

Analiza primjene forvardera u hrvatskom šumarstvu

Mance, Mihael

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:528720>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-18**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE

ŠUMARSKI ODSJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ

ŠUMARSTVO

MIHAEL MANCE

ANALIZA PRIMJENE FORVARDERA U HRVATSKOM ŠUMARSTVU

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB (RUJAN 2022.)

Predmet:	Osnove mehanizacije šumarstva
Mentor:	Prof. dr. sc. Marijan Šušnjar
Student:	Mihael Mance
JMBAG:	0068233369
Akad. godina:	2021./2022.
Mjesto, datum obrane:	Zagreb, 16. rujan 2022.
Sadržaj rada:	Slika: 9 Tablica: 8, Grafikona: 6 Navoda literature: 17 Stranica: 22
Sažetak: Forvarderi su zglobno upravljani šumski strojevi namijenjeni za izvoženje drva kod kojega su oba čela trupca izdignuta od tla, te uvjetuju primjenu sortimentne metode izrade drva. Kako su forvarderi iznimno skupi strojevi, a samim time i njihov rad, potrebno je analizirati učinkovitost, potrošnju goriva i vrijeme zastoja strojeva. Na osnovu prikupljenih podataka o radnim satima, pogonskim satima, potrošnji goriva, radnom učinku te zastojima, analizirat će se i prikazati rezultati o potrošnji goriva, učinkovitosti, te iskorištenju i tehničkoj ispravnosti forvardera.	

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. POVIJEST FORVARDERA	2
1.2. FORVARDER	4
1.3. SUSTAV PRIDOBIVANJA DRVA POMOĆU FORVARDERA	8
2. CILJ ISTRAŽIVANJA	9
3. MATERIJALI I METODE	9
4. REZULTATI.....	10
3. ZAKLJUČAK	20
4. LITERATURA	21

1. Uvod

Razvoj tehničke sastavnice hrvatskog šumarstva, kao i ostalih, započinje prije gotovo dva i pol stoljeća s razvojem šumarstva kao struke, odnosno ustrojenjem prvih organiziranih oblika šumarske službe na području današnje Hrvatske (Matić i Anić, 2015).

Početak mehaniziranog privlačenja oblog drva u šumarstvu Hrvatske započinje 50-ih godina prošloga stoljeća, gdje su se upotrebljavali velikoserijski poljoprivredni traktori opremljeni zaštitnom konstrukcijom, te šumskim vitlima. Poljoprivredni traktori su pokazali nezadovoljavajuće radne značajke za privlačenje drvnih sortimenata kao što su: velike dimenzije, loša uzdužna stabilnost, veliko opterećenje stražnje osovine pri privlačenju tovara, veliki krug okretanja. Zbog navedenih nedostataka, za potrebe privlačenja drva razvijaju se specijalizirani šumski zglobni traktori – skideri i forvarderi, koji se prvi put upotrebljavaju sedamdesetih godina prošloga stoljeća za privlačenje drva (Šušnjar 2005).

Sječa i izrada drva još uvijek nije visoko mehanizirana, primjenjuje se ručno-strojna metoda kojom se obaraju stabla, te se oblikuju sortimenti. Uporabom motornih pila lančanica stabla se obaraju, krešu se grane, debla se prerezuju u trupce, te se izrađuje prostorno drvo. Privlačenje drva izvodi se mehanizirano, a strojevi za sječu i izradu drva na našim su se prostorima počeli pojavljivati ne tako davno. Riječ je o nekolicini strojeva koji se nalaze u vlasništvu privatnih izvoditelja šumskih radova.

Strojna sječa i izrada drva uvelike umanjuje tjelesno opterećenje radnika, a osim navedenog, glavni ciljevi mehaniziranja ove sastavnice pridobivanja drva su: podizanje proizvodnosti, smanjenje troškova proizvodnje, te humanizacija rada. (Krpan 2000.)

U odnosu na ručno-strojnu sječu i izradu, te privlačenje drva zglobnim traktorima vučom drva po tlu, rad harvesterom i forvarderom spada u okolišno prihvatljivije tehnologije proizvodnje obloga drva (Andersson 1994., Richardson i Makkonen 1994).



Slika 1. Forvarder (izvor: Google pretraživač).

1.1 Povijest 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. 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 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 hidrauličnih 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 dosegli maksimum u svom razvoju, međutim još uvijek postoje neke stvari koje se mogu doraditi, promijeniti i na kraju krajeva poboljšati (Pandur 2009.).



Slika 2. Razvoj forvardera (Pandur 2009.).

1.2 Forvarder

Po definiciji, forvarder je specijalizirano šumsko vozilo čija je namjena izvoženje drva iz šumske sastojine na pomoćno stovarište, te prijevoz drva javnim prometnicama na kraćim udaljenostima (ISO 13860:2016).



Slika 3. Forvarder HSM 208F (izvor: www.hsm-forest.net).

Kod nas se forvarderi koriste pri eksploataciji nizinskih i prigorskih jednodobnih šuma. Prvi forvarderi na našim prostorima počeli su se pojavljivati početkom 70-ih godina prošloga stoljeća na poslovima izvoženja drva u nizinskom području (Sever i Slabak 1988). Primjena forvardera uvjetuje i primjenu sortimentne metode izrade drva (Poršinsky 2001).

Po izvedbi voznoga sustava dijele se na gusjenične i kotačne (Sever 1988.), a prema broju kotača razlikujemo četvero kotačne, šestero kotačne, osmero kotačne i desetero kotačne forvardere. Obzirom na broj pogonskih kotača razlikujemo više konstrukcija, a to su 4 x 4, 6 x 4, 6 x 6, 8 x 8.

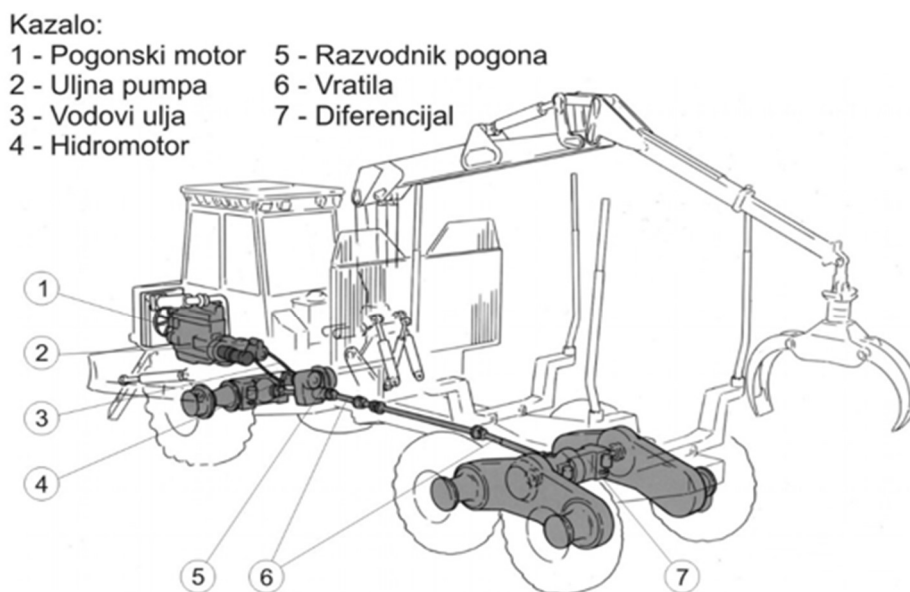
Raspon snage motora kreće se od 17 do 120 kW, masa od 2 do 20 tona, a nosivost u opsegu od 3 do 18 tona (Poršinsky 2005). Prema veličini ih svrstavamo u 4 glavne kategorije, a to su: mali (<6 tona), proredni (od 6 do 11 tona), srednji (od 11 do 18 tona) i veliki (>18 tona).

