

GDK: 945.33:363:651.73(497.23\*02)(045)

Prispelo / *Received*: 21. 12. 2004

Sprejeto / *Accepted*: 13. 1. 2005

Izvirni znanstveni članek

*Original scientific paper*

## ANALIZA UČINKOVITOSTI UČENJA STROJNIKA NA STROJU ZA SEČNJO

Špela Malovrh\*, Boštjan Košir \*\*, Janez Krč \*\*\*

### Izvleček

Članek obravnava načine učenja bodočih strojnikov za delo s strojem za sečnjo. Na prvem takšnem primeru v Sloveniji je opisan in analiziran potek učenja s simulatorjem in merjeni so časi posameznih postopkov pri dveh kandidatih. Opisano je delovanje simulatorja za učenje na stroju Timberjack 1270 D in potek enotedenskega tečaja. Narejena je primerjava med kandidatoma glede porabe časa in števila poškodb na virtualnem stroju in sestoji, ki jih je beležil program simulatorja. Podane so usmeritve za prihodnje študije in spremljanje učinkov strojnikov pri delu.

Ključne besede: stroj za sečnjo, strojna sečnja, simulator

## HARVESTER OPERATOR LEARNING EFFICIENCY ANALYSIS

### Abstract

The article considers the possibilities of training future harvester operators. The course of learning with a simulator is described and analysed on the first such example in Slovenia. The times of individual processes are measured in two candidates. The paper describes the operation of a learning simulator for work on the harvester Timberjack 1270 D and the proceedings of a one-week course. A comparison between candidates regarding the consumption of time and number of damages to the virtual machine and the stand is derived from the data recorded by the programme of the simulator. Directions for future studies and monitoring of operators' efficiency at work are also given.

Keywords: harvester, cut-to-length, simulator

---

\* univ. dipl. inž. gozd., BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Večna pot 83, 1000 Ljubljana, SLO

\*\* prof.dr., univ. dipl. inž. gozd., BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Večna pot 83, 1000 Ljubljana, SLO

\*\*\* doc.dr., univ. dipl. inž. gozd., BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Večna pot 83, 1000 Ljubljana, SLO

**VSEBINA**  
**CONTENTS**

<b>1</b>	<b>UVOD.....</b>	<b>55</b>
	INTRODUCTION	
<b>2</b>	<b>TUJE IZKUŠNJE.....</b>	<b>56</b>
	FOREIGN EXPERIENCE	
<b>3</b>	<b>STROJ ZA SEČNJO IN POSTOPEK UČENJA.....</b>	<b>57</b>
	HARVESTER AND LEARNING PROCESS	
<b>4</b>	<b>METODA DELA.....</b>	<b>60</b>
	METHOD OF WORK	
<b>5</b>	<b>REZULTATI RAZISKOVANJA.....</b>	<b>61</b>
	RESULTS OF RESEARCH	
<b>6</b>	<b>RAZPRAVA IN SMERI PRIHODNJIH ŠTUDIJ.....</b>	<b>66</b>
	DISCUSSION AND DIRECTION OF FUTURE STUDIES	
<b>7</b>	<b>SUMMARY.....</b>	<b>67</b>
<b>8</b>	<b>VIRI.....</b>	<b>69</b>
	REFERENCES	

## 1 UVOD INTRODUCTION

Tako kot v vsaki panogi so tudi v gozdarstvu prisotne zahteve po novih tehnologijah. Vsako uvajanje nove tehnologije pripelje za seboj celo vrsto problemov, s katerimi se je in se bo v prihodnje potrebno spopasti (KOŠIR, 2002a). Uspešno uvajanje nove tehnologije predstavlja ravnotežje v trikotniku: gozd – tehnika – človek. Med najvažnejše dejavnike uspešnosti strojne sečnje štejemo: vrsto sečnje, vrsto in velikost drevesa, značilnosti sestoja, zahteve krojenja, terenske značilnosti in vremenske razmere ter motivacijo in usposobljenost strojnika. Lastnik stroja lahko vpliva zlasti na zadnja dva: na motivacijo in usposobljenost strojnika.

Usposabljanje in izobraževanje kadrov je ključnega pomena (ANDERSSON, 2001). Posebej je to pomembno v začetnih fazah uvajanja nove tehnologije, česar si ne moremo zamisliti brez delavcev, ki so usposobljeni za učinkovito, gospodarno ter okolju prijazno uporabo tehnologije (KOŠIR, 2002b). V deželah, kjer je strojna sečnja že uveljavljena, so začeli razvijati učne pripomočke in sisteme, ki strojnikom, podjetnikom, lastnikom gozdov in gozdnogospodarskim podjetjem lajšajo uporabo danes zelo kompleksnih gozdarskih strojev (HOSS, 2001a).

