

UDK: 630*30:630*367

Оригинални научни рад

DOI: <https://doi.org/10.2298/GSF170816001D>

ЕФИКАСНОСТ РАДА ПРИ ИВЕРАЊУ ПАЊЕВА МЕКИХ И ТВРДИХ ЛИШЋАРА

др Даниловић Милорад, ред. проф. Универзитет у Београду – Шумарски факултет
(milorad.danilovic@sfb.bg.ac.rs)

маст. инж. Антонић Славица, асистент, Универзитет у Београду – Шумарски факултет

маст. инж. Стојнић Душан, асистент, Универзитет у Београду – Шумарски факултет

маст. инж. Војводић Пајо, стручни сарадник, Универзитет у Београду – Шумарски факултет

дипл. инж. Ђировић Владимир, стручни сарадник, Универзитет у Београду – Шумарски факултет

Извод: Уклањање пањева при оснивању засада тополе је редовна мера припреме терена у циљу ефикаснијег обављања редовних узгојних мера, као и свеобухватног коришћења дрвне масе. При плантажној производњи дрвета тополе за уклањање пањева користе се различита средства рада, међу којима и разне врсте иверача агрегираних са трактором одређених техничких карактеристика. Циљ рада био је оцена ефикасности рада трактора „Same Laser 150” са иверачем „Rotor S”, при иверању пањева меких и тврдих лишћара у различитим условима рада. Истраживања су извршена на више огледних површина на подручју ЈП „Војводинашуме”. Диференцирање услова рада извршено је на бази више критеријума (растојања између пањева, нивоа успоставе шумског реда, носивости подлоге, процентуалног учешћа врста дрвећа и др). Ефекти рада при иверању пањева установљени су студијом времена и рада. Време иверања је варирало од 0,82 min/пању до 2,29 min/пању, а зависило је од пречника пања, развијености кореновог система, пречника сврдла којим је извршено иверање, снаге трактора и др. Време иверања поред осталог зависи од броја пролаза и пречника сврдла. На време прелаза од пања до пања највећи утицај има стање подлоге, односно присуство дрвног остатка, избојака и коровске вегетације. На основу спроведених анализа извршено је рангирање фактора према значају на ефекте рада истраживаног средства. Поред тога, закључено је да се бољи ефекти рада могу остварити помоћу команде која омогућује померање агрегата напред–назад, без потискивања папуче квачила и потезања ручице мењача, уградњом ручице за промену броја обртаја излазног вратила у кабини возача. Тренутно се ова ручица налази на кућишту диференцијала поред левог точка, тако да руковаоц мора да изађе из кабине како би извршио промену броја обртаја. Проблем је што трактор Same Laser 150 има у кабини уграђене дупле команде: папучице квачила, кочнице и гаса, међутим када се седиште окрене за 180 степени исте се налазе на неодговарајућој висини. Поред тога, руковаоц нема довољно простора за рад у кабини трактора. Бољи услови за рад и већи учинци остварили би се повећањем простора и бољим положајем наведених команди.

Кључне речи: пањ, иверач, ефекти, стање подлоге, студија рада.

УВОД

Подизање интензивних засада топола на алuviјалним наносима река, представља специфичан облик шумарства, који је подређен производњи дрвета за механичку и хемијску прераду, као и за производњу биомасе. У пољима река највише су заступљени засади топола које карактерише производња велике количине дрвета у кратком временском периоду. Добром припремом терена и адекватним мерама неге засада могу се остварити већи приноси по јединици површине.

Припрема терена при подизању засада тополе је једна од значајних мера у циљу остварења високих приноса дрвне масе. Пре садње, на површинама где је претходно извршена чиста сеча, обавља се иверање пањева као једна од мера припреме терена.

Уклањање пањева са површине за садњу је активност којом се омогућује оснивање засада са правилним распоредом садње и ефикасна примена савремене механизације, сходно томе и остваривање великих учинака.

Пањевина у запремини крупног дрвета учествује од 25% до 30% и чини знатну количину дрвета које се може користити за различите намене (Nikolić, 1993).

Механизована средства која се користе за уклањање пањева су разне врсте иверача, уређаја за вађење пањева и др. Ови уређаји су прикључени на тракторе одговарајућих техничких карактеристика.

Иверање пањева до сада је било предмет истраживања већег броја аутора.

Galečić (1972) је објавио резултате проучавања ефеката рада трактора „MF 1080” са уређајем „Levaceppi Ellettari”. У раду се наводе предности механизованог вађења пањевине у односу на ручно, при чему истиче да је механизовано вађење пањева и до четири пута исплативије.

Marković (1973) је извршио компаративну анализу ефеката рада три различита уређаја за крчење пањева („International Drott TD-14”, „Rotor cavaceppi” и „Tritaceppi Ellettari”). Уређај „Tritaceppi Ellettari” италијанске производње се показао као најбоље решење.

Đoković (1983) је истраживао ефекте рада при крчењу пањева багером „BGH-100”. Добијени резултати указују на то да су ефекти рада у истраживаним условима, са овом технологијом, бољи од агрегата „Elefante-Ellettari” за пањева пречника до 40 cm. Такође наводи и одређена конструктивна побољшања радног уређаја багера.

На основу истраживања ефеката рада трактора „Elefante” са уређајем „Levaceppi Ellettari” при крчењу пањева топола *Populus x euramericana*, клон ‘Ostia’, клон ‘Robusta’ и клон ‘I-214’ уочена је значајна зависност времена крчења пањева од пречника пања и растојања пањева. Са повећањем пречника пања расте време иверања као и број пролаза сврдла. Истиче да снага погонског агрегата не утиче на брзину рада уређаја за пречнике пањева до 40 cm (Jezdić, 1987).

Jezdić и Stanimirović (1988) истраживали су ефекте рада трактора „Rakovica 120”, са уређајем „Rotor”. Вршено је упоређивање наведеног уређаја са трактором „Elefante” који има прикључак „Levaceppi ellettari”. Добијени резултати, након извршених анализа, указују на то да растојање између пањева, пречници пањева, претходна припрема терена на сечини као и вештина руковаоца, непосредно утичу на ефекат рада иверача.

Danilović и Tomašević (2000) установили су норму рада трактора „Elefante” са прикључком „Ellettari” при крчењу пањева еуроамеричке тополе *Populus x euramericana* ‘I-214’, старости 34 године. Ови аутори наводе да велики утицај на ефикасност уређаја има вештина и искуство руковаоца.

