



UDK: 603.37+311+242

ТРАНСПОРТ ОБЛОВИНЕ МЕКИХ ЛИШЋАРА ФОРВАРДЕРОМ JOHN DEERE 1410 D У РАВНИЧАРСКИМ ПОДРУЧЈИМА

Даниловић Милорад

Шумарски Факултет, Београд

Садржај: У раду су приказани резултати истраживања ефеката рада на пословима транспорта обловине меких лишћара форвардером John Deere 1410 D. Снимање је извршено у различитим условима рада. На бази резултата истраживања извршена је процена утицаја карактеристика терена и начина рада на ефекте рада форвардера. Поред тога, извршена је анализа елемената транспортног циклуса и квантификован њихов утицај и значај. Учинак форвардера значајно опада са повећањем удаљености од места утовара независно од запремине товара, односно време транспортног циклуса расте са повећањем транспортне дистанце, без обзира на категорију пута. Поред тога, резултати ових истраживања показују да на учинке рада форвардера значајно утичу услови рада и оно се посебно односи на време утрошено приликом кретања транспортног средства по сечини као и на учешће застоја, приликом кретања и утовара. Резултати извршених истраживања показују да је просечна брзина којом се кретао форвардер по сечини, у неповољним условима рада, у просеку за 9,5% мања. Поред тога, време манипулације у повољним условима рада је мање за око 47% у односу на време манипулације у неповољним условима рада, а учешће застоја је око 11% мање у односу на неповољне услове рада.

Ова истраживања показују да је формирање оптималног товара веома значајно за ефикасан рад форвардера и да је његова примена незаобилазна када се ради о тешким условима рада (мала носивост терена, израђене депресије и др).

Кључне речи: *форвардер John Deere 1410 D, обловина, прва фаза транспорта, топола, учинак, јединични трошкови.*

1. УВОД

Услови рада у равничарским подручјима Србије у првој фази транспорта дрвета су неповољни, првенствено због мале носивости терена, који је често изложен поплавама река и утицају подземних вода. Подземне воде у одређеном

периоду године избијају на површину, што значајно отежава транспорт дрвета, а понекад и потпуно онемогућава. У оваквим условима рада долази до сабијања земљишта и појаве дубоких колотрага, а у сечама обнове и до оштећења на преосталим стаблима, корену и др. Поред оштећења, рад у оваквим условима знатно поскупљује транспорт обловине (Николић, Јездић, 1983, Даниловић, Томашевић, 2000). Средња транспортна дистанца је већа због честих заобилажења препрека, а кретање трактора успорено, што се на крају огледа у мањим учинцима и већим јединичним трошковима.

Према досадашњим истраживањима трошкови прве фазе транспорта процентуално највише учествују у укупним трошковима на пословима искоришћавања шума (Ђоковић, Јездић, 1980, Николић, 1971).

Механизовање прве фазе транспорта шумских сортимената у оваквим условима рада је од посебног значаја за несметано одвијање технолошког процеса. Развојем савремених средстава намењених за рад у оваквим условима знатно је олакшан рад и смањени су трошкови транспорта дрвета, односно укупни трошкови производње. Први покушаји механизовања рада на овим пословима почели су применом трактора точкаша, а нешто касније и гусеничара. Примена трактора точкаша мање снаге на расквашеним теренима није била са техничког и економског аспекта прихватљива, као и трактора точкаша веће снаге са економског аспекта (Јездић, Рукавина, Мрђеновић, 1999).

Транспорт обловине тракторима гусеничарима по теренима мале носивости, био је са техничког аспекта знатно повољнији, али су ова средства рада причињавала велике штете на подмлатку.

Велики технолошки напредак на пословима коришћења шума у равничарском подручју настао је појавом тракторских и зглобних екипажа. Утовар и истовар дрвета је механизован у почетку механичким, а касније хидрауличким дизалицама.

Од 1972. године ова средства постају основно средство за транспорт дрвета у првој фази, а тракторске екипаже у неким случајевима и у другој. У равничарским подручјима Србије у првој фази транспорта дрвета користе се претежно тракторске и зглобне екипаже.

Тракторска екипажа је пољопривредни трактор на кога је прикачена флексибилна полуприколица са хидрауличном дизалицом. Тракторске екипаже на подручју Војводине до 1982. године су биле заступљеније у односу на зглобне екипаже, нарочито после производње хидрауличних дизалица намењених за утовар и истовар шумских сортимената "Метал" Винковци.

