

**MORFOLOŠKA ANALIZA TRAKTORA ZA
PRIVLAČENJE DRVETA**
Morphological analysis of tractors for wood skidding

Branimir Jovanović i Jusuf Musić
Šumarski fakultet Sarajevo

Abstract

The paper is dealing with selected morphological characteristics of tractors for wood extraction, such as the length, width, height, mass, engine power, unit mass, imaginary and real pressure upon soil. Twenty adapted agricultural tractors and eleven skidders were compared in this analysis. The results showed that most of tractors belong to their families and determined trends.

Key words: adapted agricultural tractor, skidder, morphological analysis, form index, geometrical values (length, width, height), tractor mass, tractor engine power, imaginary pressure upon soil, real pressure upon soil.

1. Uvod

Tehnologije šumarstva, a u okviru njih mehanizirana sredstva rada kao njihov sastavni dio, uvijek su bile predmet analiza koje su se bavile stanjem i ocjenom postojećih, odnosno ocjenom perspektivnosti mogućih tehnologija. Postoje brojne karakteristike mehaniziranih sredstava rada koje mogu biti predmetom analiza i kriterij pri ocjeni korišćenja strojeva u šumarstvu. Podjele su različite, a jedna od njih uzima u obzir tehničke, tehnološke, ekonomske, ekološke, ergonomske i energetske karakteristike (Jovanović, 1990).

Morfološka istraživanja, kao specifičan vid analize oblika i dimenzija, u početku su primjenjivana kod cestovnih i šinskih vozila. Ustanovljen je trend razvoja motornih vozila u obliku "geometrijske evolucije" (Bekker, 1956). Prema Severu (1980, 1986) morfološka analiza određuje takav tip transportnog sredstva koji se najbolje prilagođava šumi i podlozi po kojoj se kreće, a zadovoljava određene potrebe rada u šumi, kao i uvjete sigurnosti i zaštite. Sličnu ocjenu daje i Bekker (1963), koji ističe da objekt, koji se kreće u nekom mediju, nastoji poprimiti oblik koji će pružiti najmanji mogući otpor kretanju. Problem korišćenja strojeva u šumarstvu, a osobito strojeva u privlačenju drva, te značaj morfološke analize kao pokazatelja savršenosti i ekonomičnosti konstrukcije stroja, istican je u više navrata (Sever, 1991).

2. Materijali, metoda i ciljevi

Za morfološku analizu korišteni su poljoprivredni traktori (neznatno prilagođeni potrebama privlačenja drva), adaptirani traktori za šumarstvo i specijalni šumski traktori-skideri. U tabeli 1. date su one morfološke karakteristike traktora koje se najčešće sreću u studijama ovih sredstava rada u privlačenju drva. Dio datih traktora koristio se u iskorišćavanju šuma prije 10 godina, dio traktora se i sada nalazi na poslovima transporta drva od panja do stovarišta, a najveći broj traktora su dio trenutne ponude proizvođača ovih vozila namijenjenih šumarstvu.

Za određivanje položaja datih traktora u obitelji istih i sličnih traktora korišteni su grafički prikazi regresijskih jednadžbi morfološke studije Severa (13). U cilju održavanja kontinuiteta morfološkog studija, datom morfološkom analizom, obuhvaćeni su podaci za neke traktore koji su bili predmet istraživanja i ocjenjivanja od strane Jovanovića (6). Poznato je da postoje brojne karakteristike traktora koje mogu biti predmet morfološke analize, kao naprimjer: dužina, širina, visina, razmak osovina, masa, masa opterećenja prednjeg i stražnjeg mosta, prohodnost, snaga pogonskog motora, sila dizanja hidrauličkog podizača, polumjer okretanja, dimenzije pneumatika, tlak u pneumaticima, imaginarni tlak na tlo, stvarni tlak na tlo, imaginarna volumna masa i drugo.

U ovom radu korištena je komparativna i analitička metoda, pri čemu su izabrane karakteristike istraživanih traktora unošene u postojeće grafikone ranije obavljene morfološke analize, koja je takođe sadržavala te iste karakteristike. Morfološkom analizom obuhvaćene su sljedeće ovisnosti:

- indeksa oblika širine i dužine (B/L) o indeksu oblika visine i dužine (H/L),
- širine traktora (B) o masi traktora (m),
- dužine traktora (L) o masi traktora (m),
- snage motora traktora (P_M) o masi traktora (m),
- snage motora traktora (P_M) o širini traktora (B)
- snage motora traktora (P_M) o dužini traktora (L),
- snage motora traktora (P_M) o visini traktora (H),
- jedinične mase traktora (gm) o snazi motora traktora (P_M),
- imaginarnog tlaka (p_{im}) o masi traktora (m),
- stvarnog tlaka (p_{stv}) o masi traktora (m).