Danilović et al. (2009) истражили су ефекте рада на пословима иверања пањева трактором „Same Laser 150” са уређајем „Rotor S”. Предмет иверања су пањеви еуроамеричких топола и америчког јасена. Након извршених анализа, добијени резултати указују да време иверања расте са повећањем броја пролаза сврдла, а да размак садње утиче на време прелаза, као и да припрема терена пре иверања знатно утиче на учинак.

Picchi (2012) је истраживао економичност коришћења биомасе од шумске пањевине. Акцент је био на одстрањивању влаге и побољ-



Слика 1. Трактор „Same Laser 150“ са иверачем „Rotor S“

шању калоријске вредности шумског остатка који има велики значај као биоенергент.

Yudego *et al.* (2015) испитивали су продуктивност и економске ефекте коришћења пањевине.

Наведени кратки прикази досадашњих истраживања показују значај механизованог иварања пањева, као и тежњу за даљим истраживањима везаним за технолошко унапређивање уређаја за иварање пањева.

Узгојне мере у засадима топола су веома интезивне, почев од припреме терена и земљишта за пошумљавање па до мера неге које се спроводе у младим састојинама. Припрема терена подразумева уклањање шумског остатка након сече мулчирањем, спаљивањем и иварањем пањева.

Циљ иварања пањева је обезбеђење услова за бољу припрему земљишта тј. орање и тањирање, правилан распоред садње садница, као и ефикасније извођење мера неге младих засада.

У ШГ „Банат“ Панчево у претходних пет година пањеви су иверани на око 260 ха. Ово газдинство иварање пањева обавља са три трактора:

1. „Same Laser 150“ са иверачем „Rotor S“ (набављен 2008. год.) који је предмет истраживања у овом раду,
2. „Same Laser 150“ са иверачем „Rotor S“ (набављен 2012. год.) и
3. „Rakovica 120“ са иверачем „Rotor S“ (набављен 2008. год.).

Предмет истраживања у овом раду је трактор „Same Laser 150“ са иверачем „Rotor S“ (Слика 1) при иварању пањева меких и тврдих лишћара у различитим условима рада.

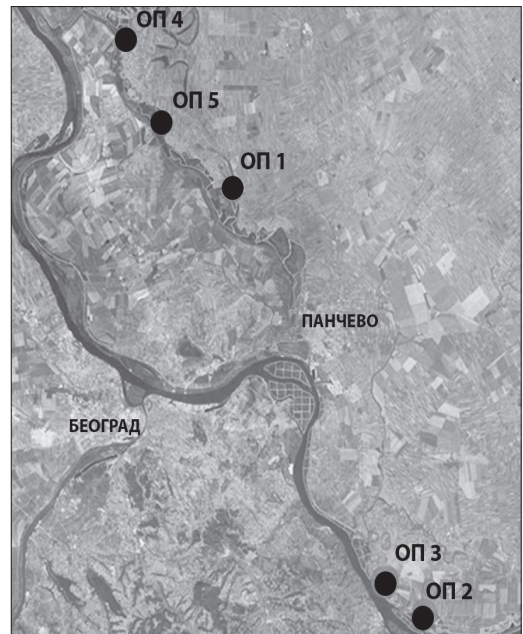
Снага трактора је 111,9 kW, са максималним обртним моментом од 570 Nm и на излазном вратилу 540/1000 o-min⁻¹. Маса иверача је 2600 kg.

Материјал и метод рада

Снимање рада трактора „Same Laser 150“ са иверачем „Rotor S“, при иварању пањева извршено је у различитим условима рада на пет огледних површина постављених у ШГ „Банат“ Панчево. Огледна површина (ОП) 4 постављена је у ГЈ „Горње Потамишје“, огледне површина 1 и 5 постављене су у ГЈ „Доње Потамишје“, а огледне површине 2 и 3 постављене су у ГЈ „Доње Подунавље“. Положај огледних површина приказан је на слици 2.

Основне карактеристике огледних површина приказане су у табели 1.

На сликама од 3 до 5 приказано је иварање пањева.



Слика 2. Карта положаја огледних површина

Табела 1. Основне карактеристике огледних површина (* извор: основе газдовања шумама за ГЈ „Доње Потамишје”, „Доње Подунавље” и „Горње Потамишје”)

Огледна површина	ОП1	ОП2	ОП3	ОП4	ОП5
Газдинска јединица	Доње Потамишје	Доње Подунавље	Доње Подунавље	Горње Потамишје	Доње Подунавље
Одељење/ одсек	16а	52б	51 и, х	94б	5ц
Површина, ха	36,03	9,28	4,16	7,84	3,27
Врста дрвећа	Топола	Топола	Топола	Топола	Топола
Клон	I-214	<i>Populus deltooides M1</i>	I-214	I-214	I-214
Старост засада	27	28	25	32	31
Размак садње, м	5×5	6×6	6×6	5×5	5×5
Број стабала, ком/ха	320	217	243	208	230
Темељница, м ² /ха	20,6	27,5	19,8	31	31,8
Запремина, м ³ /ха	295,2	442,9	329,7	531	576,1
Погонска машина	Same Laser 150	Same Laser 150	Same Laser 150	Same Laser 150	Same Laser 150
Прикључак	Rotor S, Ø1200 cm	Rotor S, Ø 860 cm	Rotor S, Ø 1200 cm	Rotor S, Ø 1200 cm	Rotor S, Ø 860 cm
Видљивост пањева из кабине	На 10% површине налази се шумски остатак	На 15% површине налази се шумски остатак, као и избојци из пањева висине 1,5 m	На 15% површине налази се шумски остатак, као и избојци из пањева висине 1,5 m	Претходно извршено мулчирање шумског остатка. Добра видљивост пањева.	Претходно извршено мулчирање шумског остатка. Добра видљивост пањева.
Број ивераних пањева, ком	914	376	442	449	265
Просечни пречник пањева, см	41,1	63,9	52,4	58,5	60,52



Слика 3. Иверање пања на ОП1



Слика 4. Иверање пања на ОП2



Слика 5. Иверање пања на ОП3

Истраживање ефеката рада трактора „Same Laser 150” са иверачем „Rotor S” на пословима иверања пањева засновано је на мерењу вредности појединих елемената током рада као и дефинисању услова у којима се одвија процес рада.

Најважнији фактори, од којих зависи учинак при иверању пањева су: просечни пречник пања и просечно време прелаза од пања до пања.

На бази извршеног снимања, установљено је припремно-завршно време тј. време утрошено за припрему средстава за рад, време иверања сваког пања, време прелаза од пања до пања, време застоја. Поред тога, установљен је број пролаза сврдла за сваки пањ.

