Oštećenost bukovo-jelove sastojine pridobivanjem drva

Zadro, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:065705

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
ŠUMARSKI ODSJEK
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ
ŠUMARSTVO – SMJER TEHNIKA, TEHNOLOGIJA I MANAGEMENT U ŠUMARSTVU

IVAN ZADRO

OŠTEĆENOST BUKOVO-JELOVE SASTOJINE PRIDOBIVANJEM DRVA

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2019.

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
ŠUMARSKI ODSJEK

OŠTEĆENOST BUKOVO-JELOVE SASTOJINE PRIDOBIVANJEM DRVA

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij: Šumarstvo- Smjer tehnika, tehnologija i management u šumarstvu

Predmet: Okolišno prihvatljive tehnologije

Ispitno povjerenstvo:

1. doc. dr. sc. Andreja Đuka
2. prof. dr. sc. Tomislav Poršinsky
3. doc. dr. sc. Zdravko Pandur

Student: Ivan Zadro

JMBAG: 0068220192

Broj indeksa: 896/17

Datum odobrenja teme: 25.04.2019.

Datum predaje rada: 09.09.2019.

Datum obrane rada: 27.09.2019.

Zagreb, rujan, 2019.

Dokumentacijska kartica

Naslov	Oštećenost bukovo-jelove sastojine pridobivanjem drva
Title	Damage to the beech-fir stand due to timber harvesting operations
Autor	Ivan Zadro
Adresa autora	Ulica Matije Gupca 8, Vrbanja
Mjesto izrade	Šumarski fakultet sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	doc. dr. sc. Andreja Đuka
Izradu rada pomogao	
Godina objave	2019
Obujam	35 stranica + 3 tablice + 19 slika + 65 literaturnih navoda
Ključne riječi	oštećenja kore, sječa i izradba drva, privlačenje
Key words	bark damage, felling and timber extraction, skidding
Sažetak	Cilj istraživanja je bio provesti analizu oštećenosti preborne bukovo-jelove sastojine po provedenoj sječi i izradbi drva motornom pilom, te privlačenja drva zglobnim traktorom s vitlom. Istraživanje je provedeno u odabranom odjelu 14 G.J. »Belevine«, nastavno pokusno šumskom objektu (NPŠO) Zalesina. Na temelju terenske izmjere stabala intenzitet štete je iskazan vrstom i mjestom oštećenja stabala i odnosom oštećenih i neoštećenih stabala, uz analizu površine oštećenja kore. Rezultati istraživanja pokazuju da je broj oštećenih stabala u odnosu na neoštećena bio 27,8 %, a na najveća zastupljenost oštećenja stabala zabilježena je u obliku oguljene kore. Najzastupljenija oštećenja kore su na stablima bukve u iznosu od 64,62 %, dok je na jeli udio oštećenja kore 35,38%. Zabilježen je najveći broj ozljeda IV razreda, ploštine veće od 201 cm^2. S obzirom da je primjena ovog sustava pridobivanja drva u hrvatskom šumarstvu najučestalija, nužno je kontinuirano provoditi edukacije operatera strojeva o važnosti šumskih ekosustava i osposobljavati ih na način da se oštećenja svedu na najmanja moguća.

	IZJAVA **O IZVORNOSTI RADA**	**OB ŠF 05 07**
		Revizija: 1
		Datum: 28.6.2017.

„Izjavljujem da je moj *diplomski rad* izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam *koristio* drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

_____

vlastoručni potpis

Ivan Zadro

U Zagrebu, *24.09.2019.*

POPIS SLIKA:

Slika 1. Neki od pogodnih sustava pridobivanja drva s obzirom na nagib terena.....5

Slika 2. Nagib terena površine šuma Republike Hrvatske.....8

Slika 3. Prikaz osnovnih značajki privlačenja drva u Republici Hrvatskoj.....9

Slika 4. Oštećivanje i mjera zaštite dubećih stabala pri privlačenju drva skiderom.....12

Slika 5. Shematski prikaz čimbenika koji utječu na stupanj oštećenja sastojine.....14

Slika 6. Prikaz oguljotina stabla prema obliku.....15

Slika 7. Oštećenje kore tijekom privlačenja drva skiderom.....16

Slika 8. Gospodarska jedinica Belevine.....20

Slika 9. Primjerne plohe u odjelu 14 GJ Belevine NPŠO Zalesina.....22

Slika 10. Shema djelomično mehaniziranog sustava pridobivanja drva korištenoga na mjestu istraživanja.....24

Slika 11. Udio oštećenih i neoštećenih stabala.....25

Slika 12 Udio oštećenih i neoštećenih stabala u sastojini.....26

Slika 13. Oštećenja krošnje u odjelu 14 GJ Belevine.....28

Slika 14. Oštećenja kore u odjelu 14 GJ Belevine.....29

Slika 15. Oštećenja na jeli u odjelu 14 GJ Belevine NPŠO-a Zalesina.....29

Slika 16. Prikaz oguljene kore drveća po razredima ploština ozljeda po vrsti drveća.....31

Slika 17. Ozljede oguljene kore po razredima ploština ozljeda i debljinskome stupnju stabala.....32

Slika 18. Pregled oštećenih stabala po debljinskom stupnju.....32

Slika 19. Prikaz udjela oštećenja stabala prema mjestu nastanka.....33

POPIS TABLICA:

Tablica 1. Ovodobni sustavi pridobivanja drva u Republici Hrvatskoj.....7

Tablica 2. Prikaz evidentiranih stabala i primijećenih oštećenja.....27

Tablica 3. Prikaz oštećenih stabala prema prsnom promjeru.....30

SADRŽAJ:

1 UVOD 1

2 PROBLEMATIKA I CILJ ISTRAŽIVANJA 3

2.1 Pridobivanje drva 4

2.2 Oštećivanje tla, stabala i pomlatka pri radovima pridobivanja drva 10

2.2.1 Oštećivanje tla 10

2.2.2 Oštećivanje stabala 11

2.2.3 Značajni čimbenici oštećenja stabala 13

2.2.4 Vrste oštećenja stabala 14

2.2.5 Posljedice oštećivanja stabala 16

2.3 Cilj rada 17

3 MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA 19

3.1 Mjesto istraživanja 19

3.2 Metode rada 21

3.3 Istraživani sustav pridobivanja drva 23

4 REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA 25

4.1 Udio oštećenih stabala 25

4.2 Vrste oštećenja 26

4.2. Ploština oštećenja kore 30

4.3 Mjesto oštećenja 33

5 ZAKLJUČAK 35

6 LITERATURA 36

1 UVOD

Glavni cilj gospodarenja šumama je održavanje kontinuiranog razvoja šumskih ekosustava koji optimalno ispunjavaju svoje proizvodne i neproizvodne funkcije (Gebauer i dr. 2012, Jourgholami 2012). Da bi se postigao taj cilj, gospodarenje šumama treba kombinirati tržišnu potražnju, ekonomičnost sječe i potrebe zaštite šumskog okoliša (Zastocki 2003).

Posljednjih godina zabilježeno je kontinuirano povećanje razine mehanizacije sječe drva. U mnogim su slučajevima ručna sječa i privlačenje drva konjima ili poljoprivrednim traktorima ustupili mjesto potpuno mehaniziranim sustavima uz pomoć specijaliziranih strojeva kao što su harvesteri i forvarderi (Ampoorter i dr. 2010).

Razvoj hrvatskog šumarstva, slično kao i ostalih grana hrvatske industrije, započinje prije gotovo dva i pol stoljeća s razvojem šumarstva kao struke i osnivanjem prvih organiziranih oblika šumarske službe na području današnje Hrvatske (Matić 2011).

Kao značajniji razvojni trenutak treba istaknuti pedesete godine prošloga stoljeća, kada su se u sječi i izradbi počele upotrebljavati prve motorne pile kojima su rukovala dvojica radnika. U praksi su se ovakve pile pokazale neprikladnim za rad, te su nakon samo tri godine korištenja u industriji potpuno uklonjene iz proizvodnje. Tek desetak godina kasnije, u industriji se kao novi pokušaj modernizacije pojavljuju motorne pile kojima upravlja jedan radnik. Ovaj pokušaj je uspješno proveden i traje sve do današnjih dana, sa poboljšanim i suvremenijim inačicama (Tomašić 2012).

Važne za istaknuti su i sedamdesete godine prošloga stoljeća kada su upotrijebljeni prvi specijalizirani šumski strojevi za privlačenje drva (Bedžula i Slabak 1974).

Danas su se tehnike namijenjene za rad u šumarstvu sve više specijalizirale pa je izbor za određenu namjenu i uvjete rada uvelike olakšan, ali treba imati na umu da nerijetko uvođenjem novih tehnika dolazi do porasta cijena koje hrvatsko tržište teško može pratiti.