*"Dnevi slepega učenja za operaterja stroja za sečnjo so dejansko minili zahvaljujoč učinkovitemu simulatorskemu učenju" (FORESTCOMMUNICATIONS, 2004).*

V zadnjem času se pri nas veliko govori o strojni sečnji in narejeno je bilo kar nekaj poskusov na to temo (ČETINA, 2003/ DELAVEC, 2003/ KEPIC, 2003). Prvi, ki so se odločili za nakup nove tehnologije, so bili pri Gozdnem gospodarstvu Bled d.d., ki je kupilo stroj za sečnjo Timberjack 1270 D ter zgibni polprikoličar Timberjack 1010 D. Kot osnovni problem pri uvajanju nove tehnologije se je pokazala neusposobljenost kadra za delo s strojema. Prav zato so se v Gozdnem gospodarstvu Bled d.d. odločili, da organizirajo tečaj za strojnika stroja za sečnjo s pomočjo simulatorja in izkušenega inštruktorja iz podjetja Timberjack (MALOVRH, 2004). Pri nas predstavlja simulatorsko učenje novost. Cilj tega učenja je, da se kandidati za strojnika stroja za sečnjo s pomočjo simulatorja čim hitreje usposobijo za upravljanje stroja. Namen simulatorskega učenja je, da delavci v učilnici razvijejo svoje sposobnosti za delo s strojem do te mere, da so po končanem učenju v učilnici lahko prepuščeni delu v naravi. S pomočjo simulatorskega učenja želijo tudi zmanjšati število poškodb, ki bi pri neposrednem učenju ob delu v gozdu lahko nastale na stroju ali v sestoji.

Cilj raziskave je bil posneti dogajanje od začetka do konca učenja s simulatorjem ter vzporedno učenje na stroju. Pri tem nas je zanimalo predvsem dvojje: kako delavci povečujejo hitrost dela in kako izboljšujejo kakovost dela. Zanimala nas je tudi razlika med delavci oz. učinek učenja pri posameznemu kandidatu.

## 2 TUJE IZKUŠNJE FOREIGN EXPERIENCE

Simulatorji dela z zahtevnimi stroji so že dolgo časa v rabi v deželah, kjer se je ta mehanizacija razvila. Uporabni so tako pri neposrednih izvajalcih del, kot v šolah, kjer omogočajo samoučenje in samokontrolo učencev, ki lahko z računalnikom neposredno nadzirajo svoje napredovanje pri učenju (npr.: <http://www.timberjack.com/products/virtual/>). Stroški takšnega učenja so razmeroma majhni, učenje pa je kakovostnejše in hitrejše (en inštruktor obvlada več učencev). Najboljše rezultate seveda dosežejo, če kombinirajo delo na simulatorju in delo s pravim strojem (HOSS, 2001a). Program SIMULOG je narejen z namenom, da lahko učenci in inštruktorji analizirajo napredek pri učenju oz. primerjajo krivulje učenja.

Stroji za sečnjo zahtevajo vrsto posebnih znanj, kar še posebej velja za manjše podjetnike, ki marsikatero popravilo opravijo sami. Voznik takšnega stroja mora temeljito poznati tudi računalniško vodene funkcije stroja. Učenje je dolgotrajno, zato so razvili učna orodja – simulatorje, ki proces učenja skrajšajo. Učne krivulje, izražene v odvisnosti med časom učenja in produktivnostjo, izraženo v m<sup>3</sup>/h, so degresivno naraščajoče. Neke finske izkušnje kažejo (WHITE, 2004), da doseže pri učenju strojnik po dveh mesecih 30% produktivnosti (100% predstavlja produktivnost v m<sup>3</sup>/h po enem letu dela na stroju), po štirih mesecih 55%, po pol leta dela 82%, nakar produktivnost še vedno narašča, vendar čedalje počasneje. Iz primera vidimo, da je učenje upravljanja s strojem za sečnjo zahtevno in počasno. Drug primer (BODELSCHWINGH, 2003) je učenje dela na kombiniranem stroju za sečnjo in spravilo. Glede na to, da je strojnik v tem primeru že imel izkušnje s stroji za sečnjo, je učenje trajalo krajši čas – 30 dni. Že prvi dan je dosegel 33% končne produktivnosti, v petnajstem dnevu 88% in na dveh tretjinah učne dobe 97% končne produktivnosti.

Prednosti učenja na simulatorju so številne, predvsem pa gre za večjo hitrost in večjo kakovost učenja, večjo varnost pri delu med učenjem ter večjo izkoriščenost strojev in manj strojelomov ter poškodb na sestoji. Že v zgodnji fazi učenja so mogoče objektivne primerjave med kandidati za strojnike. Poudarjajo, da je učenje na simulatorju enako pomembno tudi za tehnično osebje, ki se bolje seznanijo z novimi stroji in zahtevami, s katerimi se bodo srečevali strojniki pri praktičnem delu.

V tujini, kjer je učenje s pomočjo simulatorja že vpeljana v prakso, velik del časa posvetijo izboru strojnikov. Dejstvo je, da morajo kandidati, ki želijo postati strojniki stroja za sečnjo, imeti določene naravne sposobnosti, ki se v procesu učenja ne dajo naučiti, lahko pa se razvijejo. Z raziskavami so v tujini prišli do zaključkov, da morajo imeti kandidati za strojnike stroja za sečnjo psihomotorične, senzorične in kognitivne sposobnosti. Pri izboru

delavcev si pomagajo s psihometričnimi testi (HOSS, 2001b) in delom na simulatorju. Ugotovili so, da slabi rezultati na testih še ne pomenijo tudi slabih rezultatov pri delu na simulatorju, slabi rezultati pri delu na simulatorju pa že pomenijo slabe rezultate pri delu na stroju v gozdu. S pomočjo simulatorja in Simulog opreme lahko predvidevamo, kateri izmed kandidatov imajo te sposobnosti (FREEDMAN, 2003).

### **3 STROJ ZA SEČNJO IN POSTOPEK UČENJA HARVESTER AND LEARNING PROCESS**

Simulatorji so narejeni za prav določene znamke in tipe strojev, v našem primeru smo ugotavljali usposabljanje s simulatorjem firme Timberjack na stroju za sečnjo Timberjack 1270D, ki je najnovejši model serije 1270. Najvažnejše tehnične značilnosti so podane v preglednici 1.