Ciljevi istraživanja, koji su određeni odabranim karakteristikama izabranih traktora u privlačenju drva, a koji se bili predmet morfološke analize ovoga rada, mogu se ukratko svesti na:

- traženje odgovora na pitanje - da li istraživani traktori, odnosno ispitivane karakteristike tih traktora, zadržavaju svoje mjesto u trendovima razvoja, koji su bili karakteristični za ranije provedenu morfološku analizu starijih traktora u privlačenju drva;

- ustanovljavanje eventualnih odstupanja, analiza i objašnjenje razloga nastalih promjena;

- iznošenje konkretnog primjera pomoći šumarskim stručnjacima iz kojeg se vidi da postoje instrumenti za objektivnu procjenu karakteristika, odlučujućih pri

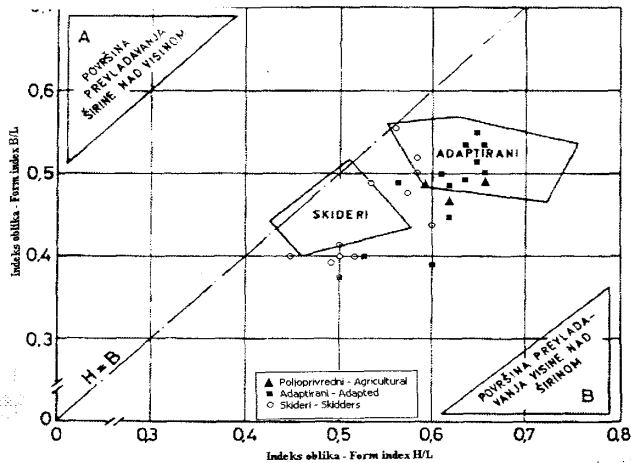
izboru novih strojeva, pri ocjeni najpodesnije upotrebe strojeva u raznim uvjetima rada te pri saradnji sa konstruktorima novih strojeva za šumarstvo.

3. Rezultati i diskusija

3.1 Indeks oblika traktora

Kod istraživanja indeksa oblika traktor se promatra kao prizma sa dimenzijama dužine, širine i visine. Omjerom visina/dužina (H/L) i širina/dužina (B/L) dolazi se do karakteristika traktora, preko kojih je moguće izdvojiti obitelji srodnih traktora.

Na slici 1. je prikazana ovisnost indeksa oblika dvije obitelji traktora (adaptirani i skidéri), a kod unošenja karakterističnih oznaka za pojedine traktore izvršena je diferencijacija na traktore neznatne adaptiranosti-poljoprivredni (IMT 567, IMT 577, IMT 558) i traktore znatne adaptiranosti-adaptirani za rad na privlačenju drva. Iz slike je vidljivo da se zadržao trend prevladavanja visine nad širinom kod svih traktora obuhvaćenih morfološkom analizom, što se objašnjava nebitnošću otpora zraka za vozila u privlačenju drva, Sever (13)



Slika 1. Ovisnost indeksa oblika B/L o indeksu oblika H/L
 Figura 1. The dependence of the form indeks B/L upon the form index H/L

Najveći broj adaptiranih šumskih traktora (kao i onih neznatne adaptiranosti-poljoprivrednih) nalazi se u granicama svoje obitelji. Kod nekih od njih (IMT 567, IMT 561, HOLDER C-860 F, HOLDER C-870 HF, HERCULES 4, HERCULES 40) zadržana je širina klasičnog velikoserijskog traktora, a relativno većom dužinom se osigurava karakteristika traktora koja zadovoljava kriterij rada na privlačenju drva.

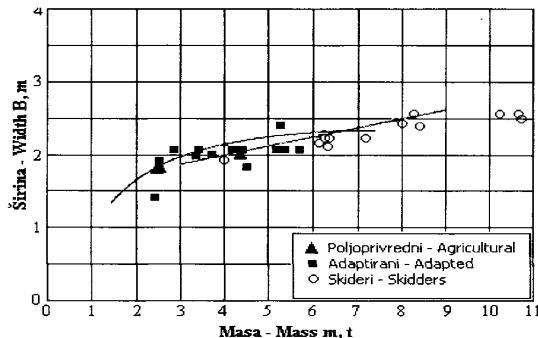
Može se reći da je kod njih došlo do pomjeranja relevantnih dimenzija u odnosu na težište ograničene površine za adaptirane traktore - $B/L = 0,52$: $H/L = 0,57$ (Sever, 1980)

Interesantno je da se najveći broj specijalnih šumskih traktora-skidera svojim indeksima oblika nalazi izvan ranije određene površine za ovu obitelj traktora. Jedna grupa skidera (BELT-GV70, LKT-40, LKT-81, LKT-90A, RD LKT 81 ZTS, TREE

FARMER C5D, TIMBERJACK 360E) karakterizira se povećanjem dužine (zahtjev prema privlačenju drva) i zadržavanjem širine u granicama koje su karakteristične za vozila u cestovnom saobraćaju. Specijalni šumski traktori, koji su predmet ove morfološke analize, izlaze iz karakteristične površine za navedenu obitelj traktora (težište $B/L = 0,45 : HL = 0,48$).

3.2 Ovisnost širine o masi traktora

Na slici 2. prikazana je ovisnost širine o masi traktora za sve analizirane traktore i sa istim oznakama kao kod prethodne slike. Vidljivo je da se masa adaptiranih šumskih traktora (neznatne adaptiranosti-poljoprivredni i znatne adaptiranosti-adaptirani) kreće u granicama 2,4 - 5,6 tona, a navedena ovisnost zadržava svoj asimptotski karakter sa graničnom vrijednošću od 2,5 m (granična vrijednost za cestovni saobraćaj).