Према резултатима већине досадашњих истраживања примена тракторских екипажа је оправдана на лакшим теренима и на дужим дистанцама, као и у проредним сечама где је просечна запремина комада мања (Николић, Јездић, 1983).

Форвардери су машине специјално конструисане за транспорт обловине на равним и благо нагнутим теренима. Према досадашњим истраживањима извршеним у условима Равног Срема, тракторске и зглобне екипаже су најефикасније средство у оваквим условима (Николић, Јездић, 1983, Николић Ђоковић, 1985, Јездић, Јанатовић, Рукавина 1995).

Учинак ових средстава зависи од више фактора: типа машине, интензитета сече, теренских услова рада, вештине оператера (Haarlaa, 1975, Lageson, 1997; McDonald, Seixas, 1997, Nimz, 2002; Karha, 2003, Poršinsky, 2005.), узгојног

третмана (Eliasson, 2000; Glode, Sikstrom, 2001), густине шумских комуникација (Poršinsky, 2005).

Избор средстава за рад на овим пословима сагледава се са техничког, еколошког, енергетског и економског аспекта.

У равничарском подручју Србије тракторским и зглобним екипажама транспортује се готово целокупна количина обловине меких и тврдих лишћара, као већи део дрвног материјала пореклом из култура бора.

Форвардери, које данас користе у шумарству Србије су производи познатих светских произвођача Timberjack, John Deere, Valmet и др. Ефекти рада ових средстава зависе од великог броја фактора (запремина товара, запремине комада, средње транспортне дистанце, карактеристика терена и др.) (Tufts, Brinkeer, 1993, Kuitto et. all.1994).

Циљ рада је истраживање ефеката рада форвардера John Deere 1410 D на пословима транспорта обловине меких лишћара, у различитим условима рада, на подручју ШГ "Банат Панчево".

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Истраживања су извршена на подручју ШГ "Банат Панчево", у ГЈ "Доње Потамишје", одељење 1 б, ШУ Опово, као и у ГЈ "Доње Потамишје ", одељење 35 у ШУ "Панчево".

У одељењу 1 б, сниман је транспорт трупаца тополе после извршене чисте сече у засаду тополе *Populus×euramericana* 'I-214', старости 26 година, размака садње 5×5 m.

Техничке карактеристике форвардера John Deere 1410 D приказане су у табели 1.

Таб. 1. Техничке карактеристике форвардера John Deere 1410 D

Техничке карактеристике форвардера	
Мотор	6 цилиндрични турбо дизел (ЕУРО 3)
Снага	136 kW
маса форвардера	14 900 kg
Дужина	10 535 mm
Ширина	2 920 mm
Висина	3 800 mm
Клиренс	575 mm
Носивост	14 Т
максимални дохват дизалице -Cranab CF 7	8,5 m
капацитет хидрауличке пумпе	140 cm ³
угао закретања управљача	43°
угао окретања дизалице	380°
обртни моменат	32 kN·m
Мењач	хидростатички - двостепени
димензије пнеуматика	предњи 600/65-34 задњи 710×26,5

Земљиште је ливадска црница и алувијална парарендзина. Приликом снимања време је било променљиво. Температура за време снимања мерена сваког дана у

11 h износила је од 18⁰С до 27⁰С. Терен је био изразито таласаст (Слика 1). Укупна запремина обловине транспортована у току снимања износила је 407,1 m³. Обловина су транспортовани по сечини, а затим по изласку из сечине земљаним путем, а на крају насипом до привременог стовариште које се налазило непосредно поред насипа где је обловина слагана у сложајеве висине до 3 m. Снимање је обављено у септембру месецу 2008. године, за време ниског водостаја реке Тамиш, тако да микродепресије нису биле под водом и нису представљале препреке за кретање форвардера по сечини (Слика 1).



Сл. 1. ГЈ "Доње Потамишје" одељење 1 б

У ГЈ "Доње Потамишје", одељење 35, сниман је такође транспорт обловине меких лишћара из сечине тополе *Populus × euramericana* 'I-214', истим средством, у различитим условима рада. Снимањем су обухваћени повољни и неповољни услови рада. Неповољни услови рада односили су се на сечину где после извршене сече гране нису сакупљане у хрпе, а целулозно дрво је расуто по сечини. На трасама где се кретао форвардер налазе се дубоко усечени колотрази, дубине до 30 cm (Слика 3). За време снимања повремено је падала киша средњег интензитета. Просечна температура је износила 21⁰С.