Prilikom privlačenja drva, po tlu kretnim sustavima, osim zbijanja tla često se oštećuju i dubeća stabla, ali i pomladak. Jasno je da povećanjem dimenzija vozila odnosno stupnjem mehaniziranosti sustava i razina oštećenosti sastojine raste. Najveća 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). Ozljeđivanje dubećih stabala razumijeva mehanička oštećenja na stablima pri radovima

u šumi, čije se posljedice očituju smanjenjem zaštitne, socijalne i gospodarske funkcije šume. Poršinsky i Ožura (2006) navode da gospodarska važnost stabla procjenjuje vrijednost neoštećenog stabla, a razvrstava se u tri stupnja: 1) izabrano stablo (nositelj proizvodnje, očekuje se kvalitetna tehnička oblovina), 2) korisno stablo (pomaže u razvoju izabranih stabala, zaštićuje tlo, iz stabla se očekuje manji udio tehničke oblovine) i 3) nevažno stablo (urasla podstojna stabla sa budućom isključivom upotrebom u vidu prostornoga drva).

2 PROBLEMATIKA I CILJ ISTRAŽIVANJA

Osnovni je cilj gospodarenja šumama osiguranje potrajnosti ekosustava. Glavni šumski proizvod koji se dobiva iz šuma je drvo. Šume nisu samo vrijedan izvor drveta, već daju i širok spektar nedrvnih šumskih proizvoda, te imaju svoju zaštitnu i socijalnu ulogu.

Do sredine 20. stoljeća primjenjivanim metodama i tehnikama eksploatacije šuma nisu u tolikoj mjeri kao današnjim oštećivane sastojine i šumska staništa. Od tada, kako u svijetu, tako i kod nas, dolazi do većih oštećenja uslijed zamjene ručnoga rada i životinjske snage mehaničkim sredstvima rada. Uvođenjem specijalnih šumskih traktora pokreću se sve veći obujmi drva, što može u nepovoljnim okolnostima dovesti do većeg oštećenja šumskog staništa, sastojine i pomladaka, odnosno uzrokovati destrukciju šumskoga tla i degradaciju (mlade) sastojine. Pojavio se novi problem (nerazriješen do današnjih dana) očuvanja šumske sredine te svođenja šteta na podnošljivu mjeru (Petreš 2006).

Osnovno načelo održivog gospodarenja šumama nalaže prikupljanje prirodnih šumskih resursa bez ugrožavanja društvenih i ekoloških vrijednosti. Nestručna ili nedovoljno kontrolirana mehanizirana sječa može imati vrlo štetan učinak na strukturu, sastav i obnovu šuma, zbog toga je smanjenje štetnih posljedica sječe jedan od glavnih zahtjeva za postizanje održivog gospodarenja šumama. Štoviše, prepoznato je da smanjenje štete u šumi i na šumskom tlu može skratiti vrijeme između ciklusa sječe jer osigurava bolju prirodnu obnovu i rast željene komercijalne vrste (Putz 1994).

U šumarstvu Republike Hrvatske primjenjuju se dva načina potrajnoga gospodarenja šumama: regularno i preborno. Regularno je gospodarenje prvenstveno vezano za jednodobne sastojine, kod kojega se planiranje potrajnosti prihoda zasniva na normalnom razmjeru dobnih razreda unutar uređajnih razreda. Kod prebornog gospodarenja raznodobnim sastojinama, potrajnost prihoda zasnovana je na normalnoj (optimalnoj) strukturi sastojina s obzirom na drvnu zalihu te debljinsku raspodjelu broja stabala. Godišnji propisani etat u državnim šumama iznosi 5,8 milijuna m^3, dok za cijelo šumsko-gospodarsko područje iznosi 6,6 milijuna m^3 (www.hrsume.hr).

Prilikom razvoja sustava i strojeva namijenjenih radovima u šumarstvu, treba obratiti pozornost na njihove glavne osobine kao što su: učinkovitost, jedinični trošak, te njihov utjecaj na šumski ekosustav jer radovi pridobivanja drva mogu prouzrokovati mehanička oštećenja na preostalim

stablima. Stoga, šumarski stručnjaci moraju poznavati karakteristike i namjenu pojedinih strojeva, te kako i na koji način smanjiti štetu u šumskim ekosustavima (Akay i dr. 2006).

Pod oštećivanjem sastojine podrazumijevaju se mehanička oštećenja na stablima pri radovima u šumi, čije se posljedice pokazuju u smanjenju zaštitne, socijalne i gospodarske funkcije šume. Na oštećenje sastojine utječu različiti čimbenici, a među najvažnijima su: značajke terena i sastojine, vrste i značajke tehničkih sredstava, tehnologija i metoda rada (Sabo 2003). Isti autor nadalje navodi da su oštećivanje sastojine i tla pri privlačenju drva predmet velikog broja rasprava, ali i istraživanja odgovarajućih mjera kako bi se oštećivanje smanjilo. Obavljanje šumskih radova bez oštećivanja sastojine i tla nije moguće, bez obzira na provođenje zaštitnih mjera.

Omjer nanesene štete i dobivene koristi predstavlja najvažniji faktor ekonomske isplativosti sječe. U svom radu Kulušić navodi da je u pojedinim slučajevima procijenjena veća šteta od troškova privlačenja drva, a u nekim slučajevima čak i šteta veća od vrijednosti pridobivenog drva (Kulušić 1990).Većina istraživača smatra da je broj mehanički oštećenih stabala dobar pokazatelj ukupne oštećenosti sastojine (Athassiadis 1997, Sirén 2001, Tomanić i dr. 1989). Takve se štete mogu razmjerno jednostavno i točno odrediti te 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).

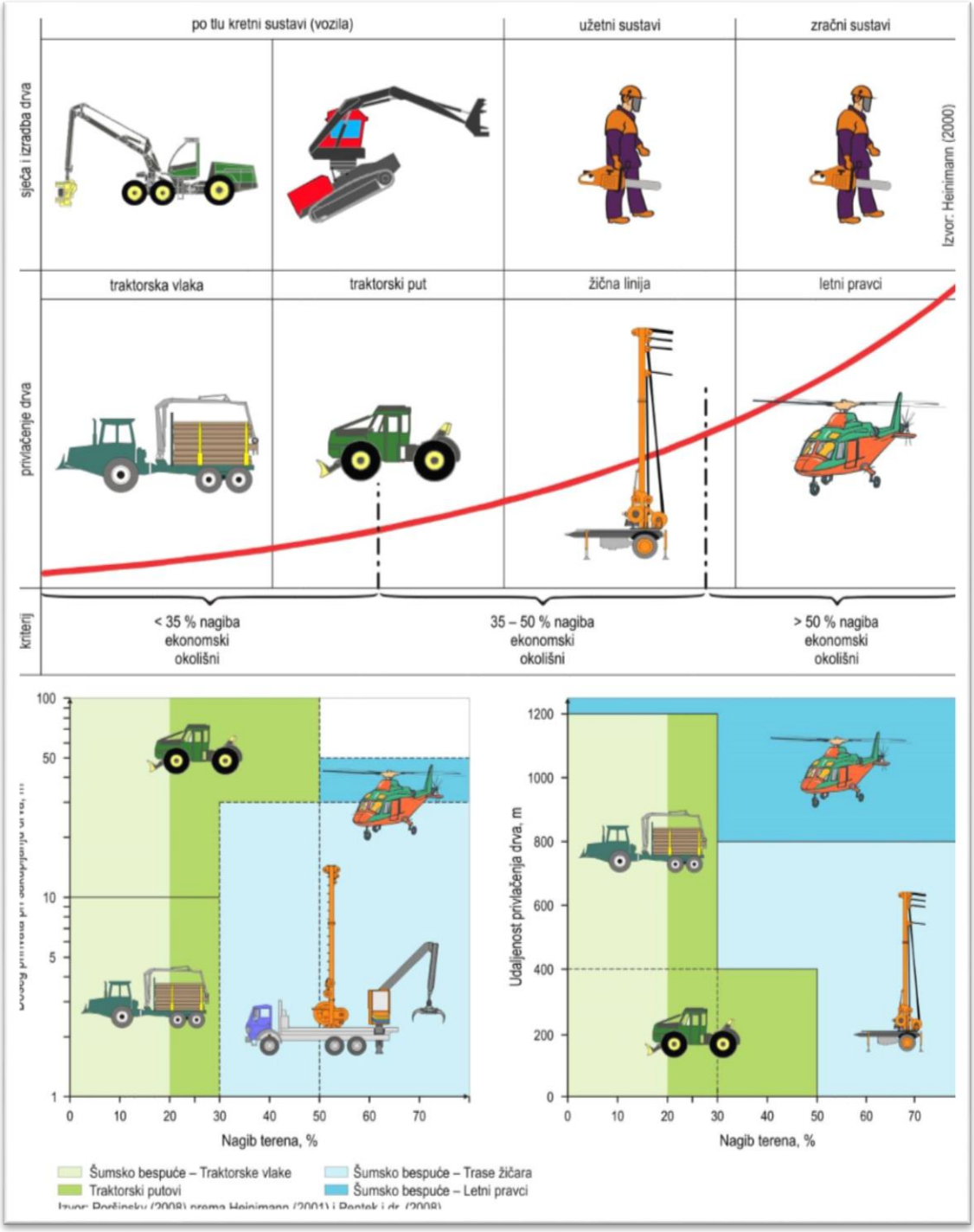
Osim posljedica, od iznimne važnosti je poznavanje uzroka oštećivanja, kako bi se mogla obaviti prilagodba sustava pridobivanja drva, na način da se takve štete umanje za dane terenske i sastojinske uvjete.

