

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: **2025-01-24**



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. Ovjes 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).

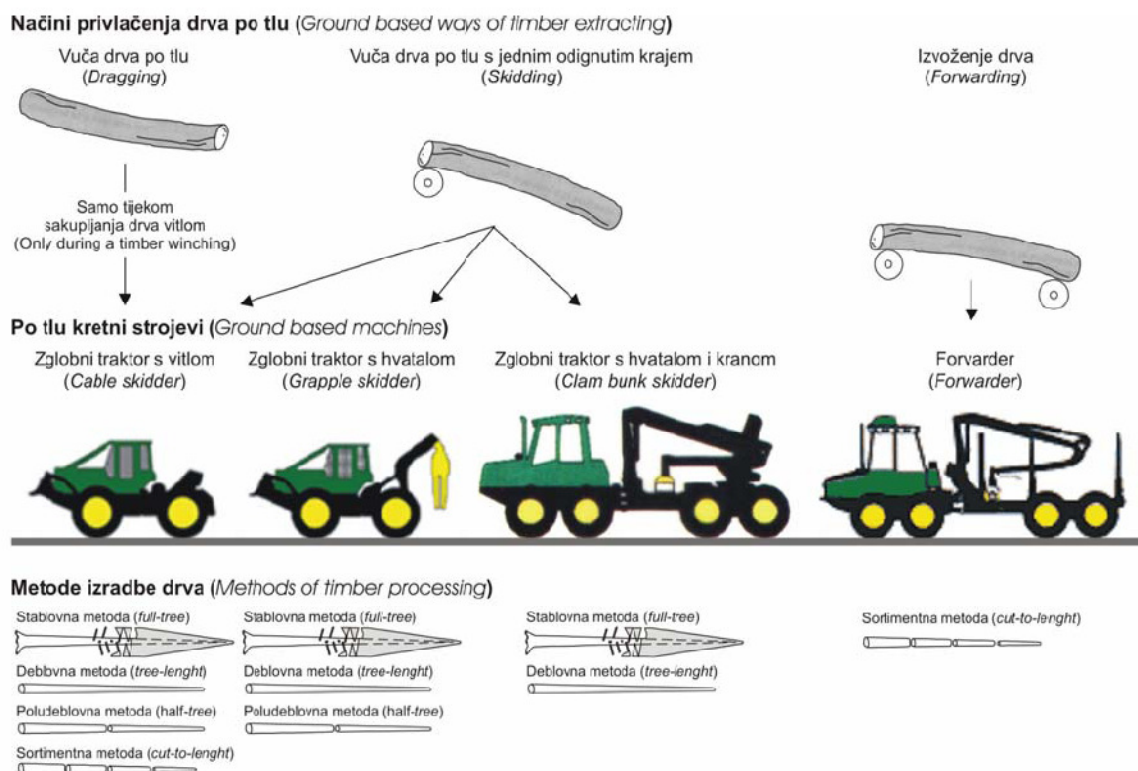
Šumski se zglobni traktori međusobno razlikuju s obzirom na: izvedbu voznog sustava (gusjenični i kotačni), način upravljanja (preko prednjih, stražnjih, svih kotača vozila ili zglobno) i način transporta drva (vuča drva po tlu, vuča s jednim odignutim krajem, izvoženje drva).

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 prigorjskih 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.