Forvarder se sastoji od nekoliko glavnih dijelova, a to su: pogonski motor, kabina, hidraulična dizalica, rotor, hvatalo, tovarni prostor, stražnji bogi ovjes, prednji bogi ovjes i dvosmjerni zglob.



Slika 4. glavni dijelovi forvardera (izvor: prezentacija prof. Šušnjara).

Modernim forvarderima upravlja se već spomenutom računalno upravljanom hidrostatsko-mehaničkom transmisijom koja se sastoji od nekoliko osnovnih dijelova, a to su: pogonski motor, uljna pumpa, vodovi ulja, hidromotor, razvodnik pogona, vrtila i diferencijal.



Slika 5. glavni dijelovi hidrostatsko-mehaničke funkcije (izvor: prezentacija prof. Šušnjara).

Upravljanje forvarderom vrši se prelamanjem zgloba u horizontalnoj ravnini uz pomoć dva hidraulična cilindra, dok se za savladavanje terenskih prepreka zglob lomi u vertikalnoj ravnini. Dodatna stabilizacija stroja koji ima više od četiri kotača riješena je primjenom bogi ovjesa kod kojega su dva kotača smještena jedan blizu drugoga i koji vrlo dobro slijedi površinske prepreke i naglije promjene u uzdužnom nagibu terena (Poršinsky 2002).



Slika 6.



Slika 7.

Slike 6. i 7. prikazuju mogućnosti savladavanja površinskih prepreka pomoću bogi ovjesa (izvor: www.google.com/search?q=forwarder).

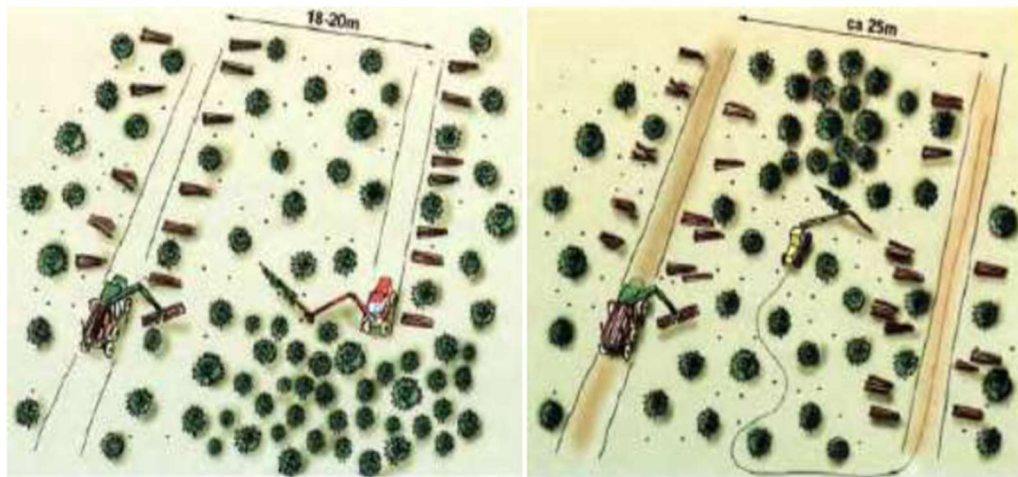
Proizvođači sve više pažnje poklanjaju izradi zaštitne kabine kako bi upravljanje strojem bilo što lakše, sigurnije i udobnije. Neki od najznačajnijih ergonomskih elemenata forvardera su: razina buke i vibracije pri radu, položaj rukovatelja pri radu, dostupnost upravljačkih uređaja, preglednost mjerne opreme, sjedalo rukovatelja, preglednost i klimatizacija kabine, osvjetljenje radnog okoliša, uvjeti penjanja i silaženja iz kabine, količina ispušnih plinova i prašine u kabini i dr. (Pandur 2009.)



Slika 8. unutrašnjost kabine forvardera (izvor: www.google.com/search?q=forwarder).

1.3 Sustav pridobivanja drva pomoću forvardera

Potpuno mehanizirani sustav pridobivanja drva razvijen je u skandinavskim zemljama, a obuhvaća grupni rad forvardera i jednozahvatnog harvestera koji predstavlja jednu zaokruženu cjelinu.



Slika 9. Sheme skupnoga rada harvestera i forvardera (izvor: Krpan i Poršinsky 2002.).

Harvester je stroj čija je namjena sječa stabala, kresanje grana, mjerenje dimenzija sortimenata, trupljenje i slaganje izrađenih sortimenata u hrpe koje će forvarder utovariti i otpremiti do pomoćnog stovarišta.

Najoptimalniji razmak vlaka po kojima se harvester i forvarder kreću je 20 metara jer domet hidraulične ruke (harvester) i hidraulične dizalice (forvarder) iznosi 10 metara, te krećući se po vlaci mogu oboriti ili doseći svako stablo. Pri takvom načinu rada harvester okresane grane polaže pod kotače čime se poboljšava nosivost tla i smanjuje oštećenje šumskog tla. Takav je sustav okolišno prihvatljiv jer biomasa koja ostaje u šumskoj sastojini sadrži važna hranjiva čime se potiče stvaranje humusa i povećava se stabilnost staništa. Ako je razmak između vlaka veći, tada se kombinira ručno-strojni način rada ili se harvester kreće između vlaka (Krpan i Poršinsky 2004.).

Pri izvoženju drva forvarderima vozač ima mogućnost da sakupljene sortimente razvrstava po vrsti drva i razredima kakvoće, te ih slaže u velike hrpe (složajeve) uz rub šumske ceste što značajno štedi prostor pri izgradnji pomoćnih stovarišta, vodeći pri tom računa da su čela trupaca s pločicama okrenuta prema šumskoj cesti.

U Hrvatskoj se forvarderi koriste kod izvoženja sortimenata glavnog prihoda u oplodnim sječama, najčešće u zimskim mjesecima kako bi se štete na šumskom tlu svele na minimum. U ljetnim se mjesecima forvarderi koriste pri izvoženju prethodnog prihoda, pri čistim sječama topole, jasena na pruge, te kod sanitarnih sječa. U uvjetima loše nosivosti tla na kotače forvardera montiraju se polugusjenice ili lanci.

2. Cilj istraživanja

U završnom radu izvršena je analiza na većem broju forvardera koji su u vlasništvu poduzeća Hrvatske šume d.o.o. Zagreb gdje su analizirani podaci o učinkovitosti, potrošnji goriva, radnim i pogonskim satima, te zastojima i kvarovima, a ujedno se želi ukazati na važnost evidentiranja podataka o učinkovitosti po proizvodnoj jedinici, potrošnji goriva, te kvarovima i zastojima. Kako forvarderi dobrim dijelom sudjeluju u primarnom transportu drva, osobito u nizinskom području Republike Hrvatske, potrebno je izvršiti analizu iskorištenja, učinkovitosti i tehničke ispravnosti forvardera.