На сечини где су били повољни услови рада гране су сакупљене у гомиле и уклоњене са траса по којима се кретао форвардер. Пањеви су ниско одсечени, а израђени сортименти релативно мало укрштени.

У оба случаја руковалац форвардера је имао одговарајуће искуство.

Истраживања је обављено у октобру 2008. године. Транспортна дистанца мерена је ГПС уређајем.

Утрошак горива сниман је по методу допуне резервоара на обе истраживане површине.



Сл. 2. Сечина



Сл. 3. Колотраг форвардера

Подаци снимања обрађени су по методологији (Николић, 1993), а за статистичку обраду података коришћен је статистички програм Статистика 8.0.

3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

У табели 2 приказане су минималне, максималне и просечне вредности елемената транспортног циклуса у ГЈ "Доње Потамишје", одељење 1 б.

Таб. 2. Статистички подаци извршених снимања

Статистички подаци	Минимална Вредност	Средња Вредност	Максимална Вредност
Време вожње неоптерећеног форвардера, $\text{min} \cdot \text{turi}^{-1}$	12,3	14,94	19,87
Време вожње оптерећеног форвардера, $\text{min} \cdot \text{turi}^{-1}$	15,08	18,66	22,08
Време утовара, $\text{min} \cdot \text{turi}^{-1}$	13,29	16,72	19,88
Време истовара, $\text{min} \cdot \text{turi}^{-1}$	9,58	12,01	15,17
Време транспортног циклуса, $\text{min} \cdot \text{turi}^{-1}$	55,35	67,58	78,68
Запремина комада, $\text{m}^3 \cdot \text{kom}^{-1}$	0,30	0,35	0,43
Запремина туре, $\text{m}^3 \cdot \text{turi}^{-1}$	12,35	13,57	14,59

Учинак зависи од више фактора (типа транспортног средства, нагиба терена, теренских карактеристика, вештине возача и др.), а транспортна дистанца и просечна запремина комада су фактори који имају између осталих највећи утицај на учинке које средство остварује.

Време трајања утовара и истовара је у директној зависности од просечне запреmine комада и запреmine товара $t_{ui} = f(g, m)$, а време кретања транспортног средства у зависности од карактеристика терена, брзине кретања транспортног средства и транспортне дистанце $t_s = f(t_c, V, S)$. Веза између времена утовара и истовара изражена и просечне запреmine комада приказана је једначином облика

$$t_{ui} = \exp\left(0,485 + \frac{0,0935}{m}\right), \text{ где}$$

t_{ui} -време утовара и истовара, $\text{min}\cdot\text{m}^{-3}$,
 m -просечна запремина комада, $\text{m}^3\cdot\text{kom}^{-1}$.

Време утовара и истовара опада са повећањем просечне запремине комада, а статистички параметри изабране функције ($R=0,286$, $S_x=0,079$), показују да с ради о слабој вези између променљивих.

Просечна брзина кретања натовареног транспортног средства по свим категоријама путева је мања од брзине коју је остварило празно транспортно средство. Разлика је највиша по сечини и износи у просеку 23%, по земљаном путу разлика је 20%, а по насипу 18%.

Срдња транспортна дистанца по сечини била је 343 m, а просечна брзина $49,71 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ или $0,83 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, по насипу средња транспортна дистанца износила је 870 m, а просечна брзина којом се средство кретало $96,4 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ и средња транспортна дистанца по земљаном путу била је 70 m, а просечна брзина $85,2 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$.

Време трајања транспортног циклуса расте са повећањем транспортне дистанце (Reza, Stampfer, Sassions, 2007). У ГЈ "Доње Потамишје" веза између просечног времена утрошеног у празној тури приликом кретања форвардера по сечини и транспортне дистанце представљена је линеарном регресионим једначинама $t_{s1} = 1,003 + 0,014 \cdot S_1$, а пуне туре, регресионом једначином $t_{s2} = 3,72 + 0,011 \cdot S_2$.

Учешће застоја од укупног времена трајања транспортног циклуса износило је 4%, а учешће застоја дужих од 15 минута износило је 2,6%. У ове застоје није урачунато време утрошено за доручак.

Релативно мало учешће застоја је резултат добре увежбаности возача форвардера, добре организације рада и др.