2.1 Pridobivanje drva

Pridobivanje drva je radni proces koji obuhvaća sječu stabala, njihovo preoblikovanje u šumske sortimente, te transport stabala ili dijelova stabala iz šume do korisnika, prerađivača ili tržišta (Krpan 1992).

Sječa obuhvaća niz postupnih operacija kojima se stablo dovodi iz dubećeg (uspravnog) položaja na tlo, a uključuje: pronalaženje doznačenog stabla, čišćenje radne okoline oko stabla,

obradu žilišta, određivanje smjera obaranja, izradu zasjeka, te potpiljivanjem eliminira fizičku povezanost debla i panja uz ostavljanje prijelomnice.



Slika 1. Neki od pogodnih sustava pridobivanja drva s obzirom na nagib terena

Izrada je postupak transformacije upotrebljivih dijelova stabla u šumske proizvode, a obuhvaća kresanje grana, mjerenje, prikrajanje, trupljenje i kod četinjača koranje. Pored tradicionalne ručno-strojne sječe i izrade (motorna pila lančanica) u posljednje vrijeme se sve više koristi potpuno mehanizirana sječa i izrada drva harvesterom. Drvo se, izrađeno sortimentnom metodom, po bespuću izvozi forvarderom, a moguća je i primjena ostalih sredstava privlačenja po tlu ili zraku.

Sustav pridobivanja drva određen je postupcima, metodom izradbe drva (sortimentna, poludeblovna, deblovna, stablovna), te strojevima i alatima koji se koriste prilikom eksploatacije neke sječne jedinice. Izbor sredstva privlačenja drva (skider, forvarder, žičara) u svjetlu djelovanja terenskih čimbenika (reljefnih područja) te razine primarne i sekundarne otvorenosti šuma, najbitnija je odrednica cijeloga sustava pridobivanja drva.

Početke mehaniziranja šumskih radova u hrvatskome šumarstvu, obilježava uvođenje motornih pila za sječu i izradbu drva 1961. godine, odnosno poljoprivrednih traktora (1950.), skidera (1961.) te forvardera (1971.) za privlačenje drva (Krpan 1992). I nakon 50 godina od uvođenja motornih pila u hrvatsko šumarstvo, njima se i dalje ruše stabla, krešu grane te izrađuju trupci i prostorno drvo (Kranjec i Poršinsky 2011).

Značajna posebnost šumskih sastojina u Republici Hrvatskoj je činjenica da se na relativno malom prostoru izmjenjuje velika neujednačenost prirodnih uvjeta kao što su: razvedenost i visinska slojevitost, vrste tla, vodotoci, klimatske značajke, vegetacijski pokrov i sl. (Tomašić 2012).

Još jedna posebnost hrvatskih šuma koja predstavlja značajan čimbenik na razvoj tehničkih sredstava za pridobivanje drva je omjer šumovlasništva: državno i privatno. Omjer 80% državno naprema 20% privatno je ostao manje-više nepromijenjen od Drugog svjetskog rata, sa privatnim posjedima rascjepkanima i usitnjenima na prosječne površine od 3 ha (Avdibegović i dr. 2010). To je bitan razlog zbog kojeg se na određenim područjima nisu mogle primjenjivati odgovarajuće, najpovoljnije metode uzgoja, uporabe i zaštite šuma.

Prema Tomašiću (2012) od svih nabrojanih posebnosti hrvatskih šumskih sastojina koji značajno utječu na razvojne smjerove tehničke sastavnice hrvatskog šumarstva, najvažniji je način gospodarenja, koji u sebi sadrži i sastojinske i terenske uvjete.

Krpan i dr. (2003) temeljne metode pridobivanja drva u Republici Hrvatskoj definiraju upravo prema sastojinskim i terenskim uvjetima.

Tablica 1. Ovodobni sustavi pridobivanja drva u Republici Hrvatskoj

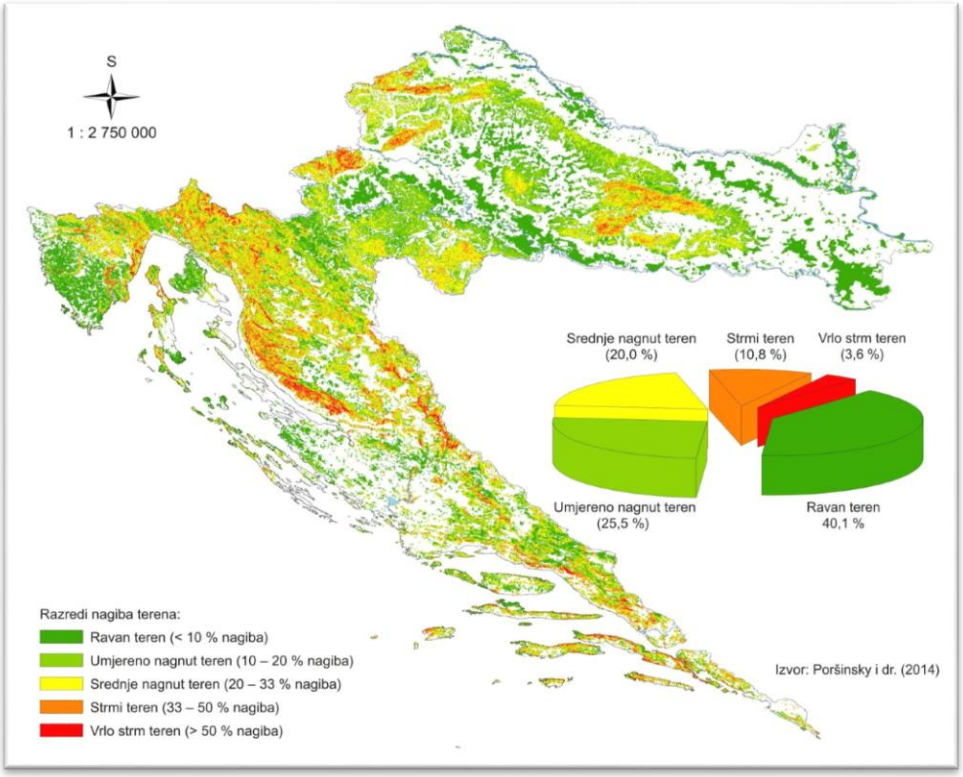
(Polu)faza rada	Način rada	Mehaniziranost rada	Sredstvo rada	Posebni zahtjevi	Nagib
Oplodne sječe – nizina, prevladavajuća vrsta hrast kao najvrijednija vrsta					
a) Sječa i izradba	Sortimentna metoda	Ručno-strojno	Motorna pila		Ravnični ili blago nagnuti tereni
b) Privlačenje drva	Izvoženje na kotačima	Mehanizirano	Forvarder	Povoljna nosivost tla	
c) Daljinski transport	Prijevoz na kotačima	Mehanizirano	Kamionski skup		
Proredne sječe – nizina, prevladavajuća vrsta hrast kao najvrjednija vrsta					
a) Sječa i izradba	Sortimentna metoda	Ručno-strojno	Motorna pila		Ravnični ili blago nagnuti tereni
b) Privlačenje drva	Izvoženje na kotačima	Mehanizirano	Traktorska ekipaža	Povoljna nosivost tla	
c) Daljinski transport	Prijevoz na kotačima	Mehanizirano	Kamionski skup		
Oplodne i preborne sječe – brežuljkasto, brdsko, gorsko područje					
a) Sječa i izradba	(Polu)deblovna metoda	Ručno-strojno	Motorna pila		Srednje ili jače nagnuti tereni
b) Privlačenje drva	Vuča po tlu	Mehanizirano	Skider		
c) Daljinski transport	Prijevoz na kotačima	Mehanizirano	Kamionski skup		
Proredne sječe – brežuljkasto, brdsko, gorsko područje					
a) Sječa i izradba	(Polu)deblovna metoda	Ručno-strojno	Motorna pila		Srednje ili jače nagnuti tereni
b) Privlačenje drva	Vuča po tlu	Mehanizirano	Proredni skider, AP traktor		
c) Daljinski transport	Prijevoz na kotačima	Mehanizirano	Kamionski skup		

Izvor: Krpan i dr. (2003), Tomašić (2012)

Unutar radnog procesa privlačenje drva je definirano kao micanje cijelih stabala ili njihovih dijelova od mjesta sječe (panja) do pomoćnog stovarišta. Utovarom drva u kamione na pomoćnom stovarištu započinje daljinski transport drva (Gužvinec 2012).