3. Materijali i metode

Na osnovu podataka o forvarderima prikupljenih u razdoblju od 2005. do 2019. god. koji su u vlasništvu poduzeća Hrvatske šume d.o.o., za potrebe završnog rada izvršena je analiza podataka o: godini nabave stroja, ukupnoj količini potrošenog goriva, ukupnom učinku (m^3), broju radnih sati, broju pogonskih sati, te zastojima i kvarovima.

Za potrebe analize također su korišteni odnosi: količina potrošenog goriva / radni učinak (L/m^3), količina potrošenog goriva / radni sat, količina potrošenog goriva / pogonski sat i pogonski sat / radni sat.

Analiza je provedena na razini Uprava šuma Podružnica (UŠP), dok je u analizi sudjelovalo 9 UŠP, a to su: UŠP Vinkovci, UŠP Osijek, UŠP Našice, UŠP Bjelovar, UŠP Koprivnica, UŠP Zagreb, UŠP Sisak, UŠP Karlovac i UŠP Nova Gradiška.

Za potrebe analize korišteni su programi „Microsoft Excel“, opcija pivot tablice i „Statistica“.

4. Rezultati

U slijedećim tablicama su prikazane analize broja forvardera po godinama nabave, upravi šuma podružnica i tip forvardera. Na osnovu navedenih parametara su prikazane srednje vrijednosti količina utrošenog goriva i rdanih učinaka promatranih forvardera.

Count of Godina nabave											
lumn											
Row Labels	2005.	2008.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2018.	2019.	Grand Total
Podružnica Bjelovar					2			1			3
Podružnica Karlovac									1	1	2
Podružnica Koprivnica	1					1					2
Podružnica Našice					1			1		1	3
Podružnica Nova Gradiška		1						1		2	4
Podružnica Osijek	1		1				1		1	2	6
Podružnica Sisak						1		1		1	3
Podružnica Vinkovci	1			2		1		1		4	9
Podružnica Zagreb							1		1	1	3
Grand Total	3	1	1	2	3	3	2	5	3	12	35

Tablica 1. brojnost forvardera po UŠP.

Iz priložene tablice (Tablica 1.) dobivamo uvid u brojno stanje forvardera za svaku Upravu šuma Podružnicu. Najviše forvardera posjeduje UŠP Vinkovci sa 9 forvardera, zatim UŠP Osijek sa 6, UŠP Nova Gradiška sa 4, UŠP Bjelovar, Našice i Sisak po 3, UŠP Karlovac i Koprivnica po 2 forvardera.

Count of Godina nabave	Column Labels											
Row Labels	2005.	2008.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2018.	2019.	Grand Total	
JOHN DEERE							2	5			7	
KOMATSU			1	1	3	3			3	12	23	
VALMET	3	1		1							5	
Grand Total	3	1	1	2	3	3	2	5	3	12	35	

Tablica 2. količina nabavljenih forvardera određenog proizvođača za određenu godinu nabave.

U tablici 2 prikazana je količina nabavljenih forvardera određenog proizvođača u određenom razdoblju. Najviše forvardera nabavljeno je 2019. god., njih 12, zatim 2016. god. njih 5, 2005., 2013., 2014. i 2018. god. po 3, 2012. i 2015. god. po 2, te 2008. i

2011. god. po 1 forvarder. U razdoblju od 2005. do 2019. god. nabavljeno je ukupno 35 forvardera od čega je 7 marke John Deere, 23 marke Komatsu i 5 marke Valmet.

Average of L/m3	Column Lal										
Row Labels	2005.	2008.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2018.	2019.	Grand Total
Podružnica Bjelovar					1,45			1,86			1,59
Podružnica Karlovac									1,40	2,33	1,87
Podružnica Koprivnica	1,11					1,12					1,12
Podružnica Našice					1,10			0,98		0,91	1,00
Podružnica Nova Gradiška		2,06						1,51		1,79	1,79
Podružnica Osijek	1,58		2,06				2,54		1,83	1,35	1,78
Podružnica Sisak						1,30		1,33		1,55	1,39
Podružnica Vinkovci	1,68			1,43		1,73		1,76		1,55	1,58
Podružnica Zagreb							1,69		1,83	1,29	1,60
Grand Total	1,46	2,06	2,06	1,43	1,33	1,38	2,11	1,49	1,69	1,54	1,56

Tablica 3. odnos količine potrošenog goriva i radnog učinka (L/m³) po UŠP.

Iz priložene tablice 3 možemo zaključiti kako je u UŠP Bjelovar prosječno potrošeno 1.59 L/m³, u UŠP Karlovac 1.87 L/m³, u UŠP Koprivnica 1.12 L/m³, u UŠP Našice 1.00 L/m³, u UŠP Nova Gradiška 1.79 L/m³, u UŠP Osijek 1.78 L/m³, u UŠP Sisak 1.39 L/m³, u UŠP Vinkovci 1.58 L/m³ i u UŠP Zagreb 1.60 L/m³. Prosječna potrošnja goriva po radnom učinku za 2005. god. iznosi 1.46 L/m³, za 2008. god. 2.06 L/m³, za 2011. god. 2.06 L/m³, za 2012. 1.43 L/m³, za 2013. god. 1.33 L/m³, za 2014. god. 1.38 L/m³, za 2015. god. 2.11 L/m³, za 2016. god. 1.49 L/m³, za 2018. god. L/m³, za 2019. god. 1.54 L/m³, dok je za razdoblje od 2005. do 2019. god. prosječna potrošnja 1.56 L/m³.

Average of L/m3	column Lal											
Row Labels	2005.	2008.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2018.	2019.	Grand Total	
JOHN DEERE							2,11	1,49			1,67	
KOMATSU			2,06	1,49	1,33	1,38			1,69	1,54	1,53	
VALMET	1,46	2,06		1,37							1,56	
Grand Total	1,46	2,06	2,06	1,43	1,33	1,38	2,11	1,49	1,69	1,54	1,56	

Tablica 4. odnos količine potrošenog goriva i radnog učinka (L/m³) za određenog proizvođača u određenom razdoblju.

U tablici 4 izražen je odnos količine potrošenog goriva i radnog učinka za određenog proizvođača forvardera u određenom razdoblju. Iz priložene tablice možemo zaključiti da za forvardere marke John Deere prosječna potrošnja po radnoj jedinici iznosi 1.67 L/m³, za Komatsu iznosi 1.53 L/m³, te za Valmet iznosi 1.56 L/m³. Prosječna potrošnja

po radnom učinku za 2005. god. iznosi 1.46 L/m³, za 2008. god. iznosi 2.06 L/m³, za 2011. god. iznosi 2.06 L/m³, za 2012. god. iznosi 1.43 L/m³, za 2013. god. iznosi 1.33 L/m³, za 2014. god. iznosi 1.38 L/m³, za 2015. god. iznosi 2.11 L/m³, za 2016. god. iznosi 1.49 L/m³, za 2018. god. iznosi 1.69 L/m³, za 2019. god. iznosi 1.54 L/m³, dok je za razdoblje od 2005. do 2019. god. prosječna potrošnja 1.56 L/m³.