За сваку огледну површину извршен је опис терена (видљивост пањева из кабине возача, као и опис евентуалних препрека на терену које отежавају кретање трактора). У овим истраживањима примењена је студија времена и рада.

Резултати истраживања

Вредности мерених елемената при иверању пањева у засадима тополе приказане су у табели 3.

На свим огледним површинама извршено је иверање 2439 пањева. Просечни пречници пањева кретали су се од 41,1 cm на ОП1 до 63,9 cm на ОП2. Пречници стабала тополе, а самим тим и пањева зависе од великог броја фактора, пре свега од станишних услова и размака садње, односно броја стабала по хектару. Мањи пречници пањева на ОП1 могу се објаснити великим бројем стабала по хектару и неповољним станишним условима за гајење тополе.

Табела 2. Елементи иверања пањева

Огледне површине	N_p ком	D_p cm	N_{pr} Ком	n_{pr}
ОП1	914	41,1	967	1,06
ОП2	369	63,9	1066	2,89
ОП3	442	52,4	719	1,63
ОП4	449	58,5	732	2,73
ОП5	265	60,5	723	2,73
УКУПНО	2439	-	4207	-

N_p – укупан број пањева, D_p – просечни пречник пања, N_{pr} – укупан број пролаза сврдла, n_{pr} – просечан број пролаза сврдла по пању

Број пролаза сврдла зависи од пречника пања, развијености жилишта и пречника сврдла коришћеног при иверању пањева. Најмањи број пролаза сврдла по једном пању забележен је на ОП1 где је просечни пречник ивераних пањева био најмањи и где је за иверање коришћено сврдло пречника 1200 mm, док је највећи број пролаза сврдла био на ОП2 где су просечни пречници ивераних пањева највећи, а за иверање је коришћено сврдло пречника 860 mm. Такође, примећује се да је на ОП5 просечан број пролаза сврдла већи у односу на ОП4. Разлог је коришћење сврдла пречника 860 mm на ОП5 у односу на ОП4 где је коришћено сврдло пречника 1200 mm.

Минималне, максималне и средње вредности, као и стандардна девијација времена иверања и времена прелаза од пања до пања приказани су у табели 3.

Просечна времена иверања пањева и просечна времена прелаза од пања до пања приказана су у табели 4.

Табела 3. Минималне, максималне и средње вредности и стандардна девијација

Мерени елементи	Максимална вредност	Минимална вредност	Средња вредност	S_d
Огледна површина ОП1				
Време иверања (min/ком)	2,73	0,05	0,82	0,26
Време прелаза од пања до пања (min/ком)	2,40	0,10	0,58	0,20
Огледна површина ОП2				
Време иверања (min/ком)	6,67	0,27	2,29	1,23
Време прелаза од пања до пања (min/ком)	6,67	0,20	0,94	0,61
Огледна површина ОП3				
Време иверања (min/ком)	5,58	0,38	1,36	0,75
Време прелаза од пања до пања (min/ком)	7,08	0,42	1,58	0,73
Огледна површина ОП4				
Време иверања (min/ком)	4,35	0,27	1,41	0,85
Време прелаза од пања до пања (min/ком)	2,97	0,15	0,69	0,36
Огледна површина ОП5				
Време иверања (min/ком)	7,30	0,32	1,76	1,16
Време прелаза од пања до пања (min/ком)	2,92	0,08	0,81	0,57

Табела 4. Просечно време иверања пањева и просечно време прелаза

Огледне површине	T_i min/ком	T_{pr} min/ком
ОП1	0,82	0,58
ОП2	2,29	0,94
ОП3	1,36	0,63
ОП4	1,41	0,69
ОП5	1,76	0,81

Просечно време иверања зависи, пре свега, од врсте дрвећа, пречника пања, развијености жилишта и др. Ово време креће се од 0,82 min/пању на ОП1 где је просечни пречник ивераних пањева најмањи, до 2,29 min/пању на ОП2 где је просечни пречник ивераних пањева највећи.

Време прелаза зависи од међусобне удаљености пањева, затим видљивости пањева из кабине возача, заступљености шумског остатка, заступљености избојака из пањева и стања подлоге. Средње време прелаза од пања до пања

креће се од 0,58 min/пању на ОП1 где се налази највећи број стабала по хектару, до 0,94 min по пању на ОП2 где се налази мањи број стабала. На дуже трајање времена прелаза на ОП2 утицали су поред мањег броја стабала по хектару и лоша подлога, тј. дубоки колотрази настали током прве фазе транспорта као и лошија видљивост пањева из кабине возача.

Током анализе застоја, од укупног времена застоја одузети су неоправдани застоји, а оправдани су груписани у четири групе: припремно завршно време, технолошки застоји, организациони застоји и одмори.

У табели 5 приказано је просечно време оправданих застоја по дану и процентуално учешће застоја.

Ефективно трајање радног дана за сваку огледну површину утврђено је тако што је од осмочасовног радног времена без паузе за одмор одузето време оправданих застоја. У припремно-завршно време укључено је време сипања горива, прегледа и чишћења средства рада на почетку и на крају радног дана. Сипање горива возач није обављао сваког радног дана, већ углавном сваког другог радног дана. Ово време износи просечно 25 min/дан за све огледне површине, а добијено је као количник

Табела 5. Просечно време оправданих застоја и процентуално учешће застоја

Огледне површине	Време оправданих застоја	Технолошки застоји	Организациони застоји	Одмори	Припремно-завршно време	Укупно
	min/дан					
ОП1	62,93	-	16	44	40	100
ОП2	64,16	27	5	28	39	100
ОП3	86,00	36	11	24	29	100
ОП4	58,26	11	0	46	43	100
ОП5	69,16	32	14	18	36	100

укупног припремно-завршног времена за све огледне површине и броја радних дана. Време путовања од места паркирања трактора до радилишта и назад је веома варијабилно, тако да оно није узето у обзир при утврђивању учинака.

На основу резултата анализе варијансе прозилази да између просечног времена иварања (F-4,16, p-0,032) на огледним површинама постоје статистички значајне разлике на нивоу значајности 95%, односно статистички значајне разлике постоје између огледне површине 1 и осталих огледних површина.

За сваку огледну површину испитивана је зависност времена иварања и пречника пања,

а зависност броја пролаза сврдла и пречника пања на четири огледне површине.

Испитивање зависности времена иварања од пречника пања, као и зависности броја пролаза сврдла од пречника пања, приказано је у табели 6.

Време иварања пањева расте са повећањем пречника пања. У свим ситуацијама ради се о јакој или врло јакој корелативној повезаности променљивих. Поред тога, са повећањем пречника пања расте број пролаза сврдла.