Tečaj pod vodstvom inštruktorja iz podjetja Timberjack je trajal šest dni. Tečaja za delo na stroju za sečnjo so se udeležili štirje kandidati. Namen delodajalca je bil, da izmed njih po tečaju izbere dva, ki naj bi dvoizmensko delala s strojem.

Tečaj je bil sestavljen iz dveh delov, ki sta se prepletala, in sicer iz:

- dela na simulatorju in
- dela na stroju

Delo na simulatorju je potekalo v prostorih Gozdno gospodarskega podjetja Bled d.d., delo na stroju pa je potekalo na Jelovici. S strojem za sečnjo smo delali v smrekovem debeljaku, kjer se je izvajalo svetlitveno redčenje.

Prve tri dni so delavci delali na simulatorju. Inštruktor jih je najprej seznanil z osnovnimi funkcijami simulatorja, krmilnim in merilnim sistemom Timbermatic 300 in krmilnim sistemom TMC (Total Machine Control), kalibracijo dolžin in premerov, vnosom podatkov ob začetku vsakega delovnega dneva, testiranjem programa in iskanjem napak, vnosom podatkov za krojenje in nastavitvijo jezika. Vsak posameznik je nato delal na simulatorju.

Simulator stroja za sečnjo je sestavljen iz stola s komandami in računalnika s programsko opremo, ki omogoča virtualni prikaz gozdne pokrajine na velikem zaslonu. Sistem natančno prikaže delovno okolje in funkcije stroja, kar predstavlja odlično orodje za učenje novih strojnikov. Da bi okolje učenja čim bolj približali realnemu stanju, je pri simulaciji

Preglednica 1: Tehnične značilnosti stroja za sečnjo Timberjack 1270D z nekaterimi opcijami

Table 1: Technical characteristics of harvester Timberjack 1270D with some options

Tip motorja – Engine	Enota - Unit	John Deere 6081H, turbodiesel, TMC
Moč – Power output	kW	160 pri 1400 – 2000 obr./min
Število cilindrov – Number of cylinders		6
Transmisija – Transmission		Hidrostatsično – mehanska, 2 stop. menjalnik
Delovna hitrost – Work speed	km/h	0 - 5
Cestna hitrost – Driving speed	km/h	0 - 25
Največja vlečna sila - Tractive force	kN	160
Dolžina – Length	m	7,4
Širina – Width	m	Standardna (kolesa 700x26,5): 2,93 Opcija (kolesa 600x26,5): 2,74
Višina (transportna) – Height	m	3,67 – 3,87
Prehodnost – Ground clearance	cm	62,5
Medosna razdalja - Wheelbase	m	3,7
Teža – Weight	kg	17.500
Tank za gorivo – Fuel tank	l	480
Pnevmatike – Tires		Spredaj (standard): 700x26,5 16 PR ELS NK Spredaj (opcija): 600x26,5 16 PR ELS NK Zadaj (standard): 700x34 14 PR TRS NK Zadaj (opcija): 600x34 14 PR TRS NK
Tlak na podlago – Pressure on a ground	kPa	Spredaj (gume 700): 58 Spredaj (+gosenične verige): 47 Spredaj (gume 600): 66 Spredaj (+gosenične verige): 53 Zadaj (gume 700): 49 Zadaj (gume 600): 63
Dvigalo – Lift		TJ 210 H 115
Dvižni moment dvigala – Gross lifting torque	kNm	178
Obračalni moment dvigala – Gross slewing torque	kNm	43,6
Doseg – Reach with head	m	11,5
Glava za sečnjo – Harvester head		Timberjack H754
Teža sečne glave – Weight	kg	880-930
Hitrost pomika – Feed speed	m/s	4,7
Število motorjev – Feed rollers		4
Premer kleščenja – Delimiting diameter	cm	40
Kontrola sečne glave – Control of harvester head		Timbermatic 300
Kontrola motorja, dvigala in transmisije – Control of engine, lift and transmission		TMC (Total Machine control)
Kabina – Cab		Ergonomsko opremljena, ročno ali samodejno nastavljiva $\pm 15^\circ$ prečno, $\pm 11^\circ$ vzdolžno, kot vrtenja $\pm 50^\circ$

pokrajine uporabljen virtualni 3D prikaz gozdne pokrajine in iz kabine vidnih delov stroja (slika 1). Program omogoča izbiro različnih vrst sečnje (redčenje, končni posek), terenskih razmer in mešanosti drevesnih vrst in razvojnih faz sestojev. Nastavitve programa se lahko shranijo za analizo ali ponavljanje učenja. Omenimo naj še, da simulatorji omogočajo učenje ne le na strojih za sečnjo (Timberjack 1270) temveč tudi na zgibnih polprikoličarjih (Timberjack 1110).



Slika 1: Simulacija sečnje s simulatorjem za strojno sečnjo – pogled iz kabine (www.timberjack.com)

Figure 1: Simulation of felling with harvester simulator – view from cabin

Kandidati sedijo na stolu, ki je enak tistemu v stroju za strojno sečnjo in uporabljajo enake komandne ročice in gumbe za premikanje stroja in njegovih delov in za opravljanje drugih postopkov.

Strojniki lahko opravljajo neomejeno premikanje hidravlične ročice v dosegu stroja za sečnjo in neprestano nadzirajo svoj položaj v virtualnem gozdu. Z uporabo orodja SIMU-LOG (del programske opreme), ki omogoča medsebojno primerjavo kandidatov, se lahko rezultati učenja prikažejo na osebem računalniku, tako da lahko kandidatove rezultate učinkovitosti dela primerjamo z drugimi učenci. S tem dobimo rezultate o uspešnosti in učinkovitosti učenja.

