

PROBLEM PRIVLAČENJA DRVA U NIZINSKIM ŠUMAMA HRVATSKE

PROBLEM OF SKIDDING TIMBER IN CROATIAN LOWLAND FORESTS

Ante P. B. KRPAN*

SAŽETAK: Teški tereni za eksploataciju šuma u Republici Hrvatskoj ne nalaze se samo u planinskom području Dinarida ili središnjem i rubnom Panonskom gorju, gdje su otežavajući čimbenici nagib terena i značajne površinske prepreke. Često puta problemi se javljaju pri eksploataciji nizinskih šuma u kojima je dominantna vrsta plemeniti hrast lužnjak. Šume hrasta lužnjaka razvijaju se u nizinskim poplavnim područjima na dubokim koherentnim tlima, koja su većinom godine, a posebno za vrijeme sječe i privlačenja u zimskom razdoblju, izvrgnuta vlaženju poplavnim, oborinskim i podzemnim vodama. Izostankom jakih zima, što je posljednjih godina pravilo, nosivost tako vlaženih tala postaje ograničavajući čimbenik primjeni standardne mehanizacije pri privlačenju tehničke oblovine po tlu.

U oplodnim i dovršnim sječama nizinskih šuma Hrvatske, za privlačenje tehničke oblovine koriste se najčešće zglobni traktori, zatim forvarderi te u zadnje vrijeme pokretne žičare.

Radi zaštite tla i pomlatka pri dovršnim sječama hrasta lužnjaka, zglobni traktori i forvarderi upotrebljavaju se u uvjetima dovoljne nosivosti tla, a pokretne žičare u slučaju kad je nosivost nedovoljna za kretanje vozila po tlu.

U ovom radu prezentirani su rezultati istraživanja zglobnog traktora LKT 81, forvardera VKS 9041 i pokretne žičare sa stupom STEYR KSK 16 pri radu na privlačenju tehničke oblovine hrasta lužnjaka. S obzirom na dimenzije staba pri dovršnim sječama, pretežito se koristi sortimentna metoda izrade.

Ključne riječi: privlačenje drva, nizina, zglobni traktor, forvader, žičara, studij rada, proizvodnost

UVOD — Introduction

Znatna reljefna raznolikost čini Hrvatsku zanimljivom s aspekta eksploatacije šuma. Krapan (1990) šumsku površinu temeljem izrazitih makroreljefnih i drugih eksploatacijskih karakteristika dijeli na tri zone:

- zona nizinskih šuma
- zona šuma na brežuljcima i brdima središnjeg i rubnog panonskog gorja
- zona brdskih i planinskih šuma Dinarida

Nizinske šume zauzimaju oko 25 % ukupne površine šuma i šumskog zemljišta Hrvatske (2,45 mil. ha). Vrste drveća koje tvore nizinske šumske zajednice ekonomski su vrlo interesantne za hrvatsko i dio europskog

ga tržišta, a neke, kao hrast lužnjak npr., su na tržištu tradicionalno vrlo cijenjene.

To potvrđuje i činjenica da se krajem proteklog i u ovome stoljeću, drvo hrasta lužnjaka na svjetskom tržištu pojavljivalo pod nazivom "Slavonska hrastovina", što je kupce upućivalo na poseban znak kvalitete. Stoga su nizinske šume najvrijedniji dio kontinentalnih šuma, koje inače zauzimaju 46 % ukupne šumske površine Hrvatske.

Radi ilustracije proizvodnih mogućnosti staništa u šumama hrasta lužnjaka, donosi se tablica 1, Bojanin & Krapan (1994). Iz tablice je vidljivo da tijekom ophodnje sastojina hrasta lužnjaka proizvede 1 071 m³ bruto drvne mase, od kojih se tijekom prorednog ra-

* Izv. prof. dr. sc. Ante P. B. Krpan, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

zdoblja dobije 475 m^3 , a tijekom oplodnih sječa i dovršnog sjeka 596 m^3 . Matić (1989) je mišljenja da normalne poplavne šume hrasta lužnjaka mogu tijekom opodnje od 140 godina proizvesti ukupno nešto iznad 1200 m^3 drva, od kojih se proredama posijeće oko 50 %, a isto toliki je glavni prihod.

