

Oštećivanje dubećih stabala pri izvoženju drva forvarderom

Tomislav Poršinsky, Marko Ožura

Nacrtak – Abstract

Istraživanje oštećivanja dubećih stabala pri izvoženju drva 17-tonskim forvarderom Timberjack 1710B provedeno je u sječini hrasta lužnjaka dobi 99 godina, drvene zalihe 398 m³/ha i temeljnice 27,35 m²/ha uz 183 stabla/ha. Bruto sječna gustoća prorede iznosila je 29,8 m³/ha (~21 stablo/ha). Istraživana sječina nije bila sekundarno otvorena traktorskim vlakama te se forvarder površinom sječine kretao bez ograničenja do izrađene oblovine.

Istraživanjem je utvrđeno oštećivanje sastojine s analizom strukturnih obilježja nastalih oštećenja. Uočene su radnje i postupci koji uzrokuju ozljeđivanje stabala te je provedena ocjena primjerenosti izvoženja drva forvarderom iz kasnih proreda s obzirom na razinu i strukturu oštećenosti.

Tijekom rada forvarder je ukupno ošteti 2,5 stabla/ha, što u odnosu na broj preostalih stabala nakon sječe iznosi 1,5 %.

Ključne riječi: izvoženje drva, forvarder, ozljede stabala, nizinske šume

1. Uvod i problem istraživanja – Introduction and problem of research

Pri privlačenju drva, osim najčešćega zbijanja tla prolaskom vozila izgaženom šumskom površinom, šumsko stanište trpi i na drugi način, npr. oštećuju se (ozljeđuju) dubeća stabla, odnosno pomladak. Poznato je da pri privlačenju drva razina oštećenosti raste s porastom dimenzija i mase (razmjerno i snage) strojeva, stupnjem mehaniziranosti rada i duljinama privlačene oblovine (Abeels 1989, Martinić 1999).

Ozljeđivanje dubećih stabala razumijeva mehanička oštećenja na stablima pri radovima u šumi, čije se posljedice očituju smanjenjem zaštitne, socijalne i gospodarske funkcije šume. Najkritičnija oštećenja sastojina pri radovima pridobivanja drva nastaju u mladim sastojinama potpunoga sklopa, na stablima gornje etaže, što neposredno utječe na daljnji razvoj i trajnost višenamjenskih funkcija šume (Martinić 1991).

Obujam je oštećenosti u uskoj vezi s radnim sredstvima (strojevi i oprema), kakvoćom organizacije rada, pogodnošću radnih metoda u danim terenskim i sastojinskim uvjetima te kakvoćom radne tehnike izvoditelja šumskih radova (Martinić 2000). Većina istraživača misli da je broj mehanički oštećenih

stabala dobar pokazatelj ukupne oštećenosti sastojine (Athanassiadis 1997, Sirén 2001, Tomanić i dr. 1989). Takve se štete mogu razmjerno jednostavno i točno odrediti. Također su i posljedice poznatije (smanjenje prirasta, pad vrijednosti obloga drva, sušenje stabala) u odnosu na one nastale pri oštećivanju pomlatka (Petreš 2004, Petreš 2006) i tla kretanjem vozila (Poršinsky 2005, Poršinsky i Stankić 2006).

Oštećenje kore dubećih stabala zapravo su otvori na stablu kroz koje je ono pristupačno (otvoreno) zarazi mikozama, uzročnicima truleži drva. Gljive truležnice prehranjuju se drvom (lignin, celuloza, hemiceluloza), tj. razgrađuju ga sustavom enzima u potrebne hranjive spojeve (Glavaš 1999). Mogućnost zaraze drva gljivama truležnicama manja je u slučaju nagnječene u odnosu na oguljenu koru stabla (Limbeck–Lilienau 2003). Osjetljivost stabla na ozljeđivanje kore i površina ozljeda ovisne su o vrsti drveća (debljina kore), odnosno o trenutku nastanka ozljeđivanja stabla (razdoblje vegetacije ili mirovanja). Kod ozljeda kore <10 cm² (<100 cm²) smanjena je mogućnost zaraze sporama gljiva jer stablo vrlo brzo kalusira nastalu ozljedu (Meng 1978).

Bettinger i Kellog (1993) smatraju da su stabla s ozljedama kore debela bližima razini tla izloženija razvoju mikoza razarača drva. Isti autori kao poprat-



Slika 1. Oštećeno žilište lužnjaka s razvijenim mikozama
Fig. 1 Damaged oak root collar with fungi bodies

nu pojavu navode smanjenje obujamnoga prirasta stabla, odnosno gubitak vrijednosti buduće oblovine.

Međutim, nigdje u literaturi nije izriječno navedeno koja ploština ozljede ima utjecaj i s kojom posljedičnošću na oštećeno dubeće stablo. Bettinger i Kellogg (1993) te Bragg i dr. (1994) navode da je ploština kritične ozljede oguljene kore (koja uzrokuje sušenje stabla) ovisna o vrsti drveća, dobi stabla, genetskoj predispoziciji stabla, mjestu i položaju ozljede na stablu, dimenzijama i oblikom ozljede (okrugla, poprečna ili uzdužna) s obzirom na uzdužnu os stabla. Smith i dr. (1994) navode, kao smjernicu, da je ozljeda kritična ako je ploština jednaka kvadratu prsnoga promjera stabla.

Ozljediivanje stabala uzrokuje i pojavu raznih grešaka drva (promjena boje, zimotrenost, okružljivost, paljivost, rakaste tvorevine), koje smanjuju vrijednost buduće oblovine (Filip 2001).