Simulatorsko učenje omogoča posamezniku, da razvije:

- psihomotorične sposobnosti, ki so povezane z ročnimi spretnostmi, to pomeni sposobnost premikanja obeh rok in več prstov hkrati;
- senzorične sposobnosti, ki so povezane z globinskim zaznavanjem, to pomeni sposobnost videnja stvari v daljavi in predstave, kaj je spredaj in kaj zadaj;
- kognitivne sposobnosti, ki so povezane s prostorsko orientacijo (FREEDMAN, 2002; FREEDMAN, 2003).

Naslednje tri dni so kandidati za strojnika stroja za sečnjo delali na stroju. Inštruktor jim je najprej razložil delovanje stroja ter jim pokazal, kako se pravilno podira drevesa v naravi. Posamezni kandidati so nato individualno delali na stroju za strojno sečnjo, vendar ves čas pod nadzorom inštruktorja.

#### **4 METODA DELA METHOD OF WORK**

Izmed štirih kandidatov smo naključno izbrali dva, ki smo ju nato spremljali pri učenju na simulatorju in na stroju za sečnjo Timberjack 1270 D. Delavec A je po poklicu sekač in je v podjetju opravljal delo sekača in traktorista. Delavec B pa je po poklicu lesarski tehnik in je bil prej zaposlen v lesni industriji.

V raziskavi smo uporabili kronometrično metodo merjenja časov ter izkoristili poročila računalnika simulatorja o storjenih napakah ter drugi statistiki učenja. Snemanje časov je potekalo z ročnim računalnikom znamke Psion in za namene te raziskave izpopolnjenim programom. S snemanjem učnega procesa smo začeli ob prvem stiku delavca z učenjem. Posneli smo vse postopke, ki so se pojavili v procesu učenja. Z učenjem so delavci pričeli na simulatorju. V tej fazi učenja smo spremljali čase po kontinuirani metodi. Ko so se kandidati pričeli učiti na stroju, je delavec kmalu obvladal proces do stopnje, da je delo izvajal v ciklih. Takrat smo uporabili ničelno metodo. Ko so se delavci urili na simulatorju, smo zaradi neobvladanja dela s komandnimi ročicami težko spremljati čase po posameznih postopkih, zato smo snemali čas sečnje in izdelave sortimentov posameznega drevesa in čas, ki ga porabijo za premik do naslednjega drevesa. Iz dobljenih podatkov smo nato izračunali, koliko časa povprečno porabijo za posek enega drevesa.

Spremljali smo tudi vse poškodbe, ki so nastale pri učenju na simulatorju: poškodbe na stroju in poškodbe dreves v virtualnem sestoju. Te podatke smo dobili iz računalniškega poročila stroja za sečnjo. Poročilo podaja podatke o izrabi časa (produktivni čas, odmor, čas premikov, uporabe žage, glave za sečnjo, dvigala in pomika debela). Računalnik pa spremlja naslednje vrste poškodb: trk stroja v drevo, trk žerjava v drevo, poškodbo žage in poškodbo okoliškega drevesa (slika 2).



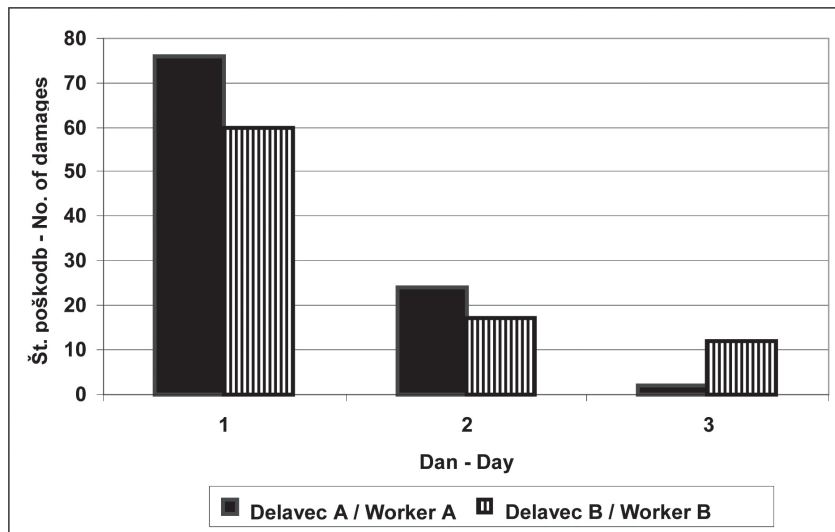


Preglednica 2: Povprečno potreben čas za posek drevesa po dnevih

Table 2: Times for felling a tree on a simulator

DELOVNI DAN / WORK DAY	1. DAN (h: min: sek)	2. DAN (h: min: sek)	3. DAN (h: min: sek)	4. DAN (h: min: sek)
DELAVEC / WORKER				
Delavec A / Worker A	0:01:23	0:01:22	0:01:17	0:01:05
Delavec B / Worker B	0:02:04	0:01:17	0:01:12	0:00:58

Kot lahko vidimo iz preglednice 2, se je med delavcema povprečni čas za posek drevesa razlikoval. Vzrok za tako veliko razliko v prvem dnevu v povprečno potrebnem času za posek drevesa je v tem, da je delavec A v prvem dnevu delal prvi na simulatorju in inštruktor po končanem delu ni ponovno nastavil simulatorja, tako da je imel delavec B drugačne pogoje za delo. Ko pa sta imela delavca enake pogoje za delo, je delavec B porabil povprečno manj časa za posek drevesa kot delavec A. Iz tega sklepamo, da so razlike med delavcema najverjetneje nastale zaradi različnih psihomotoričnih sposobnosti posameznika. Kljub ugotovljenim razlikam med delavcema pri enakih nastavitvah simulatorja smo težko sledili učinkom učenja. Očitno je, da je v začetnih fazah učenja na simulatorju zelo močan vpliv raznih dejavnikov. Mednje smo šteli motivacijo, nerazumevanje razlag v tujem jeziku, preutrujenost (NICHOLLS, BREN, HUMPHREYS, 2003), prenasičenost z informacijami itd.