Average of L/RS	Column Lal										
Row Labels	2005.	2008.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2018.	2019.	Grand Total
Podružnica Bjelovar					11,88			13,42			12,39
Podružnica Karlovac									12,52	16,14	14,33
Podružnica Koprivnica	8,80					10,00					9,40
Podružnica Našice					7,55			8,89		7,50	7,98
Podružnica Nova Gradiška		11,57						10,98		12,29	11,78
Podružnica Osijek	8,88		10,52				11,13		10,48	10,72	10,41
Podružnica Sisak						10,59		9,22		11,12	10,31
Podružnica Vinkovci	13,45			14,37		14,20		13,63		16,22	14,99
Podružnica Zagreb							14,94		16,07	15,79	15,60
Grand Total	10,37	11,57	10,52	14,37	10,44	11,60	13,04	11,23	13,02	13,45	12,31

Tablica 5. odnos količine potrošenog goriva po radnom satu po UŠP (L/RS).

Iz priložene tablice 5 može se zaključiti da prosječna potrošnja po radnom satu u UŠP Bjelovar iznosi 12.39 L/RS, u UŠP Karlovac 14.33 L/RS, u UŠP Koprivnica 9.40 L/RS, u UŠP Našice 7.98 L/RS, u UŠP Nova Gradiška 11.78 L/RS, u UŠP Osijek 10.41 L/RS, u UŠP Sisak 10.31 L/RS, u UŠP Vinkovci 14.99 L/RS i u UŠP Zagreb 15.60 L/RS. Prosječna potrošnja goriva po radnom satu za 2005. god. iznosi 10.37 L/RS, za 2008. god. 11.57 L/RS, za 2011. god. 10.52 L/RS, za 2012. god. 14.37 L/RS, za 2013. god. 10.44 L/RS, za 2014. god. 11.60 L/RS, za 2015. god. 13.04 L/RS, za 2016. god. 11.23 L/RS, za 2018. god. 13.02 L/RS, za 2019. god. 13.45 L/RS, dok je za razdoblje od 2005. do 2019. god. prosječna potrošnja po radnom satu 12.31 L/RS.

Average of L/RS	Column Lal											
Row Labels	2005.	2008.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2018.	2019.	Grand Total	
JOHN DEERE							13,04	11,23			11,74	
KOMATSU			10,52	15,89	10,44	11,60			13,02	13,45	12,74	
VALMET	10,37	11,57		12,85							11,11	
Grand Total	10,37	11,57	10,52	14,37	10,44	11,60	13,04	11,23	13,02	13,45	12,31	

Tablica 6. odnos količine potrošenog goriva po radnom satu za određenog proizvođača u određenom razdoblju (L/RS).

U priloženoj tablici 6 može se vidjeti odnos količine potrošenog goriva po radnom satu za određenog proizvođača forvardera u određenom razdoblju. Forvarder marke John Deere po radnom satu prosječno potroši 11.74 L, Komatsu 12.74 L i Valmet 11.11 L.

Prosječna potrošnja 2005. god. iznosila je 10.37 L/RS, 2008. god. 11.57 L/RS, 2011. god. 10.52 L/RS, 2012. god. 14.37 L/RS, 2013. god. 10.44 L/RS, 2014. god. 11.60 L/RS, 2015. god. 13.04 L/RS, 2016. 11.23 L/RS, 2018. god. 13.02 L/RS, 2019. god. 13.45 L/RS, dok je prosječna potrošnja po radnom satu za razdoblje od 2005. do 2019. god. 12.31 L/RS.

Average of L/PH	Column Labels										
Row Labels	2005.	2008.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2018.	2019.	Grand Total
Podružnica Bjelovar					14,53			17,79			15,61
Podružnica Karlovac									19,92		19,92
Podružnica Koprivnica	12,83					10,90					11,86
Podružnica Našice					19,71			30,98		12,78	21,16
Podružnica Nova Gradiška		13,31						13,28		18,15	15,72
Podružnica Osijek	10,48		11,59				12,55		16,93	14,39	13,19
Podružnica Sisak						11,23		9,81		14,38	11,80
Podružnica Vinkovci	15,72			16,36		18,35		17,39		19,12	17,49
Podružnica Zagreb							14,99		19,74		17,36
Grand Total	13,01	13,31	11,59	16,36	16,25	13,49	13,77	17,85	18,86	16,58	15,84

Tablica 7. odnos prosječne potrošnje goriva po pogonskom satu po UŠP (L/PH).

Iz tablice 7 mogu se očitati podaci o prosječnoj potrošnji goriva po pogonskom satu po UŠP. U UŠP Bjelovar prosječno je potrošeno 15.61 L/PH, u UŠP Karlovac 19.92 L/PH, u UŠP Koprivnica 11.86 L/PH, u UŠP Našice 21.16 L/PH, u UŠP Nova Gradiška 15.72 L/PH, u UŠP Osijek 13.19 L/PH, u UŠP Sisak 11.80 L/PH, u UŠP Vinkovci 17.49 L/PH, u UŠP Zagreb 17.36 L/PH. 2005. god. potrošeno je 13.01 L/PH, 2008. god. 13.31 L/PH, 2011. god. 11.59 L/PH, 2012. god. 16.36 L/PH, 2013. god. 16.25 L/PH, 2014. god. 16.49 L/PH, 2015. god. 13.77 L/PH, 2016. god. 17.85 L/PH, 2018. god. 18.86 L/PH, 2019. god. 16.58 L/PH, dok je u razdoblju od 2005. do 2019. god prosječna potrošnja 15.84 L/PH.

