	2700	5,5	28
FW 8	4000	1800	2750		1500	520	4500	7,1	36

Podaci su tablično razvrstani i obrađeni u računalnom programu Microsoft Excel, pomoću kojeg su određene postojeće ovisnosti i dobivene regresijske jednadžbe (polinomi ili linearni modeli), koje predstavljaju rezultate istraživanja. Čvrstoću odabranih regresijskih modela program prikazuje pomoću parametra  $R^2$  - kvadrat indeksa korelacije, pomoću njega određena je čvrstoća povezanosti između zadanih parametara. Dakle, može se reći da je regresijska analiza metoda kojom se grupa podataka izjednačuje linearnom ili nekom od nelinearnih funkcija izjednačenja. Ako se radi o linearnoj regresijskoj analizi, čvrstoća veze pokazuje

koeficijent korelacije; ako je funkcija izjednačenja nelinearna, onda čvrstoću te veze pokazuje indeks korelacije. Računala omogućuju da se određivanje koeficijenta regresijskog modela ne vrši Gausovim jednažbama, već direktnom minimalizacijom sume kvadrata odstupanja.

### 3.1. Postojeća rješenja na tržištu

U ovom poglavlju biti će ukratko prikazana još neka od postojećih rješenja uglavnom na inozemnom tržištu višenamjenskih traktorskih poluprikolica.

#### 3.1.1. Prikolica tvrtke *Woodland Mills* model *T-Rex Trailer*

Prvi primjer je prikolica namijenjena za vuču terenskim četverociklom (iz eng. *ATV – All Terrain Vehicle*) i brdskim traktorom (slika 6). Prikolica služi za prijevoz komadnog i rastresitog tereta te za utovar i istovar tereta koristi okretnu dizalicu. Ista okretna dizalica koristi se za podizanje teretnog sanduka u slučaju istovara naginjanjem teretnog prostora. Okretna dizalice pogonjena je ručnim dvobrzinskim vitlom.



Slika 6. Traktorska prikolica *T-Rex* u izvedbi za prijevoz rastresitog tereta

Tablica 2. Karakteristike prikolice *T-Rex* u izvedbi za prijevoz rastresitog tereta

Težina prazne prikolice [kg]	308
Nosivost [kg]	817
Dimenzije teretnog prostora [mm] DxŠxV	2000 x 1065 x 600
Najveća nosivost dizalice [kg]	200
Najveći kut nagiba teretnog prostora pri istovaru [°]	35

Glavna značajka ovog tipa prikolice je, kao što je ranije spomenuto, sposobnost transformacije izgleda i namjene prikolice u samo nekoliko poteza (slika 7).



Slika 7. Traktorska prikolica *T-Rex* u izvedbi za prijevoz drvenih trupaca



### 3.1.2. Prikolica tvrtke *Riko* model *Fast Tow Forwarding trailer*

Tvrtka *Riko* bavi se proizvodnjom i prodajom poljoprivredne opreme i dodataka za male, srednje i velike traktore. U svojoj bogatoj ponudi nude i jedan model prikolice namijenjen za vuču brdskim traktorom.



Slika 8. Prikolica *Riko* *Fast Tow Forwarding trailer*

Na slici 8 je model traktorske prikolice s kojom je dopušteno prometovanje po prometnicama jer posjeduje svu potrebnu signalizaciju i zadovoljava važeće uvjete koji se postavljaju pred takva priključna vozila. Osim standardnih dijelova prikolica raspolaže sa hidrauličnom dizalicom, pomičnim podvozjem, hidrauličnim nogama za stabilizaciju prikolice. Proizvođač ove prikolice ima u ponudi, kao dodatnu opremu, sanduk za rastresiti teret s hidrauličnim sustavom za podizanje.

Ova prikolica kao i ona opisana u poglavlju [3.1.1] posjeduje podvozje s četiri kotača i tzv. hodajućim gredama (eng. walking beam). Princip rada hodajućih greda vrlo je dobro prikazan na slici 9.



Slika 9. Ovjes s hodajućim gredama na prikolici *Riko Fast Tow Forwarding trailer*

Ovjes sa slike 9 sadrži opružne elemente u obliku lisnatih opruga koje upotpunjuju skup karakteristika koje ovoj prikolici osiguravaju vrlo dobra vozna svojstva na cesti i na terenu.

### **3.1.3. Prikolica tvrtke *Pfanzelt Maschinenbau* model *RW 9242 K-line***

Prikolica njemačkog proizvođača komunalne i šumske opreme *Pfanzelt Maschinenbau* naziva *RW 9242 K-line* predstavlja traktorske prikolice koje su namijenjene za upotrebu u kombinaciji sa nešto većim traktorima.