Брзина кретања транспортног средства по сечини у ГЈ "Горње Потамишје" у повољним условима рада, износила је $65,5 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$, а у неповољним $59,8 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$, што значи да се форвардер кретао у просеку 9,5 % већом брзином у повољним условима рада.

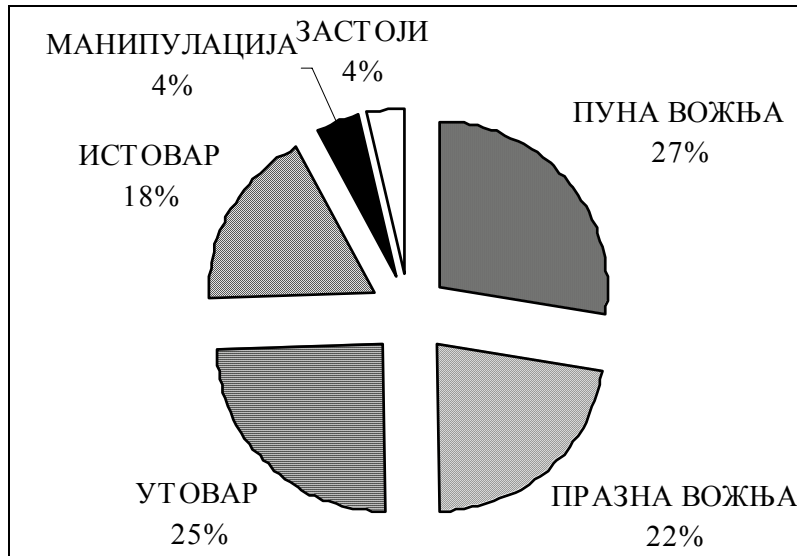
Учешће застоја у неповољним условима рада у ГЈ "Горње Потамишје" је 11% веће у односу на учешће застоја у повољним условима рада.

Време манипулације у повољним условима рада је мање за око 47% у односу на време манипулације у неповољним условима рада.

На основу резултата анализе варијансе ($F=16,1$; $p=0,002$) и извршеног тестирања произилази да постоје статистички значајне разлике између просечног времена манипулације на нивоу поверења $p=0,05$.

Ови резултати показују да фактор услова рада има веома значајан утицај на ефекте рада форвардера.

Процентуално учешће елемената транспортног циклуса приказано је на слици 4.



Сл. 4. Структура снимљеног времена рада форвардера у ГЈ "Доње Потамишје"

На основу резултата извршеног снимања израчунате су основне норме рада за услове који су били предмет истраживања у ГЈ "Доње Потамишје".

Основне норме су:

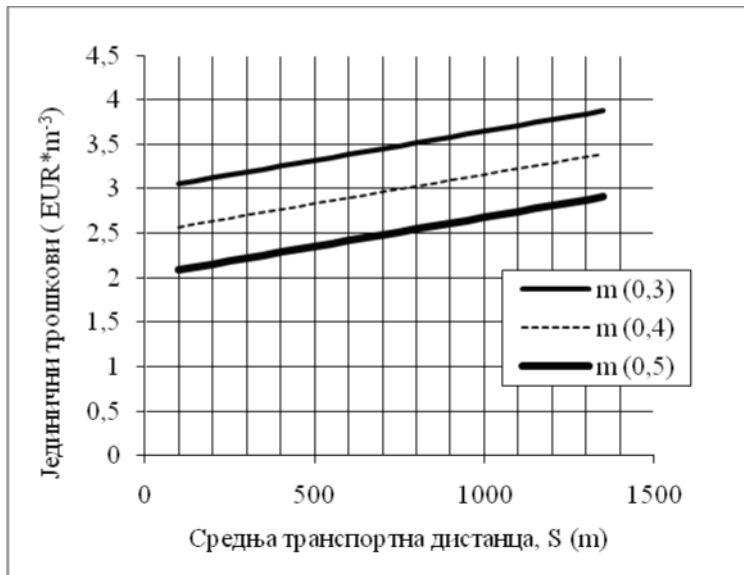
- средња брзина по насипу (V_{SN}) $96,4 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ ($1,60 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)
- средња брзина по земљаном путу (V_{SZ}) $85,4 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ ($1,42 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)
- средња брзина по сечини (V_{SS}) $49,7 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ ($0,83 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)
- време манипулације (t_m) $2,73 \text{ min}\cdot\text{turi}^{-1}$
- време прелаза (t_p) $8,90 \text{ min}\cdot\text{turi}^{-1}$
- време утовара (t_u) $16,72 \text{ min}\cdot\text{turi}^{-1}$; $1,23 \text{ min}\cdot\text{m}^3$; $0,43 \text{ min}\cdot\text{kom}^{-1}$
- време истовара (t_i) $12,1 \text{ min}\cdot\text{turi}^{-1}$; $0,88 \text{ min}\cdot\text{m}^3$; $0,31 \text{ min}\cdot\text{kom}^{-1}$
- време застоја (t_z) $2,5 \text{ min}\cdot\text{turi}^{-1}$; 4%
- просечна запремина туре (Q) $13,57 \text{ m}^3\cdot\text{turi}^{-1}$