Slika 3: Primerjava med številom poškodb, ki so nastale na stroju in sestoji

Figure 3: Comparison of damages to the machine and to the stand

Poškodbe, ki so nastale na stroju in sestoji smo začeli spremljati šele po uvodnem delu na simulatorju. Ko smo primerjali poškodbe (slika 3), ki so nastale na sestoji in stroju smo ugotovili, da je prišlo do padanja števila poškodb po dnevih v procesu učenja. Do zniževanja poškodb je prišlo zato, ker sta delavca v procesu učenja napredovala. Delavca sta že osvojila delo s komandnimi ročicami in zato se je zmanjšalo število vseh poškodb, ki so nastale zaradi nepravilnega premikanja žerjava in stroja ter nepravilne smeri podiranja drevesa. Iz slike 3 je razvidna močna težnja upadanja poškodb s časom učenja, kar gre pripisati večji pazljivosti delavcev, potem ko so spredvideli, da hitro in nepazljivo delo povzroča več poškodb. Ta težnja je z vidika gospodarnosti tehnologije primerna, saj lahko pričakujemo, da se bodo časi glavnih postopkov z učenjem še skrajševali, pri čemer se število poškodb ne bi smelo povečati.

Preglednica 3: Primerjava med poškodbami, ki so nastale na stroju in sestoji po snemalnih dnevih

Table 3: Comparison of damages to the machine and to the stand by working days

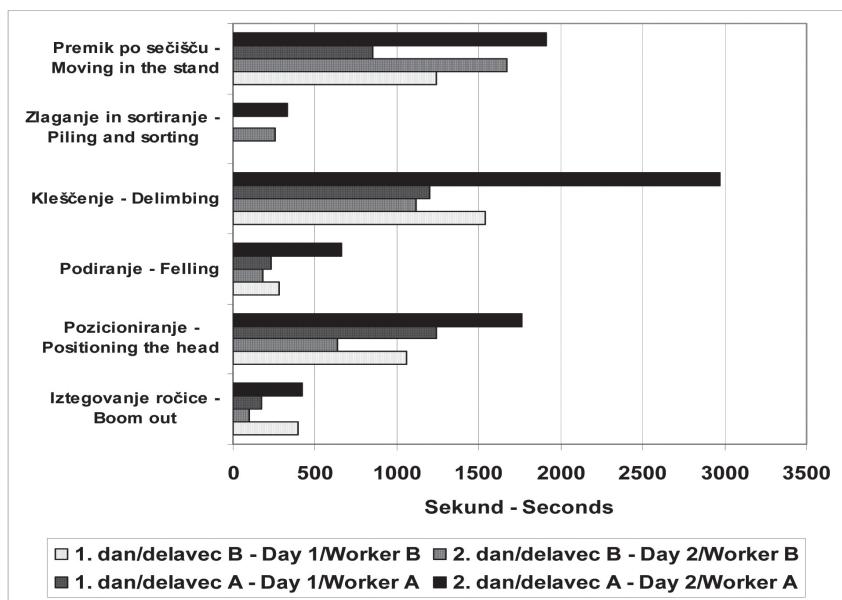
<b>DAN 1 / DAY 1</b>		
VRSTA POŠKODBE / TIP OF DAMAGE	DELAVEC A / WORKER A	DELAVEC B / WORKER B
	Število poškodb / No. of damages	Število poškodb / No. of damages
Stroj v drevo - machine into tree	1	6
Žerjav v drevo - crane into tree	62	14
Poškodba žage - damage of saw	0	1
Poškodba okoliškega drevja - damage of trees	13	39
<b>DAN 2 / DAY 2</b>		
Stroj v drevo - machine into tree	3	2
Žerjav v drevo - crane into tree	17	4
Poškodba žage - damage of saw	3	1
Poškodba okoliškega drevja - damage of trees	17	10
<b>DAN 3 / DAY 3</b>		
Stroj v drevo - machine into tree	/	/
Žerjav v drevo - crane into tree	/	/
Poškodba žage - damage of saw	/	4
Poškodba okoliškega drevja - damage of trees	2	8

Delavec A je v primerjavi z delavcem B posekal povprečno 5 % več dreves na uro, a je pri tem naredil tudi več škode na stroju in sestoji.