За јачину везе коришћена је R o e m e r – O r p h a l 's расподела.

Зависност учинака од пречника пања за све огледне површине приказана је на графикону 1.

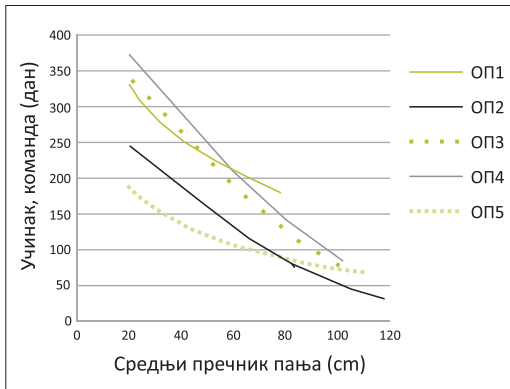
Табела 6. Зависност времена иварања од пречника пања и зависност броја пролаза од пречника пања

Огледне површине	ОП1	ОП2	ОП3	ОП4	ОП5
Зависност времена иварања од пречника пања					
Функције зависности	$T_i = a + b \cdot D_p$		$T_i = e^{a+b \cdot D_p}$		
a	0,196	-1,241	-1,322	-1,513	-1,397
b	0,0151	0,0302	0,030	0,0288	0,0285
R	0,582	0,893	0,877	0,857	0,881
Sx	0,209	0,275	0,277	0,305	0,322
Зависност броја пролаза сврдла од пречника пања					
Функције зависности	$T_i = e^{a+b \cdot D_p}$	$T_i = (a + b \cdot D_p)^2$	$T_i = a + b \cdot D_p$	$T_i = e^{a+b \cdot D_p}$	
a	-0,305	0,457	-1,353	-0,760	
b	0,0083	0,0183	0,0569	0,0194	
R	0,481	0,904	0,806	0,756	
Sx	0,151	0,161	0,578	0,296	

• a, b – параметри функције зависности, R – коефицијент корелације, Sx – стандардна грешка регресије

Табела 7. Роермер – Orphals расподела

Јачина корелације	Не постоји	Јако слаба	слаба	средња	јака	Врло јака	потпуна
Коефицијент корелације -R	0,0-0,1	0,1-0,25	0,25-0,4	0,4-0,5	0,5-0,75	0,75-0,9	0,9-1



Графикон 1. Упоредни приказ зависности учинка од пречника пања за све огледне површине

ДИСКУСИЈА

Резултати истраживања показују да време иверања пањева зависи од пречника пања, тј. са повећањем пречника пања расте време иверања. Просечно време иверања пањева зависи пре свега од врсте дрвећа, пречника пања, развијености жилишта и др. Просечно време иверања у овим истраживањима креће се од 0,82 min/пању на ОП1 где је просечни пречник ивераних пањева најмањи до 2,29 min/пању на ОП2 где је просечни пречник ивераних пањева највећи. До сличних резултата дошао је Jezdić (1987) истражујући ефекте рада трактора Elefante са уређајем Levaceppi Ellettare при крчењу пањева торола *Populus×euroamericana* 'Ostia', клон 'Robusta' и клон 'I-214'. Поред тога установио је да снага погонског агрегата не утиче на брзину рада уређаја за пречнике пањева до 40 cm.

Резултати ових истраживања, као и резултати истраживања Jezdić (1987), Jezdić и Stanimirović (1988) и Danilović *et al.*, (2009) показују да са повећањем пречника пања рас-

те и број пролаза сврдла. Просечан број пролаза сврдла зависи и од пречника сврдла са којим се обавља иверање. У овим истраживањима најмањи број пролаза сврдла по једном пању забележен је на ОП1 где је просечни пречник ивераних пањева најмањи, а при иверању коришћено сврдло пречника 1200 mm.

Време прелаза од пања до пања зависи од њихове међусобне удаљености, количине и структуре дрвног остатка, појаве избојака из пањева, присуства коровске вегетације и стања подлоге. Ово време креће се од 0,58 min/пању на ОП1, где је највећи број стабала по хектару до 0,94 min/пању на ОП2 где је знатно мањи број стабала по хектару. На дуже време прелаза на ОП2 утицали су, поред мањег броја стабала по хектару и неповољни услови терена тј. дубоки колотрази, настали током прве фазе транспорта, као и лоша видљивост пањева из кабине возача. До сличних резултата дошли су и други аутори (Jezdić, 1987, Jezdić и Stanimirović, 1988, Danilović *et al.*, 2009). У досадашњим истраживањима истакнут је значај вештина руковоаца на ефекат рада иверача (Jezdić и Stanimirović, 1988, Danilović и Tomašević, 2000)

Сви застоји су сврстани у четири групе: припремно-завршно време, технолошки застој, организациони застој и одмори. Трајање застоја зависи од бројних фактора и у овим истраживањима крећу се од 58,26 min/дан на ОП4 до 86 min/дан на ОП3.

Остварени учинци зависе од бројних фактора, између осталог и од техничких карактеристика трактора.

Већи учинци могли би се остварити бољим конструктивним решењима:

- уградња power shift команде која омогућује померање агрегата напред – назад без потискавања папуче квачила и повлачења ручице мењача,

- уградња ручице за промену броја обртаја излазног вратила у кабини возача. Ова ручица налази на кућишту диференцијала поред левог точка, тако да руковаоц мора да изађе из кабине како би променио број обртаја,
- трактор „Same Laser 150” има у кабини уграђене дупле команде: папучице квачила, кочнице и гаса. Међутим, када се седиште окрене за 180 степени исте се налазе на неповољној висини. Поред тога, руковаоц нема довољно простора за рад, тако да се при иверању налази у неповољном положају. Бољи услови за рад и већи учинци оствариће се после повећања простора и промене положаја наведених команди.

ЗАКЉУЧЦИ

Након извршених анализа могу се извести следећи закључци:

- време иверања пања зависи од пречника пања, тј. са повећањем пречника повећава се и време иверања пања. На ОП1 ова зависност је приказана линеарном функцијом, а на осталим огледним површинама експоненцијалном,
- број пролаза сврдла зависи од пречника пања, тј. са повећањем пречника повећава се и број пролаза сврдла. Карактер ове зависности на ОП3 и ОП5 је линеаран, а на ОП1, ОП2 и ОП3 нелинеаран,
- време прелаза од пања до пања зависи од бројних фактора као што су: међусобна удаљеност пањева, количине дрвног остатка, присуства избојака из пањева, појаве корова и стања подлоге,
- стерен припреме терена пре иверања пањева значајно се одражава на укупно време иверања. Бољом припремом терена смањује се време прелаза и повећавају учинци и
- побољшањем техничких решења трактора постигли би се бољи услови за рад, а такође и већи учинци.

