Smjernice razvoja forvadera

Barešić, Perica

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:558835

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

ŠUMARSKI ODSJEK

SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ ŠUMARSTVA

SMJER: TEHNIKE, TEHNOLOGIJE I MENADŽMENT U ŠUMARSTVU

PERICA BAREŠIĆ

Smjernice razvoja forvardera

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2016.

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

ŠUMARSKI ODSJEK

SMJERNICE RAZVOJA FORVARDERA

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij: Šumarstvo, smjer Tehnike, tehnologije i menadžment u šumarstvu

Predmet: Mehanizacija pridobivanja drva

Ispitno povjerenstvo: 1. Prof. dr. sc. Dubravko Horvat

2. Izv. prof. dr. sc. Marijan Šušnjar

3. Dr.sc. Zdravko Pandur

Student: Perica Barešić

JMBAG: 0068209716

Broj indeksa: 439/2013

Datum odobrenja teme: 21.04.2015.

Datum predaje rada: 05.09.2016.

Datum obrane rada: 29.09.2016.

Zagreb, rujan, 2016.

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Naslov	Smjernice razvoja forvardera
Title	Guidelines for forvarderdevelopment
Autor	Perica Barešić
Adresa autora	Ivana Gorana Kovačića 21A, Podgora
Mjesto izrade	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	Izv. prof. dr. sc. Marjan Šušnjar
Izradu rada pomogao	Mag. ing. silv. Marin Bačić
Godina objave	2016.
Obujam	I-V, 1-24, 15 slika, 1 tablica, 30 navoda literature
Ključne riječi	forvarder, smjernice, morfološka raščlamba
Keywords	forwarder, guidelines, morphological analysis
Sažetak	Forvarderi su vozila za kretanje po bespuću, čija je osnovna namjena sakupljanje i prijevoz drvnih sortimenata od panja do pomoćnog stovarišta. Primjenom novih tehnologija te razvojem novih metoda rada u šumarstvu dolazi do ubrzanog razvoja mehaniziranih sredstava rada kao što su forvarderi. U radu će biti prikazan kratak povijesni razvoj forvardera, te će se na temelju istraživanja izabranih geometrijskih, masenih i drugih veličina utvrditi trenutačno stanje, svojstva i zakonitosti, ali i mogući tijek razvoja strojeva u šumarstvu.

KAZALO SADRŽAJA

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA I
KAZALO SADRŽAJA II
KAZALO SLIKA III
KAZALO TABLICA IV
PREDGOVOR V
1. UVOD 1
2. FORVARDER 2
2.1. Forvarderi u sustavima pridobivanja drva 5
2.2. Povijesni razvoj forvardera 7
3. CILJ ISTRAŽIVANJA 10
4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA 11
4.1. Morfološka analiza 13
5. REZULTATI 15
5.1. Indeks oblika 15
5.2. Ovisnost pojedinih morfoloških značajki o masi forvardera 16
6. ZAKLJUČAK 20
7. LITERATURA 22

KAZALO SLIKA

Slika 1. Forvarder LOGSET 4F 2
Slika 2. Forvarder HSM 208 F pri svladavanju terenskih prepreka 3
Slika 3. Unutrašnjost kabine prorednog forvardera 4
Slika 4. Sheme rada harvestera i forvardera u skupnom radu(Izvor:Krpan i Poršinsky 2002) 5
Slika 5. Forvarder DASSER trs 10.08 prilikom istovara na pomoćnom stovarištu 6
Slika 6. Privlačenje drva strojevima na početku 20. Stoljeća 8
Slika 7. Moderni forvarder (Izvor: www.directindustry.com) 9
Slika 8. Römer – Orphalova skala 13
Slika 9. Ovisnost indeksa oblika Hc/L i B/L 15
Slika 10. Ovisnost mase o snazi pogonskog motora 16
Slika 11. Ovisnost mase o duljini 17
Slika 12. Ovisnost mase o širini 17
Slika 13. Ovisnost mase o visini kabine 18
Slika 14. Forvarder Stefan Bavaria 19
Slika 15. Ovisnost mase o nosivosti 19

KAZALO TABLICA

Tablica 1. Popis forvardera i njihove značajke..... 11

PREDGOVOR

Ovaj rad je izrađen na Zavodu za šumarske tehnike i tehnologije Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Zahvaljujem mentoru prof. dr. sc. Dubravku Horvatu, izv. prof. dr. sc. Marijanu Šušnjaru i mag. ing. silv. Marinu Bačiću na ukazanoj pomoći i savjetima pri izradi ovoga rada.

Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji što su mi omogućili studiranje i podržavali me u mojim odlukama.

Perica Barešić

1. UVOD

Morfološkom raščlambom prikazuje se položaj istraživanih fovardera unutar skupine sličnih ili istovrsnih strojeva. Na temelju izabranih geometrijskih, masenih i drugih veličina te njihove ovisnosti, donosi se ocjena o valjanosti izbora stroja. Morfološkom raščlambom proučava se odnos između geometrijskih veličina i težinski svojstava koji su vrlo bitni za rad na nagnutom terenu, kretnost po šumskom tlu, vučnu značajku te prostor za prolaz prorednog forvardera kojim se omogućava kretanje između samih stabala.

Sever i Horvat (1992) prikazuju bazu podataka geometrijskih i drugih značajki skidera i forvardera te analiziraju temeljne značajke šumskih vozila. Smatraju da sjedinjeni podaci dobro će poslužiti projektantima pri konstrukciji i poboljšanju vozila, a šumarskoj struci pri izboru kod nabave nove opreme.

Horvat (1993) koristi morfološku raščlambu kod određivanja položaja forvardera IMT 5132 unutar skupine forvardera. Poršinsky (1997) uspoređuje dva forvardera (Timberjack 1210 i Kockmus 850) i određuje njihov položaj unutar forvardera. Poršinsky (2005) prikazuje morfološku raščlambu za forvarder Timberjack 1710.

Posljednju morfološku raščlambu forvardera provodi Stankić (2010) za različite tipove forvardera koji se najviše koriste u hrvatskom šumarstvu od strane poduzeća „Hrvatske šume“ d.o.o.

Osim morfoloških raščlamba forvardera i skidera. Šušnjar (1998) provodi raščlambu šumskih iverača, Horvat (2001) morfološkom analizom utvrđuje razlike između adaptiranih poljoprivrednih traktora s ugrađenim različitim šumskim vitlima, Šušnjar i dr.(2007) hidrauličkih dizalica, Poršinsky i dr. (2008) motornih pila, Šušnjar i dr. (2008) šumskih traktorskih skupova.

2. FORVARDER

Forvarder je specijalno šumsko vozilo namijenjeno izvoženju drva iz šume na pomoćno stovarište te za prijevoz drva na kraće udaljenosti po javnim cestama.



Slika 1. Forvarder LOGSET 4F

Pri eksplotaciji nizinskih i prigorskih jednodobnih šuma Hrvatske, česta je primjena izvoženja drva. U vremenu snažnog ulaska mehanizacije u eksplotaciji šuma nakon 1960. godine uz traktore se počinje primjenjivati traktor-(polu)prikolica. Istovremeno se uvoze forvarderi (1971) za izvoženje drva pretežno o nizinskom području.

Danas se drvo izvozi forvarderima i traktorima s poluprikolicom. Osim na izvoženju, forvarder se može upotrijebiti i u polufazi prijevoza na kraćim udaljenostima, čime se isključuje pretovar na pomoćnom stovarištu.