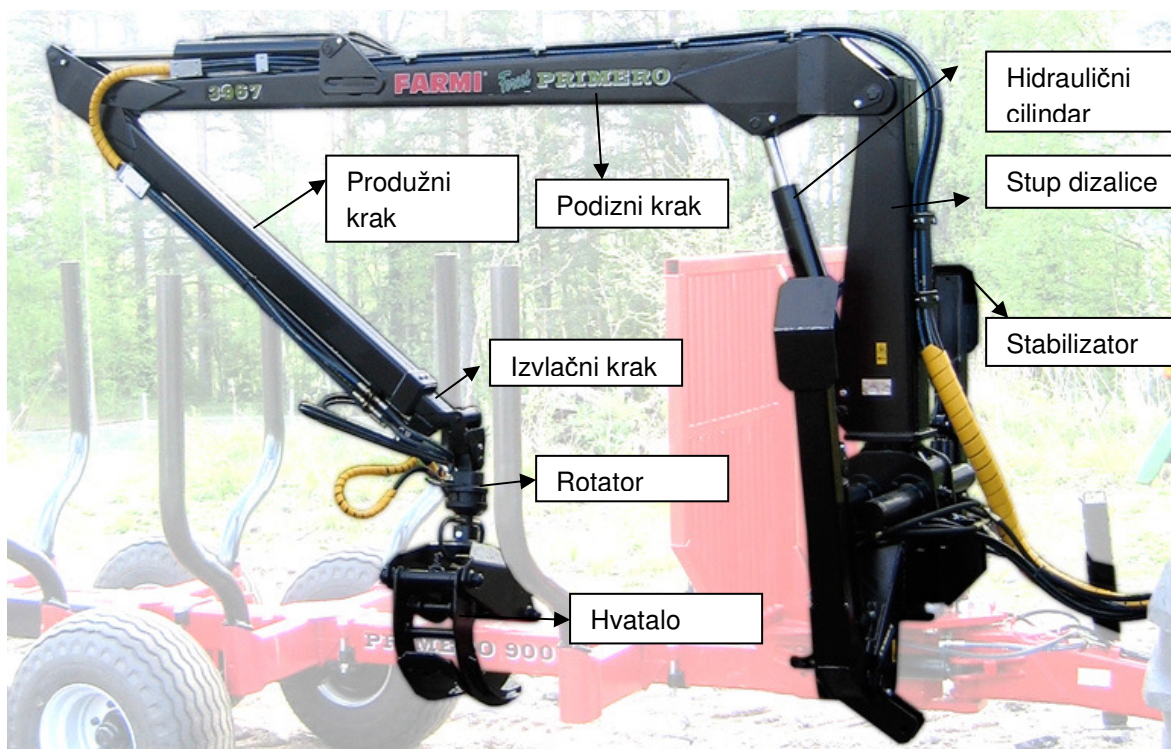
Podizni je krak dio dizalice koji se nastavlja na okretni stup i služi za podizanje samoga tereta. Podizni se krak pokreće s dva hidraulična cilindra koja se nalaze na okretnom stupu dizalice.

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) |
|-------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| FARMI 70 | 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 |
| NOKKA MV 819 | 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 |
| IGLAND 300 | 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 |
| KRONOS 100 H | 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 |
| MOHEDA M 100 4WD | 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 |
| MOWI 650 | 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 |
| FARMA CT 3,8-6 | 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

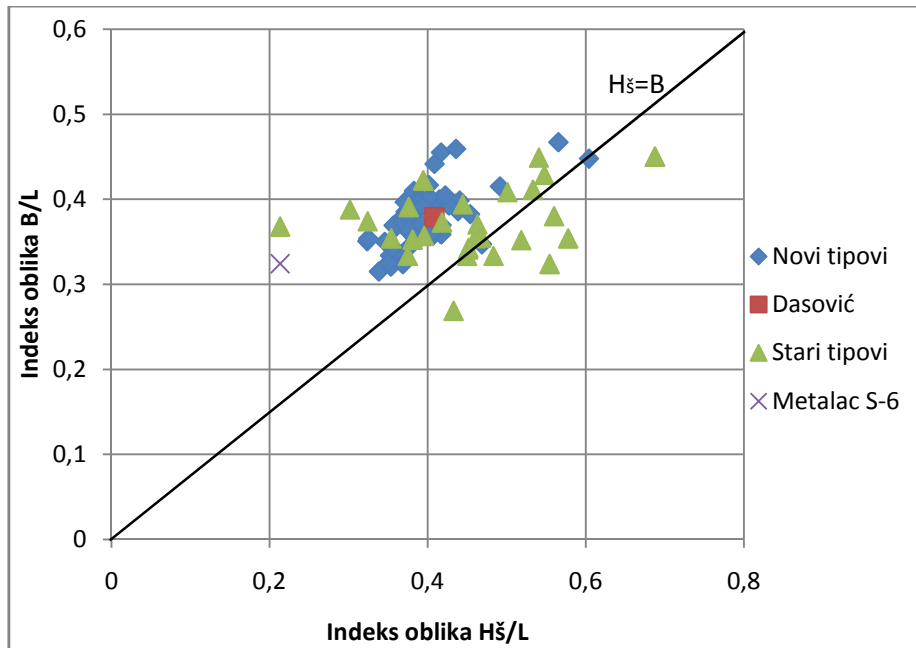
Morfološkom analizom su utvrđene ovisnosti između pojedinih morfoloških značajki i položaj unutar cijele obitelji (skupine) šumskih poluprikolica. Odabrano je deset osnovnih morfoloških značajki za šumske poluprikolice, od toga osam osnovnih (duljina L , širina B , visina štica H_s , masa m , klirens 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 $H\check{s}/L$