EFFICIENCY OF STUMP CHIPPING OF SOFT AND HARD BROADLEAVES

Dr Danilović Milorad, full professor, University of Belgrade, Faculty of Forestry (milorad.danilovic@sfb.bg.ac.rs)
MSc Antonić Slavica, teaching assistant, University of Belgrade, Faculty of Forestry
MSc Stojnić Dušan, teaching assistant, University of Belgrade, Faculty of Forestry
MSc Vojvodić Pajo, professional associate, University of Belgrade, Faculty of Forestry
BSc. Ćirović Vladimir, professional associate, University of Belgrade, Faculty of Forestry

Abstract: Stump removal is a regular measure of terrain preparation during the establishment of poplar plantations. It is implemented in order to increase the efficiency of implementation of regular silvicultural measures, but also the efficiency of comprehensive wood mass utilization. Stump removal in poplar plantations is performed by various facilities, including various types of wood chippers attached to a tractor of certain technical characteristics. The aim of this paper is the evaluation of efficiency of the tractor "Same Laser 150" with the wood chipper "Rotor S" attached to it, during the stump chipping of soft and hard broadleaves in various operating conditions. The research was carried out in several sample plots located in an area managed by the public enterprise "Vojvodinašume". The differentiation of the operating conditions was based on multiple criteria (distance between stumps, level of forest order establishment, carrying capacity of the ground, percentage share of tree species, etc.). The work effects of stump chipping were established using the work and time study. The duration of stump chipping ranged from 0,82 min/stump to 2,29 min/stump and it depended on stump diameter, root system development, diameter of the auger used for stump chipping, tractor power, etc. In addition to being dependent on some other things, chipping time depends on the number of passes and auger diameter. The time of transition from stump to stump is under the highest impact of ground conditions, which implies the amount of wood residue, the presence of stump shoots, and the occurrence of high weeds. The implemented analysis served as the basis for the ranking of the factors depending on their impact on the work effects of the investigated facility. In addition, it was concluded that greater effects can be achieved by using the command that provides a forward and backward movement of the aggregate without pushing the clutch pedal and pulling the gearshift lever, but also by installing a handle for the change of rpm (revolutions per minute) of the output shaft in the driver's cabin. This handle is currently located on a differential housing next to the left wheel, so the driver has to leave the cabin to change the rpm of the output shaft. Another problem is that the tractor "Same Laser 150" has double commands installed in the cabin: the clutch, brake and gas pedal, but when the seat makes a 180 degree turn those pedals are not at the adequate height. In addition to that, the operator does not have enough space for work in the tractor cabin. An increased cabin space and a better position of the above mentioned commands would enhance work efficiency.

Key words: stump, wood chipper, effects, ground conditions, work study

INTRODUCTION

The establishment of intensive plantations in alluvial plains around rivers represents a specific form of forestry aimed at the production of industrial wood intended for mechanical and chemical processing. Poplar is the most common tree species that is being used for stand establishment in flood plains.

Poplar plantations are characterized by a large wood volume per area unit during a short production cycle. Good terrain preparation and adequate silvicultural measures provide higher yields.

Terrain preparation during the establishment of poplar plantations is one of the most important measures for high wood mass yields. In are-

as where clear-cutting was performed, stump chipping is implemented before planting as the one of the terrain preparation measures.

Stump removal from the area intended for planting is an important activity, because it enables the establishment of plantations with a regular planting spacing, the use of modern machinery and consequently the achievement of high production effects.

The share of stump wood in the total volume of large timber amounts to 25-30% and represents a significant amount of wood that can be used for different purposes (Nikolić, 1993).

Machinery used for stump removal includes various types of wood chippers, devices for stump extraction, etc., and these devices are attached to tractors of certain technical characteristics.

Stump chipping has been the subject of research performed by many authors. Galečić (1972) reported the results of a research on the efficiency of the tractor MF 1080 with the "Levaceppi Ellettari" device. The advantages of mechanized stump extraction over manual extraction are listed in this paper, and the author points out that mechanized extraction is up to four times more profitable than the manual one.

Marković (1973) performed a comparative analysis of three different stump removal devices ("International Drott TD-14", "Rotor Cavaceppi", "Tritaceppi Ellettari"). The Italian device "Tritaceppi Ellettari" proved to be the best solution.

Đoković (1983) examined the grubbing and pulling of stumps by the excavator "BGH-100". The obtained results indicate that the work effects of an excavator are greater than those of the "Elefante Ellettari" aggregate in the examined conditions for stumps of up to 40 cm in diameter. In addition, the author lists some construction improvements of the excavator's work device.

Jezdić (1987) investigated the work effects of the "Elefante" aggregate with a "Levaceppi Ellettare" device during the stump chipping of poplar *Populus x euamericana* "Ostia", clone "Robusta" and clone "I-214" stumps. The research results show the dependence of stump chipping duration on stump diameter and distance between stumps. An increase in stump diameter prolongs the stump chipping time, but also the number of auger stabs. The power of operative aggregate does

not affect the operating speed of the device for stumps of up to 40 cm in diameter.

Jezdić and Stanimirović (1988) investigated the work effects of the chipper „Rotor“ attached to the tractor "Rakovica 120". They compared the work effects of that device with the effects of the "Levaceppi Ellettare" device attached to the tractor "Elefante". The obtained results show that the distance between stumps, stump diameter, terrain preparation before planting and operator's skills directly affect the work efficiency of the chipper.

Danilović and Tomašević (2000) determined the work norms of the "Elefante Ellettari" device during the stump chipping of a 34-year-old *Populus x euamericana* 'I-214' plantation. These authors point out that the operator's skills and experience have a big impact on the efficiency of the device.

Danilović *et al.* (2009) investigated the efficiency of the "Rotor S" device attached to the tractor "Same Laser 150" during stump chipping. The objects intended for chipping were stumps of *Populus x euamericana* and American ash. After the performed analysis, the obtained results point to the fact that chipping time increases with an increase in the number of auger passes and that the planting space affects the time of transition from one stump to another, but also that terrain preparation before planting has a significant impact on efficiency.

Picchi (2012) researched the cost-effectiveness of stump biomass utilization. The accent was on moisture removal and the improvement of the caloric value of forest residue, which should be paid more attention to as a source of bioenergy. The utilization of stump biomass is connected with the use of modern machinery.