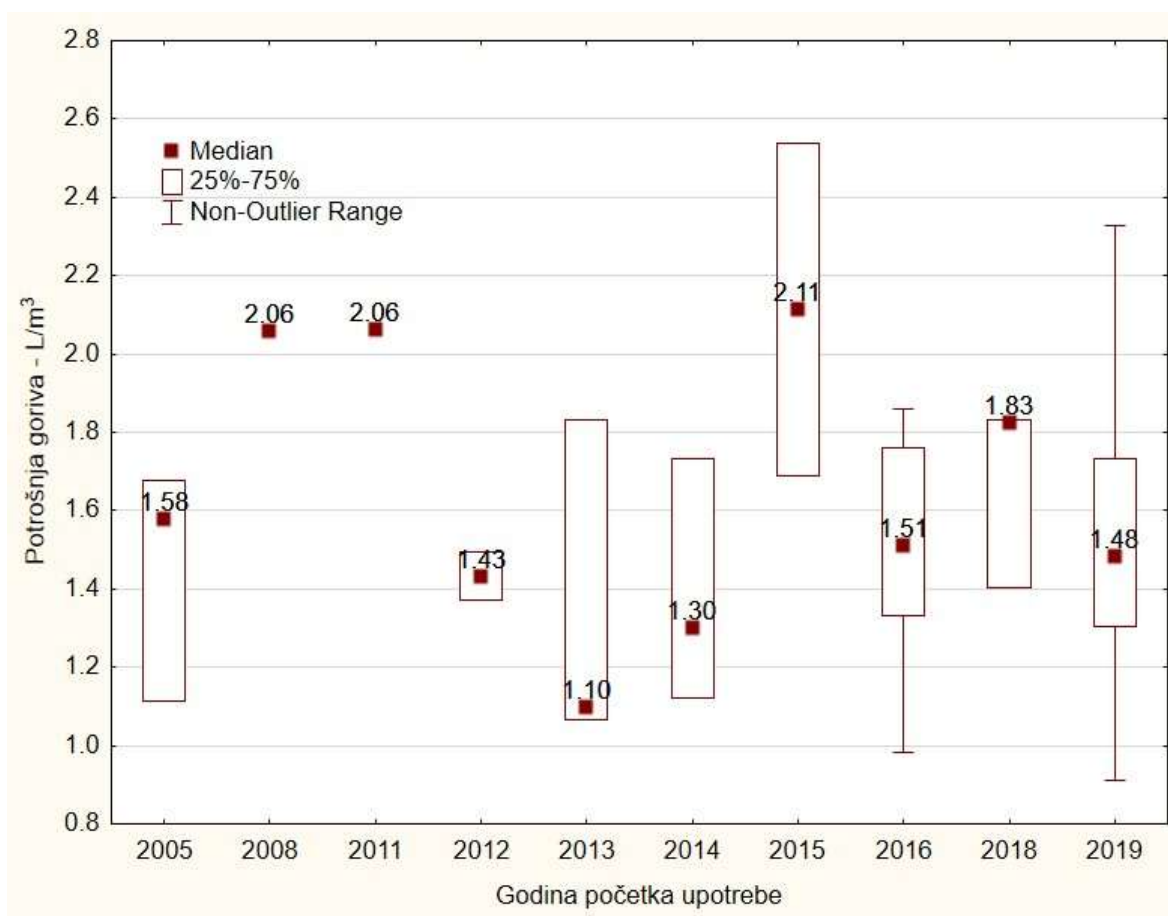
Average of L/PH	Column Lal											
Row Labels	2005.	2008.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2018.	2019.	Grand Total	
JOHN DEERE							13,77	17,85			16,68	
KOMATSU			11,59	19,82	16,25	13,49			18,86	16,58	16,30	
VALMET	13,01	13,31		12,91							13,05	
Grand Total	13,01	13,31	11,59	16,36	16,25	13,49	13,77	17,85	18,86	16,58	15,84	

Tablica 8. odnos potrošnje goriva i pogonskog sata za određenog proizvođača u određenom razdoblju (L/PH).

U tablici 8 prikazani su odnosi potrošnje goriva po pogonskom satu za određenog proizvođača forvardera u određenom razdoblju. Forvarder marke John Deere prosječno potroši 16.68 L po pogonskom satu, Komatsu 16.30 L po pogonskom satu i Valmet

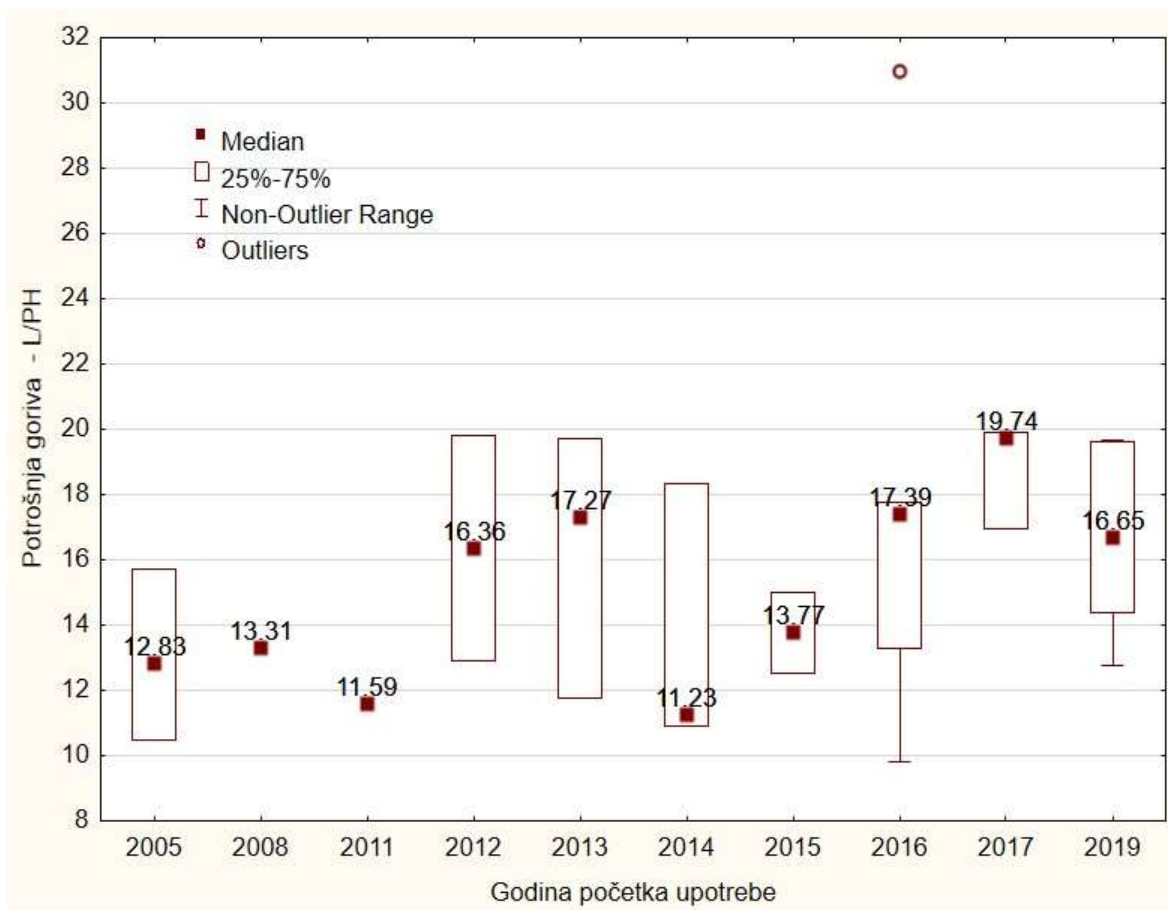
13.05 L po pogonskom satu. 2005. god. prosječna potrošnja po pogonskom satu iznosila je 13.01 L, 2008. god. 13.31 L, 2011. god. 11.59 L, 2012. god. 16.36 L, 2013. god. 16.25 L, 2014. god. 13.49 L, 2015. god. 13.77 L, 2016. god. 17.85 L, 2018. god. 18.86 L, 2019. god. 16.58 L po pogonskom satu, dok je za razdoblje od 2005. do 2019. god prosječna potrošnja po radnom satu iznosila 15.84 L.

Nadalje su podaci obrađeni u računalnom programu „Statistica“ te su analizom pridobiveni slijedeći grafikon koji ukazuju na ovisnosti između promatranih parametara.