Privlačenje drva s tehnološkog i organizacijskog gledišta predstavlja jedan od najsloženijih radova eksploatacije šuma. Poslije prijevoza drva, privlačenje je najskuplja faza transporta drva. Težnja za izvršavanjem godišnjeg fizičkog obujma proizvodnje i manje razvijena svijest o značenju ekološke osnove pridobivanja drva negativno su utjecale i na kakvoću radova, što je rezultiralo povećanjem oštećivanja različitih dijelova šumskoga ekosustava (Petreš 2006).

Pridobivanje drva na okolišno prihvatljiv način određeno je postupcima u kojima sudjeluju različiti strojevi i alati, te okolnostima primjerenih načina izradbe drva, nakon kojih su štete na staništu (tlo, voda) i sastojini (pomladak, dubeća stabla) najmanje moguće, odnosno prihvatljive.



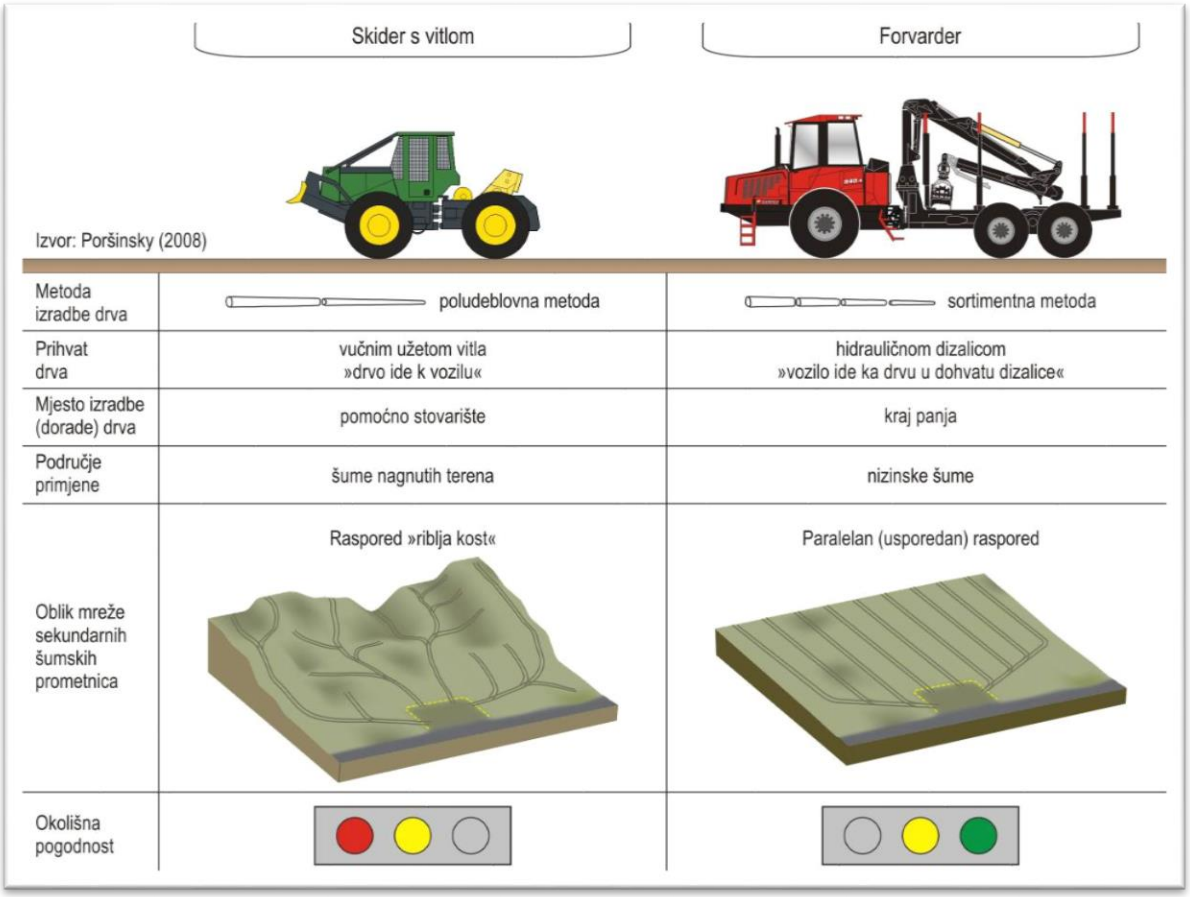
Slika 2. Nagib terena površine šuma Republike Hrvatske (Poršinsky i dr. 2014)

Geografski položaj Republike Hrvatske, kao i time uvjetovana raznolikost sastojinskih i terenskih uvjeta prikazane na slici 3., utjecale su na primjenu dvaju bitno različitih metoda izradbe drva (Poršinsky 2014). Razlikujemo područje nizinskih šuma, odnosno ravničarske terene i područje brežuljkastih, brdskih i gorskih šuma, s manjim ili većim nagibom terena.

Takva raznolikost sastojinskih uvjeta utječe na izbor sustava pridobivanja drva te vrste vozila koja se koriste za provedbu privlačenja drva (Tomašić 2012).

Na području nizinskih šuma uglavnom se koristi sortimentna metoda izradbe drva – u sječinama glavnog prihoda koriste se forvarderi, a u sječinama prethodnog prihoda (prorede) koriste se traktorski skupovi, odnosno formet ekipaže.

Na području brežuljkastih, brdskih i gorskih šuma uglavnom se koristi (polu)deblovna metoda izradbe drva, pri čemu se drvo dijelom vuče po tlu, te privlači s jednim odignutim krajem. U sječinama glavnog prihoda koriste se zglobni traktori s vitlom, a u sječinama prethodnoga prihoda koriste se ista vozila, ali manjih dimenzija i mase.



Slika 3. Prikaz osnovnih značajki privlačenja drva u Republici Hrvatskoj (Poršinsky 2008)

Usporedbom osnovnih značajki prevladavajućih načina privlačenja drva u Republici Hrvatskoj (slika 4) vidljive su razlike privlačenja drva s obzirom na metodu izradbe drva, način prihvata

drva, mjesto dorade drva, nagnutost terena, pogodnost oblika mreže šumskih prometnica, te okolišnu pogodnost (Poršinsky 2008).

Osim ovdje istaknutih skidera i forvardera, čija je namjena isključivo primarni transport drva, za privlačenje drva u Republici Hrvatskoj koriste se i nadograđeni poljoprivredni traktori s vitlom, dok je primjena žičara u hrvatskome šumarstvu zanemariva. Analizirajući podatke o udjelima privučenoga drva sredstvima trgovačkog društva »Hrvatske šume« d.o.o Zagreb uočava se stalnost udjela privučenoga drva skiderima (~ 60 % obujma), ali i rast udjela privučenoga drva forvarderima (25 %) na uštrb udjela privučenoga drva adaptiranim poljoprivrednim traktorima (14,5 % obujma izrađenoga drva). Značenje skidera s vitlom, kao sredstva privlačenja drva, za hrvatsko šumarstvo potvrđuje i Čavlović (2010) koji u sklopu analize podataka »Prve nacionalne inventure šuma Republike Hrvatske« navodi da se na 65,85 % površine šuma u Republici Hrvatskoj drvo privlači skiderom. To svakako valja poimati uz spoznaju da nagib terena > 10 % zauzima 60 % površine šuma u Hrvatskoj (slika 2. Nagib terena površine šuma Republike Hrvatske (Poršinsky i dr. 2014)).

2.2 Oštećivanje tla, stabala i pomlatka pri radovima pridobivanja drva

Razina je oštećenja sastojine u uskoj vezi s radnim sredstvima (strojevi i oprema), kakvoćom organizacije rada, pogodnošću radnih postupaka u konkretnim terenskim uvjetima te osposobljenošću (iz)voditelja šumskih radova (Martinić 2000).