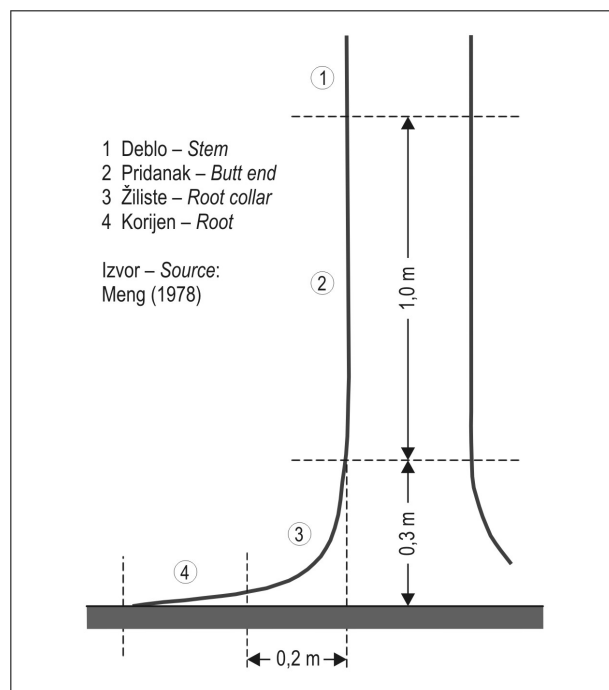
Krpan i dr. (1993) istražuju oštećenost dubećih stabala tijekom privlačenja drva zglobnim traktorom s vitlom te pri tome utvrđuju prosječnu oštećenost od 38,5 % u nizinskim uvjetima (hrast lužnjak) i 7,4 % u brdskim uvjetima (bukva). Kao razloge različita udjela oštećenosti dubećih stabala navode utjecaj

duljine privlačene oblovine, gustoću sastojine kroz smanjen međusobni razmak stabala, ali i nekontrolirano kretanje vozila po cijeloj površini sječine u nizinskim uvjetima. Ističu da su stabla uz vlak najugroženija, a najčešća su oštećenja nagnječena i oguljena kora, i to na deblima stabala visine do 1,5 m od tla. Ploština oguljotina kore kretala se do 3300 cm², ali ih je većina (74 %) bila <500 cm². Tri godine nakon završetka radova na četvrtini ozlijeđenih stabala hrasta lužnjaka utvrđuju plodna tijela gljiva i destrukciju bijeli te posebno ističu da je zaraza stabala i razvoj truleži ovisna o veličini ozljede i njezinim položajem na deblu. Pri tome razvoj mikoza nije utvrđen na ozljedama <100 cm² pa smatraju da stablo može sanirati ozljedu takve veličine. Analizom širine godova ozlijeđenih stabala utvrđuju gubitak obujamnoga prirasta u rasponu od 1 do 4,7 %.

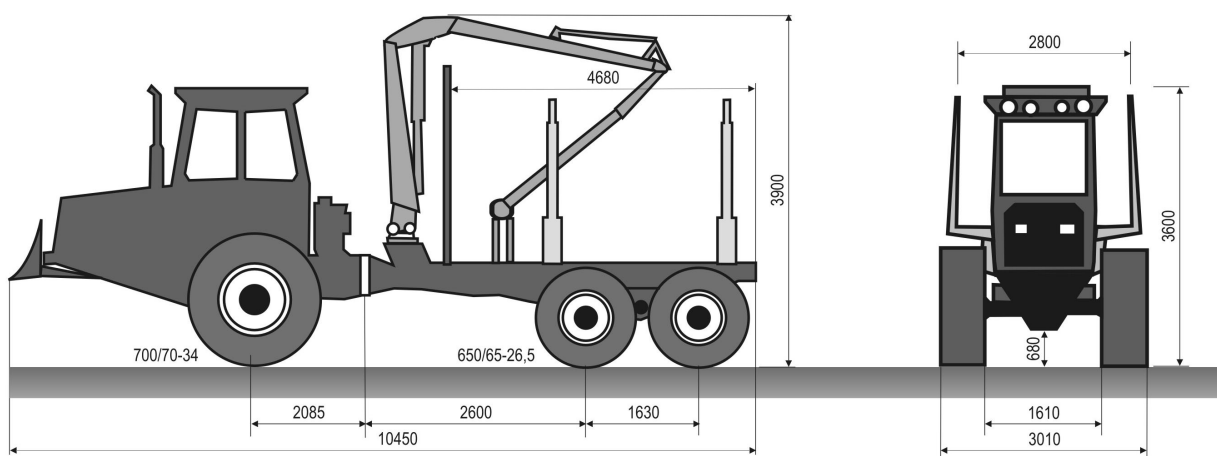
2. Cilj i metoda istraživanja – Scope and method of research

Pri utvrđivanju obujma oštećenosti sastojine uporabom mehanizacije najčešće se postavljaju ovi ciljevi:

- ⇒ utvrditi ukupnu oštećenost sastojine iskazanu udjelom oštećenih stabala u odnosu na broj preostalih stabala nakon sječe
- ⇒ analizirati strukturna obilježja nastalih oštećenja



Slika 2. Razredba mjesta oštećenja stabala
Fig. 2 Classification of tree damage



Slika 3. Osnovne dimenzije forvardera Timberjack 1710B

Fig. 3 Basic dimensions of Timberjack 1710B Forwarder

- ⇒ uočiti radnje i postupke koji uzrokuju oštećenja
- ⇒ ocijeniti primjerenost radne metode i uporabljenih radnih sredstava s obzirom na veličinu i strukturu oštećenosti.