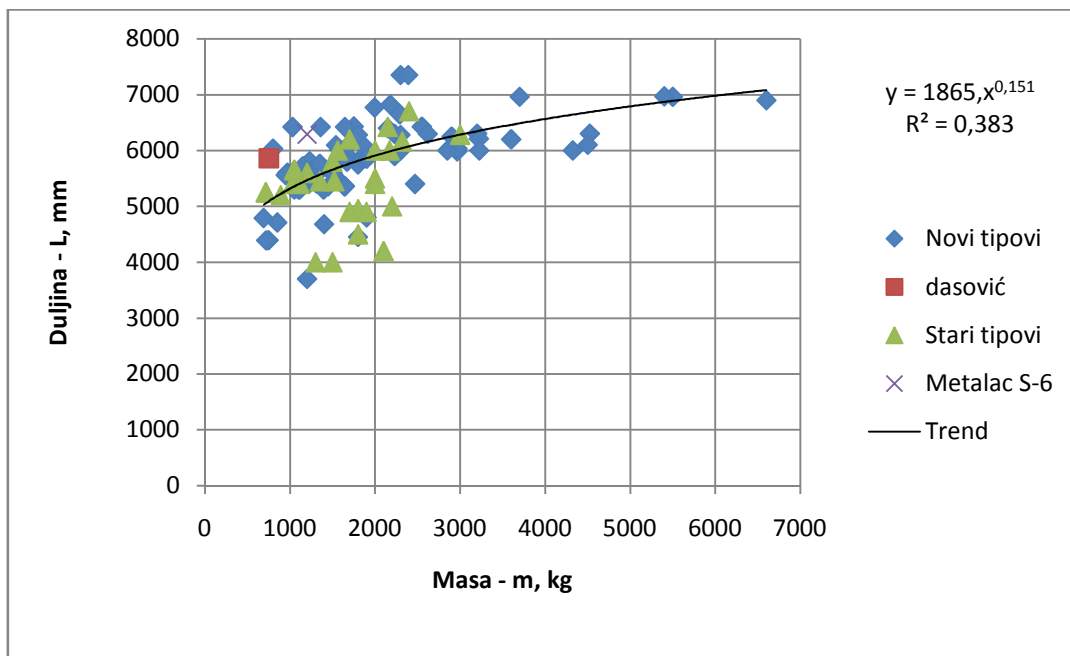
4.2. Ovisnost nekih morfoloških značajki o masi traktorskih šumskih poluprikolica

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.

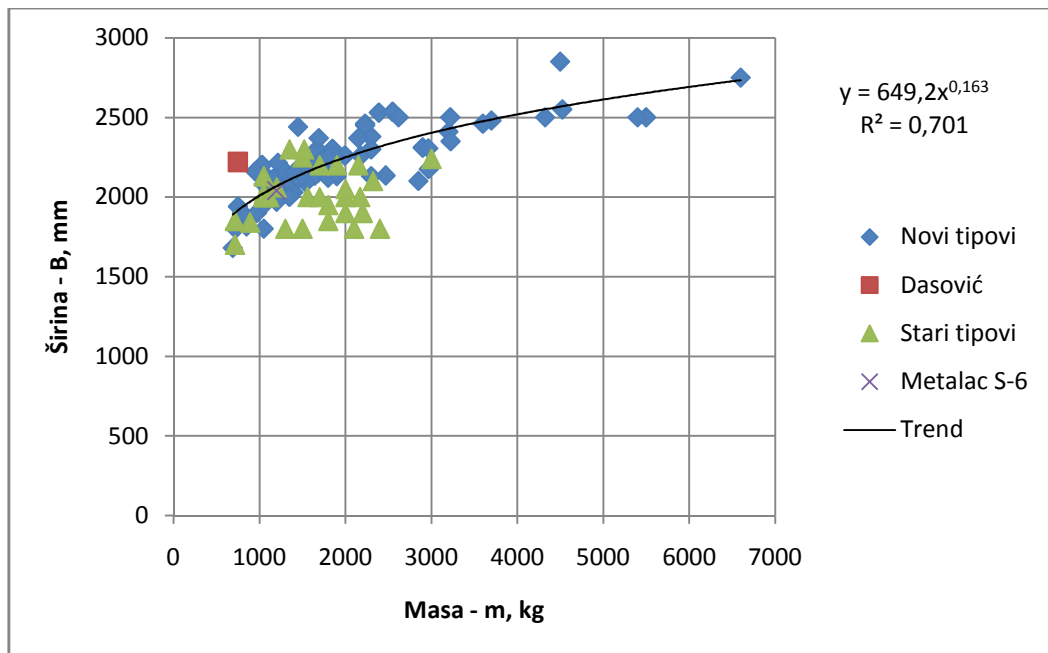
Rast duljine poluprikolica s povećanjem mase je nepovoljan sa stanovišta njezine kretnosti u šumskim sastojinama. Veća duljina podrazumjeva veći krug okretanja poluprikolica te time njezinu manju pokretljivost. Trend povećanja duljine