Primjena forvardera na izvoženje drva uvjetuje i primjenu tehnologiju izradbe šumskih sortimenata u šumi, odnosno sortimentnu metodu izradbe drva.

Bojanin i Sever (1987) određuju forvarder kao specijalno šumsko vozilo III generacije te navode da je prvi stvarni forvarder konstruiran u Švedskoj 1962. godine. Prema izvedbi voznog sustava forvarderi se dijele na kotačne i gusjenične (Sever 1988), a kotačni prema broju kotača na četvero kotačne, šestero kotačne, osmero kotačne

forvardere i desetero kotačne. S obzirom na ukupan broj i broj pogonskih kotača postoji više konstrukcija forvardera 4 x 4, 6 x 4, 6 x 6, 8x8.

Snaga pogonskog motora za kotačne forvardere kreće se od 17 do 120 kw a vlastita masa od 2 do 20 tona, dok je nosivost u opsegu od 3 do 18 tona (Poršinsky). S obzirom na masu forvarderi se dijele na: lake, srednje i teške. Prema vlastitoj masi Horvat (1993) forvardere dijeli na lake (< 10 t), srednje (10-20 t) i teške (>12 t).

Upravljanje forvarderima vrši se preko zgloba, promjenom kuta prednjeg i stražnjeg dijela vozila u vodoravnoj ravnini, što omogućuje najćešće dva hidraulička cilindra. Ovakav način upravljanja forvarderima omogućuje vanjske polumjere okretanja veličine od 4m do 9m što poboljšava samu kretnost, osim samog upravljanja zglobna veza omogućava svladavanje terenskih prepreka pri radu forvardera gibljivošću u uspravnoj ravnini.



Slika 2. Forvarder HSM 208 F pri svladavanju terenskih prepreka

Forvarder koji ima više od 4 kotača upotrebljavaju tzv. bogie most, kod kojeg su dva kotača smještena jedan blizu drugog. Primjenom bogi mosta omogućava se

amortiziranje traktora pri kretanju. Kotači povezani bogie mostom dobro slijede površinske neravnine ublažujući visinske razlike terena (Sever 1988, Horvat 1993).

Za prijenos pogonskog motora forvardera na kotače najčešće se koriste mehaničko-hidrodinamička, hidrostatsko-mehanička, te hidrostatska transmisija (Sever 1988).

Hidrauličkom dizalicom s rotatorom i hvatalom ugrađenom na poluprikolicu forvardera vrši se utovar i istovar drva. Doseg ugrađenih hidrauličkih dizalica vrši se utovar i istovar drva. Doseg ugrađenih hidrauličkih dizalica kreće se u opsegu od 5 do 10 (15)m, uz nazivni podizni moment između 50 i 100 kNm. Upravljanje dizalicama vrši se iz kabine forvardera upravljačkim ručicama.



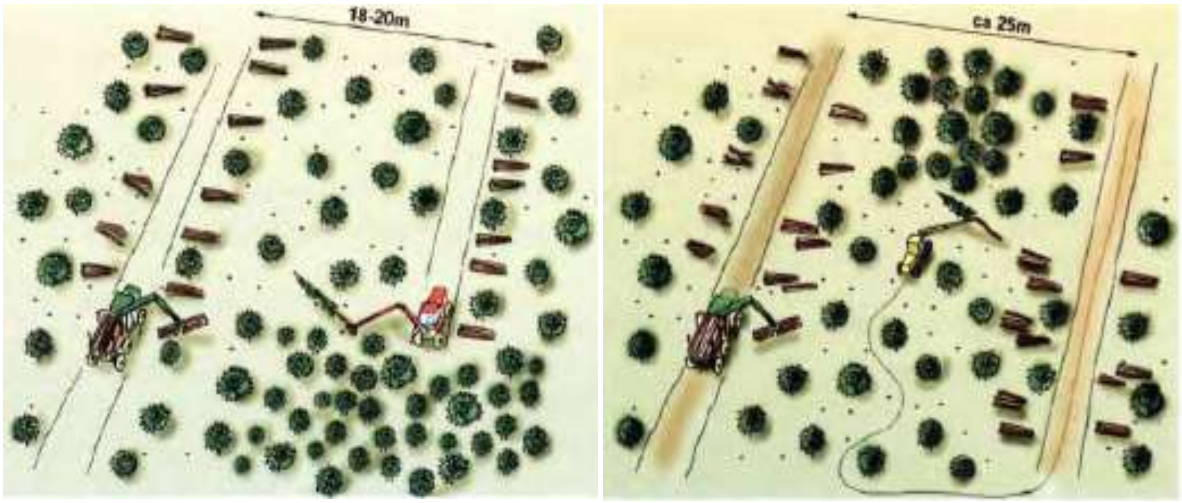
Slika 3. Unutrašnjost kabine prorednog forvardera

Proizvođači sve više pri gradnji posebnu pažnju poklanjaju izradi kabine vozila sa srhom da bude što lakše i sigurnije rukovanje samim strojem. Najznačajniji ergonomski elementi za forvardere su: razina buke i vibracije pri radu, položaj rukovatelja pri radu, rukovateljevo sjedalo, dostupnost upravljačkih uređaja, preglednost mjerne opreme, klimatski uvjeti u kabini, vidljivost iz kabine, osvjetljenje radnog okoliša, uvjeti penjanja i silaženja iz kabine, količina ispušnih plinova i prašine u kabini, radovi na održavanju (Sever 1988).

2.1. Forvarderi u sustavima pridobivanja drva

Sustav pridobivanja drva je sveobuhvatnost tehnologija i alata koji se koriste prilikom eksplotacije neke sječne jednice, pri čemu se pojedine sastavnice sustava pridobivanja drva mogu mijenjati, a da se ne mijenja metoda izradbe drva (Krpan i Poršinsky 2012).

Sustav potpuno mehaniziranog pridobivanja kratkog drva, razvijen je u skandinavskim zemljama, zasniva se na grupnom radu jednozahvatnog harvestera i forvardera usklađenih proizvodnih mogućnosti.



Slika 4. Sheme rada harvestera i forvardera u skupnom radu(Izvor:Krpan i Poršinsky 2002)

Skupni rad harvestera i forvardera sortimentnom metodom predstavlja zaokruženu cjelinu. Harvester izvodi sječu stabala, kresanje grana, trupljenje debla, mjerenje sortimenata i njihovo slaganje u hrpe koje će forvarder utovariti i izvesti do pomoćnog stovarišta.

Kod čistih sječa, harvester se kreće slobodno po sječini dok druge vrste sječa (prorede, preborne) zahtijevaju šumsku infrastrukturu. Vlake širine 3,5 do 4 metra harvestere si tijekom rada prosijeca na određenim međusobnim razmacima. Najjednostavnije međusobni razmak je 20 metara, pri kojem harvesteri hidrauličkom rukom dohvata 10 metara, krećući se po vlaci, mogu dosegnuti i oboriti sva stabla. Kod ovakvog načina rada, harvester okresane grane polaže pred kotače vozila čim poboljšava nosivost podloge odnosno smanjuje oštećenja tla na vlakama tijekom izvoženja drva forvarderom. Sustav je okolišno prihvatljiv jer nakon sječe u sastojini važna hranjiva ostaju čime se potiče stvaranje humusa i stabilnost staništa. Ukoliko

je razmak šumskih vlaka veći od 20 metara, tada se rad harvestera kombinira s ručno strojnom sječom ili se harvester kreće po površini između šumskih vlaka. Pri izvoženju sortimenata forvarderima omogućava razvrstavanje i slaganje oblog drva u visoke složajeve uz rubove šumske ceste kako bi se smanjila potreba za prostranim pomoćnim stovarištima duž šumske ceste. Izvoženje drva forvarderima predstavlja poseban oblik privlačenja drva, kod kojeg je teret potpuno izdignut od tla te se pri kretanju vozila svladavaju samo otpori kotrljanja.