Slika 2. Ovisnost širine o masi traktora.

Figure 2. Dependence of width upon mass tractor.

Kod specijalnih šumskih traktora-skidera zadržava se ustanovljeni trend porasta širine traktora sa njihovom masom. Međutim, kod traktora velikih masa (LKT-120 A, TIMBERJACK 360, TIMBERJACK 360 E) može se naslutiti asimptotski karakter ovisnosti, koji za sada nema jasnu graničnu vrijednost, ali ukazuje na želju proizvođača da širina njihovih traktora ipak znatnije ne premašuje graničnu vrijednost propisanu za cestovni saobraćaj. Na taj način se zadovoljava uvjet bočne stabilnosti, a traktori ne zahtijevaju vlake prevelike širine, koje predstavljaju neproduktivnu površinu šume (ekološki aspekt).

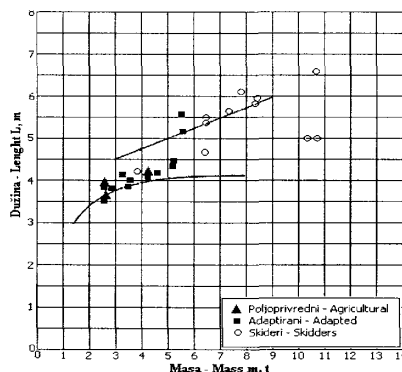
Među traktorima obuhvaćenim morfološkom analizom treba izdvojiti traktor LKT-40, koji svojom masom i širinom leži bliže adaptiranim šumskim traktorima, te kao takav može da zadovolji i neke druge funkcije osim privlačenja drva.

3.3 Ovisnost dužine o masi traktora

Slika 3. pokazuje ovisnost dužine o masi traktora sa ucrtanim oznakama za traktore iz ove morfološke analize. Mada postoje manja odstupanja od asimptotskog karaktera navedene ovisnosti kod nekih adaptiranih šumskih traktora (HERCULES 4,

HERCULES 40), što je vjerovatno rezultat zglobnog upravljanja, može se potvrditi tačnost ranije ustanovljenog trenda, Sever (1980), odnosno potvrditi približna granična vrijednost dužine od 4,235 m.

Ovisnost dužine o masi kod specijalnih šumskih traktora-skidera zadržava liniju trenda porasta dužine traktora sa njegovom masom. Uočljivo je odstupanje od trenda kod nekih skidera koji imaju veliku masu, a relativno malu dužinu (TIMBERJACK 360, TIMBERJACK 360 A). Jovanović (1990) morfološkom analizom traži mjesto traktora BELT GV-70 u obitelji skidera i ustanovljava da navedeni traktor ima manju moguću dužinu u odnosu na masu, što objašnjava željom proizvođača da zadrži manevarske sposobnosti svog traktora. Isto obrazloženje bi se moglo dati i za traktore TIMBERJACK. Traktor LKT-40, posmatrajući njegove dimenzije širine i dužine prikazane u ovisnosti o masi, ne pripada obitelji tipičnih skidera.



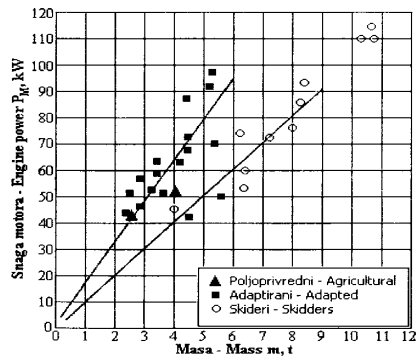
Slika 3. Ovisnost dužina o masi traktora.
Figure 3. Dependence of tractors length upon mass.

Signifikantna razlika dužine adaptiranih šumskih traktora i dužine specijalnih šumskih traktora-skidera logična je posljedica kinematskog sistema upravljanja kod skidera (zglobno upravljanje), koji omogućava da ovi traktori mogu imati dvostruko veću dužinu u odnosu na adaptirane šumske traktore klasičnog upravljanja, a da zadrže isti polumjer okretanja. Konačno, ne treba zanemariti činjenicu da se kod adaptiranih šumskih traktora računa sa njihovim mogućim kretanjem u cestovnom saobraćaju, s obzirom na univerzalni karakter njihovog korišćenja.

3.4 Ovisnost snage motora o masi traktora

Navedena ovisnost pokazuje koliku snagu motora može nositi jedinica mase traktora. Ovisnost snagemotora o masi traktora, koja je bila predmet naše morfološke analize, u potpunosti potvrđuje ustanovljeni trend odnosa istraživanih veličina, koji je određen prethodnim morfološkim analizama (Sl. 4). Mala odstupanja koja se pojavljuju kod traktora IMT-561 i HERCULES 40 ukazuju da se ovi traktori približavaju odnosima snage motora i mase karakterističnim za specijalne šumske traktore-skidere. Objašnjenje razlika u odnosima veličina snage motora i mase, koje se javljaju između ove dvije obitelji traktora, može se potražiti u nesavršenosti konstrukcije, u potrebi za

većom stabilnošću i većim adhezionim opterećenjem, što je karakteristika specijalnih šumskih traktora-skidera. Osim toga, s obzirom na uvjete rada, ovi traktori moraju imati robusniju konstrukciju (veći koeficijent sigurnosti pri gradnji traktora) kako bi zadovoljili potrebe privlačenja drva, koje se transportuje od sječine do stovarišta (teški tereti i teški tereni).