## 5.2 DELO NA STROJU WORK ON A HARVESTER

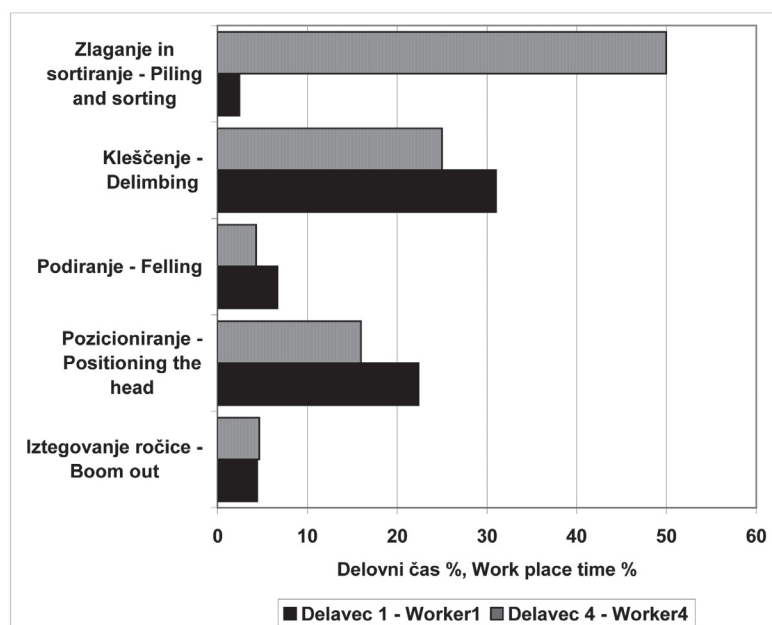
Zaradi predhodnega učenja na simulatorju sta bila delavca na začetku dela na stroju že seznanjena s komandnimi ročicami, zato smo lahko snemali čase posameznih delovnih

postopkov. Iz slike 4 smo ugotovili, da je delavec B porabil za najvažnejše postopke (iztegovanje ročice, pozicioniranje sečne glave, podiranje, kleščenje, zlaganje in sortiranje, premik) v obeh dneh skupaj manj časa kot delavec A. Pri delavcu B smo opazili tudi pozitivni učinek učenja, saj je za naštete postopke v drugem dnevu porabil manj časa. Po enem dnevu učenja je delavec B izboljšal čas iztegovanja ročice za 286%, čas potreben za pozicioniranje glave za 67%, čas podiranja za 54% in čas kleščjenja za 37%. Očitno je, da so mu delali preglavice časi premikov, ki so bili v drugem dnevu daljši za 26% ter časi premikov v sestoji, ki so se drugi dan podaljšali za 97%.



Slika 4: Trajanje važnejših operacij ločeno po delavcih in dnevih  
Figure 4: Duration of more relevant operations by worker and day

Iz analize razmerij med časi, ki so potrebni za osvojitve posameznih postopkov, smo ugotovili, da so za učenje najtežji delovni postopki kleščjenja, krojenja in prežagovanja, pozicioniranja sečne glave ter premika po sečišču. Ti postopki zavzemajo relativno največ časa v delovnem času. Delovni postopek kleščjenja in prežagovanja predstavlja 28% delovnega časa, postopek pozicioniranja sečne glave 19% delovnega časa in postopek premika po sečišču 24% delovnega časa. Te operacije so bile najtežje usvojljive ravno zaradi težavnosti dela s komandnimi ročicami. Za obvladanje teh postopkov so potrebne določene psiho-motorične sposobnosti posameznika, ki se med procesom učenja razvijajo.



Slika 5: Razmerje med časi, ki so potrebni za osvojitve posameznih postopkov – glavni produktivni čas in sortiranje sortimentov

Figure 5: Relationship between times, requires for execution individual procedures - main productive time and sorting of raw forest production

Iz slike 5, na kateri so prikazani, tehnološko gledano, nujno potrebni postopki stroja za sečnjo, opazimo pri večini postopkov velike razlike med delavcema. Pri iztegovanju hidravlične roke dvigala resda ni velikih razlik, ki pa postanejo večje že pri pozicioniranju sečne glave. Delavec A je za pozicioniranje porabil znatno več časa in isto lahko rečemo za podiranje in kleščenje drevesa. Velika razlika je bila zabeležena tudi pri časih zlaganja in sortiranja sortimentov, kjer je delavec B porabil nesorazmerno preveč časa, ali pa je delavec A ta postopek opravil izjemno uspešno oz. ga je izpuščal. Zlaganje in sortiranje sortimentov je z vidika sečnje nepotreben čas, ki je odvisen od značilnosti delovišča oz. načel krojenja na delovišču (število sortimentov). Z vidika celotne tehnološke verige je to nujno potreben čas, ki skrajšuje čas nakladanja sortimentov z zgibnim polprikolničarjem. Skupni učinek obeh strojev je v dejanski proizvodnji odvisen od ustreznega razmerja med časom, ki ga porabi za sortiranje stroj za sečnjo in zgibni polprikolničar. Učinki slednjega so zelo odvisni od koncentracije lesa vzdolž vlake in predvsem od kakovostnega sortiranja sortimentov v gozdu. Če razmišljamo o kakovosti učenja obeh delavcev, v tem primeru (gre za postopek, ki je zahteval velik delež delovnega časa) ne moremo podati dokončne ocene, kateri od delavcev je opravil delo boljše.

Analize uvajanja strojne sečnje so bile pri nas že narejene (KRČ 2002, KRČ, KOŠIR 2002, 2003). Razpolagamo tudi z nekaj časovnimi meritvami, ki so bile opravljene v domačih razmerah (ČETINA 2003, DELAVEC 2003, MALOVRH 2004). Kljub dejstvu, da je strojna sečnja potekala v različnih sestojnih in terenskih razmerah, lahko kljub vsemu ocenimo rezultate časovnih študij. Da bi dokončno lahko trdili, kakšna je struktura časov pri strojni sečnji, je meritev še vedno premalo.