Pri istraživanju oštećenja dubelih stabala tijekom izvoženja drva forvarderom primijenjena je metoda koja je omogućila analizu strukturnih obilježja oštećenja (Tomanić i dr. 1989, Poršinsky i dr. 2004), što je obuhvatilo:

- ⇒ vrstu štete (prelomljena i izvaljena stabla, oštećena dubeca stabla)
- ⇒ uzrok štete (udarac šasijom vozila, udarac hvalalom hidraulične dizalice)
- ⇒ mjesto oštećenja dubelih stabala (korijen, žilište, pridanak, deblo, krošnja)
- ⇒ vrstu oštećenja dubelih stabala (polomljene grane, polomljena krošnja, nagnječena i oguljena kora)
- ⇒ veličinu oštećenja oguljene kore (ploština ozljede).

Osim navedenih strukturnih obilježja oštećenja svakomu je oštećenom stablu određena vrsta drva te izmjeren prsni promjer. Nagnječena kora određena je kao oštećenje kore kod kojega nije vidljiva zona kambija, dok je oguljena kora određena kao oštećenje s vidljivim kambijem. Kod stabala s ozljedama kore izmjerena je visina ozljede od tla i dimenzije ozljede (širina, duljina ili promjer) radi izračuna ploštine ozljede, ali i određivanja njezina oblika. Polomljena krošnja određena je kao oštećenost do 40 % krošnje stabla. Osim navedenoga za svako je oštećeno stablo procijenjena njegova gospodarska važnost te stupanj oštećenosti.

Gospodarska važnost stabla procjenjuje vrijednost neoštećenoga stabla na kraju ophodnje, a razvrstana je u 3 stupnja: izabrano stablo (nositelj proiz-

vodnje, očekuju se kvalitetna tehnička oblovinna), korisno stablo (pomaže u razvoju izabranih stabala, zaštićuje tlo, iz stabla se očekuje manji udio tehničke oblovine), nevažno stablo (urasla stabla u jednodobnu sastojinu, podstojna stabla, u budućnosti isključiva mogućnost izradbe prostornoga drva).

Stupanj oštećenosti stabla procjenjuje veličinu oštećenja pojedinoga za sječu nedoznačenoga stabla, a razvrstan je u 3 razreda: vrlo teško oštećeno stablo (prelomljena i izvaljena stabla), teško oštećena stabla (prijelomi krošanja, oguljotine kore >200 cm²) te neznatno oštećena stabla (prijelomi pojedinačnih grana, nagnječena kora, oguljotine kore <200 cm²).

Pri istraživanju snimatelj je pratio forvarder tijekom cjelokupnoga njegova rada u sječnoj jedinici i zapisivao nastale štete prema razrađenoj metodici. Podaci su obrađeni analizom strukturnih obilježja nastalih oštećenja radi utvrđivanja razine oštećenosti u danim uvjetima rada kao i utvrđivanja mogućnosti smanjivanja razine, odnosno uklanjanja uzroka oštećenja stabala pri izvoženju drva forvarderom.

Cilj je ovoga rada utvrđivanje primjerenosti izvoženja drva iz kasnih proreda nizinskih šuma Hrvatske teškim 17-tonskim forvarderom Timberjack 1710B (slika 3).

3. Mjesto istraživanja – Place of research

Istraživanje je oštećenja dubelih stabala pri izvoženju drva forvarderom provedeno u nizinskim lužnjakovim šumama gornje Posavine, i to u odsjeku 24b, Gospodarske jedinice Obreški lug, Šumarije Remetinec, Uprave šuma podružnice Zagreb.

Odsjek 24b je čista starija sastojina (u dobi od 99 godina) hrasta lužnjaka s velikom žutilovkom i drhtavim šašem (*Genisto elatae-Quercetum roboris caricetosum brizoides* Horvat 1938), osrednje kvalitete, koja

je nastala iz sjemena. Razvila se na ravnom terenu, vlažnoj gredi, nadmorske visine od 120 m do 121 m. Odsjek pripada uređajnomu razredu hrasta lužnjaka (gospodarenje uz ophodnju od 140 godina), odnosno ekološko-gospodarskomu tipu II-G-20.

Ploština je odsjeka 11,86 ha, sa srednjom udaljenosti privlačenja drva od 400 m. Drvna je zaliha odsjeka 398 m³/ha, temeljnica 27,35 m²/ha uz 183 stabla po hektaru. Sastojina je jednolika izgleda, srednje gusta, ponegdje otvorenoga sklopa (obrasť 0,83) zbog malih krošanja lužnjakovih stabala, ali i mjestimičnih progala. Stabla su srednje debela, često rašljava, osrednjih visina, srednje dugih i većinom zakrivljenih debala. Krošnje su u grupama osute i napadnute pepelnicom. Podstojnu etažu čini gusti sloj prizemnoga rašća u kojem prevladava drhtavi šaš, odnosno mjestimično ljeskovo i glogovo grmlje.

Smjernice gospodarenja ovim odsjekom, određene osnovom, za prvo su polurazdoblje (I/1): umjerenom proredom intenziteta 6,3 % vaditi deformirana i

slabo vitalna stabla te sušce. Sukladno propisanim smjernicama gospodarenja, u odsjeku 24b provedena je proreda intenziteta sječe od 7,5 % zbog pojave sušenja. Doznačeno je 248 lužnjakovih stabala sječivoga obujma od 353 m³. Od doznačenoga broja stabala 53 % otpada na sušce. Na osnovi podataka iz obračuna doznačne knjižice i plana sječa bruto je sječna gustoća 29,8 m³/ha (~ 21 stablo po ha), a neto sječna gustoća 23,3 m³/ha. Sječna je gustoća tehničke oblovine 10,6 m³/ha, dok za prostorno (višemetarsko) drvo iznosi 12,7 m³/ha. Prosječni je razmak između posječenih stabala 21,8 m. Obujam srednjega sječnoga stabla iznosi 1,424 m³ (prsni promjer 36 cm).