Razvoj prihoda tijekom ophodnje sastojina hrasta lužnjaka

Yield development of pedunculate oak stands through circulation period

Tab. 1

| Starost sastojine Stand age | Srednje stablo Mean tree | | Prihod po ha Yield per ha | |
|---|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---|
| | Godina Year | Prsnji promjer D. b. h., cm | Obujam Volume, m^3 | Posjećeno drvo Wood volume, m^3 |
| 30 | 11,5 | 0,06 | 27,1 | 452 |
| 40 | 16,5 | 0,20 | 36,0 | 180 |
| 50 | 21,5 | 0,37 | 43,5 | 118 |
| 60 | 26,5 | 0,67 | 51,0 | 76 |
| 70 | 31,5 | 1,06 | 58,5 | 55 |
| 80 | 36,0 | 1,50 | 65,0 | 43 |
| 90 | 40,5 | 2,05 | 70,5 | 34 |
| 100 | 45,0 | 2,65 | 64,0 | 24 |
| 110 | 49,0 | 3,25 | 59,5 | 18 |
| 120 | 54,5 | 4,15 | 148,0 | 36 |
| 130 | 57,0 | 4,70 | 220,6 | 47 |
| 140 | 58,0 | 4,85 | 227,3 | 47 |
| Ukupno tijekom ophodnje Total through circulation period | | 1071,0 | 1130 | |

Nizinske šume protežu se duž vodotoka riječke Save i Drave te drugih vodotoka panonske ravnice, razvijajući se na aluvijalnim, dubokim, koherentnim tlima. Kako se vlaže poplavnim, oborinskim i podzemnim vodom tla ovih šuma dovoljno su nosiva za kotačna (ili gušenična) vozila primjenjivana u eksploataciji šuma samo u dva krajnja slučaja:

KOMPARATIVNA ANALIZA REZULTATA ISTRAŽIVANJA Comparative analyse of investigation results

Rezultati istraživanja privlačenja drva iz dovršne sječe zglobnim traktorom LKT 81, forvarderom VKS 9041 i pokretnom žičarom sa stupom Steyr KSK 16 prikazani su komparativno u tablicama 2, 3 i 4.

Zglobni traktor LKT 81 snage 60 kW , opremljen dvo-bubanjskim vratom kao i forvarder VKS 9041, snage motora 75 kW , istraživani su na području Uprave šuma Zagreb, šumarija Velika Gorica, u gospodarskoj jedinici Šiljakovačka dubrava, odjel 78. U sastojini hrasta lužnjaka starosti 134 godine sortimentnom metodom izrađeno je 1800 m^3 trupaca.

Tlo je bilo suho do vlažno. Zglobni traktor, kao i forvarder posluživao je jedan radnik. Unatoč tome što su traktor i forvarder privlačili drvo iz istog odjela pojavila se stanovita razlika vrijednosti srednjeg trupca (tbl. 4). Kod traktora je prosječni obujam trupca $0,58 \text{ m}^3$, a

- suho tlo
- duboko smrznuto tlo

Sva ostala stanja tla, koja su tijekom sezone oplodnih i dovršnih sječa najčešća, zbog male nosivosti su nepovoljna za kretanje vozila, pri čemu nastaju manje ili veće pa i nedopustive štete na tlu, dubećim stablima ili podmlatku. Štete će se povećavati utjecajem velikih dimenzija trupaca, posebno pri deblovnoj metodi izrade, što je posebno naglašeno pri oplodnim i dovršnim sjećama.

U nizinskim šumama Hrvatske u oplodnim i dovršnim sjećama kod kojih se, kako je već naznačeno, izrađuju trupci velikih dimenzija, za privlačenje trupaca standardno se koriste:

- zglobni traktori - uz sortimentnu, poludebljavnu i deblovnu metodu izrade,
- forvarderi - uz sortimentnu metodu izrade.

Od 1993. godine se u dovršnim sjećama eksperimentalno primjenjuju pokretne žičare uz pretežito sortimentnu metodu izrade.