U odnosu na ručno-strojnu sječu i izradbu stabala te privlačenje drva zglobnim traktorima vučom drva po tlu, rad harvestera i forvardera spada u okolišno prihvatljive tehnologije proizvodnje oblog drva.



Slika 5. Forvarder DASSER trs 10.08 prilikom istovara na pomoćnom stovarištu

U hrvatskom šumarstvu sječa i izradba obavlja se ručno strojnim radom. Motornim pilama se ruše stabla,krešu grane te izrađuju trupci i prostorno drvo. U Hrvatskoj uporaba strojeva za sječu nije u primjeni radi prirodnosti šuma, vrste drveća, dimenzija stabala, reljefu, metodama uzgajanja i uređivanja šuma (Krpan 1992). Pri eksplotaciji nizinskih i prigorskih jednodobnih šuma Hrvatske, forvarderima se izveze prosječno 15 do 20 % neto godišnjeg etata (Poršinsky 2000).

Forvarderi su u Hrvatskoj ponajprije namijenjeni za izvoženje glavnog prihoda tijekom zimske sječe, u sječinama s visokom sječnom gustoćom po jedinici površine (oplodne sječe). Tijekom razdoblja ljetne sječe koriste se za izvoženje prethodnog prihoda, odnosno pri čistim sječama topole, jasena na pruge te sanitarnim sječama. U sječini se forvarder kreće po izvoznom pravcu koji višekratnim prolaskom vozila prima izgled traktorske vlake. U dovršnim sječama forvarder se kreće slobodno po sječini jer pri utovaru drva svojim jednokratnim prolaskom ne oštećuje šumsko tlo i pomladak drveća.

Nakon utovara forvarderi izvoze drvo na pomoćno stovarište. Kod istovara trupci se slažu u složajeve s obje strane šumske ceste te se odmah razvrstavaju po vrstama drva i razredima kakvoće. Pri tome se mora voditi računa sa se trupci slažu s označenim pločicama krenuti prema putu. Visina složaja doseže 3 do 4 metra kako bi se smanjili zahtjevi za prostranim stovarištima. Slaganje i razvrstavanje privučene oblovine forvarderima prilikom istovara na pomoćnom stovarištu u odvojene složajeve pa vrstama drveća i razredima kakvoće pogoduje skraćenju vremena utovara drva u kamione (Krpan 1992). U uvjetima loše nosivosti tla na stražnje kotače forvardera montiraju se polugusjenice, a na prednje kotače lanci.

2.2. Povijesni razvoj forvardera

Početkom 20-og stoljeća drvo se iz šuma uglavnom privlačilo uz pomoć životinja (volova i konja), a slijedile su konstrukcije prvih vozila u obliku lokomotiva čiji je pogonski motor bio parni stroj. Razvoj je strojeva i dalje napredovao,pa su se 30-ih godina prošloga stoljeća pojavili gusjenični traktori s motorom sa unutarnjim izgaranjem (dizelski). Nakon Drugoga svjetskoga rata u šumarstvu se upotrebljavaju poljoprivredni traktori koji su u to vrijeme već imali pneumatike. Takvi se traktori za rad u šumi (privlačenje) najčešće dodatno opremaju polugusjenicama koje su bile postavljene na stražnje (pogonske) kotače, mehaničkom dizalicom sa vitlom i čeličnim užetom, te poluprikolicom. Sličan se sustav kod nas i danas upotrebljava u nizinskim šumama hrasta lužnjaka (ekipaža Pionir). Razvojem hidraulike konstruirana je hidraulična dizalica ugradnjom kojom se postupno iz upotrebe izbacuje mehanička dizalica.



Slika 6. Privlačenje drva strojevima na početku 20. Stoljeća

Upotrebom hidraulične dizalice uvelike je olakšan utovar i istovar trupaca,te je rad sa takvom dizalicom mnogo brži i sigurniji. Takav traktorski skup sa hidrauličnom dizalicom i poluprikolicom preteča je forvardera. Kada je 50-im godina prošloga stoljeća izumljeno zglobno upravljanje, ono je našlo primjenu i u šumarstvu. Što se tiče preteče forvardera, traktora sa hidrauličnom dizalicom i poluprikolicom, na mjestu gdje se poluprikolica veže sa rudom veže uz traktor ugrađuje se upravljački zglob,a ujedno se izbacuje prednji upravljački most traktora. Povezivanjem traktora i poluprikolice dobiveno je vozilo koje se u jednoj cjelini sastoji od dva (dijela) okvira međusobno povezanih samo zglobom. Prvi su forvarderi imali četiri kotača,po dva na svakom dijelu (okviru) gdje su svi kotači bili pogonski. Poslije se prvo stražnji most zamjenjuje sa bogi ovjesom,a nakon njega i prednji. Krajem 70-ih pa sve do polovice 80-ih godina forvarderi bivaju sve više usavršavani jer se u njih umjesto dotadašnje hidrodinamičko-mehaničke ugrađuje računalom upravljana hidrostatska-mehanička transmisija. Kabine na strojevima s vremenom su bile sve više ergonomski povoljnije. Razvojem računala i računalne tehnologije 90-ih godina mehanički su se sustavi preko hidraulični sastavnica prilagođavali upravljanju uz pomoć ručica na sjedištima vozača čime su se još više poboljšale ergonomske značajke forvardera.

Današnji se forvarderi koncepcijski ne razlikuju od onih od prije pola stoljeća,ali što se tiče okolišne pogodnosti,humanizacije rada i automatike, uvelike su uznapredovali i s punim se pravom mogu nazvati vrhunskom tehnologijom u šumarstvu.

U današnje vrijeme za forvardere se može reći da su dosegnuli maksimum u svom razvoju, međutim još uvijek postoje neke stvari koje se mogu doraditi,promijeniti i na kraju krajeva poboljšati.



Slika 7. Moderni forvarder (Izvor: www.directindustry.com)

3. CILJ ISTRAŽIVANJA

Glavni cilj istraživanja je na temelju izabranih geometrijskih, masenih i drugih veličina utvrditi trenutačno stanje, svojstva i zakonitosti, ali i mogući tijek razvoja forvardera. Na temelju morfološke analize određuje se položaj različitih vrsta forvardera unutar obitelji forvardera. Objektivnim sagledavanjem i međusobnim uspoređivanjem dimenzijskih i tehnološko - tehničkih značajki dolazi se do smjernica za daljnje unaprjeđenje radnih karakteristika te ekoloških i ergonomskih pogodnosti forvardera pri izvođenju radova.