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



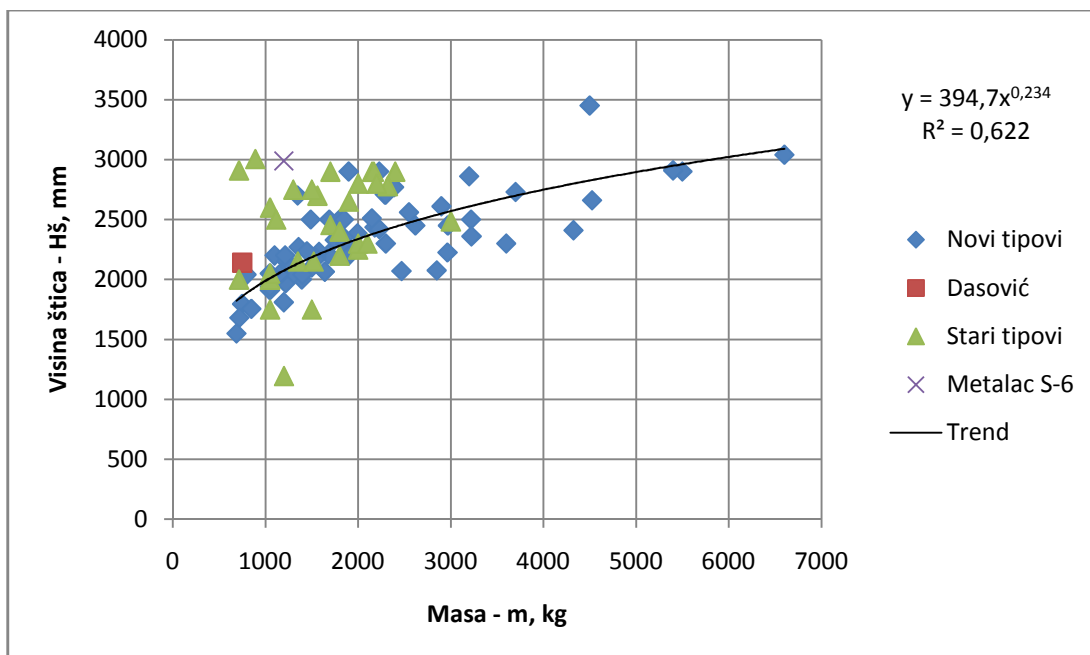
Slika 13. Ovisnost duljine šumskih poluprikolica o masi

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.



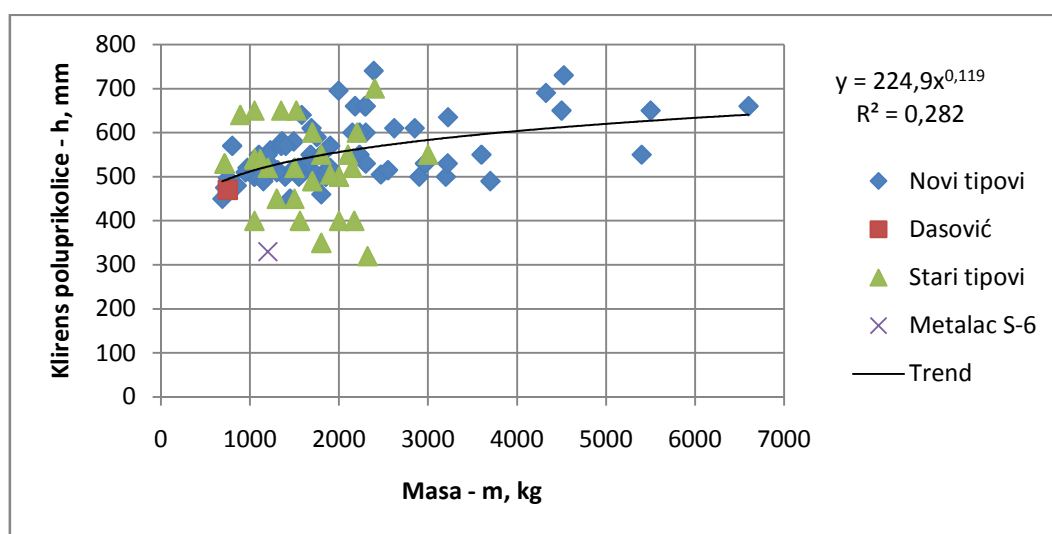
Slika 14. Ovisnost širine o masi šumskih poluprikolica