Tijekom pridobivanja drva u odsjeku 24b privlačenje je bilo vremenski odvojeno od sječe i izradbe. Sječu su stabala, uz sortimentnu metodu izradbe tehničke oblovine, izveli radnici Šumarije Remetinec, nakon čega je započelo izvoženje drva forvarderom.

Radni zadatak vozača forvardera bio je izvoženje izrađene tehničke oblovine, pri čemu nisu postojala



Slika 4. Forvarder Timberjack 1710B u odjelu 24b

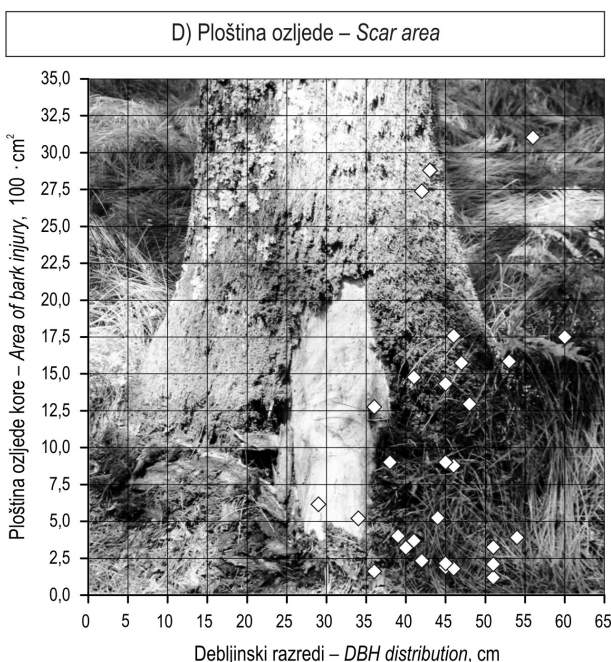
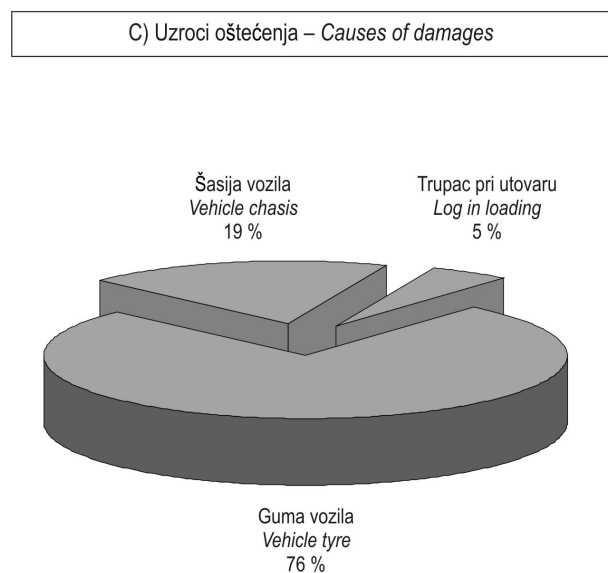
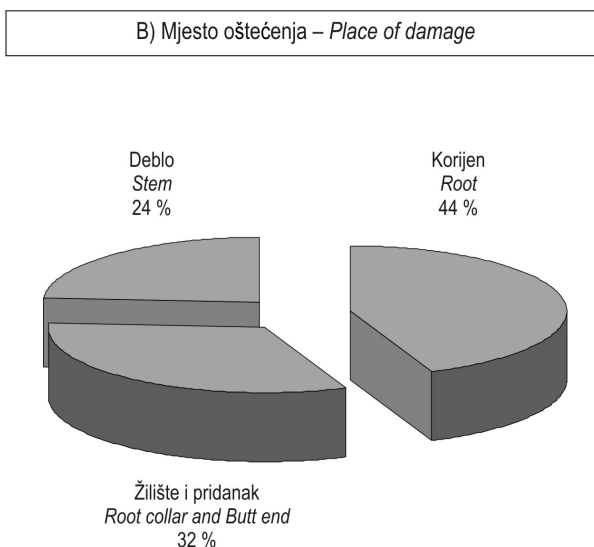
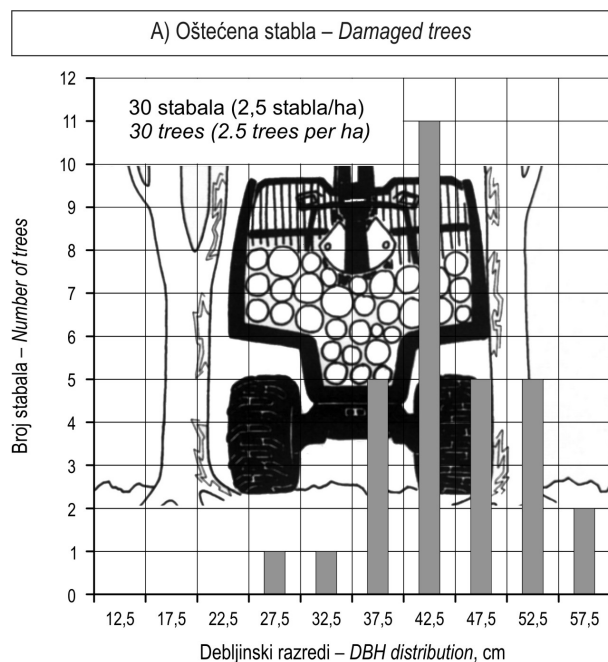
Fig. 4 Timberjack 1710B Forwarder in subcompartment 24b

nikakva ograničenja kretanja vozila po površini odsjeka. Dugo sušno razdoblje tijekom ljeta 2003. osiguralo je izuzetno dobru nosivost tla odnosno dobru prohodnost forvardera. Raspored stabala i gustoća sastojevine nakon prorede (162 stabla/ha prosječnoga razmaka od 7,8 m) nije ograničila kretnost vozila. Jedini je problem vozaču bio mjestimično razvijen sloj grmlja, zbog kojega je imao poteškoće pri uočavanju ionako površinski rijetko izrađene oblovine.