Žičare nisu potpuna nepoznanica u hrvatskom šumarstvu. Razni tipovi žičara korišteni su iza 1945. godine u planinskim područjima (Gorski kotar) ali isto tako i u nizini (Karlovac). Interes za žičare nestaje uvođenjem poljoprivrednih traktora (iza 1960. godine), zglobnih traktora (1969. godine) i forvardera (1971. godine) - Krpan (1994). Iznimno su se u Upravi šuma Našice za privlačenje drva iz prorednih sastojina kao i za privlačenje drva s dravskih otoka na kopno uspješno koristile i danas koriste pokretne žičare dužine užeta do 300 m, koje prema Stamenperer (1994) i drugim autorima spadaju u kratke žičare.

kod forvardera za $0,14 \text{ m}^3$ manji. Istodobno su duljine prosječnog trupca tovara traktora za $0,3 \text{ m}$ i promjer za $4,0 \text{ cm}$ veće nego kod forvardera.

Pokretnom žičarom sa stupom Steyr KSK 16 privlačili su se trupci hrasta lužnjaka iz dovršne sječe u odjelu 25b gospodarske jedinice Illovske luge - šumarije Garešnica, Uprava šuma Bjelovar. Starost sastojine je 135 godina. Stabla su izuzetnih dimenzija: prosječni prsnji promjer iznosio je 73 cm , a srednje kubno stablo je imalo volumen od $7,20 \text{ m}^3$. Prosječni trupac ima obujam od $1,17 \text{ m}^3$, uz promjer od $54,9 \text{ cm}$ i duljinu od $4,9 \text{ m}$ (tbl. 4).

Žičaru je posluživalo 3-5 radnika specijaliziranih za određene aktivnosti. Međusobnu koordinaciju ostvarivali su radio vezom. Tlo je bilo raskvašeno (u fazi tečenja) i nepodesno za rad traktora ili forvardera.

STRUKTURA VREMENA TURNUSA — Structure of cycle time

Struktura vremena ciklusa

Structure of cycle time

Tab. 2

| Operacija Operation | LKT 81 | | VKS 9041 | | Steyr KSK 16 | |
|-------------------------------------|-----------|-------|-------------|-------|-----------------|-------|
| | min | % | min | % | min | % |
| Prazna vožnja Travel empty | 3,02 | 15,5 | 2,98 | 9,9 | 1,51 | 20,4 |
| Puna vožnja Travel loaded | 3,35 | 17,2 | 4,70 | 15,6 | 1,91 | 25,8 |
| Utovar Felling site work | 8,71 | 44,7 | 14,72 | 48,9 | 2,73 | 36,9 |
| Istovar Loading | 4,41 | 22,6 | 7,70 | 25,6 | 1,25 | 16,9 |
| Efektivno vrijeme Effective time | 19,49 | 100,0 | 30,10 | 100,0 | 7,40 | 100,0 |
| Dodatno vrijeme Allowance | 4,68 | | 7,83 | | 1,77 | |
| Ukupno vrijeme Total time | 24,17 | | 37,93 | | 9,17 | |

U tablici 2 prikazani su utrošci efektivnog i ukupnog vremena turnusa za udaljenost privlačenja od 0,2 km, zatim prosječni tovar, norma vremena i prosječni dnevni učinak.

Efektivno vrijeme turnusa očekivano je najveće kod forvardera. Efektivno vrijeme turnusa žičare je čak 4,1

puta manje od vremena forvardera i 2,6 puta manje od efektivnog vremena traktora. Između vremena forvardera i traktora odnos je 1,5:1.

Varijabilna vremena (vremena vožnji), Steinlin (1953), su manjeg relativnog udjela nego fiksna vremena (vrijeme utovara i istovara) te se kreću od 25,5% kod forvardera do 46,2% kod žičare. Suprotno tome udio fiksnih vremena je najmanji kod žičare (53,8%), kod traktora je 67,3% a kod forvardera čak 74,5% efektivnog vremena. Pri tome forvarder za utovar utroši 1,9, traktor 2,0 a žičara 2,2 puta više vremena nego za istovar. Iz navedenog proizlazi da se za utovar utroši 2 puta više vremena nego za istovar bez obzira na vrstu stroja.

Dodatno vrijeme za traktor i žičaru utvrđeno je s 24%, a za forvarder s 26% efektivnog vremena.

Ukupno vrijeme turnusa forvardera je 1,6 puta veće nego kod traktora, odnosno 4,1 puta veće nego kod žičare.