Slika 10. Prikolica *RW 9242 K-Line* u izvedbi za prijevoz trupaca

Važno je naglasiti da unatoč veličini ove prikolice tvrtka *Pfanzelt Maschinenbau* je uspjela izraditi prikolicu koja ispunjava neke bitne kriterije:

- prikolicu je moguće registrirati za promet na javnim prometnicama
- prikolicu je moguće u nekoliko koraka prenamijeniti za prijevoz rastresitog i komadnog tereta
- prikolica posjeduje uređaj za utovar i istovar, te sustav za naginjanje sanduka s teretom

Kod prikolica ovakvih i većih dimenzija često se može susresti upravljivo vučno rudo. 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 ukupnog kruga okretanja kojeg opisuju najudaljeniji dijelovi okvira ili radnog oruđa traktora (*clearance diameter*) pri okretanju (Horvat i dr. 2011). Ono se koristi kako bi trag kotača prikolice pratio trag kotača vučnog vozila. Time se poboljšavaju vozna svojstva, manje se oštećuje tlo i smanjuje se mogućnost klizanja prikolice jer kotači prikolice prelaze preko tla koje je prethodno stlačeno težinom traktora.



Slika 11. Zakretanje ruda pomoću horizontalnog zgloba

## 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

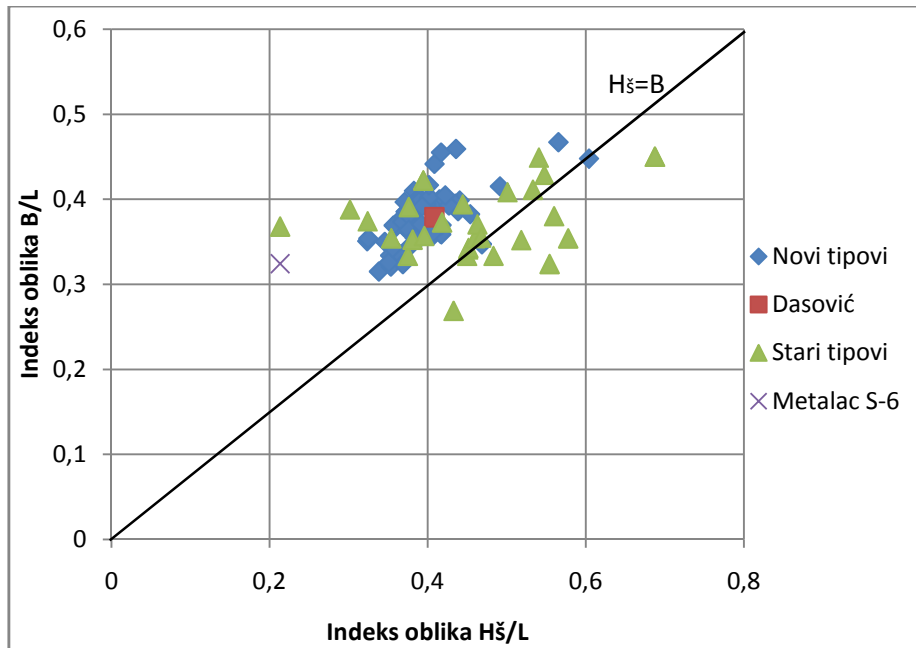
Morfološkom analizom su utvrđene ovisnosti između pojedinih morfoloških značajki i položaj unutar cijele obitelji (skupine) šumskih poluprikolica. Odabrano je deset osnovnih morfoloških značajki za šumske poluprikolice, od toga osam osnovnih (duljina  $L$ , širina  $B$ , visina štica  $H_s$ , masa  $m$ , klirens  $h$ , nosivost  $m$ , max.doseg hidraulične dizalice  $I_{max}$ , max.podizni moment hidraulične dizalice  $M_{max}$ ) te dvije izračunate značajke (indeksi oblika  $H_s/L$  i  $B/L$ ).

### 4.1. Indeks oblika

Bekker (1960, 1969) iznosi mišljene da vozila trebaju poprimiti oblik čijem kretanju okoliš pruža najmanji otpor, tj. vozila trebaju imati što veću probojnost. Ako se vozilo prikaže u obliku prizme, tada omjeri  $H/L$  (visina/duljina) i  $B/L$  (širina/duljina) iskazuju važne obujmne značajke i nazivaju se indeksima oblika. Kod šumskih poluprikolica imamo dvije visine, visinu šticni i visinu do vršne točke stupa dizalice, a u ovom istraživanju korištena je visina šticni ( $H_s$ ). Za vozila koja pripadaju istoj obitelji, indeksi oblika najvažnije su značajke kojima se ona opisuju i služe kao početna obavijest o proučavanom vozilu i njegovom svrstavanju u već poznatu obitelj vozila.