На бази основних норми могу се израчунати норме рада за услове који су биле предмет истраживања. За обрачунску транспортну дистанцу у овим истраживањима узета је дистанца по сечини. Коefицијенти претварања дистанци по земљаном путу и насипу у дистанце по сечини износе $k_n = 0,52$; $k_z = 0,58$, а обрачунска транспортна дистанца за услове који су били предмет истраживања износи 838 m.

Користећи типске калкулације израчунати су дневни директни трошкови рада форвардера. Дневни директни трошкови рада форвардера износе $285 \text{ EUR}\cdot\text{dan}^{-1}$.

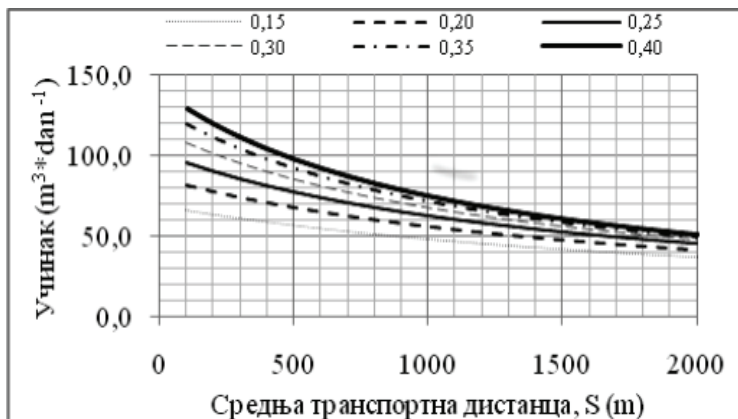
Јединични трошкови рада форвардера John Deere 1410 D за услове који су били предмет истраживања износе $3,69 \text{ EUR}\cdot\text{m}^3$.

Ови трошкови су у директној зависности од средње транспортне дистанце и просечне запремине комада. На графикону 2 приказани су јединични трошкови у зависности од транспортне дистанце и запремине комада за услове који су карактерисали истраживања у ГЈ "Доње Потамишје".

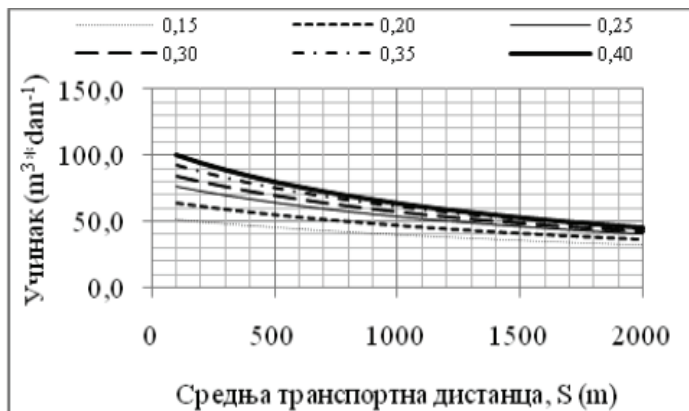


Сл. 5. Зависност јединичних трошкова од транспортне дистанце и запремине комада

Време транспорта обловине меких лишћара у истраживаним условима рада значајно се разликује на истраживаним површинама (F-6,54; p-0,003), приликом упоређивања као обрачунска дистанца узета као дистанца по сечини.



Сл. 6. Учинци форвардера у повољним условима рада



Сл 7. Учинци форвардера у неповољним условима рада

У ГЈ "Горње Потамишје учинци форвардер зависе од услова рада форвардера (Слика 6 и 7).