BRZINE KRETANJA I NJIHOVI ODNOSI — Travel speed and its ratios

Utrošak varijabilnih vremena zavisiće o udaljenosti privlačenja i brzini kretanja vozila. Brzine kretanja značajan su element učinka, posebno pri većim udaljenostima privlačenja. Stoga je provedena analiza brzina kretanja punih i praznih strojeva za raspon udaljenosti privlačenja od 75 m do 300 m, odnosno 500 m (tbl. 3).

Osnovna zakonitost da su brzine punih vozila manje od brzina praznih, te da obje rastu s povećanjem udaljenosti privlačenja, prisutna je kod svih tri stroja. Odnos brzina praznog i punog traktora je u rasponu od 1,01 do

1,17. Mala razlika u brzinama kretanja posljedica je povoljnih uvjeta za rad traktora (stanje tla suho do vlažno) s jedne strane i činjenica da tovar ($3,22 \text{ m}^3$) nije bio za dane uvjete terena graničan. Veći prosječan tovar nije bilo moguće postići zbog prostornog rasporeda trupaca po površini sjećine i zbog opravdane bojazni da bi forsiranje povećanja tovara dovelo do povećanja udjela fiksnih vremena s posljedicama na učinak.

Odnos brzina praznog i punog forvardera je u rasponu od 1,12 do 2,22, što se nalazi u okviru dosadašnjih

Brzine kretanja i njihovi odnosi

Travelling speed and its ratio

Tab. 3

| | | Udaljenost - Distance, m | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-----------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 75 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 | 400 |
| | | Brzina - Speed, km/h | | | | | | | | | | |
| LKT 81 | 1. Empty | 2,95 | 3,18 | 3,42 | 3,62 | 3,80 | 3,98 | 4,11 | 4,20 | 4,28 | 4,34 | 4,54 |
| | 2. Loaded | 2,92 | 3,14 | 3,31 | 3,44 | 3,55 | 3,63 | 3,69 | 3,74 | 3,79 | 3,83 | 3,94 |
| Odnos-Ratio | 1 : 2 | 1,01 | 1,01 | 1,03 | 1,05 | 1,07 | 1,10 | 1,11 | 1,12 | 1,13 | 1,13 | 1,15 |
| VKS 9041 | 3. Empty | 2,05 | 2,32 | 2,61 | 2,98 | 3,42 | 4,02 | 4,65 | 5,15 | 5,55 | 6,15 | |
| | 4. Loaded | 1,83 | 2,06 | 2,23 | 2,36 | 2,47 | 2,55 | 2,62 | 2,66 | 2,73 | 2,77 | |
| Odnos-Ratio | 3 : 4 | 1,12 | 1,13 | 1,17 | 1,26 | 1,38 | 1,58 | 1,77 | 1,93 | 2,03 | 2,22 | |
| Steyr KSK 16 | 5. Empty | 4,72 | 5,65 | 6,41 | 6,98 | 7,49 | 7,96 | 8,32 | 8,60 | 8,93 | 9,18 | 9,97 |
| | 6. Loaded | 3,92 | 4,61 | 5,18 | 5,58 | 5,98 | 6,26 | 6,52 | 6,77 | 6,95 | 7,13 | 7,63 |
| Odnos-Ratio | 5 : 6 | 1,20 | 1,23 | 1,24 | 1,25 | 1,25 | 1,27 | 1,28 | 1,27 | 1,28 | 1,29 | 1,31 |
| Ostali odnosi Other ratios | 5 : 1 | 1,60 | 1,78 | 1,87 | 1,93 | 1,97 | 2,00 | 2,02 | 2,05 | 2,09 | 2,12 | 2,20 |
| | 5 : 3 | 2,30 | 2,44 | 2,46 | 2,34 | 2,19 | 1,98 | 1,79 | 1,67 | 1,61 | 1,49 | |
| | 6 : 2 | 1,34 | 1,47 | 1,56 | 1,62 | 1,68 | 1,72 | 1,77 | 1,81 | 1,83 | 1,86 | 1,94 |
| | 6 : 4 | 2,14 | 2,24 | 2,32 | 2,36 | 2,42 | 2,45 | 2,49 | 2,54 | 2,55 | 2,57 | |
| | 1 : 3 | 1,44 | 1,37 | 1,31 | 1,21 | 1,11 | 0,99 | 0,88 | 0,81 | 0,77 | 0,70 | |
| | 2 : 4 | 1,59 | 1,52 | 1,48 | 1,46 | 1,44 | 1,42 | 1,41 | 1,41 | 1,39 | 1,38 | |