Na slici 12 prikazana je međusobna ovisnost spomenutih indeksa oblika te izjednačenje linearnim korelacijskim modelom. Većina vrijednosti indeksa oblika nalazi se iznad pravca  $H = B$ , tj. nalaze se u području gdje širina prevladava nad visinom vozila. Općenito kod šumskih poluprikolica karakteristično je da se indeksi oblika nalaze u području iznad pravca  $H = B$ . Ova značajka je uvjetovana potrebom za velikom bočnom stabilnošću pri radu u šumskim sastojinama. Iako vozila manje širine omogućavaju lakši pristup do stabala namjenjenih za sječu kao i manje gaženje šumskog tla i oštećivanje dubećih stabala.

Na grafikonu se vidi da se određeni broj starih tipova poluprikolica nalazi ispod pravca  $H = B$ , a to je zbog načina konstrukcije samih poluprikolica.



Slika 12. Ovisnost indeksa oblika  $B/L$  o indeksu oblika  $Hš/L$

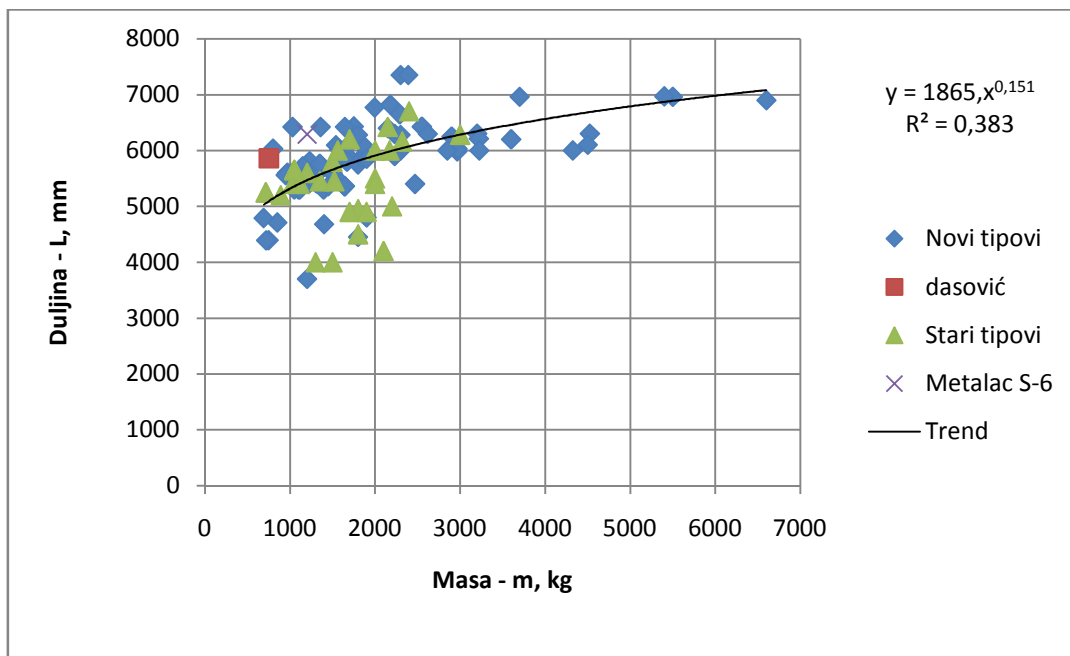
## 4.2. Ovisnost nekih morfoloških značajki o masi traktorskih šumskih poluprikolica

Masa vozila se smatra bitnom morfološkom značajkom zbog činjenice da pri nepostojanju mase vozila ne postoje ni druge značajke. Iako se veća masa smatra u pravilu nepovoljnom, kod šumskih poluprikolica ona ima ulogu održavanja stabilnosti vozila prilikom rada sa hidrauličkom dizalicom i hvatalom unatoč spuštenim stabilizatorima. No s druge strane veća se masa smatra nepovoljnom zbog većeg otpora kotrljanja te većeg pritiska kotača na tlo uslijed čega dolazi do oštećivanja šumskoga tla. Te je stoga kao neovisna varijabla pri morfološkoj raščlambi šumskih poluprikolica odabrana upravo masa poluprikolice.

Usporedna duljine šumskih poluprikolica s masom prikazana je na slici 13, pri čemu su pri utvrđivanju ovisnosti odabrane eksponencijalne regresijske jednadžbe izjednačenja.