4. ДИСКУСИЈА

Резултати ових истраживања показују да форвардер John Deere 1410 D представља ефикасно средство рада у условима који су били предмет истраживања. Ефикасност се огледа у високим учинцима ($74,2 \text{ m}^3 \cdot \text{dan}^{-1}$) које је форвардер остварио на средњој транспортној дистанци од 838 м прерачунато на дистанцу по сечини и за просечну запремину комада од $0,35 \text{ m}^3 \cdot \text{kom}^{-1}$. Поред тога, учешћа застоја у току рада је минимално, а манипулативне способности веома добре. До сличних закључака дошло се и у досадашњим истраживањима за форвардере Timberjack 1210 В и Timberjack 1710 В (Јездић, Јањатовић, Рукавина, 1995, Рођински, 2005). Сви аутори истичу да су кључни фактори за њихову економску исплативост транспортна дистанца, просечне запремине комада, као и теренски услови. На равним теренима избор средства у првој фази транспорта обловине врши се у највећем броју случајева између тракторских и зглобних екипажа. Ако техничке могућности дозвољавају, на већим транспортним дистанцама, предност примене са економског аспекта има тракторска екипажа. Гранична дистанца до које је економична примена форвардера у односу на тракторску екипажу варира од већег броја фактора и износи од 500 до 700 м. У повољним условима рада гранична дистанца је мања у односу на неповољне, где је мала носивост терена, изражено присуство жбунасте вегетације и др.

У равничарским подручјима Србије средња транспортна дистанца је често више километара, што је изнад границе примењивости форвардера. У односу на остале може се издвојити ШГ "Сремска Митровица", где је средња транспортна дистанца око 500 м, па је примена форвардера логично решење. У оваквим околностима потребно је анализирати утицај величине форвардера у зависности од услова рада. У проредима је економична примена малих форвардера, по могућности без одривне даске, а у главним сечама средњих и тешких форвардера.

На веома тешким теренима, где је носивост терена мала, потребно је монтирати полугусенице или користити балон гуме. Примера ради, у Финској се врло често током целе године користе полугусенице, независно од теренских услова (Suvinen, 2006). Предност примене полугусеница се огледа у смањењу притиска на подлогу, због веће површине додиривања између гума и подлоге. Накупљање земље на ребра гума је знатно мање.

Форвардери су тешке машине које проузрокују разну врсту оштећења у састојини, што са аспекта еколошке прихватљивости није оправдано. Еколошка прихватљивост форвардера може се побољшати кориштењем полугусеница, ограниченим кретањем возила по мрежи тракторских влака, уз могућу додатну заштиту земљишта ухрпаном слојем грања, односно ограничавањем запремине товара (Poršinsky, 2005).

Због мале густине шумских комуникација у равничарском подручју Србије тракторска екипажа ће и даље бити врло значајно средство рада на пословима транспорта обловине.

Средња транспортна дистанца на подручју ШГ "Банат Панчево" износи око 1100 m, а просечна запремина комада око $0,3 \text{ m}^3 \times \text{kom}^{-1}$. На основу ових просечних вредности долази се до запремине дрвета која се годишње може транспортовати одређеним транспортним средством. Годишњи учинак форвардера у условима који су карактеристични за ово ШГ износи око $12\ 000 \text{ m}^3 \times \text{god}^{-1}$, а тракторском екипажом око $9500 \text{ m}^3 \times \text{god}^{-1}$. С обзиром на услове рада и средњу транспортну дистанцу, зглобне екипаже треба примењивати на тежим теренима и краћим дистанцама, а тракторске у повољнијим условима рада, где је већа носивост терена и дужа транспортна дистанца.

Резултати добијени у овим истраживањима приказују остварене учинке и структуру утрошених времена, брзине кретања форвардера, утрошке времена утовара и истовара дрвета, као и дневне и јединичне трошкове рада форвардера. Ако упоредимо резултате ових истраживања са резултатима (Ghaffarian, Stampfer, Sessions, 2007, Јездић, Рукавина, Мрђеновић, 1999), видимо да не постоје значајна одступања, сем у мери у којој то диктирају теренски услови.