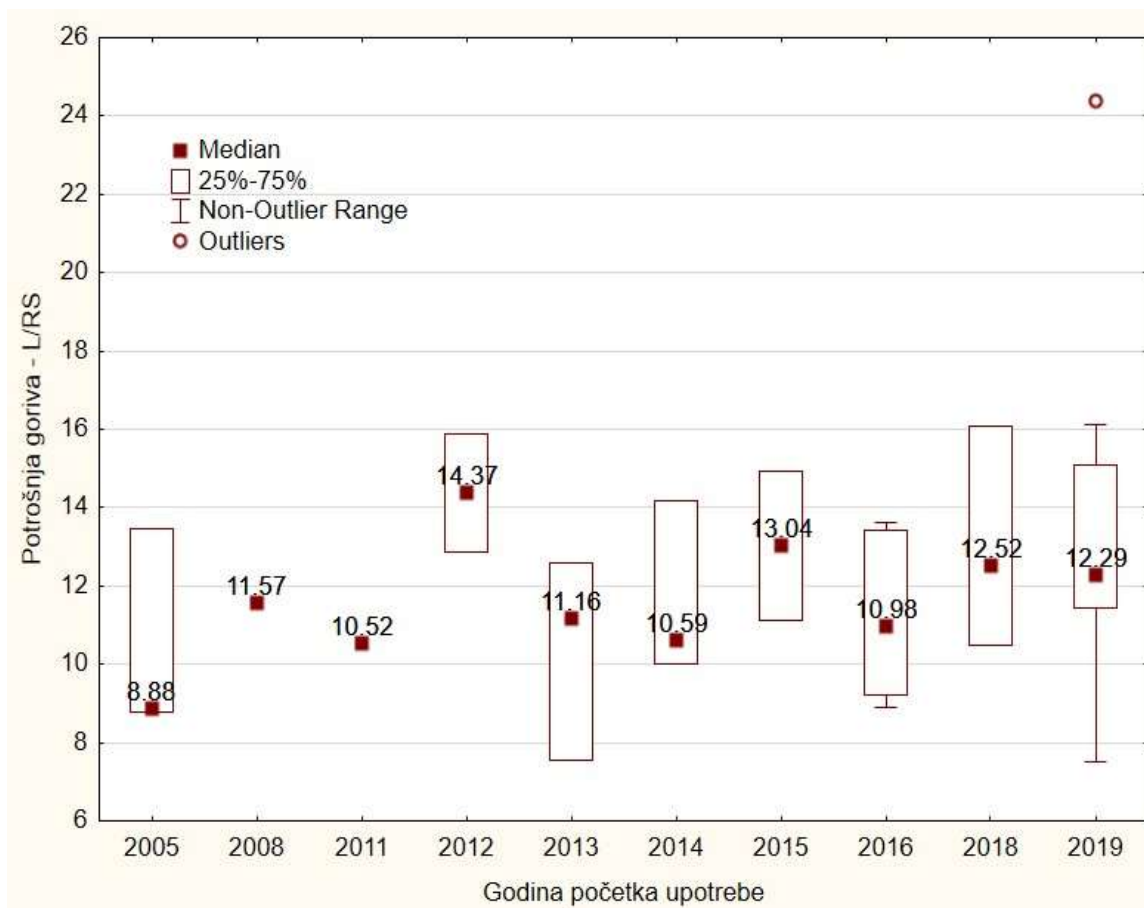
Grafikon 1. odnos potrošnje goriva po radnom učinku s obzirom na početak upotrebe forvardera.

Kod novijih forvardera nabavljenih od 2012. do 2014. god., te od 2016. do 2019. god. bilježimo nešto nižu potrošnju goriva po radnom učinku nego kod ostalih forvardera.



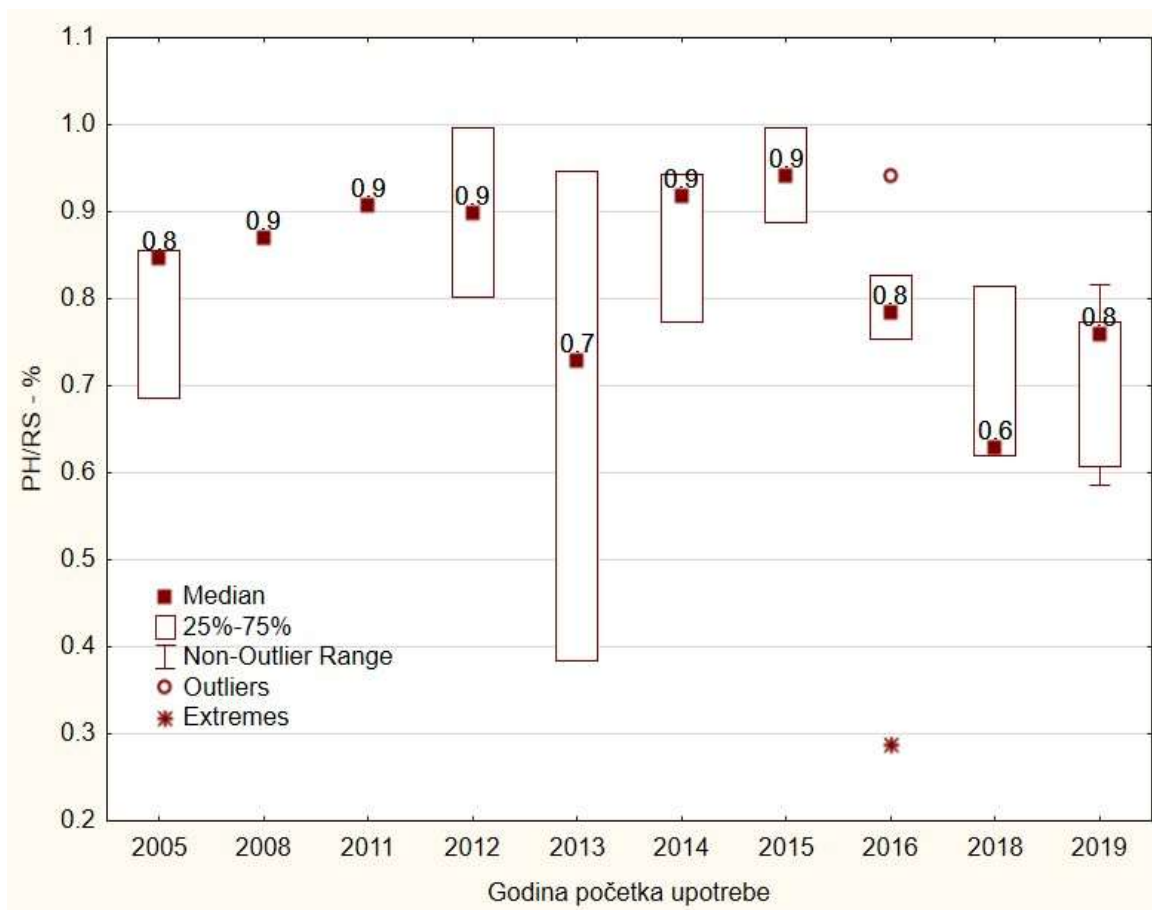
Grafikon 2. odnos potrošnje goriva po pogonskom satu s obzirom na početak upotrebe forvardera.

Kod forvardera nabavljenih 2005., 2008., 2011., 2014. i 2015. god bilježimo nižu potrošnju goriva po pogonskom satu nego kod ostalih forvardera.