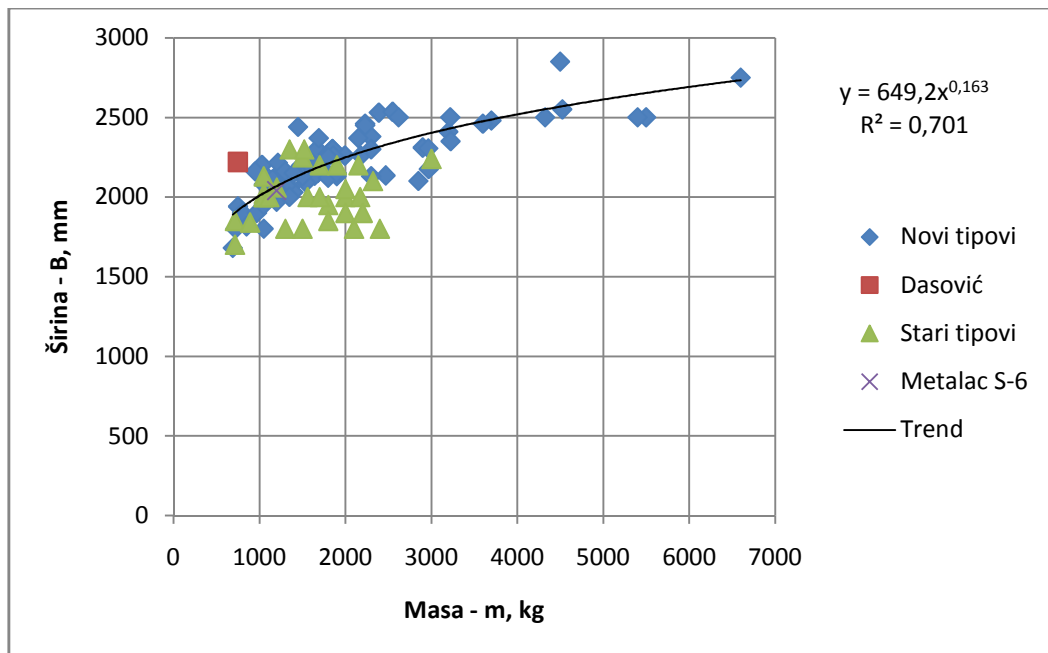
Rast duljine poluprikolica s povećanjem mase je nepovoljan sa stanovišta njezine kretnosti u šumskim sastojinama. Veća duljina podrazumjeva veći krug okretanja poluprikolica te time njezinu manju pokretljivost. Trend povećanja duljine

poluprikolica s masom je moguć zbog načina konstrukcije gdje se sa zakretanjem ruda pomoću horizontalnog zgloba može ostvariti manji krug okretanja.



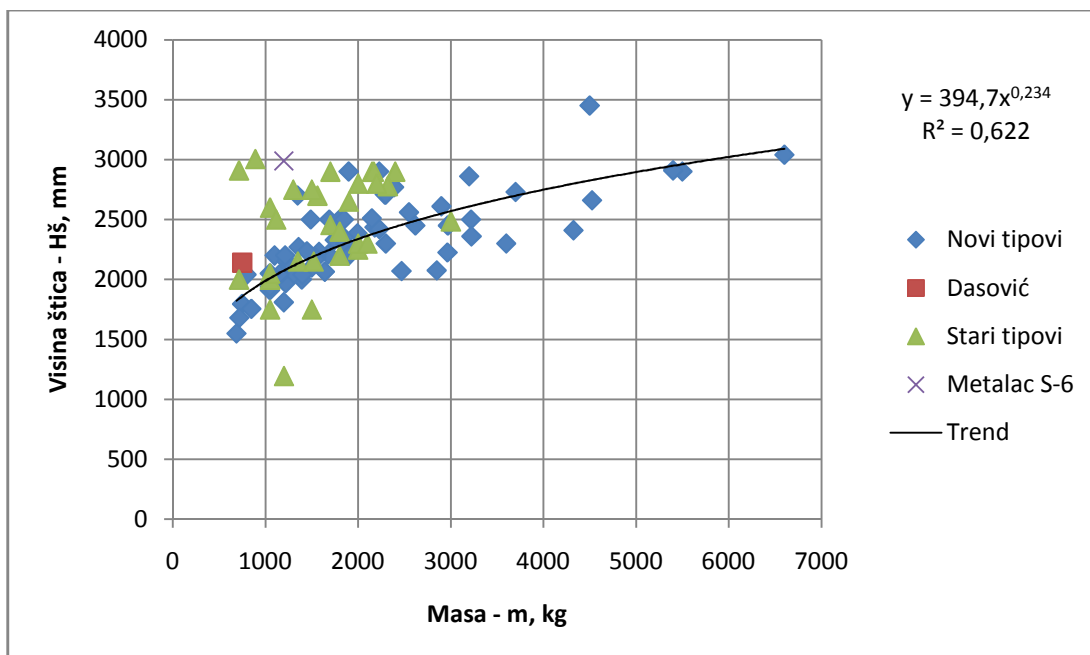
Slika 13. Ovisnost duljine šumskih poluprikolica o masi

Ovisnosti širine o masi šumskih poluprikolica prikazane su na slici 14. Ovaj grafikon pokazuje da se kod šumskih poluprikolica širina vozila neznatno mijenja u odnosu na masu. Razlog tome počiva s jedne strane u činjenici da je kod vozila za kretanje po bespuću potrebna manja širina, a sve zbog uvjeta rada u šumi, radi utjecaja širina na oštećivanje dubećih stabala.