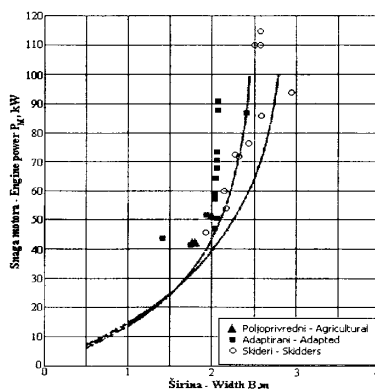


Slika 4. Ovisnost snage motora o masi traktora.

Figure 4. Dependence of engine power upon tractor mass.

3.5 Ovisnost snage motora o širini traktora

Na slici 5. prikazana je ovisnost snage motora od širine adaptiranih šumskih traktora i širine specijalnih šumskih traktora-skidera. Položaj oznaka, koje obilježavaju mjesto istraživanih traktora u obitelji traktora, ukazuje na zadržavanje trenda odvajanja dimenzije ove dvije grupe šumskih traktora (uključujući i traktore neznatne adaptiranosti-poljoprivredne). Može se zapaziti da položaj oznaka ukazuje na pomjeranje krivulja ovisnosti prema lijevo, u područje manjih širina.



Slika 5. Ovisnost snage motora o širini traktora

Figure 5. Dependence of engine power upon tractor width.

Pomjeranjem krivulja ulijevo promjenile bi se asimptote, a granična vrijednost širine kod adaptiranih šumskih traktora pomjerila bi se prema 2,0 metra (karakteristika svih ispitivanih traktora ove morfološke analize, uključujući i traktore nez-

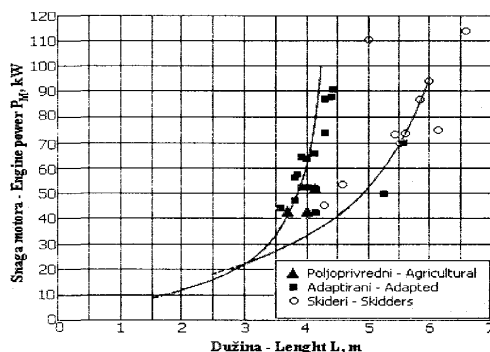
natne adaptiranosti, jeste da je položaj širine ispod vrijednosti 2,55 m).

Traktor HOLDER C-860 F, svojom širinom ponovo pokazuje nepripadanje tipičnim adaptiranim šumskim traktorima. Pomjeranje krivulje ulijevo možda označava ostvarenje predviđanja da će sa daljim porastom snage motora specijalnih šumskih traktora-skidera prestati porast osnovnih dimenzija ovih traktora, a prije svega njihove širine.

Objašnjenje uočenog trenda može se potražiti u općeprihvaćenom zahtjevu da se traktor kod formiranja tereta i vuče što manje kreće izvan vlaka. Smanjenje širine traktora, sa aspekta smanjenja stabilnosti, može se djelomično kompenzirati većom masom traktora i promjenom opterećenja traktora. Smanjenjem širine šumskih traktora štedi se na neproduktivnoj površini u šumi (vlake manje širine), a ispunjava se zahtjev prilagodljivosti, koji ukazuje na trend da traktori poprimaju oblik koji će pružiti najmanji mogući otpor kretanju. Biće interesantno pratiti dalji trend razvoja okvirnih dimenzija šumskih traktora u odnosu na njihovu masu i snagu motora.

3.6 Ovisnost snage motora o dužini traktora

Ovisnost snage motora o dužini traktora, koja se može iskazati krivolinijskom vezom, ponovo pokazuje asimptotski karakter veze.



Slika 6. Ovisnost snage motora o dužini traktora.

Figure 6. Dependence of engine power upon tractor length.

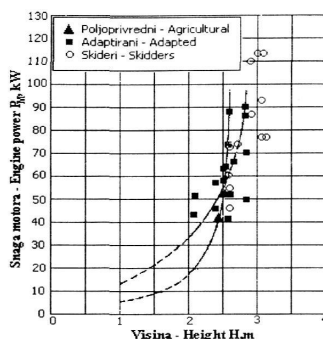
Na slici 6. prikazane su karakteristične krivulje ovisnosti snage motora o dužini traktora, a na grafikonu su ucrtane pripadajuće oznake traktora koji su predmet naše morfološke analize.

Iz slike je vidljivo da postoji signifikantna razlika trenda odnosa snage motora i dužine između adaptiranih i specijalnih šumskih traktora-skidera. Obje grupe traktora pokazuju asimptotski karakter ovisnosti snage motora i dužine. Granične vrijednosti dužine odgovaraju rezultatima istraživanja Severa (13), a obje grupe pokazuju trend porasta snage motora sa porastom dužine. Granična vrijednost dužine adaptiranih šumskih traktora je manja zbog zahtjeva za mogućnošću njihovog kretanja u javnom saobraćaju.