4. Rezultati istraživanja – Results of research

Analiza oštećenja dubećih stabala pri izvoženju drva iz istraživanaog odjela prikazana je na slici 5. Tijekom rada forvarder je ukupno ošteti 30 stabala, odnosno ~2,5 stabla/ha.

Distribucija oštećenih stabala po debljinskim razredima prikazana je na slici 5A. Pri radu forvarder



Slika 5. Analiza oštećenja dubećih stabala
Fig. 5 Analysis of damage to standing trees

Tablica 1. Statistička analiza ploštine ozljeda oguljene kore**Table 1** Statistical analysis of scar area

	Broj ozljeda <i>Number of scars</i>	Ukupna ploština <i>Total area</i>	Aritmetička sredina <i>Arihmetic mean</i>	Standardna devijacija <i>Standard deviation</i>	Medijan <i>Median</i>	Najmanja ozljeda <i>Minimal scar</i>	Najveća ozljeda <i>Maximal scar</i>
	Kom. – Pcs.	Ploština ozljede – Scar area, cm ²					
I. razred (<16 cm ²) <i>I class (<16 cm²)</i>	0	0	-	-	-	0	-
II. razred (16 – 100 cm ²) <i>II class (16 – 100 cm²)</i>	1	63	63	-	63	63	63
III. razred (101 – 200 cm ²) <i>III class (101 – 200 cm²)</i>	5	772	154	33	162	120	190
IV. razred (>201 cm ²) <i>IV class (>201 cm²)</i>	35	27709	792	644	525	209	2880
Ukupno (svi razredi) <i>Total (all classes)</i>	41	28544	696	638	432	63	2880

nije prelomio ili izvalio ni jedno stablo, već je isključivo gulio koru s najosjetljivijih (korijen i žilište) i najvrednijih (pridanak) dijelova stabala (slika 5B). Izvor je oštećenja važan podatak radi uklanjanja uzroka ozljeđivanja (slika 5C). Najčešće je oštećenje dubelih stabala kidanje kore zbog dodira stabla s gumom kotača vozila (76 %). Udarac je šasijom forvardera prouzročio 19 % ozljeda, a udarac trupcem pri utovaru hidrauličnom dizalicom 5 % ozljeda.

Utvrđeno oštećivanje sastojine, iskazano postotkom oštećenih stabala u odnosu na broj preostalih stabala nakon sječe, iznosi 1,5 % (183 stabla/ha prije sječe, posječeno 21 stablo/ha). Osim rasporeda i gustoće preostalih stabala nakon sječe (162 stabla/ha) na dobiveni je rezultat utjecalo i nepostojanje sekundarnih šumskih prometnica te neograničeno kretanje vozila površinom odjela.

Usporedbe radi, Martinić (1991), istražujući u prorednim sastojinama oštećenja pri privlačenju drva nadograđenim poljoprivrednim traktorima, utvrđuje razinu oštećenosti u rasponu od 3,8 % do 5,6 % nakon sječe preostalih stabala.

Propisi u SAD-u kao prihvatljivu razinu oštećenosti sastojina pri šumskim radovima dopuštaju od 3 % do 5 % stabala preostalih nakon sječe, ovisno o ovlastima pojedinih inspektora (Han i Kellogg 2000A). Košir (2002) i Sirén (2001) navode da su štete kod pridobivanja drva sustavom harvester – forvarder u granicama do 5 % preostalog broja stabala prihvatljive.

Posebna pažnja poklonjena je analizi ploština ozljeda oguljene kore. Preporuka je ECE/FAO/ILO, radne grupe br. 1 (Abeels i dr. 1994), čiji je sadržaj rada i osnovna tema bila određivanje pokazatelja promjena pri oštećivanju stabala i tla, sa seminara

»Soil, tree, machine interactions«, održanoga 1994. godine u Feldafingu, razvrstavanje ozljeda oguljene kore prema ploštini u ova 4 razreda: I. razred (<16 cm²), II. razred (16 cm² – 100 cm²), III. razred (101 cm² – 200 cm²), IV. razred (>201 cm²). U skladu s preporukom navedene radne grupe provedena je statistička analiza ozljeda oguljene kore po razredima ploština ozljeda (tablica 1).