2.2.1 Oštećivanje tla

Gaženje je radnja kojom se zbija površina tla zbog kretanja šumskih strojeva (MacDonald i dr. 2002), a ovisi o sekundarnoj otvorenosti sječne jedinice te najvećoj udaljenosti dohvata drva prihvatnom napravom, u slučaju skidera – vučnim užem vitla. Površina se gaženja tla kod privlačenja različitim postupcima pridobivanja drva kreće u širokom rasponu od 15 do 30 %, ali u nekim slučajevima gaženje doseže i do 80 % površine sječine (Wästerlund 2002).

Oštećenja tla predstavljaju ozbiljnu posljedicu uzrokovanu fizičkim svojstvima opreme koja se koristi za pridobivanje drva. Kao posljedica zbijanja i oštećenja površinskih slojeva tla dolazi

do smanjenja poroznosti, povećanja gustoće mase, otpornosti na prodiranje i čvrstoće tla. Zbijanje tla uzrokuje smanjenje broja i aktivnosti mikroorganizama (Tan i dr. 2008.) i edafske faune (Venanzi i dr. 2016.) što dovodi do poremećaja kemijskih procesa u tlu. Oštećenja tla doprinose pogoršanju uvjeta za rast stabala i smanjuju moguću proizvodnost lokaliteta (Cudzik i dr. 2017).

Na razinu gaženja tla pri privlačenju drva, osim nekim značajkama šumskih vozila, najviše se može utjecati ograničavanjem njihova kretanja isključivo po dobro obilježenoj i prosječenoj (traktorske vlake) ili izgrađenoj (traktorski putovi) mreži sekundarnih šumskih prometnica uz obavezno usmjereno rušenje stabala (Danilović i dr. 2014, Pandur i dr. 2014).

Istraživanjima zbijanja tla pri privlačenju drva skiderima bavili su se mnogi autori (Majnounian i Jourgholami 2013, Sutherland 2009, Šušnjar 2005), koji navode da su na zbijanje tla posebno osjetljiva šumska tla povećane mokrine i sitnijeg granulometrijskog sastava, a da razina zbijenosti šumskog tla ovisi i o: 1) veličini dodirnih tlakova skidera, 2) količini vučenoga drva, 3) nagibu terena 4) broju prolazaka vozila istim tragom. Isti autori, kao mjere smanjivanja oštećivanja šumskog tla ograničene nosivosti, navode: 1) opremanje skidera širim gumama, 2) udvajanje kotača na poluosovinama, 3) korištenje lanaca na kotačima vozila, 4) smanjenje količine vučenoga drva, 5) planiranje trenutka izvođenja radova, 6) poboljšanje uvjeta nosivosti tla, njegovim pokrivanjem zastorom granjevine.

2.2.2 Oštećivanje stabala

Oštećenja dubećih stabala pri provođenju radova mogu nastati izravnim mehaničkim oštećenjima, ali i neizravno. Ovisno o intenzitetu oštećenja, može se ugroziti daljnji razvoj sastojine, a intenzitet oštećenja ima neposredan utjecaj na kakvoću preostalih stabala nakon izvođenja radova. Obujam oštećenja u uskoj je vezi s izborom radnih sredstava (strojeva i opreme), kakvoćom organizacije rada, pogodnošću radnih metoda konkretnim terenskim uvjetima te kakvoćom radne tehnike izvoditelja šumskih radova (Martinić 2010).

Prilikom radova pridobivanja drva razlikujemo nekoliko vrsta oštećenja dubećih stabala:

- ⇒ oštećenja korijenovog sustava,
- ⇒ nagnječenje i guljenje kore,

⇒ lomovi pojedinih grana,

⇒ lomovi krošnje (> 30 % redukcija),

⇒ prelomi ili izvale stabala (pad stabla).

Štete koje nastaju pridobivanjem drva nisu samo problematika modernog vremena, niti su se pojavile primjenom mehanizacije u šumarstvu. Ovaj problem seže do samih početaka šumarstva.

Kao mjere smanjivanja razine oštećivanja dubećih stabala pri privlačenju drva skiderom, preporuke su: 1) fizička zaštita stabala uz sekundarne šumske prometnice (slika 4) kojom se otklanja oštećivanje stabala pri vuči drva, 2) usmjereno rušenje stabala s obzirom na položaj sekundarnih šumskih prometnica, 3) izbor metode izradbe drva (Đuka 2014).

Slika 4. Oštećivanje i mjera zaštite dubećih stabala pri privlačenju drva skiderom

Petreš (2006) istražuje oštećenost pomlatka hrasta lužnjaka pri privlačenju drva zglobnim traktorom LKT 81T. Analizom uzroka i vrste oštećenja, utvrđuje da se pomladak najviše oštećuje tijekom sakupljanja drva vitlom i to čelom vučenoga drva. Isti autor, u cilju smanjenja oštećenja pomlatka u oplodnim sječama, preporučuje deblovnu metodu izradbe drva uz ograničeno kretanje skidera po mreži traktorskih vlaka. Nekvapil (2009) uspoređuje oštećivanje pomlatka pri privlačenju drva skiderom i forvarderom. Isti autor, navodi manje oštećenje pomlatka pri izvoženju drva forvarderom, uz manju dubinu kolotraga te veću razinu proizvodnosti u odnosu na vuču drva skiderom.

Na strmim terenima, važna su i oštećenja stabala koja nastaju pri gradnji traktorskih putova. Pičman i dr. (2003), na području gorskokotarskih prebornih šuma, istražuju oštećenja stabala pri gradnji traktorskoga puta bagerom s hidrauličkim čekićem. Isti autori, utvrđuju 11,8 oštećenih stabala na 100 m izgrađenoga puta, pri čemu se najveći dio oštećenja stabala odnosio na guljenje kore prouzročeno odronom kamena na donjoj nasipnoj strani puta.

2.2.3 Značajni čimbenici oštećenja stabala

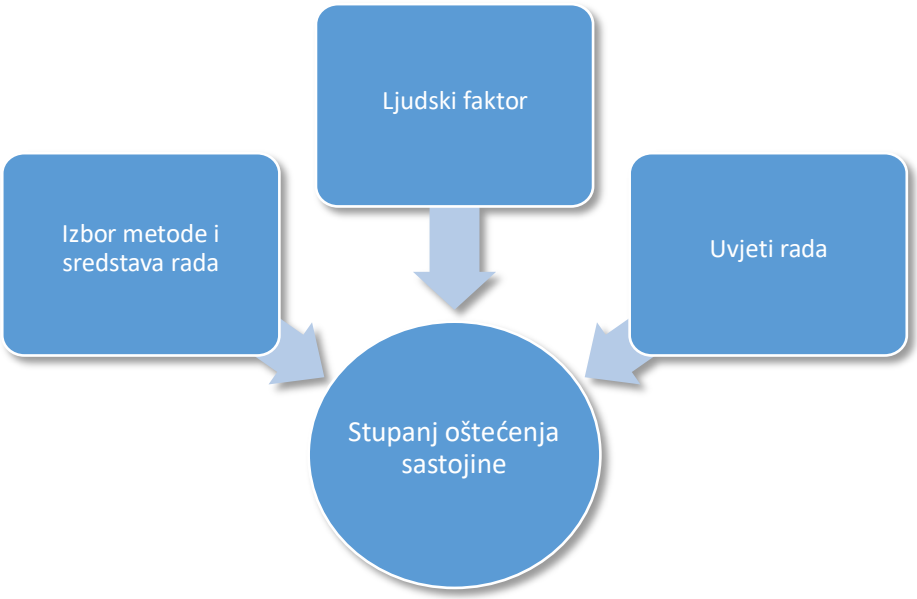
Pregledom dostupne znanstvene literature uočeno je da su čimbenici koji utječu na pojavnost i intenzitet oštećenja stabala tijekom izvođenja radova pridobivanja brojni i često vezani jedni na druge. Nadalje, čimbenici koji utječu na oštećenja nisu univerzalni i ovise o uvjetima lokaliteta i postupcima pridobivanja drva. Dostupni radovi su prvenstveno povezani s prirodnim i tehnološkim uvjetima postupka sječe u različitim zemljama. Malo je studija koje se bave usporedbom oštećenja šumskog ekosustava po različitim tehnologijama sječe (Cuzik 2017).

Iz gore navedenih razloga, u fazi planiranja izvođenja radova potrebno je posvetiti pozornost izboru metode i sustava izvođenja radova pridobivanja kako bi se na što učinkovitiji način smanjila oštećenja sastojina.