Največja razlika je opazna pri operaciji prenosa ročice in pri vožnji po delovišču. Delavci, ki so bili v procesu učenja, so imeli največ težav s iztegovanjem ročice in pozicioniranjem sečne glave. Velikokrat se je zgodilo, da so sečno glavo slabo pozicionirali in so jo morali potem, ko so začeli podžagovati drevo ponovno pozicionirati. Pri izkušenih delavcih so se v določenem obdobju oblikovale nekatere sposobnosti, ki se pri kandidatih za strojnika stroja za sečnjo še niso razvile. Kandidati za strojnika stroja za sečnjo so v primerjavi z izkušenimi strojniki porabili tudi več časa za premik po delovišču. Pri premiku pa je največji problem predstavlja nenavajenost delavcev na delo s komandnimi ročicami. Težavo pri premikanju je predstavljal tudi nov sistem krmiljenja stroja.

## **6 RAZPRAVA IN SMERI PRIHODNJIH ŠTUDIJ** **DISCUSSION AND DIRECTION OF FUTURE STUDIES**

V prihodnje bo potrebno več časa posvetiti izboru delavcev. Poiskati bi jih bilo smiselno v širšem krogu ljudi in ne samo v lastnem podjetju. Če želimo imeti dobre in učinkovite strojnike stroja za sečnjo, morajo imeti kandidati za strojnika določene sposobnosti, ki se jih ne da pridobiti med učenjem, ampak jih je možno samo razvijati. Pri delu na simulatorju bi se moral inštruktor posluževati orodja Simulog, ki omogoča medsebojno primerjavo kandidatov. Po končanem učenju na simulatorju bi izbrali določeno število kandidatov, ki bi potem nadaljevali učenje v procesu z delom na stroju za sečnjo.

Smiselno bi bilo tudi, da bi se kandidati za strojnika stroja za sečnjo že pred začetkom tečaja dodatno izobraževali, predvsem bi bilo smiselno da bi se udeležili tečaja tujega jezika, kajti le tako bi lahko potekal tečaj nemoteno, brez neprestanega prevajanja.

Pri izvedbi tečaja bi morali več časa posvetiti individualnemu delu s posameznikom. Kandidati za strojnika stroja za sečnjo so bili v našem primeru pri delu na simulatorju preveč prepuščeni sami sebi. Pri delu na simulatorju jih inštruktor ni usmerjal in jim ni dajal skoraj nobenih napotkov za delo. Inštruktor kandidatov pri delu na simulatorju ni vedno spremljal in zato po končanem delu na simulatorju ni mogel povedati, kdo izmed

kandidatov bi bil primeren za delo na stroju. Zavedati se moramo, da po učenju na simulatorju strojniki še niso zreli za normalno delo v resničnih delovnih razmerah, temveč se še vedno učijo. Prav bi bilo, da bi njihove učinke in napake spremljali še dalj časa – recimo eno leto ali več, lahko tudi s pomočjo novih tehnik (PELTOLA, 2003, VAATAINEN s sodel. 2003). To spremljanje lahko poteka v intervalih in v primerljivih okoliščinah. Tako bi dobili boljšo oceno učne krivulje, ki bi služila načrtovalcem uvajanja nove tehnologije. Takšno spremljanje bi bilo tudi osnova za stroškovno analizo učenja strojnikov.

Uvajanje novih sistemov pri učenju strojnikov sodobnih strojev za sečnjo je nujno. Ravno zaradi tega, se bomo morali pri učenju strojnikov stroja za sečnjo posluževati kombiniranega učenja, in sicer učenja na simulatorju in učenja na stroju, kajti le tako bomo lahko zmanjšali število in obseg vseh poškodb, ki bi najverjetneje nastale pri delu s strojem. Kot že vemo iz prakse, lahko pri strojni sečnji dosežemo visoke učinke, a le če imamo zato usposobljene ljudi, ki upravljajo s strojem za strojno sečnjo.

Pri spremljanju procesa učenja smo že na samem začetku ugotovili, da se pojavljajo razlike med posamezniki, ki so najverjetneje nastale zaradi različnih psihomotoričnih sposobnosti. Namen simulatorskega učenja je, da se posameznik seznanja s strojem in njegovim delovanjem ter da razvija svoje psihomotorične, senzorične in kognitivne sposobnosti. Iz analize razmerij časov, ki so potrebni za osvojitve posameznih postopkov, smo ugotovili, da so najtežje usvojljivi postopki kleščanja in prežaganja, pozicioniranja sečne glave ter premik po sečišu. Iz primerjave kandidatov z izkušenimi strojniki pa ugotovimo, da se razlike pojavljajo pri tistih operacijah, pri katerih so potrebne izkušnje, ki jih pridobivamo z delom.

V prihodnje kaže več časa posvetiti izboru delavcev, kajti le z večjim številom kandidatov si bomo lahko zagotovili delavce, ki bodo pri delu učinkoviti. Smiselno bi bilo razmišljati o vpeljavi psihometričnih testov pred začetkom tečaja, kajti le s pomočjo kandidatov, ki imajo željene sposobnosti, bomo lahko dosegali učinke, ki jih omogoča strojna sečnja.

## 7 SUMMARY

The introduction of new methods in the learning process is of key importance. In introducing new technologies, machine felling in our case, we will have to use a combined learning approach that will combine learning on a simulator with training on a real machine if we want to ensure efficient, economical and environment friendly use of new technology. As we already know from practice, we can achieve high results with mechanised cutting but only if we have trained people who can manage the harvester well.