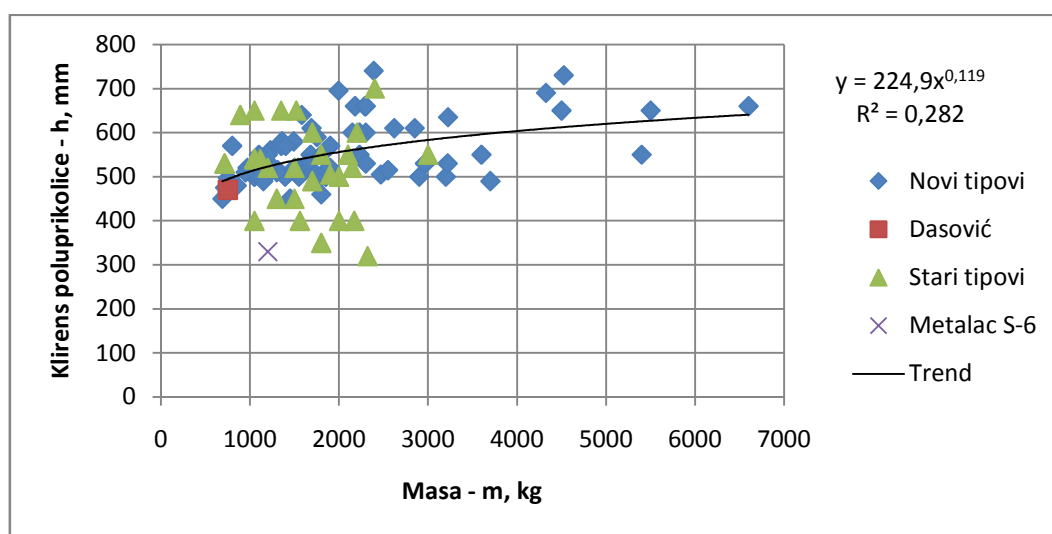
Slika 14. Ovisnost širine o masi šumskih poluprikolica

Ovisnost visine o masi iskazana je na slici 15. Ovdje se radi o visini štica od tla. Može se uočiti da je porast visine neznatan u odnosu na masu poluprikolica. To se objašnjava zakonskim propisima, koje ta vozila moraju zadovoljiti tijekom njihovog transporta po javnim prometnicama. Nadalje, šumske poluprikolice, zbog vrste posla koji obavljaju, ne smiju imati preveliku visinu kako bi im se osigurala stabilnost prilikom rada u bespuću, jer porastom visine točka težišta se pomiče sve više čime je narušena bočna stabilnost same poluprikolice.



Slika 15. Ovisnost visine štica o masi šumske poluprikolice

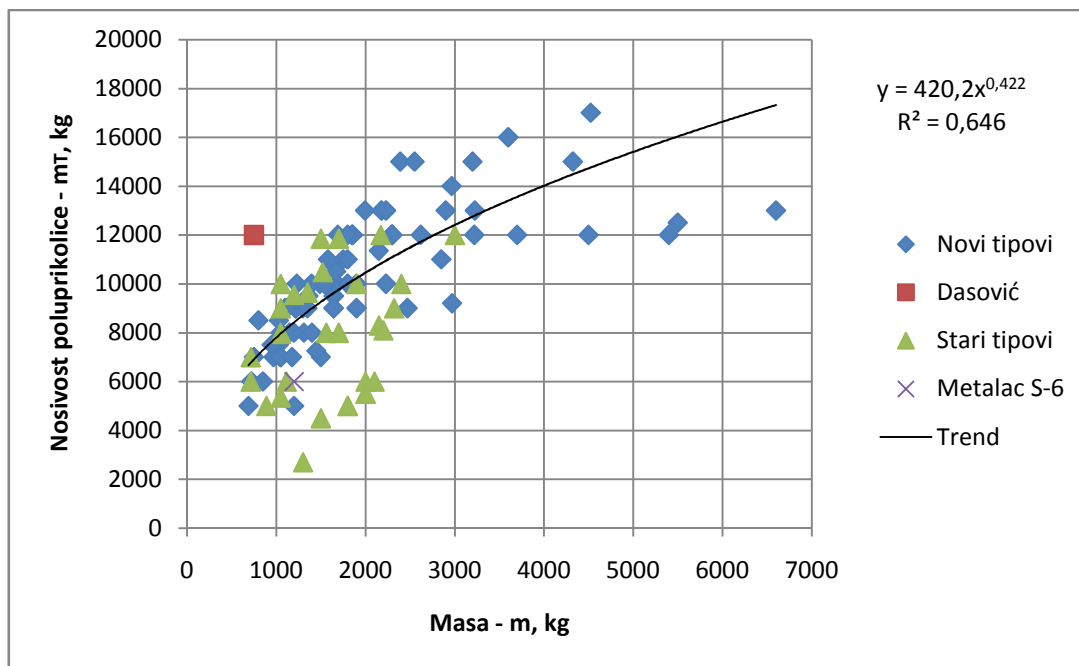
Ovisnost klirensa šumske poluprikolice o masi iskazana je na slici 16. Klirens predstavlja onu udaljenost središnjeg dijela poluprikolice od podloge. Nadalje, klirens poluprikolice mora omogućavati da vozilo opterećeno do najveće nosivosti može prijeći prepreku visine 10 cm. Iz grafikona je vidljivo da porastom mase, lagano raste i klirens poluprikolice, što je dosta bitno naročito u vlažnim i teškim uvjetima na terenu kada dolazi do propadanja kotača poluprikolice.