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.



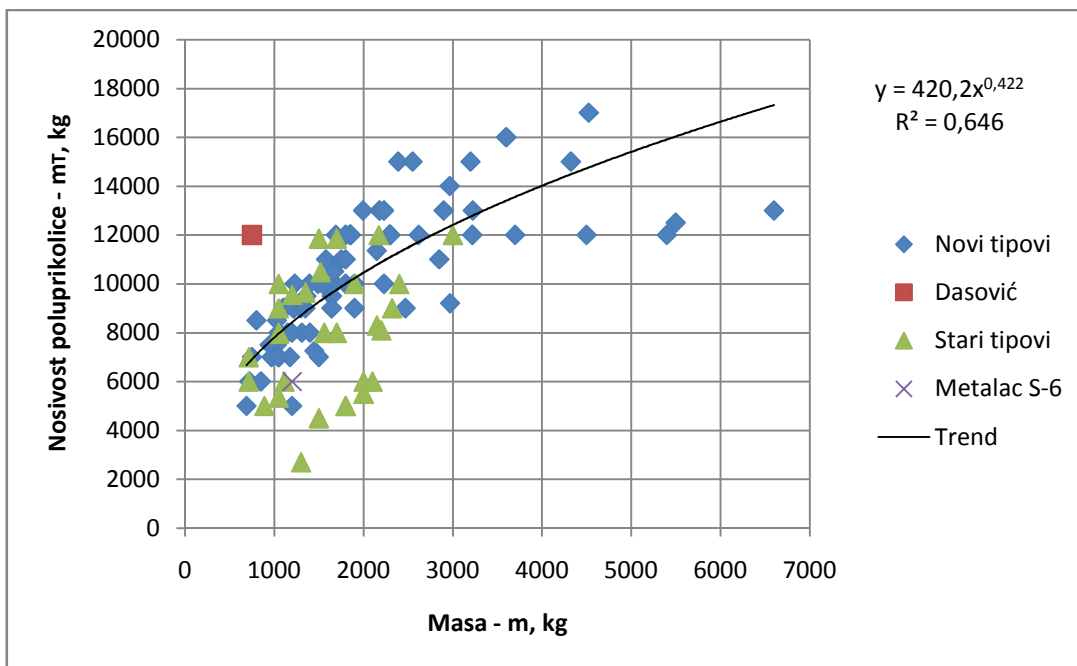
Slika 15. Ovisnost visine štica o masi šumske poluprikolice

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.