Kod adaptiranih šumskih traktora odstupanje se javlja kod traktora HERCULES, koji se svojom dužinom približavaju skiderima, što im obezbjeđuje veću

uzdužnu stabilnost pri privlačenju drva. U grupi specijalnih šumskih traktora-skidera odstupanje od granične vrijednosti evidentno je kod traktora TIMBERJACK 360 i TIMBERJACK 360 E koji imaju neprimjereno malu dužinu s obzirom na snagu motora. Ipak, uzimajući u obzir njihovu veliku masu, manja dužina traktora ne ugrožava im stabilnost, a osigurani su potrebno adhezijsko opterećenje i relativno mali polumjer okretanja.

Ovisnost snage motora o visini traktora pokazuje asimptotski karakter veze, što se u potpunosti slaže sa ostalim dvijema okvirnim dimenzijama, uz zadržavanje graničnih vrijednosti.



Slika 7. Ovisnost snage motora o visini traktora
Figure 7. Dependence of engine power upon tractor height.

Položaj traktora obuhvaćenih našom morfološkom analizom, odnosno mjesto njihove snage motora i visine, prikazani su na slici 7.

Postoji jasno uočljiv trend porasta snage motora sa visinom traktora. Tačka presjeka linija ovisnosti dvije grupe traktora (adaptirani i skideri) nalazi se na oko 2,5 m, kada adaptirani šumski traktori zadržavaju graničnu vrijednost (asimptota), a visina specijalnih šumskih traktora nastavlja neznan porast (do oko 3,00 m).

Neznatno odstupanje od trenda promjene snage motora u ovisnosti o visini, koji je karakterističan za adaptirane šumske traktore, pokazuju traktori HERCULES i FENDT, koji imaju nešto veću visinu u odnosu na ostale traktore te grupe. Promjena težišta traktora, koja bi mogla imati uticaja na njihovu stabilnost, mogla bi se kompenzirati većom masom navedenih traktora.

3.8 Ovisnost jedinične mase o snazi motora traktora

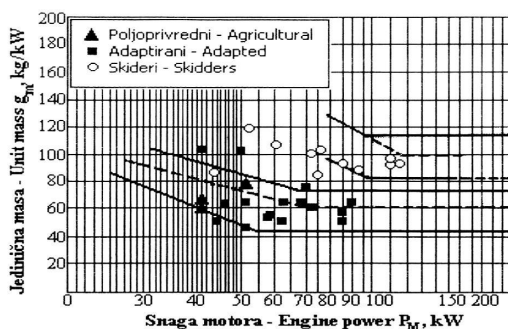
Jedinična masa, odnosno specifična masa traktora može se izračunati iz poznatih vrijednosti mase traktora (kg) i snage njegovog pogonskog motora (kW):

$$g_m = m/P_w \text{ (kg/K}_w\text{)}$$

Na slici 8. prikazana je ovisnost jedinične mase o snazi motora traktora uz korišćenje polulogaritamskog koordinatnog sistema.

Specifična masa neposredno utiče na vučnu silu i stabilnost traktora, jer se za korišćenje snage pogonskog motora mora imati potrebna masa. Specifična masa se

mijenja dodatnim opterećenjem od strane tereta, potpuno vučenog po tlu, kod neznatno adaptiranih traktora, ili djelomično oslonjenog na traktor, kod adaptiranih šumskih i specijalnih šumskih traktora-skidera. Kod drugih radova u šumarstvu jedinična masa se mijenja preraspodjelom opterećenja od priključnih oruđa, ili usljed dodatnih utega.



Slika 8. Ovisnost jedinične mase o snazi motora traktora.

Figure 8. Dependence of unit mass upon tractor engine power.

Za razliku od velikog broja ostalih vozila, kod kojih se teži ka smanjivanju jedinične mase kao dostignuću većeg savršenstva konstrukcije i izrazu većeg stupnja iskorišćenosti materijala, kod traktora (posebno onih na poslovima privlačenja drva) povećanje jedinične mase je neophodno, kako bi se iskoristila raspoloživa snaga pogonskog motora traktora. U slučaju korišćenja vitla, snaga motora se koristi ankerovanjem traktora o panj ili stablo, odnosno uz primjenu sidrene daske, koja je sastavni dio adaptacije traktora za privlačenje drva. Zbog toga treba očekivati da će traktori u privlačenju drva i dalje zadržati veliku jediničnu masu.

Iz gore navedenih razloga i priložene slike se vidi da postoji jasna odvojenost jediničnih masa adaptiranih šumskih i specijalnih šumskih traktora-skidera. U grupi adaptiranih šumskih traktora određena odstupanja od navedenog trenda uočljiva su kod traktora IMT 561 i traktora HERCULES 40, koji svojim jediničnim masama djelomično zadovoljavaju zahtjev svoje adaptiranosti prema poslovima u privlačenju drva. U grupi skidera, traktori LKT 40 i TREE FARMER C5D se izdvajaju iz svoje obitelji koja se karakterizira povećanom specifičnom masom, te je upitno njihovo korišćenje na poslovima vuče teških tereta, odnosno vuče tereta u teškim terenskim uvjetima gdje je potrebno iskoristiti raspoloživu snagu motora. Traktor LKT 40 nije ni namjenjen radu u takvim uvjetima, s obzirom na svoju snagu, masu i okvirne dimenzije.