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Podaci o forvarderima na temelju kojih je provedeno istraživanje su preuzeti sa internetskih baza podataka, te službenih internetskih stranica i kataloga proizvođača forvardera. Istraživanje se temelji na sedam odabranih morfoloških značajki na uzorku od 51 tipova forvardera (tablica 1). Ovisnost pojedinih tehničkih značajki o masi jedinstvena je za svaki forvarder. Grupiranjem forvardera sličnih ovisnosti dolazi se do određenih zakonitosti. Tehničke značajke koje su korištene u ovom istraživanju su:

- masa – *m* (kg)
- nosivost – *m* (kg)
- snaga pogonskog motora – P_M (kW)
- duljina – *L* (mm)
- širina – *B* (mm)
- visina krova kabine – H_C (mm)
- indeksi oblika – *H/L* i *B/L*

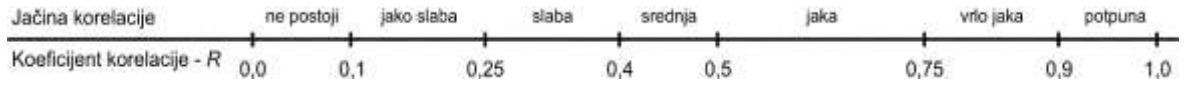
Tablica 1. Popis forvardera i njihove značajke

Br.	Naziv	*P* (kW)	Nosivost (kg)	*L* (mm)	*B* (mm)	H_c (mm)	*m* (kg)	*B/L*	H_c/L
1	ECO LOG 554 C	129	10000	9246	2630	3583	12200	0,2844	0,3875
2	ECO LOG 564 C	150	12000	9063	2650	3685	16800	0,2924	0,4066
3	Eco Log 574 C	150	14000	9920	2670	3860	17300	0,2692	0,3891
4	Eco Log 594 C	220	19000	10250	3060	3900	21800	0,2985	0,3805
5	FELIX 145 VS - Kombimaschine	132	10000	6120	2550	3750	12500	0,4167	0,6127
6	FELIX 180-6 WD V - Kombimaschine	132	10000	6670	2550	3750	14000	0,3823	0,5622
7	GREMO 1050 F	120	10500	8825	2760	3452	12130	0,3127	0,3912
8	GREMO 1350 VT	141	13000	9300	2665	3850	16730	0,2866	0,414
9	HSM 208 F 11 t	175	10000	9800	2600	3590	16000	0,2653	0,3663
10	HSM 208 F 11 t - Kurzchassis	175	11000	9910	2600	3560	18000	0,2624	0,3592
11	HSM 208 F 12 t	175	12000	10500	2600	3590	16500	0,2476	0,3419
12	HSM 208 F 14 t	175	14000	10300	2860	3650	18500	0,2777	0,3544

13	HSM 208 F 14 t - Steilhang	175	12000	9960	2860	3580	19200	0,2871	0,3594
14	HSM 208 F 6 WD	129	10000	9380	2600	3570	15000	0,2772	0,3806
15	HSM 208 F 9 t	104	9000	8800	2500	3560	13800	0,2841	0,4045
16	HSM 208 F 9 t - Kurzchassis	129	9000	9740	2550	3690	15000	0,2618	0,3789
17	HSM 208 F BigFoot	175	10000	9800	3000	3590	16000	0,3061	0,3663
18	HSM 904 F Kurzchassis	175	12000	8790	2600	3590	16200	0,2958	0,4084
19	JOHN DEERE 1010E 6w	115	11000	9390	2820	3600	12800	0,3003	0,3834
20	JOHN DEERE 1110E 8w	136	12000	9570	2700		17300		
21	JOHN DEERE 1110E IT4	136	12000	9720	2890	3800	15200	0,2973	0,3909
22	JOHN DEERE 1210E IT4	145		9720	2956	3800	17780	0,3041	0,3909
23	JOHN DEERE 1510E IT4	156	15000	9570	2950	3800	17900	0,3083	0,3971
24	JOHN DEERE 810E	100	9000	8240	2680	3780	12950	0,3252	0,4587
25	Komatsu 830.3	107	9000	8122	2600	3526	10500	0,3201	0,4341
26	Komatsu 835	127	11000	9230	2640	3797	15850	0,286	0,4114
27	Komatsu 840TX 6-Rad	129	12000	9017	2894	3909	13800	0,3209	0,4335
28	Komatsu 840TX 8-Rad	129	12000	9017	2886	3778	14800	0,3201	0,419
29	Komatsu 845	140	12000	9231	2850	3795	16600	0,3087	0,4111
30	Komatsu 855 6-8 - Rad	150	13000	9829	2690	3844		0,2737	0,3911
31	Komatsu 865 6-8 - Rad	158	15000	9829		3844	15860		
32	Komatsu 895	193	20000	10565	3160	3965	23800	0,2991	0,3753
33	LOGSET 10F GT	205	18000	11800	3070	4100	22000	0,2602	0,3475
34	LOGSET 4F	108	10000	9121	2460	3685	12000	0,2697	0,404
35	LOGSET 5F	125	11000	9121	2620	3732	14500	0,2872	0,4092
36	LOGSET 6F GT	150	13000	9658	2780	3818	16000	0,2878	0,3953
37	PONSSE BUFFALO+	210	14000	9405	2670	3750	18500	0,2839	0,3987
38	PONSSE Buffalo Dual	210	14000	8920	3085	3860	20650	0,3459	0,4327
39	PONSSE ELK	130	13000	9150	2670	3780	17500	0,2918	0,4131
40	PONSSE	129	10000	8830	2450	3710	13800	0,2775	0,4202

	GAZELLE								
41	PONSSE WISENT	130	12000	8800	2610	3750	16000	0,2966	0,4261
42	PREUSS 81-10	113	11000	8700	2750	3650	11800	0,3161	0,4195
43	PREUSS 81-12	152	12000	10535	2700	3800	16400	0,2563	0,3607
44	PREUSS 81-16	181	16000	10600	2900	3850	19800	0,2736	0,3632
45	ROTTNE F13 C	164	13000	9833	2924	3864	19700	0,2974	0,393
46	ROTTNE F15 C	165	14000	9833	2890	3864	18700	0,2939	0,393
47	ROTTNE Solid F10 B	116	9000	8513	2530	3687	12000	0,2972	0,4331
48	ROTTNE Solid F18	187	18000	10890	3050	3700	23000	0,2801	0,3398
49	SILVATEC Sleipner Forwarder 814TF	205	14000	9785	2690	3750	18000	0,2749	0,3832
50	STEFAN-BAVARIA	127	12000	9200	2500	3450	11450	0,2717	0,375
51	STEFAN-Mini	86	10000	8200	2500	3450	11200	0,3049	0,4207

Podaci su tablično razvrstani i statistički obrađeni u računalnom programu Microsoft Office Excel 2007 pomoću kojega su određene postojeće ovisnosti i dobivene regresijske jednadžbe 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. U svrhu utvrđivanja jakosti veze između izjednačenih nezavisnih i zavisnih varijabli korištena je Römer – Orphalova skala (slika 8).



Slika 8. Römer – Orphalova skala

4.1. Morfološka analiza

Morfološka analiza je jedna od metoda proučavanja strojeva koji se rabe u radovima pridobivanja drva. Provodi se na temelju izabranih geometrijskih, masenih i drugih veličina pomoću kojih se izražavaju ovisnosti i donosi sud o valjanosti izbora stroja.