Slika 16. Ovisnost klirensa o masi poluprikolice

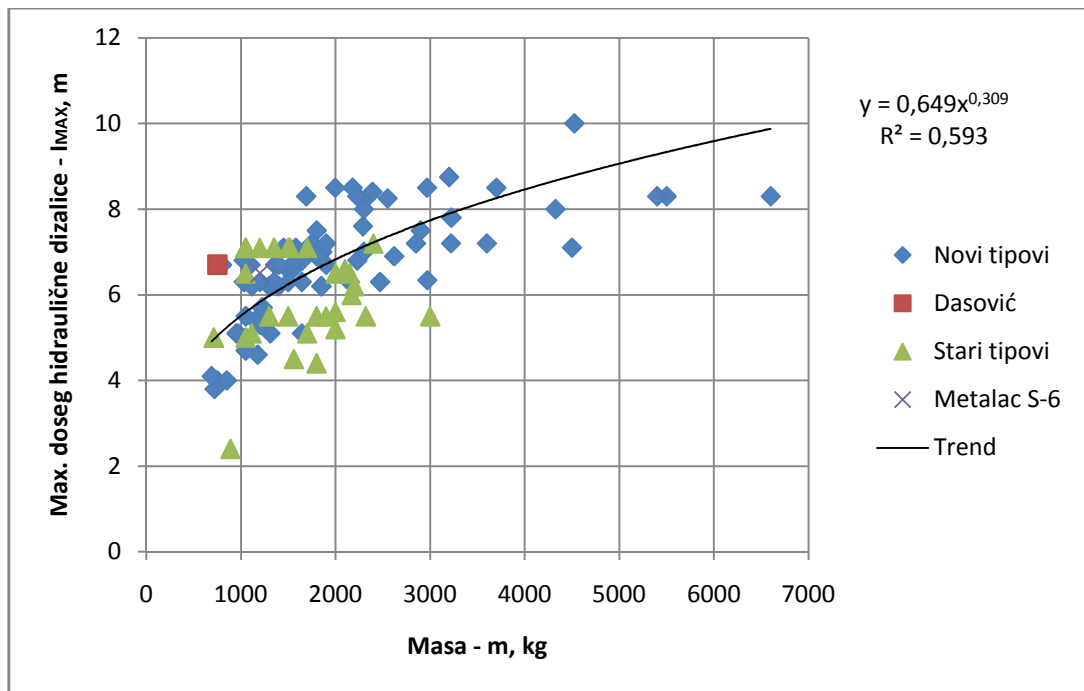


Na slici 17 prikazana je ovisnost nosivosti šumskih poluprikolica o masi. Najveće vrijednosti nosivosti i masa poluprikolica dosežu novi tipovi poluprikolica, ponajprije zbog uporabe specifičnih materijala (veća čvrstoća, tvrdoća i žilavost) za konstrukciju. Tako porastom mase raste i nosivost poluprikolica što je jasno vidljivo na grafikonu.