Prema Martiniću (1991) najznačajniji čimbenici koji utječu na oštećivanje sastojina su: izbor metode i sredstava rada, ljudski faktor i uvjeti rada.

U hrvatskome šumarstvu, operativno planiranje pridobivanja drva, sadržano je u »Elaboratu radilišta«, a s ciljem izvođenja radova na djelotvoran i siguran te okolišno prihvatljiv način, a

čije sve sastavnice nisu propisane smjernicama ili podzakonskim aktom (Poršinsky i Slunjski 2014).



Slika 5. Shematski prikaz čimbenika koji utječu na stupanj oštećenja sastojine

2.2.4 Vrste oštećenja stabala

Oguljena kora

Guljenje kore podrazumijeva oštećenja kore kod kojih je kambij vidljiv. Ova oštećenja kore dubećih stabala predstavljaju otvore kroz koje je stablo otvoreno te time pristupačno za infekciju mikozama, uzročnicima truleži drva. Osjetljivost stabla na ozljeđivanje kore i površina ozljeda ovisne su o vrsti drveća (debljini kore), odnosno da li se trenutak nastanka ozljeđivanja stabla dogodio u periodu vegetacije ili mirovanja (Bettinger i Kellog 1993).

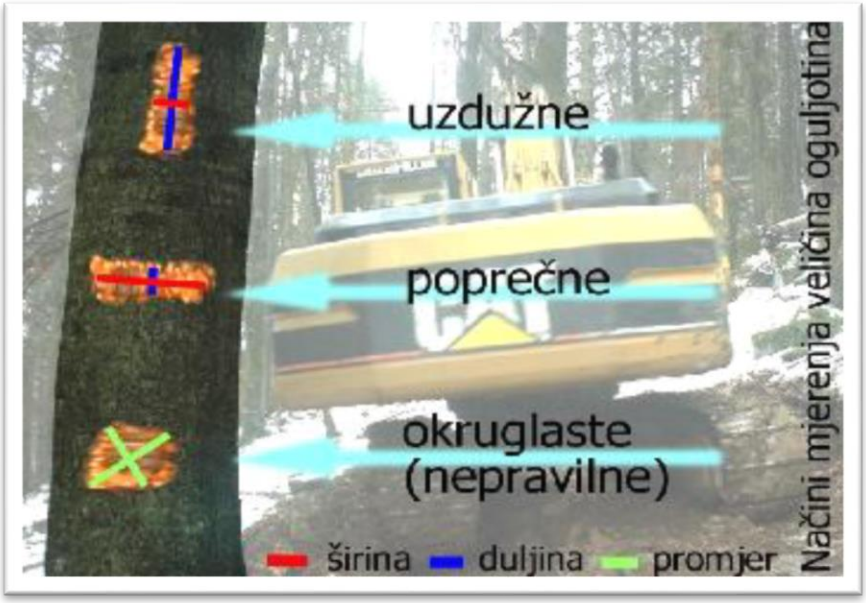
Najčešći uzročnici truleži su gljive truležnice iz rodova *Armillaria, Heterobasidion, Fomes* i dr., a mogućnost pojave truleži ovisna je o ploštini ozljede kore, te visinskoj udaljenost ozljede kore od razine tla (Bettinger i Kellog 1993).

Kod ozljeda kore ploštine <10 cm^2 smanjena je mogućnost infekcije sporama gljiva te stablo vrlo brzo kalusira nastalu ozljedu (Meng 1978). Rastom površine ozljede dolazi i do porasta vjerojatnosti pojave gljivičnih infekcija.

Ozljede oguljene kore prema ploštini razvrstavaju se u slijedeća 4 razreda:

- ⇒ I razred (< 16 cm^2),
- ⇒ II razred (16 cm2 – 100 cm^2),
- ⇒ III razred (101 cm2 – 200 cm^2),
- ⇒ IV razred (> 201 cm^2).

Prema obliku, (slika 6) oguljotine se raščlanjuju u tri skupine: okruglaste, uzdužne i poprečne oguljotine. Razlog ove podjele su nejednake štetne posljedice svake vrste oguljotina na prirast stabla, odnosno kakvoću budućih drvnih sortimenata. Najštetnije su poprečne oguljotine, budući da se njima presijeca najveći broj provodnih elemenata stabla (Rebula 1991) .



Slika 6. Prikaz oguljotina stabla prema obliku (Poršinsky 2004)

Slika 7. Oštećenje kore tijekom privlačenja drva skiderom

Nagnječena kora

Nagnječenje kore podrazumijeva oštećenja kore kod kojih nije vidljiv kambij, odnosno oštećenja samo vanjskog, mrtvog dijela kore. Kod ove vrste oštećenja, mogućnost infekcije gljivama truleži značajno je manja u odnosu na oguljenu koru.

2.2.5 Posljedice oštećivanja stabala

Oštećenja imaju negativan utjecaj na daljnji rast i razvoj stabala. Posljedice oštećenja dubećih stabala očituju se kroz: smanjenje prirasta, mogućnost infekcije mikozama, smanjenje fizioloških funkcija stabla, smanjenje kakvoće i vrijednosti oblovine, sušenje ozlijeđenog stabla.

Oštećenost stabla procjenjuje veličinu oštećenja pojedinog za sječu nedoznačenog stabla, a raščlanjena je u 3 razreda (Poršinsky 2004):

- ⇒ vrlo teško oštećeno stablo (izvale, lomovi, stabla posječena zbog prolaza vozila),
- ⇒ teško oštećena stabla (prelomi krošanja, oguljotine kore < 200 cm^2 površine),

⇒ neznatno oštećena stabla (prijelomi grana, nagnječena kora, oguljotine kore > 200 cm^2 površine.

Stabla s većim ozljedama kore (> 100 cm^2) te ozljedama kore debla bližim razini tla (žilište, pridanak) izloženija su razvoju mikoza razarača drva, što kao popratnu pojavu dovodi do: 1) smanjenja obujamnoga prirasta, 2) u budućnosti pojave centralne truleži, odnosno pada vrijednosti prvih trupaca izrađenih iz debla te 3) sušenja stabla (Bragg i dr. 1994).

Osim razvoja truleži, ozljeđivanje stabala uzrokuje i pojavu raznih grešaka drva (diskoloracija, zimotrenost, okružljivost, paljivost, rakaste tvorevine), koje smanjuju vrijednost oblovine (Filip 2001). Na guljenje kore, osjetljivije su vrste drveća tanje kore (npr. bukva), a posebice stabla koja se oštećuju u vegetacijskom periodu (Limbeck-Lilienau 2003).

Ukupna oštećenost sastojine po završetku pridobivanja drva, iskazuje se brojem mehanički oštećenih stabala, odnosno udjela (%) od broja preostalih (neposječenih) stabala (Vasiliauskas 2001).

Poršinsky i Ožura (2006) u svom radu navode kako nigdje u literaturi nije izričito navedeno koja površina ozljede ostavlja značajan utjecaj na oštećeno stablo.

Propadanje stabala većih razmjera utječe nepovoljno na dinamiku radova u šumama, a potreba brze intervencije radi smanjivanja gubitaka umanjuje kvalitetu planiranja, pripreme i izvođenje radova (Krpan 1992). Ekonomske posljedice propadanja stabala očituju se na kvaliteti i manjoj vrijednosti drvnih sortimenata. Struktura drvnog obujma prema kakvoći manja je za 14 % u mladim, a za 40 % u starijim sastojinama u odnosu na sastojine u kojima nije utvrđeno propadanje stabala (Tikvić 2009).

2.3 Cilj rada

Cilj ovoga rada bio je provesti analizu oštećenosti preborne bukovo-jelove sastojine po provedenoj sječi i izradbi drva motornom pilom te privlačenja drva zglobnim traktorom s vitlom. Prikupljanje podataka provedeno je u odabranom odjelu 14. gospodarske jedinice (GJ) Belevine, nastavno pokusnoga šumskog objekta (NPŠO) Zalesina. Oštećenja stabala nakon

provedenih sječa iskazana su kroz sljedeće pokazatelje: 1) vrstu i mjesto oštećenja stabala, 2) površinu oštećenja kore te 3) stanje oštećenih stabala.

3 MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

3.1 Mjesto istraživanja

Istraživanje je provedeno u gospodarskoj jedinici Belevine, jedne od triju gospodarskih jedinica na NPŠO-u Zalesina. Gospodarska jedinica Belevine nalazi se na 45°26´ sjeverne zemljopisne širine i 14°53´ zemljopisne dužine istočno od Greenwicha. Zauzima površinu od 290,84 ha, od čega je na 287,19 ha obraslo proizvodno šumsko zemljište, na 1,86 ha neobraslo je neproizvodno šumsko zemljište, a na 1,79 ha neplodno šumsko zemljište. Prosječna drvna zaliha gospodarske jedinice iznosi 445 m^3 /ha, s temeljnicom od 41,98 m^2 /ha. Godišnji tečajni prirast iznosi 7,40 m^3 /ha (Anon. 2009).