spozna o odnosima brzina istraživanih forvardera. Tako je npr. odnos prosječnih brzina punih i praznih forvardera Volvo 9111 kao 1:1,4, Volvo 971 kao 1:1,1, Kockums 836 na sjećini kao 1:1,4, a na vlaci 1:1,2 - Krpan & Ivanović (1994).

Odnos brzina praznih i punih kolica žičare je najjednacij i kreće se u rasponu od 1,20 do 1,31 (tbl. 3).

Prazna kolica žičare kreću se po nosivom užetu za 1,60 do 2,24 puta brže od praznog traktora po tlu a 2,30 do 1,49 puta brže od praznog forvardera za komparirane udaljenosti. Puna kolica žičare su 1,34 do 1,99 puta brža od punog traktora, a 2,14 do 2,57 puta brža od punog forvardera.

Odnos brzina praznog traktora i forvardera je u rasponu od 1,44 do 0,70, a punog od 1,59 do 1,38. U oba slučaja forvader je intenzivnije povećavao brzine kretanja s povećanjem udaljenosti nego traktor.

Prosječna brzina lateralnog izvlačenja uzeta žičare od trase žičare je iznosila 2,1 km/h a bočnog privlačenja tovara 4,1 km/h. Prosječna udaljenost iznosila je 17 m, a najveća 40 m.

Prosječna brzina izvlačenja uzeta traktorskog vitla iznosila je 1,2 km/h, a privitlavanja 0,9 km/h. Razlike u brzinama izvlačenja uzeta i privlačenja tovara kod traktora i žičare logična su posljedica tehničkog ustroja navedenih strojeva.

ANALIZA DNEVNIH UČINAKA I TROŠKOVA — Daily output and cost analyse

Dnevni učinci sva tri stroja opadaju s povećanjem udaljenosti privlačenja - tbl. 4. Opadanje učinka je jače izraženo kod žičare i traktora, kod kojih učinak na 300 m udaljenosti u odnosu prema 100 m udaljenosti opada za oko 25%. Za navedene udaljenosti kod forvardera pad učinka je 12%.

Najveće učinke ostvaruje žičara, zatim forvader te konačno traktor.

Odnosi dnevnih učinaka traktora i forvardera s povećanjem distance rastu i to od 1,46 za 75 m do 1,75 na 300 m udaljenosti. Time se potvrđuju dosadašnje spoznaje kako je forvader pogodnije sredstvo za privlačenje drva na veće udaljenosti transporta. Uz to može se reći da je učinak forvardera prosječno za 1,6 puta veći u odnosu na traktor pri sličnim uvjetima rada.

Odnos dnevnih učinaka žičare i traktora zadržava se na razini od 1,90 do 2,00 u korist žičare na svim udaljenostima privlačenja.

Odnos učinaka žičare i forvardera opada s povećanjem udaljenosti i to od 1,31 za 75 m na 1,10 za 300 m udaljenosti.

Jedinični troškovi privlačenja drva iznose:

- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| • traktor LKT 81 | 15,74 DM/m ³ |
| • forvader VKS 9041 | 12,84 DM/m ³ |
| • žičara Steyr KSK 16 | 27,00 DM/m ³ |

Traktor i forvader pripadaju državnim šumama, dok je žičara vlasništvo poduzetnika. Podaci ukazuju da žičara, iako najvećeg dnevnog učinka, troškovno nije konkurentna traktoru i forvarderu. Unatoč tome, razlog za uporabu žičara u uvjetima u kojima ne mogu raditi drugi strojevi, postoji. Razlozi za upotrebu žičara u nizini pri oplodnim i dovršnim sjećama postoje također zbog ekološkog i estetskog izgleda šume nakon provedene eksplotacije. Gramm (1988) navodi da se tehnologije rada traktorom i žičarom troškovno izjednačuju