Jednu od prvih morfoloških raščlambi vozila za kretanje izvan prometnica provodi Bekker (1956). Tada on navodi da problemi morfologije vozila nisu pitanja vezana za

ograničavajuće čimbenike u prometu, već uz njihovu učinkovitost i troškove. Njegovo je mišljenje da će objekt koji se kreće u nekom mediju poprimiti oblik koji pruža najmanji otpor kretanju.

Sever (1980) morfološkom raščlambom uspoređuje šumske zglobne traktore s vitlom sa nadograđenim poljoprivrednim traktorima, donoseći statistički potvrđen zaključak da zglobni traktori spadaju u posebnu obitelj vozila za kretanje po bespuću, iako su razvijeni iz poljoprivrednih traktora.

Sever i Horvat (1992A) prikazuju bazu podataka najvažnijih značajki strojeva za privlačenje drva, smatrajući da tako sjedinjeni podaci mogu poslužiti projektantima pri konstrukciji i poboljšanju vozila, a šumarskim stručnjacima pri izboru i kod nabave nove opreme. Isti autori (1992B) prikazuju osnovne morfološke značajke i nekih drugih šumskih strojeva nakon utemeljenja prvih baza podataka dimenzijskih značajki. Zaključuju da osnovne morfološke značajke jasno pokazuju zajednička obilježja obitelji prikazanih šumskih strojeva.

Horvat i Kristić (1999) iznose prvu morfološku analizu prorednih traktorskih skupova (traktor s poluprikolicom i hidrauličnom dizalicom) kao polazište u traženju optimalnog rješenja za nizinske šume, dok Horvat i Šušnjar (2001 i 2003) prikazuju razvoj morfoloških značajki poljoprivrednih traktora, zaključujući da dostignuta raznovrsnost njihove konstrukcije omogućava izbor pogodne inačice traktora za prilagodbu za šumske radove te kasnije rade analizu pogodnosti opremanja uzgojnog traktora farmi vitlom.

Šušnjar i sur. (2007) prikazuju morfološku raščlambu različitih tipova hidrauličnih dizalica koje se ugrađuju na strojeve za izvođenje šumskih radova kako bi se vidjele različitosti njihovih tehničkih značajki i mogućnosti njihove primjene.

Poršinsky i sur. (2008) koristeći metodu morfološke analize prikazuju razvoj i međusobne razlike različitih tipova motornih pila lančanica.

Iz navedenih dosadašnjih radova uočava se značajnost morfološke analize kao metode pri analizi pogodnosti šumskih vozila.

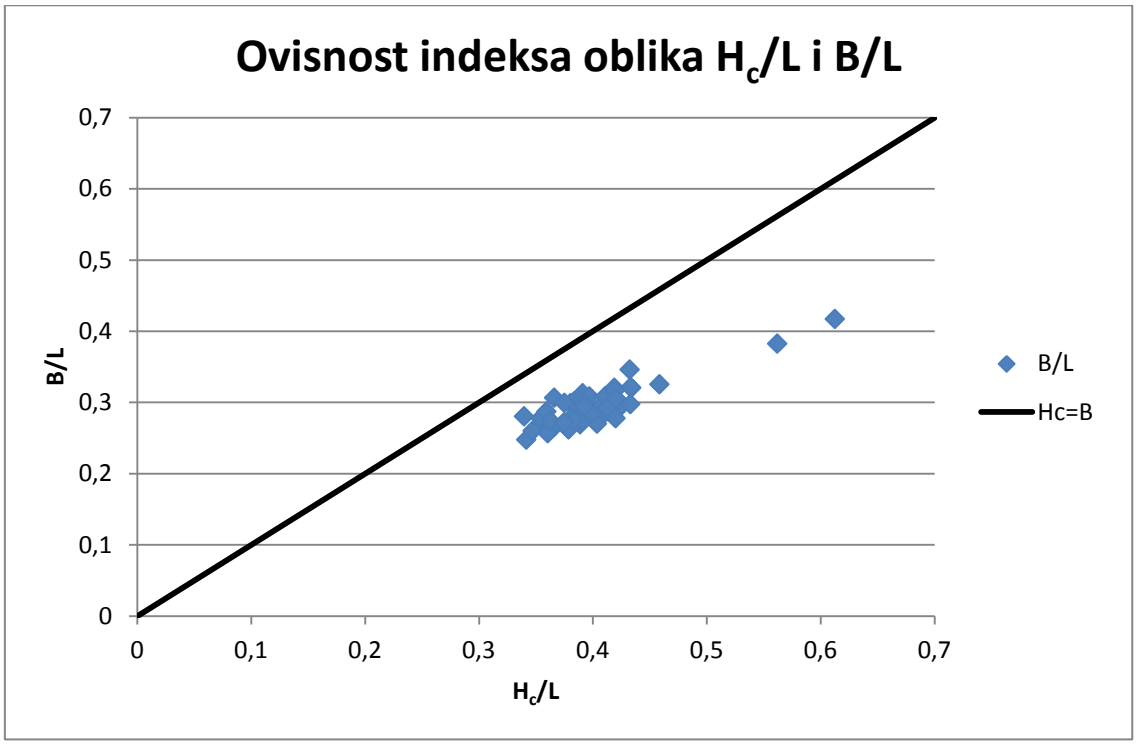
5. REZULTATI

Provedenom morfološkom analizom polučile su se određene ovisnosti između morfoloških i ostalih značajki istraživanih forvardera. Na temelju dobivenih rezultata dati će se smjernice budućeg razvoja forvardera.

5.1. Indeks oblika

Bekker (1956, 1960 i 1969) iznosi mišljenje 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. U ovom istraživanju korištena je visina do krova kabine forvardera. Za vozila koja pripadaju istoj obitelji, indeksi oblika najvažnije su značajke kojima se one opisuju i služe kao početna obavijest o proučavanom vozilu i njegovom svrstavanju u već poznatu obitelj vozila.

Na slici 9 je prikazana ovisnost indeksa oblika *Hc*/*L* i *B*/*L.* Većina istraživanih forvardera se nalazi u području prevladavanja visine nad širinom, ispod pravca *Hc=B*.