Просечна брзина форвардера по сечини и меком летњем путу добијена у овим истраживањима није се значајније разликовала од брзине која је добијена приликом истраживања транспорта обловине меких лишћара форвардером Timberjack 1210 В у сличним условима рада (Јездић, Рукавина, Мрђеновић, 1999). На просечну брзину кретања је више утицало стање комуникација него снага транспортног средства. Такође, време утовара и истовара изражено по комаду веома мало се разликовало од времена установљеног за форвардер Timberjack 1210 В, али је знатно мање од времена које је добијено у истраживањима (Јездић, 1984, Јездић, Јањатовић, Рукавина, 1995) која се односе на транспорт обловине меких лишћара форвардерима ИМТ 5132, VOLVO ВМ 971 и др. Ова разлика је резултат уградње квалитетне дизалице, односно брзина рада хидрауличне дизалице која има значајан утицај на учинке транспортног средства.

Резултати истраживања (Poršinsky, 2005), указују да форвардер Timberjack 1710 В представља врло делотворно средство рада у првој фази транспорта дрвета из низинских шума Хрватске, што проистиче и из ових истраживања за низинске шуме у Србији.

5. ЗАКЉУЧАК

Након извршених анализа могу се извести следећи закључци:

- учинак форвардера опада са растом дистанце привлачења, а ова веза је представљена логаритамском функцијом;
- веза између време утовара и истовара транспортног средства и просечне запремине комада је представљена експоненцијалном функцијом;
- брзина кретања транспортног средства у повољним условима рада, у односу на неповољне, је у просеку већа за 9,5%, а учешће застоја мање за 11%;
- време манипулације у повољним условима рада је мање за око 47% у односу на време манипулације у неповољним условима рада;
- на бази резултата истраживања произилази да су услови рада од веома значајни када се врши избор средства за I фазу транспорта шумских сортимената у равничарском подручју Србије;
- за потпуно коришћење капацитета форвардера потребна је организовати рад у сменама, на овај начин би се повећао степен искориштења средства, с обзиром да је због учесталих поплава веома тешко остварити 250 планираних радних дана током године;
- у тешким условима рада где су изражене депресије и мала је носивост терена, форвардер је са техничког и економског аспекта најефикасније средство рада;
- у будућности је потребно радити на повећању отворености шума, чиме ће се створити услови за већу примену овог средства у равничарском подручју Србије;
- предности форвардера John Deere 1410 D у односу на до сада коришћене форвардере су: бољи пренос снаге, мањег проклизавања погонских точкова, мањих оштећења на земљишту, мање потрошње горива, удобнијег рада и др.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Bettinger, P., Kellogg L. D., (1993): *Residual stand damage from cut-to-length thinning of second-growth timber in the Cascade Range of western Oregon*, Forest Products Journal, 47, 59-64.
- [2] Ghaffarian M. R., Stampfer K., Sessions J. (2007): *Forwarding productivity in Southern Austria*, Croatian Journal of Forest engineering, 2, 169-175, Zagreb.
- [3] Goglia T, Horvat d., Sever S. (1999): *Tecnihal characteristics and test of the forwarder Valmet 860 equipped with a Cranab 1200 crane*, Forestry of Zagreb University, Internal Report, 23.
- [4] Glode, D., Sikstrom, U. (2001): *Two felling methods in final cutting of shelterwood, single-grip harvester productivity and damage to the regeneration*, Silva Fennica 35(1), 71-83.
- [5] Даниловић М., Томашевић И. (2000): *Ефекти при привлачењу техничког облог дрвета меких лишћара форвардером ВКС 9041*, стр. Шумарство бр.1, Београд
- [6] Даниловић М. (2007): *Транспорт шумских сортимената у равничарском подручју*, Трактори и погонске машине Вол. 12. Но. 3, стр. 68-74, Нови Сад.