Dnevni učinci i njihovi odnosi

Daily output and its ratio

Tab. 4

| Snaga motora Engine power | Specifično opterećenje Specific loading | Tovar - Load | | | | Udaljenost - Distance, m | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|--|---------------|-------------------------------|----------------|------------------------------|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|------|
| | | Obujam Volume | Srednji promjer Mean diameter | Duljina Length | Broj komada Number of pieces | 75 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 | 400 | 500 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | kW | m ³ /kW | m ³ | cm | m | | | | | | | | | | | | | |
| 1. LKT 81 | 60 | 0,054 | 3,22 | 42,4 | 4,1 | 5,5 | 79,70 | 73,62 | 70,08 | 68,40 | 66,00 | 63,91 | 61,90 | 60,00 | 58,30 | 56,60 | 50,74 | 45,98 | |
| 2. VKS 9041 | 75 | 0,110 | 8,27 | 38,4 | 3,8 | 18,8 | 116,22 | 112,68 | 109,84 | 107,62 | 105,73 | 104,57 | 102,72 | 101,92 | 100,46 | 99,33 | | | |
| 3. Steyr KSK 16 | 238 | 0,011 | 2,55 | 54,9 | 4,9 | 2,18 | 152,54 | 146,10 | 140,18 | 134,73 | 129,68 | 125,00 | 120,96 | 116,58 | 113,06 | 109,49 | 97,19 | 87,55 | |
| | | | | | | 2:1 | | 1,46 | 1,53 | 1,57 | 1,57 | 1,60 | 1,64 | 1,66 | 1,70 | 1,72 | 1,75 | | |
| Odnosi - Ratios | | | | | | 3:1 | | 1,91 | 1,98 | 2,00 | 1,97 | 1,96 | 1,95 | 1,95 | 1,94 | 1,94 | 1,93 | 1,91 | 1,90 |
| | | | | | | 3:2 | | 1,31 | 1,30 | 1,28 | 1,25 | 1,23 | 1,20 | 1,18 | 1,14 | 1,12 | 1,10 | | |

ako se u obzir uzmu ekološke i estetske komponente troška. Uz to mora se naglasiti kako se uvjeti za rad kotačnih ili gusjeničnih vozila, obzirom na nosivost tla, mijenjaju dnevno, a u kampanji oplodnih i dovršnih sječa (jesen, zima) povoljne uvjete za rad navedenih vozila

zbog blagih zima gotovo nemamo. K tomu visokovrijedni sortimenti iz dovršnih sječina hrasta lužnjaka, u kojima furnirski trupci pridolaze do 50%, prodajnom cijenom mogu pokriti znatno povećane troškove privlačenja drva žičarom.

ZAKLJUČCI — Conclusions

- Prosječni tovar traktora iznosio je $3,22 \text{ m}^3$, forvardera $8,27 \text{ m}^3$, a žičare $2,55 \text{ m}^3$.
- Prosječni obujam trupca iznosio je $0,58 \text{ m}^3$ pri privlačenju traktorom, $0,44 \text{ m}^3$ kod forvardera te $1,17 \text{ m}^3$ kod žičare.
- Traktor LKT 81 i forvader VKS 9041 radili su u sličnim uvjetima. Tlo je bilo vlažno. U odnosu na forvader traktor je imao $0,14 \text{ m}^3$ veći obujam prosječnog trupca. Žičara Steyr KSK 16 radila je na potpuno raskvašenom tlu. Obujam prosječnog trupca u odnosu na traktor bio je veći za 2 puta, a u odnosu na forvader čak 2,6 puta.
- Kod udaljenosti privlačenja od 200 m varijabilna vremena forvadera čine 25,5%, traktora 32,7% i žičare 46,2% efektivnog vremena. Razliku do 100% čine fiksna vremena.
- Za utovar se kod svih strojeva troši dva puta više vremena nego za istovar.
- Brzine kretanja traktora i forvadera po tlu te kolica žičare po nosivom užetu, ponašaju se prema poznatim zakonitostima.
- Najveće dnevne učinke postiže žičara, zatim forvader te traktor. Opadanje učinka s povećanjem uda-

ljenosti privlačenja kod žičare i traktora u odnosu na forvader je izrazitije. Odnos učinaka žičare i traktora na svim udaljenostima ostaje na razini 2:1. Odnos učinaka žičare i forvadera opada s povećanjem udaljenosti privlačenja.