3.9 Ovisnost imaginarnog tlaka o masi traktora

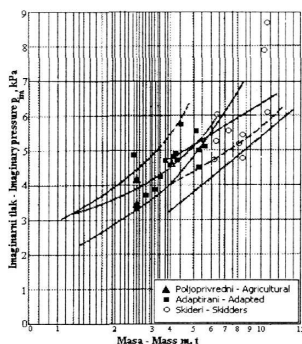
Imaginarni tlak predstavlja omjer težine (G) i površine imaginarnog pravokutnika (A_{im}) određenog dužinom (L) i širinom (B) traktora.

$$P_{im} = G/A_{im} = mg/LB \quad (P_a)$$

Imaginarni tlak može da se koristi za izračunavanje stvarnog proračunskog

tlaka na tlo (pstv). Na slici 9. prikazan je položaj traktora koji su obuhvaćeni našom morfološkom analizom (poljoprivredni, adaptirani i skideri).

Prikazana ovisnost, data u polulogaritamskom koordinatnom sistemu, pokazuje da kod mase od oko 4 tone dolazi do razdvajanja navedene grupe traktora. Manji porast imaginarnog tlaka kod skidera, u odnosu na isti trend kod adaptiranih šumskih traktora, objašnjava se činjenicom da specijalni šumski traktori-skideri nemaju ograničenje dužine zbog polumjera okretanja, te je moguće ostvariti veću imaginarnu površinu (Aim), Sever (13). Ovim se veća masa skidera raspoređuje na veću površinu, te imaginarni tlak nema izrazitiji trend porasta.



Slika 9. Ovisnost imaginarnog tlaka o masi traktora
Figure 9. Dependence of imaginary pressure upon tractor mass.

Analizom položaja ispitivanih traktora, koji su predmet naše morfološke analize, može se zaključiti da se zadržava ranije ustanovljeni trend ovisnosti imaginarnog tlaka o masi traktora. Odstupanje se javlja kod traktora HOLDER C - 860 F, koji i po svojim ostalim karakteristikama ne odgovara tipičnom adaptiranom šumskom traktoru. Traktor BELT GV-70 usljed manje dužine (manja imaginarna površina) izlazi iz okvira površine karakteristične za skidere. Znatno strmija linija trenda porasta imaginarnog tlaka sa masom vidljiva je kod traktora TIMBERJACK 360 i TIMBERJACK 360 E, koji se karakteriziraju velikom masom i relativno malom imaginarnom površinom (manja dužina ovih traktora).

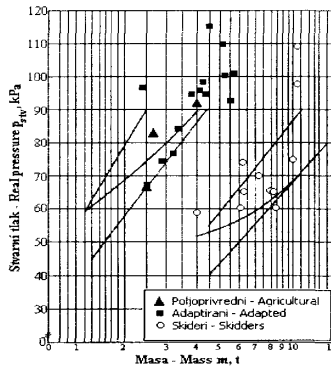
3.10 Ovisnost stvarnog tlaka o masi traktora

Srednji ili prosječni tlak na tlo može se izračunati iz težine traktora (G) i dodirne površine izračunate na bazi poluprečnika (R) i širine pneumatika (B). Navedeni tlak služi za izračunavanje nominalnog tlaka pneumatika na tlo.

U našoj morfološkoj analizi, kod izračunavanja stvarnog tlaka na tlo, korištene su vrijednosti odnosa stvarne dodirne površine pneumatika i imaginarne tlocrtno površine traktora (A_{stv}/A_{im}), koji su dobijeni ranijim istraživanjima, Sever (13). Ova vrijednost kod adaptiranih šumskog traktora iznosi 0,05 (5% imaginarnu površinu), a kod specijalnih šumskih traktora skidera 0,08 (8% imaginarnu površinu). Na osnovu njih su iz imaginarnih tlakova izračunati stvarni tlakovi ispitivanih traktora.

S obzirom na način izračunavanja stvarnog tlaka rezultati se mogu smatrati uvjetno tačnim. Do pravih rezultata bi se došlo mjerenjima stvarne dodirne površine pneumatika kotača traktora, uz analizu karakteristika pneumatika (tip, dimenzije, tlak zraka), odnosno uz analizu stanja tla (sastav, vlažnost, zbijenost i sl.).

Na slici 10. prikazani su, u polulogaratskom koordinatnom sistemu, ovisnosti stvarnog tlaka (p_{stiv}) o masi traktora (m). U dati prikaz uneseni su podaci za traktore obuhvaćene našom morfološkom studijom.



Slika 10. Ovisnost stvarnog tlaka o masi traktora.
Figure 10. Dependence of real pressure upon tractor mass.

Iz priložene slike se vidi da postoji signifikantna razlika između stvarnih tlakova adaptiranih šumskih traktora i stvarnih tlakova na tlo specijalnih šumskih traktora-skidera. Obje grupe traktora zadržavaju trend porasta stvarnog tlaka na tlo sa masom traktora. Granicu dozvoljenog opterećenja, koje se može preneti na tlo, premašuju adaptirani šumski traktori IMT-561, HERCULES 4, FENDT 311 i FENDT 312. Kod specijalnih šumskih traktora-skidera premašenje ove granice je uočljivo kod traktora TIMBERJACK 360 E.