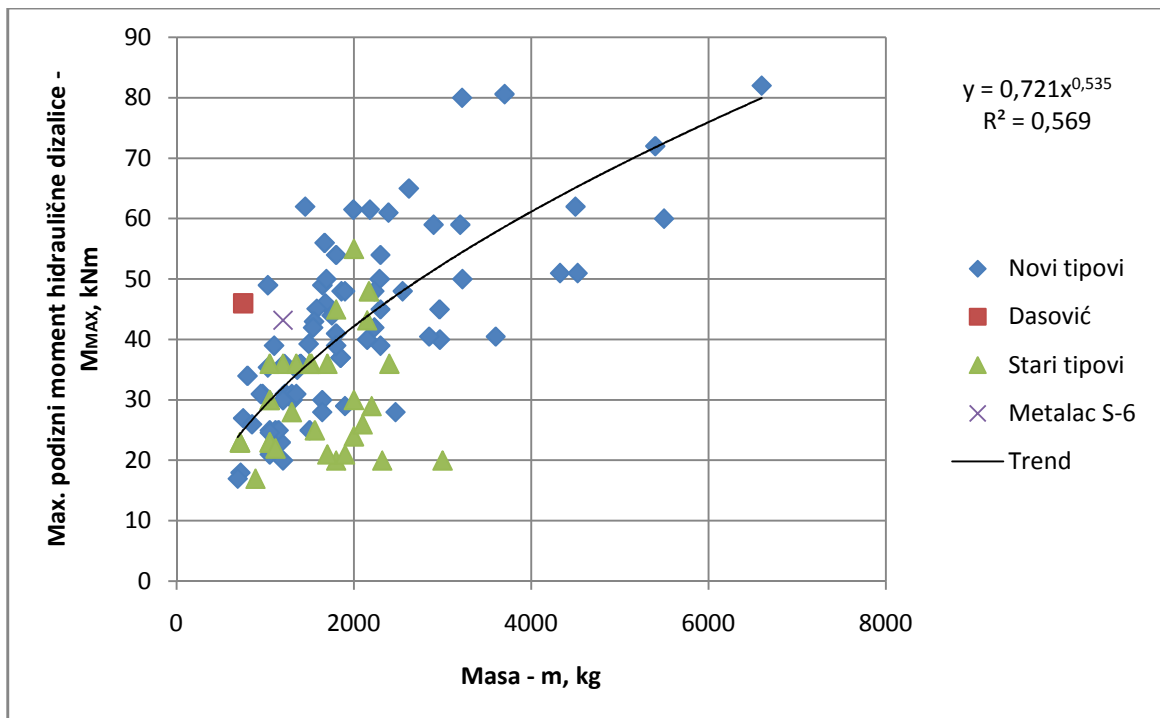
Slika 17. Ovisnost nosivosti o masi poluprikolica

Kod šumskih poluprikolica postoji mogućnost kombiniranja tipova dizalice s tim da se mora paziti na ostale značajke vozila kak se nebi narušila stabilnost i samim time ugrozio život operatera. Analiza ovisnosti doseg hidraulične dizalice o masi poluprikolica prikazana ja na slici 18. Iz slike je vidljivo da se doseg dizalice povećava s porastom mase do određene vrijednosti (cca 10 m), nakon čega počinje stagnirati. Razlog tomu je taj da ako bi se upotrebljavale dizalice većeg doseg, bitno bi se narušila stabilnost same poluprikolice. Vidimo da noviji tipovi poluprikolica omogućuju veće doseg dizalica, što je značajno s ekološkog stanovišta, budući da se smanjuje kretanje po sastojini i tlu a tako i oštećenje šumskog tla zbog svoje težine.



Slika 18. Ovisnost dosega dizalice o masi poluprikolica

Na slici 19 prikazani su podaci i linija izjednačenja podataka ovisnosti max. podiznog momenta hidraulične dizalice o masi poluprikolice. Ostvarena je jaka veza združenosti podataka. Vidljivo je da s porastom mase poluprikolice raste i podizni moment dizalice. Prikaz na slici 19 upućuje na zaključak kako pri izboru određenog tipa dizalice povoljniji odnos podiznog momenta prema masi imaju tipovi dizalica iznad linije izjednačenja.



Slika 19. Ovisnost max. podiznog momenta hidraulične dizalice o masi poluprikolice

## 5. ZAKLJUČAK

Provedena morfološka raščlamba traktorskih šumskih poluprikolica pokazala je različitost njihovih tehničkih značajki te mogućnosti njihove primjene.

Noviji tipovi šumskih poluprikolica ističu se tehničkim rješenjima koja im osiguravaju okolišnu pogodnost pri izvoženju drva iz proreda. Problem veće ukupne duljine novijih poluprikolica u odnosu na starije, pa tako i cijelih traktorskih skupova ne utječe na kretnost vozila jer se ugradnjom horizontalnog zgloba na rudu poluprikolice osigurava manji promjer kruga okretanja te time manju opasnost od oštećivanja dubećih stabala.

Većina vrijednosti indeksa oblika nalaze se u području gdje širina prevladava nad visinom, što je općenito za šumske poluprikolice i karakteristično. Ova značajka je uvjetovana potrebom za velikom bočnom stabilnošću stroja pri radu u šumskim sastojinama. Povoljna širina mogla bi se postići korištenjem užih guma na kotačima poluprikolice. Manje širine vozila omogućavaju lakšu prohodnost do stabala namijenjenih za sječu i manje oštećivanje dubećih stabala.