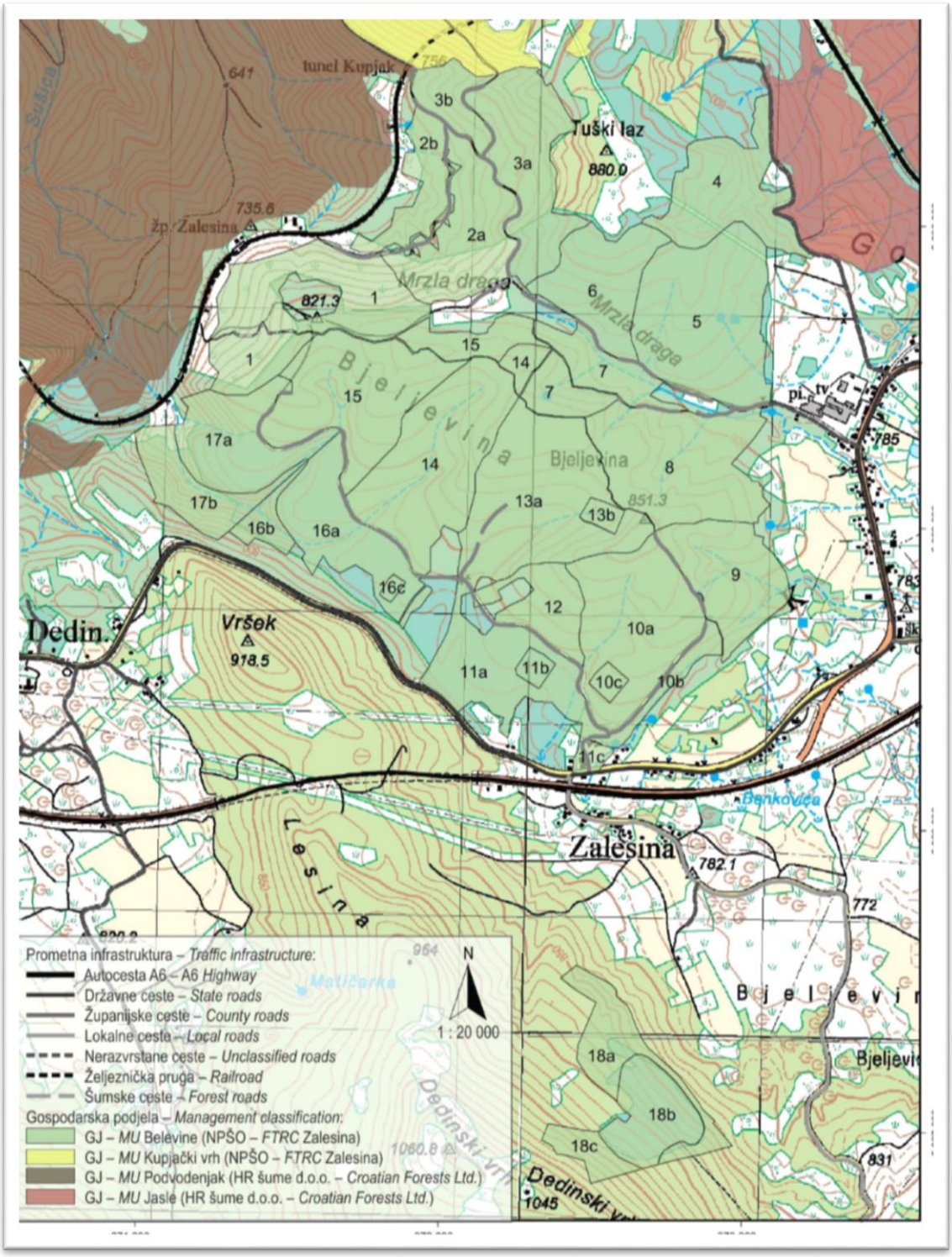
Gospodarska jedinica Belevine smještena je na sjevernoj strani visoravni Kupjak, na blago valovitim, lepezasto izbrazdanim padinama triju gorskih glavica prisojne ekspozicije i umjerene inklinacije (do 20 %). Nadmorska je visina od 720 m do 870 m. S južne, jugoistočne i jugozapadne strane omeđuje ju cesta Zagreb – Rijeka, na sjeveru gospodarska jedinica Kupjački vrh, sa sjeverozapadne strane pruga Zagreb – Rijeka, a s istočne strane cesta Kupjak – Rogi.

Sastojine GJ Belevina su sjemenjače, visokoga uzgojnoga oblika i prebornoga načina gospodarenja. Jela je nastala prirodnim pomlađivanjem, kao i bukva, javori i ostale vrste bjelogorice. Smreka je svojedobno umjetno unošena, ali se danas na nekim lokalitetima prirodno obnavlja.

Unutar GJ Belevine možemo razlikovati dva ekološko-gospodarska tipa:

1. **Ekološko-gospodarski tip I-C-40** koji predstavlja raznodobne mješovite sjemenjače preborne distribucije, tipičnog stadija i normalnog stanja, skupinastog prostornog rasporeda. Optimalan omjer smjese je 90 % crnogorice i 10 % bukve. Promjer sječive zrelosti za jelu i smreku je 60 cm, dok je za bukvu 50 cm. Preporučena srednja udaljenost privlačenja drva je 145 m. EGT I-C-40 pridolazi na 89,34 % površine gospodarske jedinice.
2. **Ekološko-gospodarski tip I-C-10a** predstavlja raznodobne mješovite sjemenjače, tipičnog stadija i normalnog stanja. Najpovoljniji je omjer smjese 70 % crnogorice i 30 % bjelogorice. Sječiva zrelost za jelu i smreku je 60 cm, a za bukvu 50 cm. Preporučena

srednja udaljenost privlačenja drva je 370 m. EGT I-C-10a pridolazi na 10,66 % površine gospodarske jedinice.



Slika 8. Gospodarska jedinica Belevine (Đuka i dr. 2017)

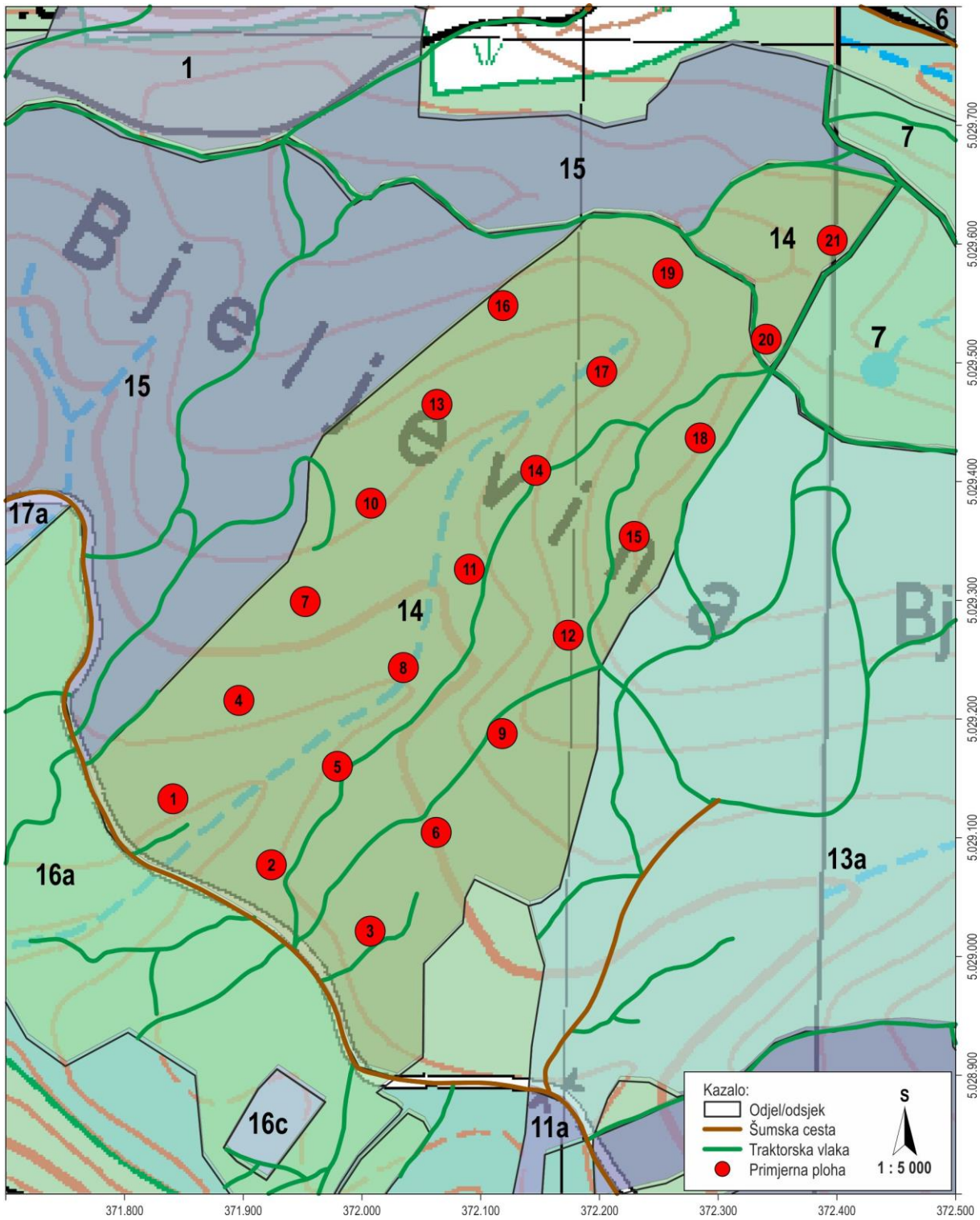
Gospodarska jedinica okarakterizirana je izrazitom plastičnošću terena izbrazdanih obilnim izvorima i vodotocima (stalnim i povremenim), što je s vremenom dovelo do razvoja razgranate vodene mreže.