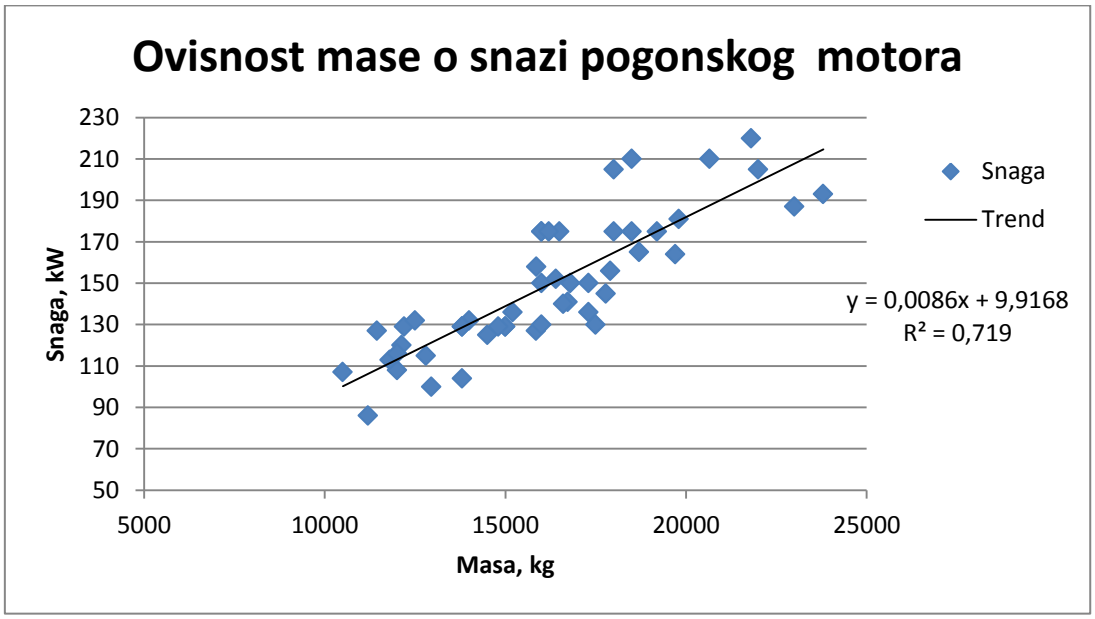


Slika 9. Ovisnost indeksa oblika Hc/L i B/L

5.2. Ovisnost pojedinih morfoloških značajki o masi forvardera

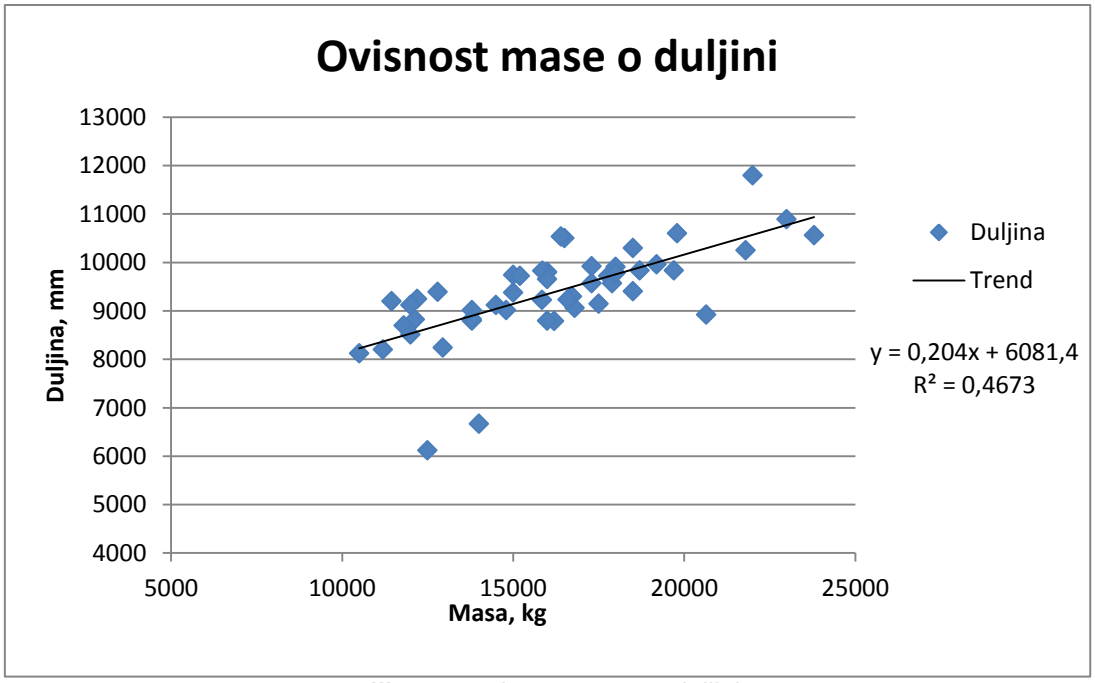
Značajnost mase kao morfološke značajke forvardera je višestruka. Forvarderi su strojevi kojima je potrebna velika masa iz razloga što je predmet rada stablo koje, ovisno o svojim značajkama, ima veliku masu, te djeluje na stabilnost forvardera preko hidraulične dizalice. Gledajući veliku masu forvardera iz aspekta okolišne pogodnosti ona je nepovoljna jer povećava dodirni tlak kotača na tlo, što rezultira većim oštećivanjem šumskog tla. Povećana masa također povećava otpor kotrljanja.

Na slici 10 je prikazana ovisnost snage pogonskog motora o masi forvardera. Jasno se može uočiti da je za forvarder veće mase potreban motor veće snage. Potreba za većom snagom motora se može obrazložiti činjenicom da forvarderi veće mase imaju hidraulične pumpe koje zahtijevaju veću snagu da bi mogle pokretati radne dijelove forvardera.



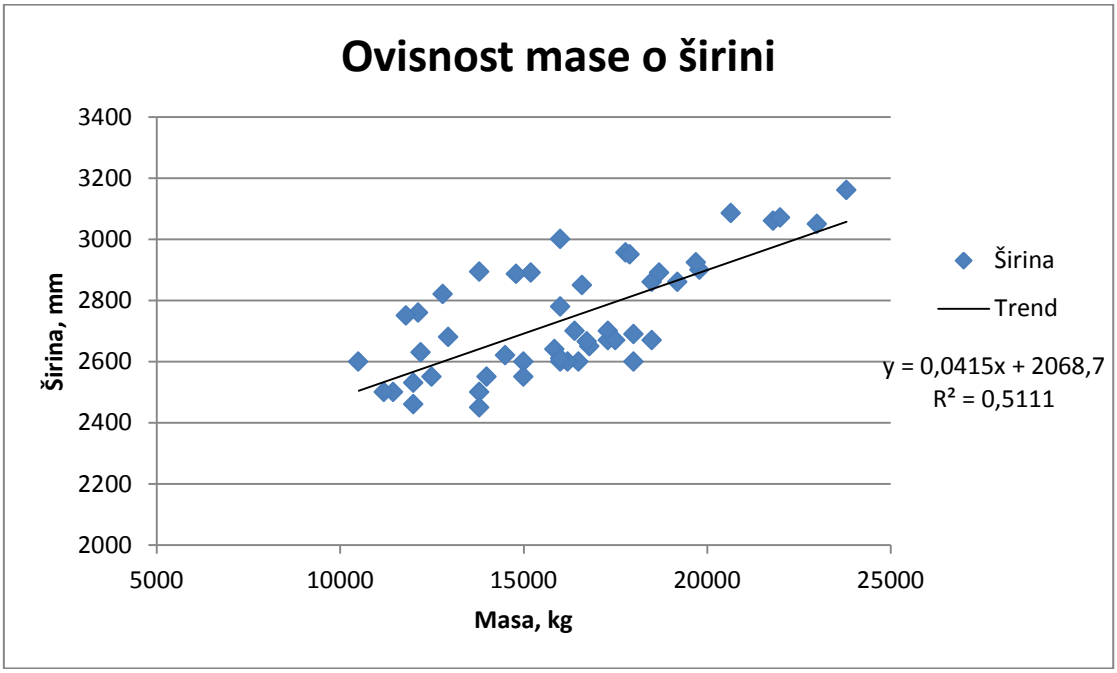
Slika 10. Ovisnost mase o snazi pogonskog motora

Slika 11 prikazuje ovisnost duljine o masi forvardera. Uočen je rast duljine sa povećanjem mase. Porast duljine forvardera negativno se odražava na njegovu kretnost po šumskom bespuću. Veća duljina podrazumijeva veći polumjer okretanja, te posljedično, manju kretnost.