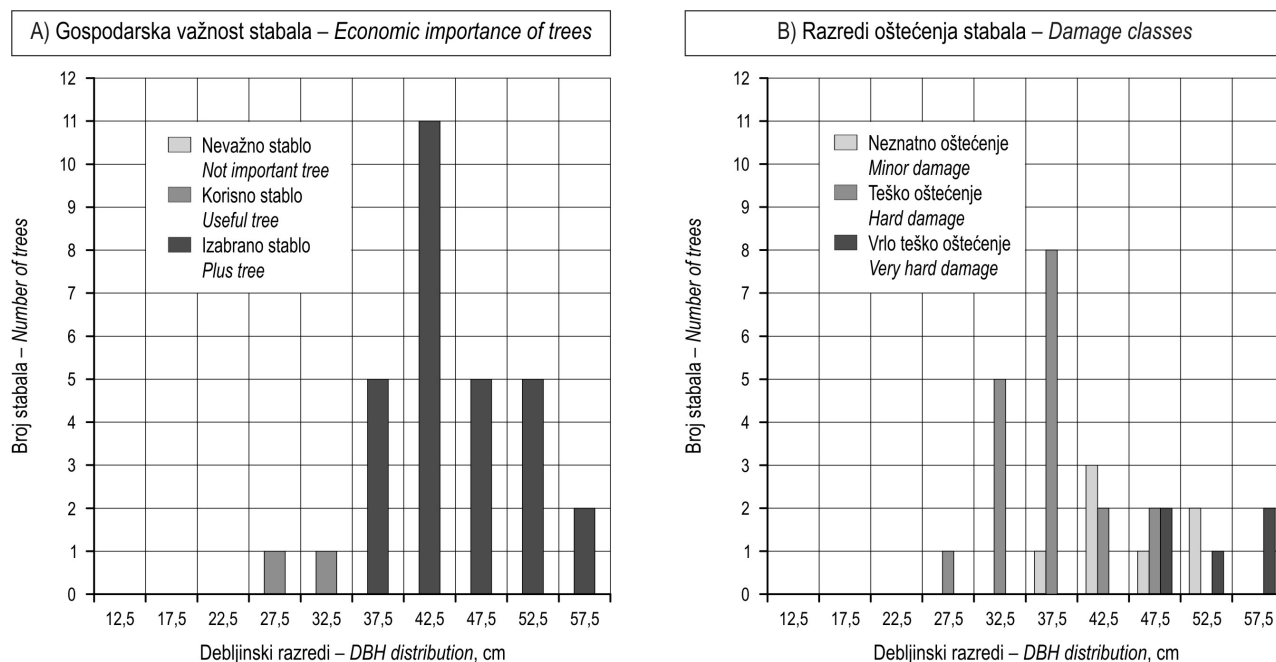
Na 41-oj ozljedi oguljene kore, koje su zabilježene na 30 oštećenih dubelih stabala, utvrđena je ukupna ploština od 28 544 cm² (0,24 m²/ha). Analizom ozljeda oguljene kore po ploštinskim razredima ozljeda utvrđeno je da su najčešće ozljede u razredu >201 cm² (35 ozljeda).

Prosječna ploština ozljede iznosi 696 ± 638 cm² (medijan 432 cm²), na što je značajno utjecao trenutak izvođenja radova – ljetno razdoblje. Po obliku sve su ozljede bile uzdužne u odnosu na os debla. Isto tako, nije utvrđena ovisnost ploštine ozljede o debljini stabla (slika 5D).

Krajnja analiza posljedica izvoženja drva forvarderom obuhvatila je procjenu gospodarske važnosti i stupnja oštećenosti svih oštećenih stabala (slika 6).

Prema gospodarskoj važnosti stabla (slika 6A) oštećeno je 93,3 % izabranih stabala (~ 2,4 stabla/ha) i 0,7 % korisnih stabala (0,1 stablo/ha). Nije zabilježeno oštećivanje nevažnih stabala.

Stupanj oštećenosti pokazuje da je neznatno oštećeno 23,3 % stabala (~ 0,6 stabala/ha), teško oštećeno 60 % stabala (~ 1,5 stabala/ha), odnosno vrlo teško oštećeno 16,7 % stabala (0,4 stabla/ha). Iz dobivenih rezultata ne može se utvrditi ovisnost stupnja oštećenosti o debljini stabla (slika 6B).

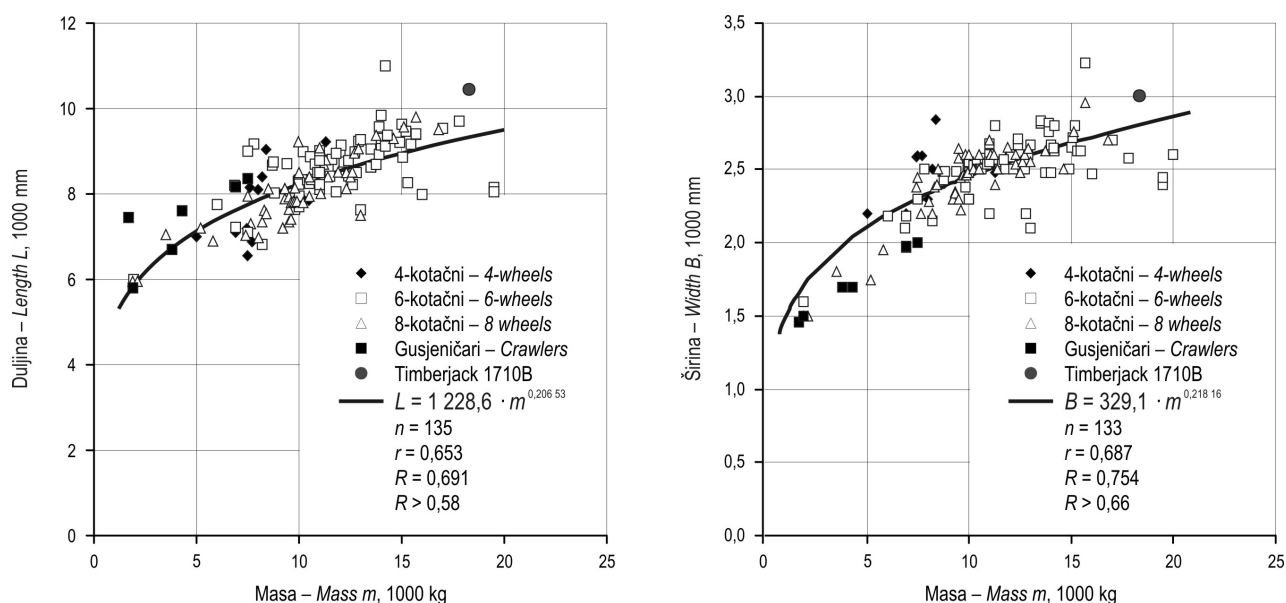
**Slika 6.** Posljedice ukupnoga oštećivanja sastojine**Fig. 6** Consequences of total stand damage

5. Zaključci – Conclusions

Istraživanje oštećenja dubelih stabala, pri izvoženju drva 17-tonskim forvarderom Timberjack 1710B, provedeno je u sječini hrasta lužnjaka dobi 99 godina, drvene zalihe 398 m³/ha i temeljnice 27,35 m²/ha uz 183 stabla/ha. Bruto sječna gustoća prorede iznosila je 29,8 m³/ha (~ 21 stablo/ha). Istraživana sječi-

na nije bila sekundarno otvorena traktorskim vlakama te se forvarder površinom sječine kretao bez ograničenja do izrađene oblovine.