- [7] Eliasson, L. (2000): *Effects of establishment and thinning of shelterwoods on harvester performanse*. J.For. Eng., 11(2), 21-27.
- [8] Haarlaa R (1975). *The effects of terrain on the output in forest transportation of timber*. Journal of Terramechanics, 12(2),55–94.
- [9] Хрибљанин, Б. (1975): *Механизовано изношење просторног дрвета у пригорским и равничарским шумама*, Бјеловар.
- [10] Ђоковић, П., Јездих Д. (1980): *Прилог избору транспортног средства за прву фазу транспорта сортимената меких лишћара*, Топола, стр.127-128., Нови Сад.
- [11] Јездих Д. (1979): *Механизовано изношење техничке обловине и целулозног дрвета у равничарским шумама*", Београд.
- [12] Јездих, Д., Јањатовић, Г., Рукавина, Ж..(1995): *Примена форвардера у транспорту дрвних сортимената*, Шумарство 1-2, стр. 47-60, Београд.
- [13] Јездих, Д., Јањатовић, Г., Мрђеновић, С.(1999):*Испитивање форвардера Timberjack 1210 Б 6х6 у транспорту дрвних сортимената*, Топола 163-164, Нови Сад.
- [14] Jiroušek, R., Klvač R., Skoupy, A. (2007): *Productivity and costs of the mechanised cut-to-length wood harvesting system in clear-felling operations*, Journal of forest science, 53 (10), 476-482.
- [15] Martin dos Santos S., Machado C.,Leite H.(1995): *Technoeconomical analysis of the eucalyptus extraction with forwarder in flat terrain*, revista arvore, Vicosa 19, 2, 213-363.
- [16] McDonald T P; Seixas F (1997). *Effect of slash on forwarder soil compaction*. Journal of Forest Engineering, 8(2), 15–26.
- [17] Николић, С.(1971): *Прилог методици установљавања трошкова транспорта шумских сортимената*, Шумарство 11-12, Београд
- [18] Николић, С. (1982):*Норме транспорта са мање улаза*, Дрварски гласник III, Београд.
- [19] Николић, С., Јездих, Д. (1993): *Техничке норме и нормативи у шумарству*, 240 стр.Београд
- [20] Николић, С., Јездих, Д. (1983): *Избор транспортног средства за превоз шумских сортимената у условима САП Војводине*, Топола, стр. 137-138.Нови Сад.
- [21] Nordfjell, T., Athanassiadis, D., Talbot, B. (2003): *Fuel consumption in forwarders*, International journal of forest engineering, 14(2),11-20.
- [22] Поповић, В.; Николић, С. (1972): *Искоришћавање шума*, приручник, Београд.
- [23] Owende P M O; Hartman A M; Ward S M; Gilchrist D M; O'Mahony M J (2001). *Minimizing distress on flexible pavements using Variable Tire Pressure*. Journal of Transportation Engineering, ASCE, 127(3), 254–262
- [24] Poršinsky, T. (2005): *Djelotvornost i ekološka pogodnost forvardera Timberjack 1710 pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske*, Doktorska disertacija, Šumarski fakultet Zagreb.
- [25] Sever, S. (1988): *Proizvodnost i performanse forvardera na radovima privlačenja drva*, *Mehanizacija šumarstva* 5-6, Zagreb.
- [26] Spinielli R., Owende P., Ward S., Torneo M. (2003): *Comparison of short-wood forwarding systems used in Iberia*, Silvia Fennica 38,1, 85-94.
- [27] Suvinen, A. (2006): *Economic comparison of the use of tyres, Wheel chains and bogie tracks for timber extraction*, Croatia journal of forest engineering, 27 (2) 2000.
- [28] Suvinen, A.,Saarilahti, M. (2006): *Measuring the mobility parametars of forwarders using GPS and CAN Bus Techniques*, Journal of Terramechanics, 43(2),237-252.

LOG TRANSPORT OF THE SOFT DECIDUOUS TREES BY A FORWARDER JOHN DEERE 1410 D ON PLAIN TERRAIN

Danilivić Milorad

Faculty of Forestry - Belgrade

Abstract: Presented in this article are the research results of the effects on jobs of log transport of softwood deciduous trees with a John Deere 1410D forwarder. Recording of the results was conducted in various working conditions. Based on the results of the research, an estimation of the impact of terrain characteristics and the operating method on the working effects of the forwarder is conducted. Besides that, analysis of the elements of the transportation cycle is conducted and their impact and the significance are quantified. Productivity of the forwarder significantly decreases with the increase of the distance of the loading place regardless of the volume of the load that is that, the time of the transportation cycle increases with the increase of the transport distance, regardless of the road category. Besides that, the results of these researches show that the working effects are significantly impacted by working conditions and it specifically relates to the time spent during the movement of the transport mean on the cutting site as well as on the share of the stoppages during transport and loading. Results of the conducted researches present that the average speed of the forwarder on the cutting site, in unfavorable conditions, is on average for 9,5% lower. Besides that, manipulating time in favorable conditions is 47% lower related to the time of manipulation in unfavorable conditions, and the share of stoppages are around 11%.

These researches prove that the forming of the optimal load is very significant for the productivity of the forwarder and that its application is unquestionable when working in unfavorable conditions (small weight bearing capacity of soil, formed depressions etc.)

Keywords: *forwarder John Deere 1410D, first phase of transport, poplar, efficiency, unit costs.*