Slika 11. Ovisnost mase o duljini

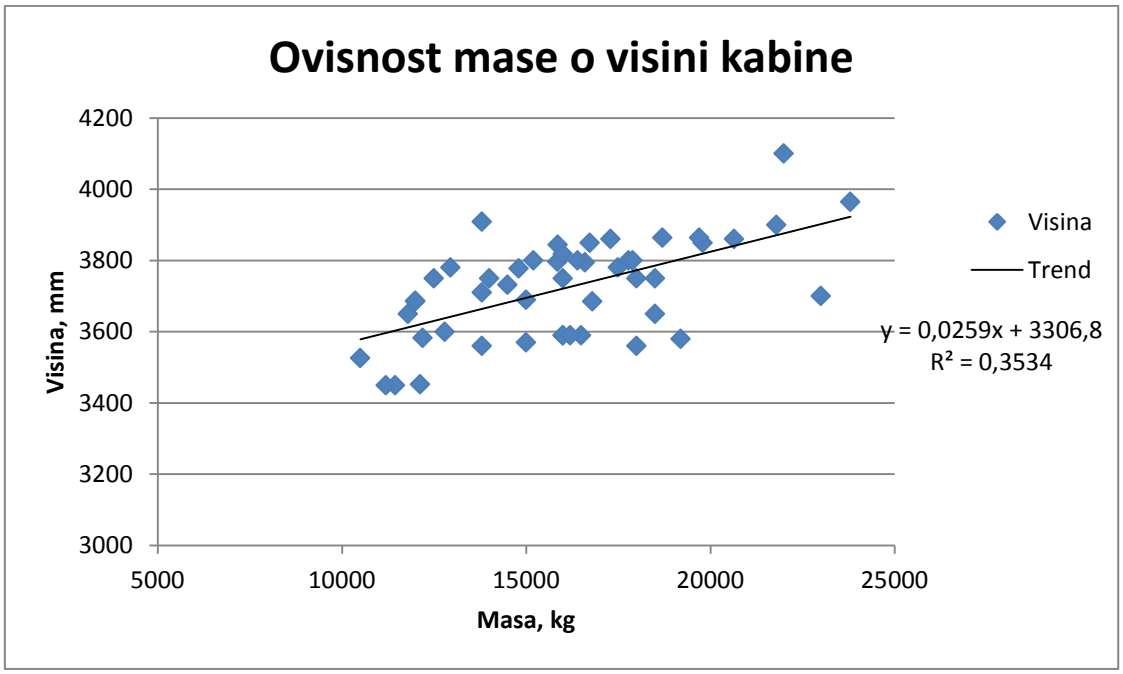
Ovisnost širine o masi je prikazana na slici 12. Dobiveni grafikon prikazuje da širina forvardera raste sa povećanjem mase. Porast širine je nužan zbog bočne stabilnosti forvardera koji ima visoku točku težišta zbog visoko pozicioniranog tereta , ali je ograničen činjenicom da je za kretanje po šumskim vlakama potrebna manja širina, te utjecajem širine na oštećivanje dubećih stabala.



Slika 12. Ovisnost mase o širini

Na slici 13 iskazana je ovisnost visine kabine o masi. Visina kabine raste sa povećanjem mase. Povećavanjem visine forvardera raste visina točke težišta što

nepovoljno utječe na bočnu stabilnost. Visina kabine je također ograničena zakonskim propisima koje forvarderi moraju zadovoljiti prilikom transporta po javnim prometnicama.

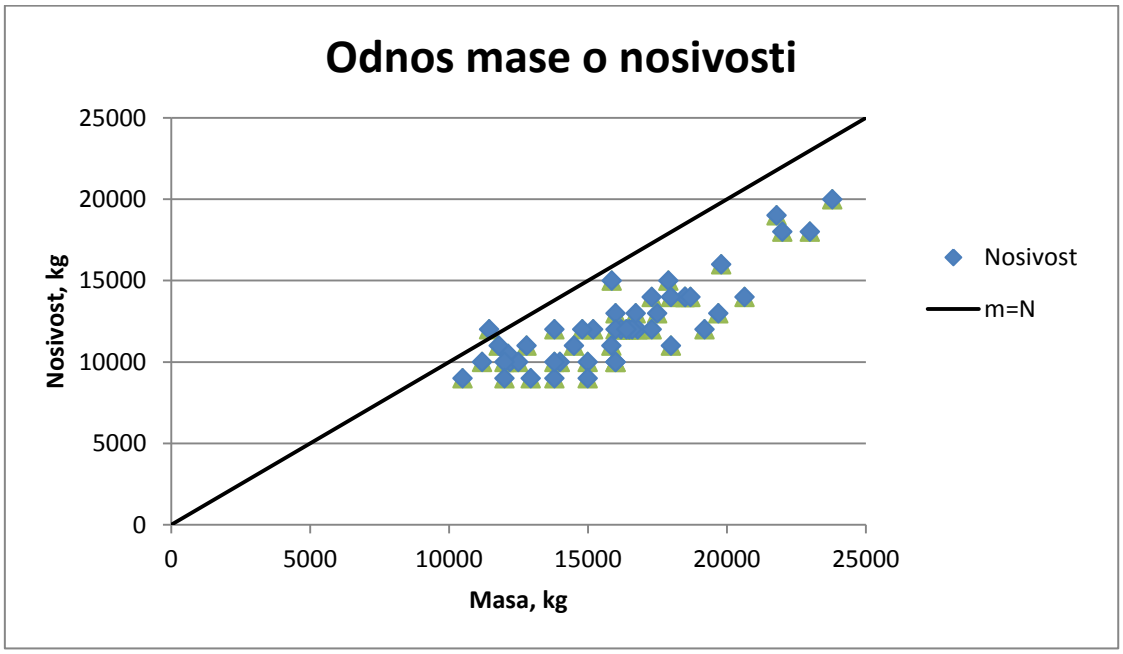


Slika 13. Ovisnost mase o visini kabine

Masa je veoma važan parametar u morfologiji forvardera što proizlazi iz pretpostavke ako nema mase nema ni ostalih značajki vozila. Nosivost vozila smatra se jednom od najvažnijih eksplotacijskih značajki i u pravilu bi trebala biti približno jednaka masi vozila, a to ovisi o materijalu od kojega je vozilo izrađeno. Na prikazanom grafu (slika 15) se može uočiti da nosivost istraživanih forvardera ipak manja od njihove mase. Izdvaja se forvarder Stefan Bavaria (slika 14) kojemu je nosivost 12000 kg, a masa 11450 kg.



Slika 14. Forvarder Stefan Bavaria



Slika 15. Ovisnost mase o nosivosti

6. ZAKLJUČAK

Provedenom morfološkom analizom istraživanih modela forvardera ustanovljene su određene zakonitosti koje će biti obrazložene dalje u tekstu.

Analizom odnosa indeksa oblika dolazi se do zaključka da su forvarderi vozila kod kojih prevladava visina nad širinom. Potrebe kretnosti ne dopuštaju konstrukciju forvardera sa širim podvozjem.

Iako je masa ključni faktor stabilnosti forvardera, zbog njenog negativnog utjecaja na šumsko tlo preporuča se traženje rješenja problema stabilnosti u drugim morfološkim značajkama. Smatra se da je potrebno zaustaviti daljnje povećanje mase forvardera. Strateška raspodjela mase, snižavanje težišta i upotreba širih guma i polugusjenica dobra su alternativa povećanju stabilnosti forvardera.