- Trošak žičare po m^3 je veći za 1,7 puta od troška traktora, odnosno 2,1 puta od troška forvadera.
- Unatoč višem trošku u određenim uvjetima opravданo je za privlačenje trupaca primjeniti žičaru.
- U nizinskim šumama hrasta lužnjaka radi smanjenja šteta na tlu, stablima i pomlatku pri oplodnim i dovršnim sjećama može se preporučiti sljedeća tehnologija eksplotacije šuma:
 - sortimentna metoda izrade,
 - privlačenje zglobnim traktorima na smrznutom te suhim do vlažnim tlima,
 - izvoženje forvaderima (s polugusjenicama) - na suhim do mokrim tlima,
 - iznošenje srednje dugim pokretnim žičarama sa stupom u svim uvjetima ali pretežito u slučajevima granične nosivosti tla za kretanje kotačnih ili gusjeničnih vozila.

LITERATURA - Literature

- Bojanin, S. and Krpan, A. P. B., 1994: Analyse von Produktionssystemen Holzernteverfahren in Kroatien. Beiträge zur forstlichen Verfahrenstechnik, Tagungsbericht über das 28. Internationale Symposium "Mechanisierung der Walddararbeit" vom 28.8. - 2.9.94. in Langnau i. E., Schweiz; s. 60-79.
- Grammel, R., 1988: Holzernte und Holztransport. Verlag Paul Parey - Hamburg und Berlin, 242 s.
- Krpan, A. P. B., 1990: Prilog klasifikaciji šumskih terena u svjetlu eksplotacije šuma u teškim uvjetima (Supplement to forest terrain classification in view of logging under difficult conditions). Mehanizacija šumarstva, vol. 15, no. 5/6, p. 107-110.
- Krpan, A. P. B. and Ivanović, Ž., 1994: Iznošenje tehničkog obloga drva mekih i tvrdih listača forvaderom VKS 9041 (Forwarding soft and hard broadleaved round timber with the VKS 9041). Mehanizacija šumarstva, vol. 19, no. 1, str. 11-31.
- Krpan, A. P. B. and Ivanović, Ž., 1995: Iznošenje trupaca hrasta lužnjaka žičarom STEYR KSK 16 (Yarding pedunculate oak logs with the STEYR KSK 16 cable crane). Šumarski list, vol. CXIX, no. 3, p. 75-90.
- Matić, S., 1989: Intenzitet prorede i njegov utjecaj na stabilnost, proizvodnost i pomlađivanje sastojina hrasta lužnjaka (Thinning intensity and its impact on the stability, productivity and regeneration of pedunculate oak stands). Anales pro experimentis foresticis, vol XXV, no. 25, p. 261-278.
- Stampfer, K., 1994: Seibringung in Österreich. Internationaler Sommerhochschulkurs "Umweltverträgliche Forstwirtschaft" BOKU, Wien, 1-13 s.
- Steinlin, H., 1953: Zur Methodik von Rückeversuchen. Forstarchiv, 4/5.

SUMMARY: Difficult terrains of forest exploitation in the Republic of Croatia cannot be merely found in mountainous region of the Dinarids or the central and marginal Panonian highlands where terrain slopes and significant surface obstacles represent a complicating factor. Problems frequently arise at the exploitation of lowland forests in which the highgrade pedunculate oak predominates. Pedunculate oak forests grow in lowland flooded areas on deep running coherent soils which are almost throughout the year, particularly during the winter felling and skidding period exposed to the moistening of flood, precipitation or ground water. With the absence of strong winters which has become quite regular in the past few years, the before mentioned moistened soils become a limiting factor at the application of standard machinery equipment.

Skidders, forwarders and recently introduced mobile cable cranes are frequently used for skidding round timber in seed and final felling Croatian lowland forests.

In order to protect soil at final felling of oak, skidders and forwarders are used in convenient ground strength conditions. On the contrary, mobile cable cranes are used.

This paper presents research results obtained by measurements at the LKT 81 skidder, the VKS 9041 forwarder and the STEYR KSK 16 mobile cable crane on skidding pedunculate oak round timber. With respect to tree dimensions at final felling the wood assortment method has been mainly used.

Key words: skidder, forwarder, mobile cable crane, work study, productivity