Tijekom rada forvarder je ukupno ošteti 2,5 stabla/ha, što u odnosu na broj preostalih stabala nakon sječe iznosi 1,5 %. Pri tome je forvarder isključivo gulio koru s najosjetljivijih (korijen i žilište) i najvrednijih (pridanak) dijelova stabala. Prosječna

**Slika 7.** Ovisnost duljine i širine forvardera o masi vozila (Horvat i dr. 2004)**Fig. 7** Dependence of forwarders' length and width on vehicle mass (Horvat et al. 2004)

ploština ozljede iznosi 696 cm², na što je značajno utjecalo vrijeme izvođenja radova – ljetno razdoblje.

Rezultati istraživanja, sa stajališta ozljeđivanja dubelih stabala, upućuju na povoljnost izvoženja drva forvarderom pred vučom drva skiderom u kasnim proredama, a primjenom lakših forvardera (manjih gabaritnih dimenzija) u proredama dodatno bi se smanjio obujam oštećivanja stabala preostalih nakon sječe. Navedenu tvrdnju potvrđuje slika 7, na kojoj je prikazana ovisnost duljine i širine forvardera o masi vozila, iz prethodno objavljenih studija morfoloških raščlambi obitelji forvardera, kao zasebne skupine vozila (Horvat i dr. 2004, Poršinsky 1997, Poršinsky 2005).

6. Literatura – References

- Abeels, P. F. J., 1989: Forest machine design and soil damage reduction. Proceedings of the ECE/FAO/ILO/IUFRO Seminar on the Impact of mechanization of forest operations to the soil, Louvain-la-Neuve, str. 195–224.
- Abeels, P. F. J., E. Hildebrand, H. Höfle, A. J. Koolen, D. Matthies, R. Spinelli, I. Wasterlund, 1994: Conclusions – Drawn by the FORSITRISK working groups. Proceedings of the ECE/FAO/ILO Interactive Workshop and Seminar FORSITRISK – Soil, Tree, Machine interactions, Feldafing 4–8 July 1994, Germany, Appendix, str. 1–13.
- Anon., 2000: Osnova gospodarenja G. J. »Obreški Lug« za razdoblje 2000–2009. Odjel za uređivanje šuma Uprave šuma Zagreb.
- Anon., 2002: Knjižica doznake – odsjek 24b, G. J. »Obreški Lug«, Šumarija Remetinec.
- Anon., 2002: Plan sječa za 2003 godinu G. J. »Obreški Lug«, Šumarija Remetinec.
- Athanassiadis, D., 1997: Residual stand damage following cut-to-length harvesting operations with a farm tractor in two conifer stands. *Silva Fennica*, 31(4): 461–467.
- Bettinger, P., L. D. Kellogg, 1993: Residual stand damage from cut-to-length thinning of second-growth timber in the Cascade Range of western Oregon. *Forest Products Journal*, 43(11–12): 59–64.
- Bragg, W. C., W. D. Ostrofsky, B. F. Hoffman, 1994: Residual tree damage estimates from partial cutting simulation. *Forest Products Journal*, 44(7–8): 19–22.
- Filip, G. M., 2001: Managing Tree Wounding and Stem Decay in Oregon Forests. The Woodland Workbook EC 1519, Extension Service – Oregon State University, str. 1–3.
- Glavaš, M., 1999: Gljivične bolesti šumskoga drveća. Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–281.
- Han, H.-S., L. D. Kellogg, 2000A: Damage Characteristics in Young Douglas-fir Stands from Commercial Thinning with Four Timber Harvesting Systems. *Western Journal of Applied Forestry* 15(1): 27–33.
- Han, H.-S., L. D. Kellogg, 2000B: A Comparison of Sampling Methods and a Proposed Quick Survey for Measuring Residual Stand Damage from Commercial Thinning. *Journal of Forest Engineering*, 11(1): 63–71.
- Horvat, D., T. Poršinsky, A. Krpan, T. Pentek, M. Šušnjar, 2004: Ocjena pogodnosti forvardera morfološkom raščlambom (Suitability Evaluation of Forwarders Based on Morphological Analysis). *Strojarstvo*, 46(4–6): 149–160.
- Košir, B., 2002: Tehnološke možnosti strojne sečnje. Zbornik ob posvetovanju »Strojna sečnja v Sloveniji«, Gospodarska zbornica Slovenije – Združenje za gozdarstvo, Ljubljana, oktober 2002, str. 7–20.
- Krpan, A. P. B., S. Petreš, Ž. Ivanović, 1993: Neke fizičke štete u sastojini, posljedice i zaštita (Forest stand damage, effects and protection). *Glasnik za šumske pokuse, Posebno izdanje*, 4: 271–279.
- Limbeck–Lilienau, B., 2003: Residual stand damage caused by mechanized harvesting systems. Proceedings of International workshop Austro 2003 – High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain, October 5–9, 2003, Schlägl, Austria, University of Natural Resources and Applied Life Sciences Viena, CD-ROM, 1–12.
- Martinić, I., 1991: Oštećenje sastojine pri obaranju stabla, izradi i privlačenju drva (Damage to Stands of Trees in the Felling, Processing and Hauling of Timber). *Šumarski list*, 115(1–2): 33–48.
- Martinić, I., 2000: Koliko smo blizu ekološki prihvatljivoj uporabi mehanizacije u šumarstvu? (Environmentally friendly use of machinery in forestry – a soap bubble or a near future). *Šumarski list*, 124(1–2): 3–13.
- Martinić, I., M. Jurišić, T. Hengl, 1999: Neke ekološke posljedice uporabe strojeva u šumarstvu (Some Ecological Effects of Machinery Utilisation in Forestry). *Strojarstvo*, 41(3–4): 123–129.
- Meng, W., 1978: Baumverletzungen durch Transportvorgänge bei der Holzernte – Ausmaß und Verteilung, Folgeschäden am Holz und Versuch ihrer Bewertung. Schriftenreihe der LFV Baden-Württemberg, Band 53, 159 str.
- Ožura, M., 2006: Učinkovitost forvardera Timberjack 1710B u prorednoj sječini hrasta lužnjaka. Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–38.
- Petreš, S., 2004: Privlačenje oblovine zglobnim traktorima LKT 81T i Timberjack 225A iz dovršne sječine hrasta lužnjaka s osvrtnom na oštećivanje mladoga naraštaja. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–222.
- Petreš, S., 2006: Oštećivanje ponika i pomlatka pri privlačenju i privlačenju oblovine traktorom LKT 81T iz dovršne sječine hrasta lužnjaka (Damages on the Young Plants During the Timber Extraction by Cable Skidder LKT 81T from the Final Cut of Pedunculate Oak). *Šumarski list*, 130(3–4): 87–100.
- Poršinsky, T., A. P. B. Krpan, I. Stankić, 2004: Djelotvornost strojne sječe i izrade u sastojinama tvrdih i mekih listača – 4. dio: Okolišna pogodnost strojne sječe u prirodnim sasto-