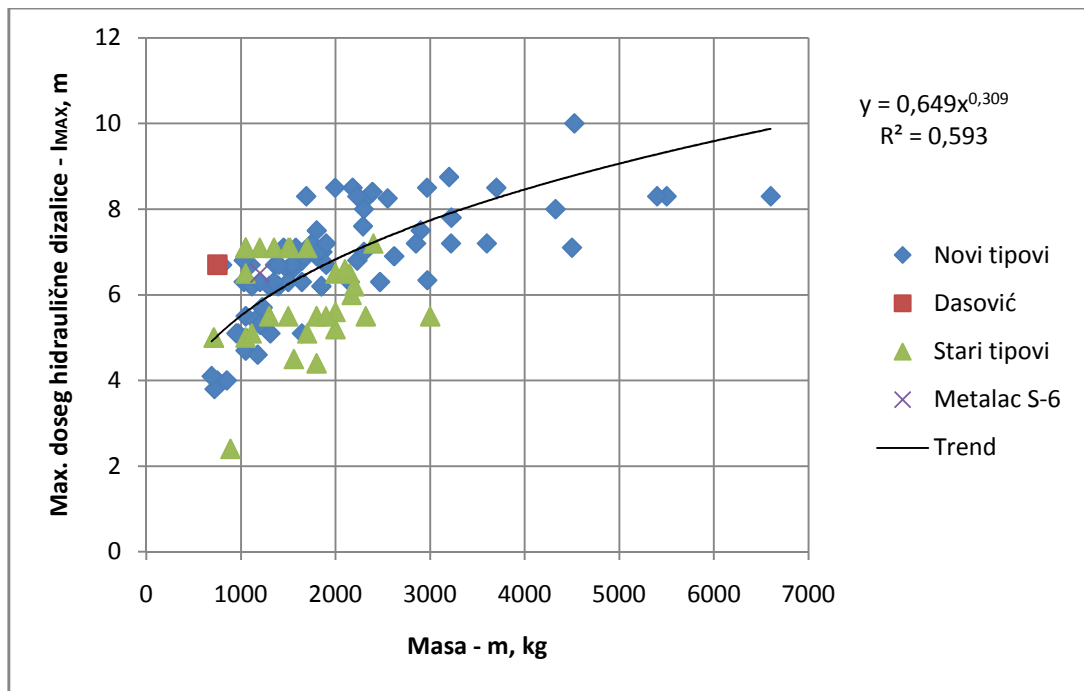
Slika 16. Ovisnost klirensa o masi poluprikolice

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.



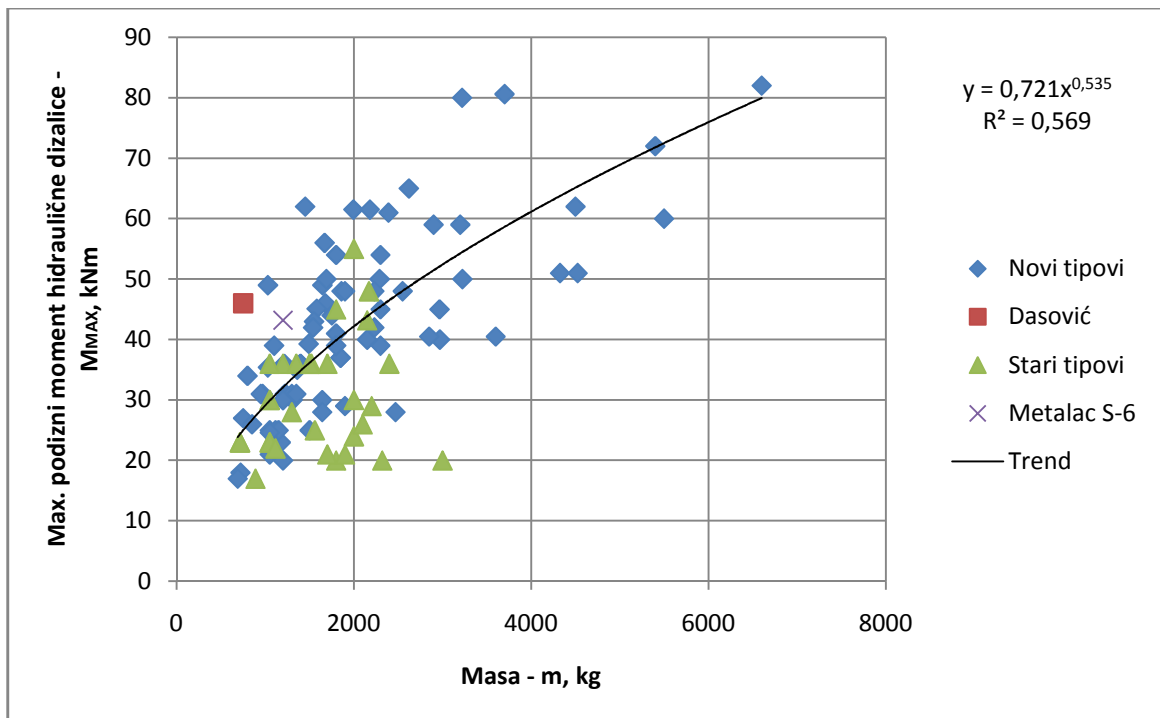
Slika 17. Ovisnost nosivosti o masi poluprikolica

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 dosega 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 dosega, bitno bi se narušila stabilnost same poluprikolice. Vidimo da noviji tipovi poluprikolica omogućuju veće dosege 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.