Na kraju je potrebno istaći, da stvarni tlak traktora na tlo predstavlja jedan od značajnijih pokazatelja primjenljivosti nekih traktora kada se razmatra ekološki aspekt njihovog korišćenja. To se posebno odnosi na specijalne šumske traktore-forwardere, koji vrše izvožnje sortimenata, a koji se često karakterišu prelaskom granice dozvoljenog opterećenja tla kod privlačenja (bilo opterećenja koje se prenosi preko prednjeg, ili stražnjeg dijela forwardera).

4. Zaključci

Šumarstvo BiH suočeno je sa problemom ponovne izgradnje tehničke infrastrukture, kao dijela uvjeta za ispunjenje zahtjeva prema potrajnosti gospodarenja šumama. Stoga je neophodno dati ocjenu sadašnjeg stanja mehanizacije u šumarstvu i detaljno planirati nabavku novih strojeva za šumarstvo. Srećom, postoje uočljivi trendovi razvoja tehničko-tehnoloških i drugih karakteristika mehaniziranih sredstava rada u svijetu, koji u tom smislu mogu biti od velike pomoći.

Osim toga, u okviru obrazovanja šumarskih stručnjaka, potrebno je razvijati

svijest o neophodnosti analitičkog pristupa tom problemu. Jedan od načina takvog pristupa predstavlja i morfološka analiza, kao specijalan vid analize oblika i dimenzija.

Našom morfološkom analizom indeksa oblika ustanovili smo da nije došlo do promjena trenda prevladavanja visine nad širinom traktora. U grupi adaptiranih šumskih traktora neki od istraživanih traktora zadržali su širinu klasičnog velikoserijskog traktora, a imaju relativno veću dužinu. U grupi skidera primjećuje se trend povećanja dužine, ali zadržavanja širine u granicama, koje su karakteristične za vozila u cestovnom saobraćaju.

Kod ovisnosti širine o masi traktora, adaptirani šumski traktori se kreću u granicama masa 2,4 - 5,6 tona, a širina ostaje u granicama cestovnog saobraćaja. Kod skidera se i dalje održava trend porasta širine sa masom traktora, ali neki od skidera imaju širinu blisku graničnoj vrijednosti cestovnog saobraćaja.

Morfološka analiza ovisnosti dužine o masi traktora pokazuje kod adaptiranih šumskih traktora zadržavanje ranijeg trenda, dok se kod dva skidera proizvođača TIMBERJACK uočava posjedovanje velike mase a relativno manje dužine, što se može objasniti željom zadržavanja manevarske sposobnosti traktora.

U slučaju ovisnosti snage motora o masi traktora u potpunosti je potvrđen trend iz prethodnih morfoloških analiza, uz sva objašnjenja razlika između adaptiranih šumskih traktora i specijalnih šumskih traktora-skidera (kod ovih drugih objašnjenje treba tražiti u nesavršenosti konstrukcije, u potrebi veće stabilnosti i većeg adhezionog opterećenja).

Ovisnost snage motora o širini traktora pokazuje da adaptirani šumski traktori imaju pomjeranje asimptote ulijevo. Isti slučaj je i sa skiderima, što može značiti ispunjenje predviđanja da će sa daljim porastom snage motora specijalnih šumskih traktora prestati porast osnovnih dimenzija, a prije svega njihove širine.

Morfološka analiza ovisnosti snage motora o dužini traktora pokazuje da se i dalje zadržava jasna razlika između istraživanih grupa traktora. Ipak neki od adaptiranih šumskih traktora pokazuju trend porasta dužine kao uvjeta stabilnosti (traktori proizvođača HERCULES). Kod dva traktora proizvođača TIMBERJACK evidentna je nešto manja dužina od uobičajene za skidere iste snage (stabilnost se osigurava većom masom).

Ovisnost snage motora o visini traktora pokazuje da istraživane dvije grupe traktora (adaptirani i skideri) imaju tačku presjeka kod visine 2,5 m. Dio adaptiranih šumskih traktora (traktori veće mase) imaju nešto veću visinu od ranije ustanovljene asimptomom.

Analiza ovisnosti jedinične mase o snazi motora traktora pokazuje da se zadržava poznati trend velike jedinične mase specijalnih šumskih traktora-skidera.

Neki od adaptiranih šumskih traktora se približavaju skiderima, a neki od skidera adaptiranim šumskim traktorima (TREE FARMER C5D). Traktor LKT 40 kroz sve naše prethodne analize (kao i kod ovisnosti jedinične mase o snazi motora) pokazuje da ne pripada klasičnim skiderima, namijenjenim teškim terenskim uvjetima i teškim teretima.

Ovisnost imaginarnog tlaka o masi traktora trebala je da posluži, prije svega,

izračunavanju stvarnog tlaka na tlo. Ponovo se pokazalo da kod mase od oko 4 tone dolazi do razdvajanja dvije grupe traktora. Odstupanje se javlja kod traktora HOLDER C - 860 F, koji i po ostalim karakteristikama ne odgovara tipičnom adaptiranom šumskom traktoru. Traktori BELT GV-70, TIMBERJACK 360 i TIMBERJACK 360 E se karakteriziraju relativno malom imaginarnom površinom (manja dužina ovih traktora).