jinama (Efficiency of Mechanical Felling and Processing in Soft and Hardwood broadleaved stands – Part 4: Environmental Suitability of Mechanical Felling in Natural Stands). Šumarski list, 128(11–12): 655–669.

Poršinsky, T., 1997: Određivanje položaja Kockumsa 850 i Timberjacka 1210 u obitelji forvardera morfološkom raščlambom (The morphological analysis determination of the Kockums 850 and Timberjack 1210 positions in the forwarder family). Mehanizacija šumarstva, 22(3): 129–139.

Poršinsky, T., 2005: Djelotvornost i ekološka pogodnost forvardera Timberjack 1710B pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske (Efficiency and Environmental Evaluation of Timberjack 1710B Forwarder on Roundwood Extraction from Croatian Lowland Forests). Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–170.

Poršinsky, T., I. Stankić, 2006: Okolišna pogodnost forvardera Timberjack 1710B pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske (Environmental Evaluation of Timberjack 1710B Forwarder on Roundwood Extraction from Croatian Lowland Forests). Glasnik za šumske pokuse, Posebno izdanje, 5: 589–600.

Sabo, A., 2000: Oštećivanje drveća pri privlačenju oblovine traktorom LKT 81 u gorskokotarskim prebornim sastojinama različite otvorenosti (Damaging Trees at Timber Skidding by the Skidder LKT 81 in Selection Forests of Different Openness in the Region of Gorski Kotar). Mehanizacija šumarstva, 25(1–2): 9–27.

Sabo, A., 2003: Oštećivanje stabala pri privlačenju drva zglobnim traktorom Timberjack 240C u prebornim sastojinama (Damaging Trees in Timber Skidding by Timberjack 240C in Selection Forests Stands). Šumarski list, 127(7–8): 335–345.

Sirén, M., 2001: Tree Damage in Single-Grip Harvester Thinning Operations. Journal of Forest Engineering, 12(1): 29–38.

Smith, H. C., G. W. Miller, T. M. Schuler, 1994: Closure of Logging Wounds After 10 Years. USDA Forest Service – Northeastern Forest Experiment Station, Research Paper, NE-692: 1–10.

Tomanić, S., V. Vondra, I. Martinić, 1989: Oštećivanje sastojina pri šumskim radovima (Damage on Stands at Forest Work). Mehanizacija šumarstva, 14 (3–4): 65–72.

Abstract

Damage to standing trees in timber forwarding

The research of damage caused to standing trees in timber extraction by a 17-ton forwarder Timberjack 1710B was carried out at the felling site of pedunculate oak, 99 years of age, with the growing stock of 398 m³/ha and basal area of 27.35 m²/ha and with 183 trees/ha. Gross harvesting density in thinning was 29.8 m³/ha (~ 21 tree/ha). The investigated felling site wasn't provided with secondary openness through skid trails and hence the forwarder travelled across the felling site to the processed roundwood without any restrictions.

As a result of the research, the damage caused to the stand was presented along with the analysis of structural features of incurred damages. Actions and activities causing tree damage were observed and assessment was carried out of suitability of timber forwarding from late thinnings with respect to the level and structure of damage.

During its operation, the forwarder caused damage to 2.5 trees/ha, which is 1.5 % in relation to the number of the remaining trees after felling.

Key words: timber extraction, forwarder, damage to trees, lowland forests

Adresa autorâ – Authors' addresses:

Doc. dr. sc. Tomislav Poršinsky
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Svetošimunska 25
HR-10 000 Zagreb
e-mail: porsinsky@sumfak.hr

Marko Ožura, dipl. inž.
Borlin 6
HR-47 000 Karlovac
e-mail: marko.ozura@ka.htnet.hr

Primljeno (Received): 30. 10. 2006.
Prihvaćeno (Accepted): 4. 12. 2006.