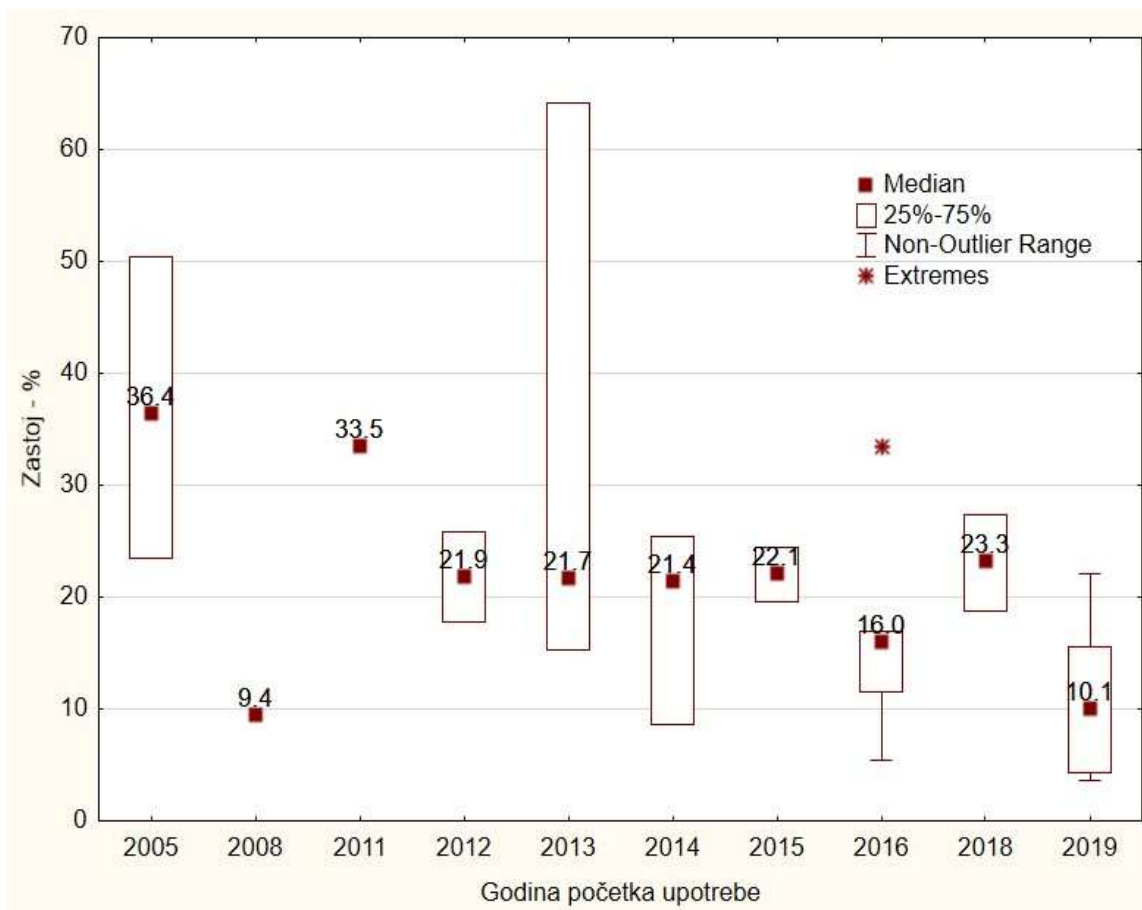
Grafikon 3. odnos potrošnje goriva po radnom satu s obzirom na početak upotrebe forvardera.

Kod forvardera nabavljenih 2005., 2011., 2013., 2014. i 2016. god. bilježimo nižu potrošnju goriva po radnom satu u odnosu na ostale forwardere.



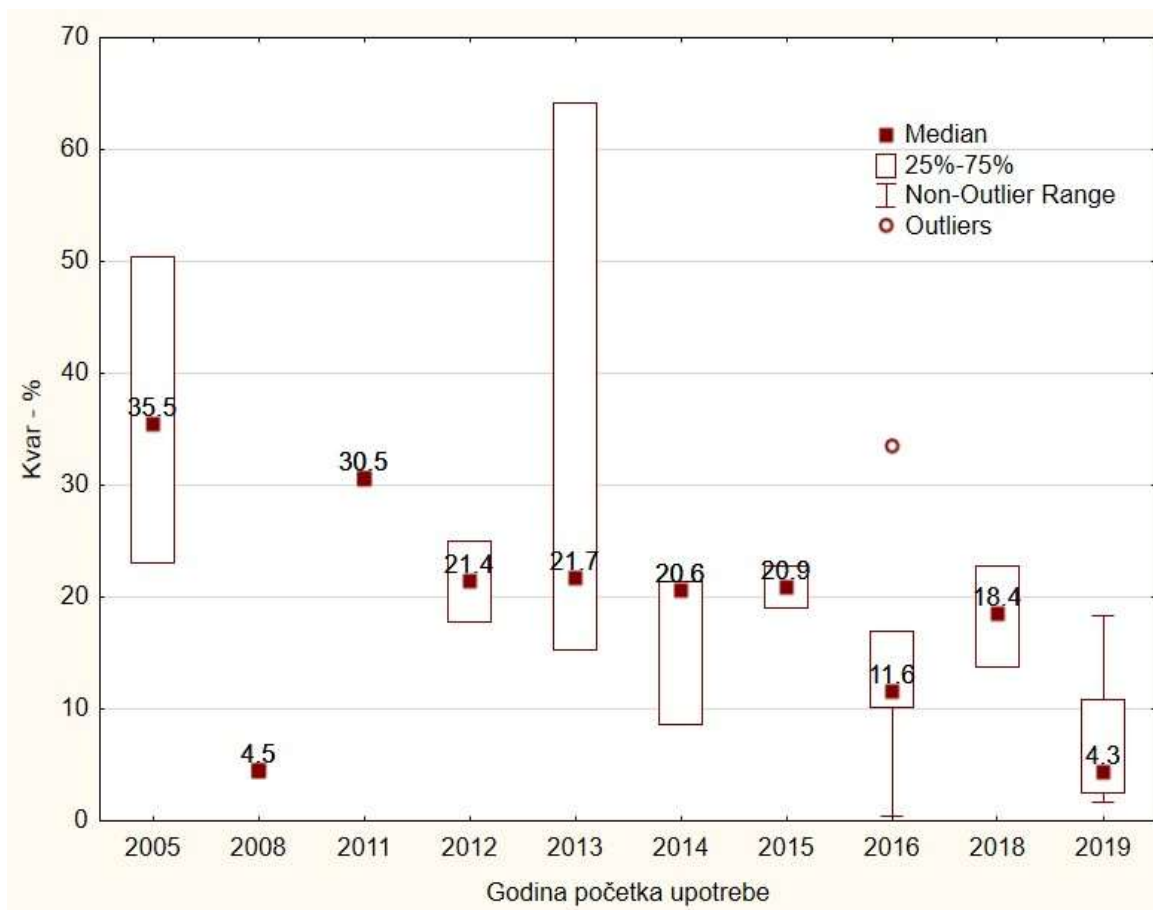
Grafikon 4. odnos pogonskog sata i radnog sata s obzirom na početak upotrebe forvardera.

Kod forvardera nabavljenih 2013., 2016., 2018. i 2019. bilježimo niži odnos pogonski sat / radni sat u odnosu na ostale forvare.



Grafikon 5. zastoji s obzirom na godinu upotrebe forvardera.

Kod forvardera nabavljenih 2008., 2016. i 2019. god. bilježimo najmanji postotak zastoja u odnosu na ostale forwardere.



Grafikon 6. kvarovi s obzirom na početak upotrebe forvardera.

Kod forvardera nabavljenih 2008., 2016. i 2019. god. bilježimo najniži postotak kvarova u odnosu na ostale forvardere.