Morfološka studija ovisnosti stvarnog tlaka o masi traktora pokazuje da obje grupe zadržavaju trend porasta stvarnog tlaka na tlo sa porastom mase, ali da postoje znatne razlike stvarnih tlakova ove dvije grupe traktora. Granično dozvoljeno opterećenje (100 kPa), koje se smije preneti na tlo, premašuju adaptirani šumski traktori IMT 561, HERCULES 4, FENDT 311 i FENDT 312, a od skidera TIMBERJACK 360. Do pravih rezultata bi se došlo mjerenjem stvarne dodirne površine pneumatika kotača traktora, uz analizu karakteristika pneumatika i analizu stanja tla.

Literatura:

1. Bekker, M.G. (1956): Theory of Land Locomotion. The Mechanics of Vehicle Mobility. Ann Arbor, str. 1 - 522.
2. Bekker, M.G. (1963): Die Mechanik der Geländefahrt. Landtechnische Forschung, Vol. 3., No. 3, str. 70 - 78.
3. Bojanin, S., Sever, S. (1977): Morfološka studija hidrauličkih dizalica. Mehanizacija šumarstva 2(3-4), str. 78 - 91.
4. Bručić, G. (1997): Morfološka prosudba nekih značajki harvestroskih glava. Diplomski rad. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 1 - 31.
5. Horvat, D. (1993): Prilog proučavanju prohodnosti vozila na šumskom tlu. Disertacija. Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 1 - 234.
6. Jovanović, B. (1990): Komparativno istraživanje tehničko-tehnoloških karakteristika traktora pri privlačenju drva. Disertacija. Šumski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1 - 423.
7. Koščak, B. (1995): Morfološka analiza uzgojnih sitnilica. Diplomski rad. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb, str. 1 - 47.
8. Koščak, B., Horvat, D., Sever, S. (1995): Morfološka raščlamba tehničkih značajki rotositnilica. Mehanizacija šumarstva 20(3), str. 137- 144.
9. Krohn, B. (1977): Schlepper für den Einsatz schwerer Mulchgeräte zur Reiheneinnahme. Forsttechnische Informationen, No. 10, str. 73 - 78.
10. Krohn, B. (1978): Landwirtschaftliche Schlepper oder Spezialschlepper. Forsttechnische Informationen, No 31, str. 40 - 50.
11. Krohn, B. (1978): Beurteilung bei der Motorsägenprüfung. Forsttechnische Informationen. No 12.
12. Poršinsky, T. (1997): Odredjivanje položaja Kockums 850 i Timberjack 1210 u obitelji forvardera morfološkom raščlambom. Mehanizacija šumarstva 22(3), str. 129 - 139.

13. Sever, S. (1980): Istraživanja nekih eksploatacionih parametara traktora kod privlačenja drva. Disertacija. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 1 - 301.
14. Sever, S. (1986): Morphological characteristics of logging machines. Referat na 18th World Congress, Division 3, Forest operations and techniques, Ljubljana, str. 9 - 20.
15. Sever, S. (1988): Proizvodnost i performanse forvardera na radovima privlačenja drva. Prilagodjeno plenarno predavanje IUFRO divizije 3 u Latinskoj Americi. Simpozij o eksploataciji šuma, transportu, ergonomiji i zaštiti u plantažnom šumarstvu, 5 - 10. travnja 1987, Curitiba - Parana - Brazil, Mehanizacija šumarstva 18(5 - 6), str. 59 - 87.
16. Sever, S. (1991): Criteria for classifying off-road vehicles. 19th IUFRO World Congress, Montreal, Post-Congress Proceedings Division 3, str. 230 - 241.
17. Sever, S., Horvat, D. (1992): Logging wheeled tractor databank for assistance in machine family evaluation. Proceedings of IUFRO workshop "Computer supported planning of roads and harvesting", Feldafing, Germany, str. 281 - 286.
18. Sever, S., Knežević, I. (1991): Form index as a possible criterion for classification off-road vehicles. 5th European Conference ISTS, Budapest, Vol. II, str. 468 - 476.
19. Söhne, W. (1983): Razvoj i granice razvoja poljoprivredne tehnike na primjeru poljoprivrednog traktora i kombajna. Agrotehničar X, str. 5 - 10.

Summary

Morphological analysis should serve foresters in choosing new tractor types for wood skidding. It is method of studying the machine that are used in logging operations. Adapted agricultural tractors (20 tractors) and special forest tractor-skidders (11 tractors) have been compared in this analysis. Their position in the tractor family has been determined by earlier morphological analysis (Sever, 1980), based on the correlation dependence between the individual morphological features (length, width, height, mass, engine power, unit mass, imaginary pressure upon soil, real pressure upon soil). The research on the dependence between the selected morphological features has determined, that the most of adapted agricultural tractors and skidders belong to their families (and earlier trend). We determined that the maximum tractor dimensions stop increasing even though the engine power may continue to rise. Only one skidder has a real pressure upon soil over the allowed load limit of the tractor (100 kPa), and most adapted agricultural tractors are near, or over this load limit.