Yudego *et al.* (2015) estimated the productivity and cost-effectiveness of stumpwood utilization.

Previous studies have shown the significance of mechanized stump chipping, but also the tendency of initiating further researches into the technical development of machinery for stump chipping.

The silvicultural measures implemented in poplar plantations are very intensive, and they range from terrain and soil preparation for planting to silvicultural measures implemented in young stands.



Picture 1. Tractor "Same Laser 150" with the wood chipper "Rotor S"

Terrain preparation involves the removal of forest residue after tree cutting, mulching, stump burning and stump chipping. Stump chipping is one of the terrain preparation measures. The aim of stump chipping is to provide conditions for a better terrain preparation, which involves plowing, discing, regular spatial arrangement of seedlings planted and a more efficient application of tending measures in young plantations.

In the past five years, stump chipping has been carried out on cca 260 ha, within the area of the "Banat" Pančevo forest estate. In this forest estate, stump chipping is carried out using three tractors:

1. The "Rotor S" wood chipper attached to the tractor "Same Laser 150" (purchased in 2008.), which is the object of this research,
2. The "Rotor S" wood chipper attached to the tractor "Same Laser 150" (purchased in 2012.)
3. The "Rotor S" wood chipper attached to the tractor "Rakovica 120" (purchased in 2008.).

The subject of this paper is the efficiency of stump chipping of soft and hard broadleaves in different conditions by the "Rotor S" wood chipper attached to the tractor "Same Laser 150" (Picture 1).

The tractor power is 111,9 kW, with a maximum torque of 570 Nm and a 540/1000 rpm output shaft. The weight of the wood chipper is 2600 kg.

MATERIALS AND METHODS

The recording of operation of the "Rotor S" chipper attached to the tractor "Same Laser 150"

during stump chipping was performed in different operating conditions in five sample plots established in the area of the "Banat" Pančevo forest estate: one in the "Gornje Potamišje" forest management unit (SP4), two in the "Donje Potamišje" forest management unit (SP1 and SP5) and two in the "Donje Podunavlje" forest management unit (SP2 and SP3). The locations of these sample plots are shown in picture 2.

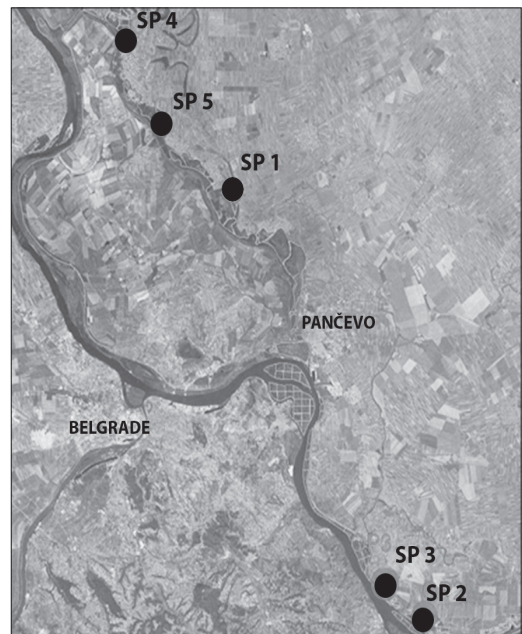
The basic characteristics of the sample plots are shown in Table 1.

Stump chipping is shown in pictures 3-5.

The research of work effects of the chipper "Rotor S" attached to the tractor "Same Laser 150" during stump chipping is based on the measurement of values of particular elements during stump chipping and determination of the operating conditions during the work process.

The most important factors that stump chipping efficiency depends on are: average stump diameter and the average time of transition from one stump to another.

On the basis of the performed recording, preparatory- final time, i.e. time used for facility preparation, was determined, as well as the time of chipping for each stump, the time of transition



Picture 2. Map of the position of the sample plots

Table 1. Basic characteristics of the sample plots

Sample plot	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5
Forest management unit	Donje Potamišje	Donje Podunavlje	Donje Podunavlje	Gornje Potamišje	Donje Podunavlje
Compartment/subcompartment	16a	52b	51 i, h	94b	5c
Area (ha)	36.03	9.28	4.16	7.84	3.27
Tree species	<i>Poplar</i>	<i>Poplar</i>	<i>Poplar</i>	<i>Poplar</i>	<i>Poplar</i>
Clone	I-214	<i>Populus deltoides</i> M1	I-214	I-214	I-214
Plantation age	27	28	25	32	31
Planting space (m)	5×5	6×6	6×6	5×5	5×5
Number of trees (piece/ha)	320	217	243	208	230
Basal area (m ² /ha)	20.6	27.5	19.8	31	31.8
Volume (m ³ /ha)	295.2	442.9	329.7	531	576.1
Operating machine	Same Laser 150	Same Laser 150	Same Laser 150	Same Laser 150	Same Laser 150
Attachment	Rotor S, Ø1200 cm	Rotor S, Ø 860 cm	Rotor S, Ø 1200 cm	Rotor S, Ø 1200 cm	Rotor S, Ø 860 cm
Stump visibility from inside the cabin	Forest residue can be found in 10% of the area	Forest residue, as well as 1.5m high shoots on stumps can be found in 15% of the area	Forest residue, as well as 1.5m high shoots on stumps can be found in 15% of the area	Previous mulching of forest residue Good stump visibility.	Previous mulching of forest residue Good stump visibility.
Number of chipped stumps (piece)	914	376	442	449	265
Average stump diameter (cm)	41.1	63.9	52.4	58.5	60.52



Picture 3. Stump chipping in SP1



Picture 4. Stump chipping in SP2



Picture 5. Stump chipping in SP3

from one stump to another and downtime. Besides, the number of auger passes was established for each stump.

Terrain description was provided for each sample plot (stump visibility from inside the driver's cabin, description of terrain barriers that could make tractors movement more difficult). In this research the type of study applied is the study of time and work.

RESULTS

The values of the elements measured during stump chipping are shown in Table 2.

Table 2. Stump chipping elements

Sample plots	N_p (piece)	D_p (cm)	Npr (pieces)	n_{pr}
SP1	914	41.1	967	1.06
SP2	369	63.9	1066	2.89
SP3	442	52.4	719	1.63
SP4	449	58.5	732	2.73
SP5	265	60.5	723	2.73
IN TOTAL	2439	-	4207	-

N_p – number of stumps, D_p – average stump diameter, Npr – the total number of auger passes, n_{pr} – average number of auger passes per stump

The total number of chipped stumps in all sample plots is 2439. Average stump diameters ranged between 41,1 cm (SP1) and 63,9 cm (SP2). The diameters of poplar trees, and therefore the diameters of stumps depend on a large number of factors, primarily on site conditions and planting

space (number of trees per hectare). The small diameters of stumps in SP1 can be explained by the large number of trees per hectare and unfavorable site conditions for poplar planting.