Povećavanje snage pogonskog motora sa porastom mase je uvelike uvjetovano potrebama hidrauličnog sustava. Pogonski motor, osim za kretanje forvardera po bespuću, služi za opskrbu snagom više hidrauličnih pumpi unutar forvardera. Sa porastom mase rastu i zahtjevi hidrauličnih pumpi za snagom, te je nužna ugradnja snažnijih pogonskih motora.

Rast duljine forvardera u odnosu na njegovu masu odražava se na njegovu kretnost po šumskom bespuću. Porastom duljine se povećava radijus skretanja, međutim zbog nužne duljine tovarnog prostora forvardera smanjenje ukupne duljine forvardera nije moguće.

Širina forvardera se povećava sa njegovom masom, međutim zbog potreba kretnosti porast širine je ograničen. Veća širina je nužna zbog bočne stabilnosti stroja koja je narušena visoko pozicioniranim tovarom, tj. visokom točkom težišta, Forvarder je stroj koji se kreće po šumskom bespuću te mu je iz tog razloga potrebna manja širina, također forvarderi sa većom širinom prave veće štete na dubećim stablima pa im je i iz tog aspekta porast širine ograničen.

Rezultati odnosa visine kabine forvardera i mase forvardera su prikazali da se visina povećava u odnosu na masu. Iz priloženog grafa je vidljivo da se visine kabine kreću od 3,4 do 4 metra. Povećavanjem visine se smanjuje bočna stabilnost forvardera te je potrebno nastaviti razvoj forvardera sa manjom visinom. Visina kabine je također ograničena zakonskim propisima koje forvarderi moraju zadovoljiti prilikom transporta po javnim prometnicama.

Uvriježeno je mišljenje da je nosivost forvardera približno jednaka njegovoj masi. Međutim na priloženom grafu je vidljivo da je u svim slučajevima masa forvardera veća od njegove nosivosti, osim u slučaju forvardera Stefan Bavaria. Daljnji razvoj forvardera je potrebno nastaviti sa naznakom na smanjenje mase. Manja masa forvardera se pozitivno odražava na njegovu okolišnu pogodnost zbog manjeg nominalnog tlaka na tlo. Smanjenje mase je moguće ostvariti uporabom lakših i čvršćih materijala pri konstrukciji forvardera.

7. LITERATURA

1. Bekker, M., G., 1956: Theory of Land Locomotion, Univ. of Michigan Press, 1-499.
2. Bekker, M., G., 1960: Off-the-road locomotion, Univ. of Michigan Press, 1-215.
3. Bekker, M., G., 1969: Introduction to Terrain-Vehicle Systems, Univ. of Michigan Press, 1-846.
4. Horvat, D., 1993: Prilog proučvanja prohodnosti vozila na šumskom tlu. Disertacija, Fakultet Strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, 1-234.
5. Horvat, D., 2001: Morfološke značajke adaptiranih poloprivrednih traktora s ugradnjom različitih vitala (Morphological characteristics of adapted farming tractors equiped with different winches). Znanstvena knjiga „ Znanost o potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama“, 525-533.
6. Horvat, D., Kristić, A., 1999: Research of some morphological features of thinning tractor assemblies with semi-trailer (Istraživanje nekih morfoloških značajki prorjednih traktorskih skupova s poluprikolicom). Zbornik sažetaka na IUFRO savjetovanju „Emerging Harvesting Issues in Technology Transition at the End of Century“, Opatija, 99-100.
7. Horvat, D., Šušnjar, M., 2001: Morphological analysis of farming tractors used in forest works, FORMEC 2001, Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno, 27-38.
8. Horvat, D., Šušnjar, M., 2003: Comparison between some technical characteristics of STEYR farming tractor equipped with 3 variants of Tajfun farmi winches and with fixed Tigar winch. Proceedings of Joint FAO/ECE/ILO & IUFRO Workshop on operation improvements in farm forests, Logarska dolina (Slovenija), 83-95.
9. Pandur, Z., Vusić, D., Papa, I., 2009: Dodatna oprema za povećanje proizvodnosti forvardera. Nova mehanizacija šumarstva 30, 19-25.
10. Poršinsky, T., 1997: Određivanje položaja Kockmusa 850 i Timberjacka 1210 u obitelji forvadera morfološkom raščlambom (The morphological analysis determination of the Kockmus 850 and Timberjack 1210 positions in the forwarder family). Mehanizacija šumarstva 22(3), 129-139.
11. Poršinsky, T., 2000: Čimbenici učinkovitosti forvardera Timberjack 1210 pri izvoženju oblog drva glavnog prihoda nizinskih šuma Hrvatske (Efficiency

factors of Timberjack 1210 at forwarding the main felling roundwood in Croatian lowland forests). Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1-140.

12. Poršinsky, T., 2005: Djelotvornost i ekološka pogodnost forvardera Timberjack 1710 pri izvoženju oblovine iz nizinski šuma Hrvatske. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 1-170.
13. Poršinsky, T., Stankić, I., Bosner, A., Pentek, T., 2008. Morphological analysis of chainsaws. III International scientific conference FORTECHENVI, 26-30 May 2008., Prague, Czeh Republic.
14. Poršinsky, T., Stankić, I., Bosner, A., Pentek, T., 2008. Morphological analysis of chainsaws. III International scientific conference FORTECHENVI, 26-30 May 2008., Prague, Czeh Republic.
15. Sever, S., 1980: Istraživanje nekih eksplotacijskih parametara traktorakod privlačenja drva. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1-301.
16. Sever, S., 1988: Proizvodnost i preformanse forvardera u radovima privlačenja drva (Productivity and preformance of forwarders in hauling operations). Mehanizacija šumarstva 18(5-6): 59-87.
17. Sever, S., Horvat, D., 1992A: Logging wheeled tractor data bank for assistance in machine family evaluation. Proceedings of IUFRO workshop „Computer supported planning of roads and harvesting“, Feldafing, Germany, 281-288.
18. Sever, S., Horvat, D., 1992A: Skidders and forwarders database as source and help in determining morphological relationships. Proceedings of IUFRO workshop „ Computer supported planningof roads and harvesting“, Feldafing, Germany, 196-200.
19. Sever, S., Horvat, D., 1992B: 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.
20. Stankić, I., 2010: Višekriterijsko planiranje izvoženja drva forvarderimaiz nizinskih šuma Hrvatske. Disertacija. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1-123.

21. Šušnjar, M., 1988: Istraživanje ovisnosti nekih tehničkih značajki iverača morfološkom raščlambom. Mehanizacija šumarstva. 23 (3-4), 139-150.
22. Šušnjar, M., Borić, D., 2008: Morfološka raščlamba farmerskih vitala. Nova mehanizacija šumarstva 29(1), 29-35.
23. Šušnjar, M., Horvat D., Grahovac, I., 2007: Morfološka raščlamba hidrauličnih dizalica. Nova mehanizacija šumarstva 28(1), 15-26.
24. Šušnjar, M., Horvat, D., Grahovac, I., 2007: Morfološka raščlamba šumskih hidrauličnih dizalica. Nova mehanizacija šumarstva 28: 15-26.
25. www.directindustry.com
26. www.forestryequipmentsales.com
27. www.gieldanaszyn24.pl
28. www.mascus.com
29. www.proplanta.de
30. www.timberjack.com