Analizom ovisnosti dohvata hidraulične dizalice o masi poluprikolice utvrđeno je da se dohvat dizalice povećava s porastom mase naročito kod novih tipova poluprikolica. Veći doseg dizalice podrazumijeva prisutnost izvlačnog kraka dizalice, što je povećanje materijala pri konstrukciji dizalice, pa je time i veća masa. Upotrebom dizalice dosega većeg od 10 m, bitno bi se narušila stabilnost samog stroja, čime bi se u opasnost doveo život operatera.

Morfološkom analizom utvrđuje se trenutno stanje, svojstva i zakonitosti, ali i mogući tijek razvoja šumskih poluprikolica za samoutovar i izvoženje drva iz proreda. Rezultati provedenih istraživanja mogu poslužiti kao pomoć šumarskim stručnjacima pri odabiru novih strojeva.

## LITERATURA

1. Bekker, M., G., 1960: Off-the-road locomotion, The University of Michigan Press, 1-215.
2. Bekker, M., G., 1969: Introduction to Terrain-Vehicle Systems, Univ. of Michigan Press, 1-846.
3. Cesar, F., 2014: Šumska traktorska prikolica, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, 1-108.
4. Horvat, D., 2001: Morfološke značajke adaptiranih poljoprivrednih traktora s ugradnjom različitih vitala (Morphological characteristics of adapted farming tractors equipped with different winches). U: Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama, Šumarski fakultet Zagreb, Šumarski institut Jastrebarsko, »Hrvatske šume« p.o. Zagreb, Zagreb, str. 525–533.
5. Horvat, D., Kristić, A., 1999: Research of some morphological features of thinning tractor assemblies with semi-trailer (Istraživanje nekih morfoloških značajki prorjenih traktorskih skupova s poluprikolicom), Zbornik sažetaka na IUFRO savjetovanju „Emerging Harvesting Issues in Technology Transition at the End of Century“, Opatija, str. 99-100.
6. Horvat, D., M. Šušnjar, 2001: Neke značajke poljoprivrednih traktora prilagođenih šumskim radovima (Some characteristics of farming tractors used in forest works). U: Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama, Šumarski fakultet Zagreb, Šumarski institut Jastrebarsko, »Hrvatske šume« p.o. Zagreb, str. 535–544.
7. Horvat, D., Šušnjar, M., Pandur, Z., Zorić, M., 2011: Izvješće o ispitivanju nekih tehničkih značajki traktorske ekipaže Dasović, Šumarski fakultet Zagreb
8. ISO 789-3:1996 (*Agricultural tractors – Test procedures – Part 3: Turning and clearance diameters*)
9. Krpan, A.P.B., Poršinsky, T., Zečić, Ž., 2003: studija o potrebnoj veličini zglobnog traktora (skidera) temeljem sastojinskih prilika glavnoga prihoda i primjenjene tehnologije. Znanstvena studija izrađena u sklopu tehnološkog projekta Ministarstva znanosti i tehnologije “Razvoj, ispitivanje i proizvodnja

- specijalnog šumskog vozila skidera mase do 7t (TP-C37/2002)", Šumarski fakultet Zagreb, 1-41.
10. Petreš, S., 2004: Privlačenje oblovine zglobnim traktorima LKT 81T i Timberjack 225A iz dovršne sječine hrasta lužnjaka s osvrtnom na oštećivanje mladog naraštaja. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1 – 222.
  11. Poršinsky, T., 2005: Djelotvornost i ekološka pogodnost forvardera Timberjack 1710 pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1 – 170.
  12. *Pravilnik o utvrđivanju sukladnosti traktora za poljoprivredu i šumarstvo* NN 74/11, Zagreb 2013.
  13. Sever, S., D. Horvat, 1992: Skidders and forwarders database as source and help in determining morphological relationships. Proceedings of IUFRO workshop »Computer supported planning of roads and harvesting«, Feldafing, Germany, 196–200.
  14. Šušnjar, M., 2005: Istraživanje međusobne ovisnosti značajki tla traktorske vlake i vučne značajke skidera. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1-146 str.
  15. Šušnjar, M., Horvat, D., Grahovac, I., 2007: Morfološka raščlamba šumskih hidrauličnih dizalica. *Nova mehanizacija šumarstva* 28: 15-26.
  16. Šušnjar, M., Borić, D., 2008: Morfološka raščlamba farmerskih vitala. *Nova mehanizacija šumarstva* 29: 29-35.
  17. Šušnjar, M., Horvat, D., Kristić, A., Pandur, Z., 2008: Morphological analysis of forest tractor assemblies. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 29(1): 41-51.
  18. Zečić, Ž., A. P. B. Krpan, D. Marčetić, 2005: Efektivno vrijeme farmerskih vitala Tajfun pri privlačenju drva traktorom Steyr 8090a. *Nova meh. šumar.*, 26: 13–23.