Work on the harvester demands special skills that can be obtained through a course for machine operators. The process of learning how to operate a harvester takes a long time, which is why special education facilities – simulators – have been developed to ease and shorten the learning process. The harvester simulator is made from a chair with command levers and a computer with software that allows virtual display of forest landscape on a large screen. To create a realistic learning environment, 3D (three-dimensional) virtual display of forest landscape is used. The advantages of simulator learning are numerous, ranging from higher speed and quality of learning, greater safety at work to better exploitation of the harvester and a lower number of damage incidents to the harvester and to the stand that could potentially occur during work.

Measurements of the workers' learning process started at their first contact with the process. All the procedures of the process of learning were recorded. While monitoring the process of learning, we found out that certain differences among the individuals may appear because their psychomotoric abilities were different. It is obvious that at the beginning level, the impact of factors such as motivation, comprehension of explanations in a foreign language, overfatigue and the surfeit of information is very strong. The analysis into the time spent on a working process showed that worker B used up less time than worker A. As regards worker B, we noticed some positive effects of learning because he spent less time on the main process in comparison with the previous day. When we compared the damage incidents that had been done to the stand and the machine, it became evident that the number of damage incidents decreased, which means that the workers made progress through the learning process and gained certain skills that are of key importance for the efficient and environmentally friendly use of the harvester.

The analysis of relationships between the times that a worker needs to perform an individual working process shows that the most difficult procedures to learn are: limbing and sawing up, the position of the wood-cutting head and the moving on the cutting-down area. To master these procedures, certain skills which develop in the course of the process are necessary.

In the future, more time should be spent on the selection of candidates for harvester operation, because only with a large number of candidates we will be able to employ workers who will be efficient at work. It would be reasonable to use a psychometric test before we begin the course, as good results can only be achieved with the help of candidates who possess the required abilities. We must be aware that after the learning process on the simulator has finished, candidates are still not trained properly for normal work in a stand. On the contrary, they are still in a learning phase.



## 8 VIRI REFERENCES

- ANDERSSON, G. 2001. Flexible logging systems for high-quality thinning. V: Thinnings: a valuance forest management tool, Quebec, Canada, 24s.
- BODELSCHWINGH, E. 2003 The new Valmet 802 Combi – first operational test results under Central European conditions, V: Austrofoma 2003, Schlaegl, Austria. s.6
- ČETINA, J., 2003. Analiza časov sečnje s strojem Valmet 911 na primeru kčitve gozda in redčenja, Dipl.nal., Ljubljana, s. 52
- DELAVEC, J., 2003. Primerjava strojne in klasične tehnologije sečnje in spravila lesa, dipl.nal., Ljubljana, s. 67
- FREEDMAN P. 2002. Pre-requisite abilities. <http://www.simlog.com/differences.html> (25. 5. 2004)
- FREEDMAN P. 2003. The importance of selecting the right machine operator. <http://www.simlog.com> (25. 5. 2004)
- HOSS, C. 2001a Harvester simulators as effective tools in education. V: Thinnings: a valuanle forest management tool, Quebec, Canada, 4s.
- HOSS, C. 2001b Aptitude tests for harvester operators. V: Thinnings: a valuable forest management tool, Quebec, Canada, 5s.
- NICHOLLS, A./BREN, L./HUMPHREYS, N. 2003. The impact of operator fatigue on harvesting machine productivity. V: 2nd Forest engineering conference, Vaxjo, Sweden, s.49 -59.
- MALOVRH, Š. 2004. Analiza učinkovitosti učenja strojnika na stroju za sečnjo: diplomatska naloga. Ljubljana, samozaložba: 48 str.
- KOŠIR, B. 2002a. Tehnološke možnosti strojne sečnje. V: Strojna sečnja v Sloveniji, GZS-Združ.za gozd., Ljubljana, s. 7-20
- KOŠIR, B. 2002b. Vpliv strojne sečnje na sestoj in gozdna tla. V: Strojna sečnja v Sloveniji, GZS-Združ.za gozd., Ljubljana, s. 66-82
- KRČ, J. 2002. Sestojne in terenske možnosti za strojno sečnjo v Sloveniji. V: Strojna sečnja v Sloveniji, GZS-Združenje za gozdarstvo, Ljubljana: 21-32
- KRČ, J./KOŠIR, B. 2002. Sestojne in terenske možnosti strojne sečnje v Sloveniji. Gospodarska zbornica Slovenije, Združenje za gozdarstvo. 71 s.
- KRČ, J /KOŠIR, B.2003. Ekonomske možnosti strojne sečnje v Sloveniji. Gospodarska zbornica Slovenije, Združenje za gozdarstvo: 66 str.
- PELTOLA, A. 2003. IT-Time for mechanized forest work study. V: 2nd Forest engineering conference, Vaxjo, Sweden, s.107-112.
- VAATINEN, K./OVASKAINEN, H./ASIKAINEN, A./SIKANEN, L. 2003. Chasing the tacit knowledge – automated data collection to find the characteristics of a skillful harvester operator. V: 2nd Forest engineering conference, Vaxjo, Sweden, s.3-10.
- WHITE, T. 2004. Factor Affecting Harvester and Forwarder Production. Making Cut-to-length Logging Pay. FERIC Workshop, Kamloops, BC, presentation 30s.
- ...FORESTCOMMUNICATIONS.2004. <http://www.forestcommunications.com/cfi/issues/aug-03/train.html> (13.5.2004)
- ... TIMBERJACK HARVESTER SIMULATOR, <http://www.timberjack.com/products/virtual/>