5. Zaključak

Provedenom analizom za forvardere koje posjeduju UŠP Bjelovar, UŠP Karlovac, UŠP Koprivnica, UŠP Našice, UŠP Nova Gradiška, UŠP Osijek, UŠP Sisak, UŠP Vinkovci i UŠP Zagreb, te uzevši u obzir odnose potrošnje goriva po radnom učinku (L/m^3), potrošnje goriva po radnom satu (L/RS) i potrošnje goriva po pogonskom satu (L/PH) dobiveni su sljedeći rezultati.

Obzirom na odnos prosječne potrošnje goriva po radnom učinku (L/m^3) najmanju potrošnju goriva je ostvarila UŠP Našice s $1.00 L/m^3$, a najveću potrošnju po radnom učinku ostvarila je UŠP Karlovac s $1.79 L/m^3$. Gledano prema proizvođačima forvardera najmanju prosječnu potrošnju po radnom učinku ostvario je forvarder Komatsu s $1.53 L/m^3$, dok je najveću potrošnju po radnom učinku postigao forvarder John Deere s $1.67 L/m^3$.

Uzevši u obzir odnose prosječne potrošnje goriva po radnom satu (L/RS) najmanji odnos ostvarila je UŠP Našice sa $7.98 L/RS$, a najveći odnos ostvarila je UŠP Zagreb sa $15.60 L/RS$. Gledano prema proizvođačima forvardera najmanji odnos prosječne potrošnje goriva po radnom satu ostvaren je kod forvardera marke Valmet s $11.11 L/RS$, dok je najveći odnos ostvaren kod forvardera marke Komatsu, a iznosi $12.74 L/RS$.

Obzirom na odnos prosječne potrošnje goriva po pogonskom satu (L/PH) najmanju potrošnju goriva ostvarila je UŠP Sisak s $11.80 L/PH$, a najveću potrošnju ostvarila je UŠP Našice s $21.16 L/PH$. Gledano prema proizvođačima forvardera najmanju prosječnu potrošnju goriva po pogonskom satu ostvario je forvarder marke Valmet s $13.05 L/PH$, dok je najveća potrošnja goriva po pogonskom satu zabilježena kod forvardera marke John Deere u iznosu od $16.68 L/PH$.

Najmanji postotak kvarova i zastoja zabilježen je kod forvardera koji su nabavljeni relativno nedavno, točnije 2016. i 2019. god., te kod ranije nabavljenih forvardera, tj. 2008. god.

Iz dobivenih se rezultata istraživanja može vidjeti da ima dosta velikih odstupanja po radnom učinku. Razlog odstupanja teško je utvrditi, podaci su dobiveni na razini UŠP, te se obračunavaju na različite načine što može biti jedan od uzroka odstupanja. Također, potrebno je imati na umu na kojem tipu terena je stroj ostvario određeni učinak i kolika je otvorenost sječine, je li sudjelovao u primarnom transportu glavnog ili prethodnog prihoda, te je li učinak ostvaren s dovoljnom ili nedovoljnom količinom tovara. Razlike u broju zastoja i kvarova možemo pripisati starosti stroja, nedovoljnoj osposobljenosti radnika koji rukuju strojevima, preopterećivanju stroja, nepovoljnim vremenskim uvjetima i sl.

6. Literatura

1. Andersson, B., 1994: Cut-to-length and tree-length harvesting systems in central Alberta: a comparison. For. Eng. Res. Inst. Can. (FERIC), Pointe-Claire, Que. Tech. Rep. TR-108. 1 – 32.
2. ISO 13860:2016 Machinery for forestry — Forwarders — Terms, definitions and commercial specifications
3. Krpan, A.P.B., 2000: Mogućnosti primjene vrhunskih tehnologija pri iskorištavanju šuma u Hrvatskoj (Possibilities of implementation of high technologies in forest harvesting in Croatia. Znanstveni skup “Vrhunske tehnologije u uporabi šuma”, Zagreb, 11. travnja 2000., HAZU, Znanstveno vijeće za poljoprivredu i šumarstvo, 45 – 63.
4. Krpan, A.P.B., Poršinsky, T., 2002: Produktivnost harvesteri Timberjack 1070 pri proredi kulture običnoga bora (Productivity of Timberjack 1070 Harvester in Scotch Pine Thinning). Šumarski list 126(11-12): 551 - 561.
5. Krpan, A.P.B., Poršinsky, T., 2004: Djelotvornost strojne sječe i izrade u sastojinama tvrdih i mekih listača - 2. dio: Djelotvornost harvesteri u kulturi mekih listača (Efficiency of Mechanical Felling and Processing in Soft and Hardwood broadleaved stands - Part 2: Efficiency of harvesters in the culture of soft broadleaf trees). Šumarski list 128(5-6): 233 - 244.
6. Matić, S., Anić, I., 2015: Hrvatsko šumarstvo u današnjim gospodarskim i ekološkim uvjetima // Proizvodnja hrane i šumarstvo - temelj razvoja istočne Hrvatske / Matić, Slavko ; Tomić, Franjo ; Anić, Igor (ur.).Zagreb: Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, 2015. str. 41-61
7. Pandur, Z., Vusić, D., Papa, I., 2009: Dodatna oprema za povećanje produktivnosti forvardera. Nova mehanizacija šumarstva, 300 (1), 19-25.
8. Poršinsky, T., 2001: Produktivnost forvardera Timberjack 1210 pri izvoženju drva (Productivity of Timberjack 1210 forwarders in timber forwarding). Znanstvena knjiga “Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama”, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Šumarski institut Jastrebarsko, 491 – 505.
9. Poršinsky, T., 2002: Čimbenici produktivnosti forvardera Timberjack 1210 pri izvoženju obloga drva glavnoga prihoda hrvatskih nizinskih šuma (Productivity factors of Timberjack 1210 at forwarding the main felling roundwood in Croatian lowland forests) Glasnik za šumske pokuse 38: 103 – 132.
10. Poršinsky, T., 2005: Djelotvornost i ekološka pogodnost forvardera Timberjack 1710 pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske. Disertacija. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1-170.
11. Richardson, R., Makkonen, I., 1994: The performance of cut-to-length systems in eastern Canada. For. Eng. Res. Inst. Can. (FERIC), Pointe-Claire, Que. Tech. Rep. TR-109. 1 – 16.

12. Sever, S., 1988: Produktivnost i performanse forvardera u radovima privlačenja drva (Productivity and performance of forwarders in hauling operations). *Mehanizacija šumarstva* 18(5-6): 59 – 87.
13. Sever, S., Slabak, M., 1988: Mehaniziranje radova u eksploataciji šuma hrasta lužnjaka u istočnoj Slavoniji (Mechanization of logging in Pedunculate oak forests in eastern Slavonia). *Glasnik za šumske pokuse*, Vol. 24, Šumarski fakultet Zagreb, 189 – 198.
14. Šušnjar, M., 2005: Istraživanje međusobne ovisnosti značajki tla traktorske vlake i vučne značajke skidera. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–146.
15. Šušnjar, M., 2020: Powerpoint prezentacija „Forvarderi“ iz predmeta „Osnove mehanizacije šumarstva“ za akademsku godinu 2021/2022.
16. www.google.com/search?q=forwarder
17. www.hsm-forest.net