The number of auger passes depends on stump diameter, root buttress development and the diameter of the auger used for stump chipping. The lowest number of auger passes per stump was recorded in SP1, where the average diameter of a chipped stump was the smallest and where a 1200 mm-diameter auger was used. Unlike that, the largest number of auger passes was found in SP2, where the average diameter of a chipped stump is the largest and where a 850 mm-diameter auger was used. In addition, it was observed that the average number of passes in SP5 is rather high compared to SP4. The reason for this could be the use of a 850 mm-diameter auger in SP5 and the use of a 1200 mm-diameter auger in SP4.

The minimum, maximum and average values and standard deviation of chipping time and time of transition from one stump to another are shown in table 3.

The average times of stump chipping and transition from stump to stump are shown in Table 4.

The average time of stump chipping primarily depends on the tree species, stump diameter, root buttress development, etc. This time ranges from 0,82 min/piece in SP1, where the average diameter of chipped stumps is the smallest, to 2,29 min in SP2, where the average diameter of chipped stumps is the largest.

The time of transition from one stump to another depends on the distance between stumps, the visibility of stumps from inside the driver's cabin, the level of forest residue removal, the presence of stump shoots and ground conditions.

Table 3. The minimum, maximum and average values and standard deviation

Measured elements	Maximum value	Minimum value	Average value	Standard deviation S_d
Sample plot SP1				
Time of chipping (min/ piece)	2.73	0.05	0.82	0.26
Time of transition from stump to stump (min/piece)	2.40	0.10	0.58	0.20
Sample plot SP2				
Time of chipping (min/ piece)	6.67	0.27	2.29	1.23
Time of transition from stump to stump (min/piece)	6.67	0.20	0.94	0.61
Sample plot SP3				
Time of chipping (min/ piece)	5.58	0.38	1.36	0.75
Time of transition from stump to stump (min/piece)	7.08	0.42	1.58	0.73
Sample plot SP4				
Time of chipping (min/ piece)	4.35	0.27	1.41	0.85
Time of transition from stump to stump (min/piece)	2.97	0.15	0.69	0.36
Sample plot SP5				
Time of chipping (min/ piece)	7.30	0.32	1.76	1.16
Time of transition from stump to stump (min/piece)	2.92	0.08	0.81	0.57

The mean time of transition from one stump to another ranges from 0,58 min/piece in SP1, with the largest number of trees per hectare, to 0,94 min/piece in SP2, with a lower number of trees. In addition to the smaller number of trees per hectare, transition time was affected by unfavorable ground conditions, i.e. deep ruts that appeared during skidding, as well as the insufficient visibility of stumps from inside the driver's cabin.

During the analysis of downtime, unjustified downtime should be subtracted from the total downtime. and justified downtimes were divided into four groups: preparatory-final time, technological downtimes, organizational downtimes and breaks.

The effective duration of a work day for each sample plot was determined by subtracting the time of justified downtimes from the eight-hour workday reduced by the break. Preparatory-final time included the time needed for fueling and machine inspection and cleaning at the beginning and end of a workday. Fueling was not carried out every day, but every second day. The average

time of fueling is 25 min/day for each sample plot, and it is calculated as a quotient of total preparatory-final time for all sample plots and the number of workdays. The time of transition from the tractor parking place to the work site is highly variable, so it was not included in the efficiency calculations.

The analysis of variance revealed that there are significant statistical differences between the average chipping time in the sample plots (F- 4, 16, p-0,032) at the 95% level of significance,

Table 4. The average times of stump chipping and transition from stump to stump

Sample plots	T_i (min/piece)	T_{pr} (min/piece)
SP1	0.82	0.58
SP2	2.29	0.94
SP3	1.36	0.63
SP4	1.41	0.69
SP5	1.76	0.81

Table 5. Average times of justified downtimes and their percentages

Sample plots	Times of justified downtimes	Technological	Organizational	Breaks	PFT	Total
	min/day					
SP1	62.93	-	16	44	40	100
SP2	64.16	27	5	28	39	100
SP3	86.00	36	11	24	29	100
SP4	58.26	11	0	46	43	100
SP5	69.16	32	14	18	36	100

Table 6. The dependence of stump chipping time on stump diameter and the dependence of the number of auger passes on stump diameter

Sample plot	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5
Dependence of stump chipping time on stump diameter					
Dependency functions	$T_i = a + b \cdot D_p$		$T_i = e^{a+b \cdot D_p}$		
a	0.196	-1.241	-1.322	-1.513	-1.397
b	0.0151	0.0302	0.030	0.0288	0.0285
R	0.582	0.893	0.877	0.857	0.881
Sx	0.209	0.275	0.277	0.305	0.322
Dependence of the number of auger passes on stump diameter					
Dependency functions	$T_i = e^{a+b \cdot D_p}$	$T_i = (a + b \cdot D_p)^2$	$T_i = a + b \cdot D_p$	$T_i = e^{a+b \cdot D_p}$	
a	-0.305	0.457	-1.353	-0.760	
b	0.0083	0.0183	0.0569	0.0194	
R	0.481	0.904	0.806	0.756	
Sx	0.151	0.161	0.578	0.296	

- a,b – parameters of dependency function, R – correlation coefficient, S_x – standard regression error

Table 7. Roemer – Orphal’s scale

Correlation strenght	No correlation	Very weak	Weak	Moderate Strong	Strong	Very strong	Complete
Correlation coefficient - R	0.0-0.1	0.1-0.25	0.25-0.4	0.4-0.5	0.5-0.75	0.75-0.9	0.9-1

which means statistically significant differences between that sample plot and other sample plots.

The dependence of stump chipping time on stump diameter was examined in each sample plot, and the dependence of the number of auger passes on stump diameter in four sample plots.

The examination of the dependence of stump chipping time on stump diameter and the dependence of the number of auger passes on stump diameter is shown in Table 6.

The increment of stump diameter causes an increase in stump chipping time. In all cases, the correlation between the variables is strong or very strong. In addition, the increment of stump diameter causes an increase in the number of auger passes.

The Roemer-Orphal’s scale was used to establish the correlation strength.

The dependence of the efficiency on stump diameter in all sample plots is shown in chart 1.

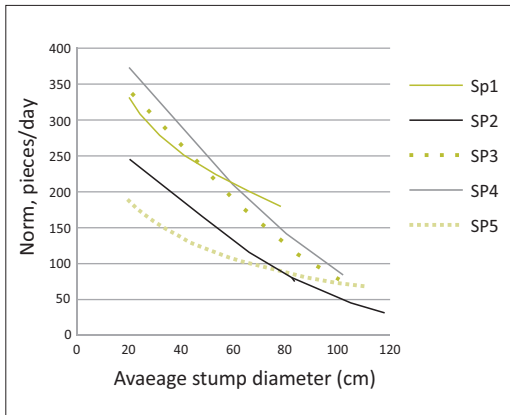


Chart 1. A comparative review of the dependence of efficiency on stump diameter in all sample plots

DISCUSSION

The research results indicate that stump chipping time depends on stump diameter, i.e. with stump diameter growth there is also an increase in stump chipping time. Average stump chipping time depends on the tree species, stump diameter, root buttress development, etc. The average stump chipping time ranges from 0,82 min/stump in SP1, where the average diameter of chipped stumps is the smallest, to 2,29 min/stump in SP2, where the average diameter of chipped stumps is the largest. Jezdić (1987) obtained similar results in a research of the effects of work of the Elefante tractor with the "Levaceppi Ellettare" device in the removal of poplar *Populus × Euroamericana* stumps of the clone 'Robusta' and clone 'I-214'. In addition, he found that the power of the drive aggregate does not affect the speed of the device operation for stumps with up-to-40 cm diameters.

The results of this research, and studies Jezdić (1987), Jezdić and Stanimirović (1988) and Danilović *et al.* (2009), show that diameter increment causes an increase in the number of auger passes. The average number of auger passes also depends on the diameter of auger that is used for stump chipping. In this research, the smallest number of auger passes per stump was recorded in SP1, where the average diameter of chipped stumps was the smallest and where a 1200 mm-diameter auger was used for chipping.

The time of transition from one stump to another depends on the distance between stumps, the amount of forest residue, the presence of stump shoots, the appearance of high weeds and ground conditions. This time ranges from 0,58 min/stump in SP1, with the largest number of trees per hectare to 0,94 min/stump in SP2, where the number of trees per hectare is significantly lower. In addition to the smaller number of trees per hectare, longer transition time was also affected by unfavorable terrain conditions, i.e. deep rut that appeared during skidding and the insufficient visibility of stumps from inside the driver's cabin.

Similar results were obtained by other authors who researched the work efficiency during stump chipping (Jezdić, 1987, Jezdić and Stanimirović, 1988, and Danilović *et al.*, 2009). In addition, prior research highlighted the importance of operator skills on the effects of work of a chipper (Jezdić and Stanimirović, 1988; Danilović and Tomašević, 2000).

All downtimes were classified into four groups: preparatory-final time, technological downtimes, organizational downtimes and breaks. The duration of downtimes depends on various factors. The downtimes lasted from 58,26 min/day in SP4 to 86 min/day in SP3.

The effects of work depend on many factors, including technical characteristics of the tractor.

Higher work effects could be achieved through a better construction design:

- The installation of the power shift command which enables a forward – backward movement of the aggregate without pushing the clutch pedal and pulling the gearshift lever;
- The installation of a handle for the change of revolutions per minute of the output shaft in the driver's cabin. Currently, this handle is on a differential housing, next to the left wheel, so machine operator has to leave the cabin to change the revolutions per minute of the output shaft,
- The tractor "Same Laser 150" has double commands installed in the cabin: the clutch, brake and gas pedal, but when the seat makes a 180 degree turn those pedals are not at the adequate height. In addition, the operator does not have enough space in the tractor cabin. An

increase in the cabin space and a better position of the above mentioned commands would contribute to an increase in work efficiency.

CONCLUSIONS

After the performed analysis, the following conclusions can be reached:

- Stump chipping time depends on stump diameter – the increment of stump diameter causes an increase in the stump chipping time. This dependence is shown by the linear function in SP1, and in the other sample plots this dependence is shown by the exponential function,
- The number of auger passes depends on stump diameter – stump diameter increment causes an increase in the number of auger passes. In SP3 and SP5 this dependence is linear, but in SP1, SP2 and SP3 this dependence is non-linear,
- The time of transition from one stump to another depends on various factors, like the distance between stumps, the amount of forest residue, the presence of stump shoots, the occurrence of weeds and ground conditions,
- The level of terrain preparation before stump chipping significantly affects total chipping time. Better terrain preparation reduces the time of movement from one stump to another and increases efficiency,
- The improvement of the technical characteristics of the tractor would provide better operating conditions and a higher efficiency.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Danilović M., Grbić J., Ćuprić N. i Voinović D., (2009): Iveranje panjeva traktorom Same 150 sa iveračem Rotor S. Traktori i pogonske mašine 2/3:172-178. Novi Sad
- Danilović M. i Tomašević I., (2000): Ustanovljavanje normativa rada uređaja Elefante Ellettari pri krčenju panjeva euroameričke topole cl I-214. Šumarstvo 6:21-27. Beograd
- Đoković P., (1983): Krčenje panjeva topole bagerom. Topola 139-140. Beograd
- Galečić M., (1972): Mehanizovano krčenje panjeva u plantažama topole i Drugih vrsta drveća specijalnom mašinom MF 1080 sa priključkom Levaceppi ellettari. Mehanizacija šumarstva 11-12:183-187. Beograd
- Jezdić D., (1987): Prilog proučavanju krčenja panjeva agregatom Elefante sa priključkom Levaceppi ellettare. Mehanizacija šumarstva 11-12:183-187. Beograd
- Jezdić D., Stamenković L.J., (1988): Krčenje panjeva uređajem Rotor u agregatu sa traktorom Rakovica 120. Mehanizacija šumarstva 13:129-134. Beograd
- Marković J., (1972): Doprinos istraživanju ekonomičnih metoda uklanjanja panjeva sa iskrčenih površina. Topola 90. Beograd
- Mola-Yudego Bl., Picchi G., Spinelli R. (2015): Assessing chipper productivity and operator effects in forest biomass operations, Silva Fennica, 49/5/, doi: 10.14214/sf.1342
- Nikolić S., (1993): Iskorišćavanje šuma. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva Beograd
- Picchio R., Verani S., Sperandio G., Spina R., (2012) Stump grinding on a poplar plantation: Working time, productivity, and economic and energetic inputs. Ecological Engineering 40:117-120
- **Posebna osnova gazdovanja šumama, G.J."DONJE POTAMIŠJE", Pančevo
- **Posebna osnova gazdovanja šumama, G.J."DONJE PODUNAVLJE", Pančevo