Odjel 14 sadrži prebornu sastojinu jele i bukve, nepotpunoga sklopa, mjestimice progaljenog sječinom. Od ostalih vrsta pridolaze smreka i jarebika. Pomladak jele i bukve pojavljuje se pojedinačno. Površina odjela je 20,89 ha, obrast je normalan, dok se nagibi terena kreću u rasponu od 8° do 16°. Ukupni godišnji tečajni prirast je 145,0 m^3 , dok je omjer smjese u iznosima 73,09 % jele, 5,30 % smreke, 21,55 % bukve te 0,04 % OTB-a. Etat se treba ostvariti prebornom sječom u grupama srednje debelih i debelih stabala. Na dijelovima sastojine potrebno je izvršiti obvezne šumsko-uzgojne radove njege i čišćenja (Anon. 2009). Dosadašnja realizacija etata pokazuje prevladavanje slučajnog prihoda i to u godinama 2010, 2011, 2012, 2014, 2015, 2017 i 2018. Dok je redovan prihod ostvaren samo u 2013. godini te dijelom u 2014. godini. Takvo razduženje etata može se objasniti poznatim problemom sušenja jele, ali i vremenskim nepogodama koje su pogodile Gorski kotar u posljednjem desetljeću (ledolom, snjegolom, jaka bura tj. vjetrolom).

3.2 Metode rada

U odjelu 14 GJ Belevine postavljen je 21 primjerni krug, svaki površine 500 m^2 te radijusa 12,6 m (slika 9). U primjernim krugovima mjereni su prsni promjeri stabala te je zabilježena vrsta, dok su ostale značajke vezane za mjesto i vrstu oštećenja upisivane u manual prema slijedećoj podjeli: neoštećeno stablo, oštećeno stablo, lom grana, slomljena krošnja, nagnječena kora, oguljena kora, oštećenje na korijenu, oštećenje na žilištu, oštećenje pridanka, oštećenje debla. Osim prsnoga promjera, mjerene su i duljine i širine ozljede guljenja ili nagnječenja kore. Vođena je foto-dokumentacija istraživanja.

Istraživanje je provedeno pomoću GPS mjernog uređaja Garmin GPSmap 62s, Stihl mjerne vrpce, Vertex visinomjera, Haglöf Sweden AB Digitech Professional digitalne promjerke te ravnala.



Slika 9. Primjerne plohe u odjelu 14 GJ Belevine NPŠO Zalesina

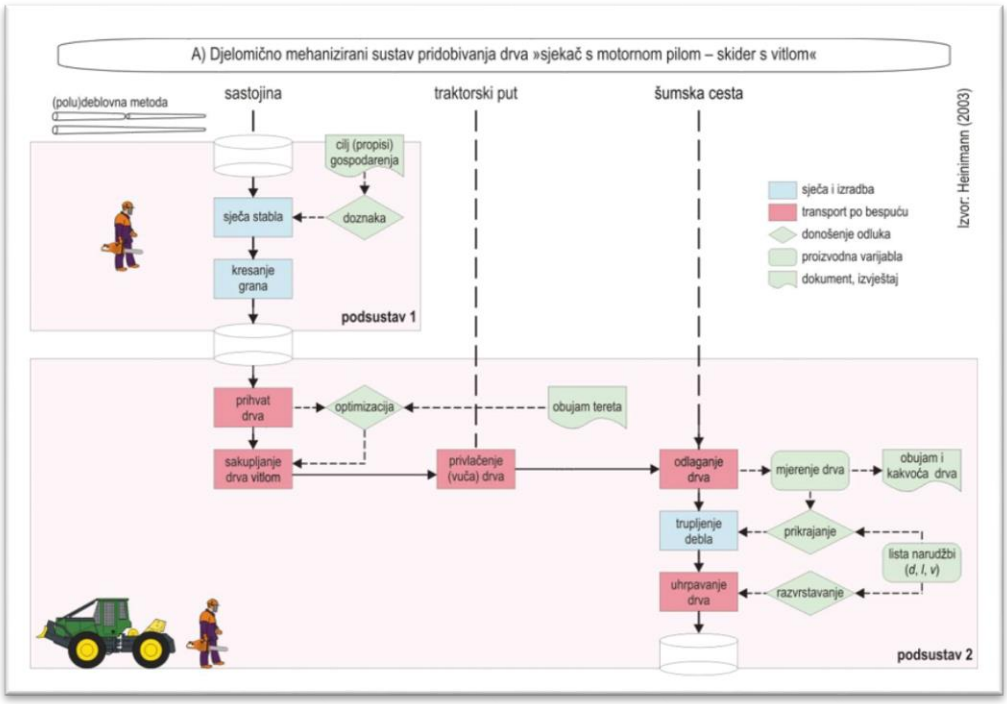
3.3 Istraživani sustav pridobivanja drva

Istraživanje šteta nastalih uslijed obavljanja djelatnosti pridobivanja drva provedeno je prilikom primjene djelomično mehaniziranog sustava pridobivanja drva ručno-strojnom sječom i izradbom drva motornom pilom lančanicom, te privlačenja drva zglobnim traktorom s vitlom.

Ovaj je sustav, kao što je već spomenuto ranije, najzastupljeniji u Republici Hrvatskoj. Nakon rušenja stabla i djelomične izradbe drva (kresanja grana i odvajanja krošnje od debla), sjekač je najčešće i kopčaš. Kod ovog sustava, dio izradbe (dorade) drva prostorno je odvojen od mjesta sječe (panja), te je premješten na pomoćno stovarište, čime i rastu zahtjevi za njihovom veličinom i prostranošću. U hrvatskome šumarstvu, ovaj sustav pridobivanja, nije isključivo vezan za vrstu drva (četinjače, listače), već za svojstva terena.

Pregledom dostupne znanstvene literature uočeno je da razina oštećenja dubećih stabala pri privlačenju drva skiderom ovisi o velikom broju čimbenika kao što su: 1) vrsta uzgojnog zahvata, tj. gustoća sastojine prije sječe, 2) vrsta sastojine, 3) trenutak izvođenja radova (ljetna ili zimska sječa), 4) sječna gustoća, 5) gustoća sekundarnih šumskih prometnica, 6) snaga skidera, 7) metoda izradbe drva, odnosno duljina vučenoga drva, 8) nagib terena, 9) kvaliteta planiranja radova, 10) obučenost izvoditelja radova te 11) nadzor izvođenja radova (Krpan 1993, Sabo 2000, Hartsough 2003, Sabo 2003, Lotfalian i dr. 2008, Picchio i dr. 2011, Danilović i dr. 2014) . Isti autori navode da se privlačenjem drva skiderom s vitlom, najčešće ozljeđuju stabla u području pridanka stabla (< 1 m visine od tla), pogotovo pojas rubnih stabala uz mrežu sekundarnih šumskih prometnica.

Pri radovima privlačenja drva korišten je skider s vitlom LKT 81 Turbo. Dimenzije vozila su: duljina 5700 mm, širina 2450 mm, visina do krova kabine 2780 mm, klirens 480 mm. Polumjeri okretanja: unutarnji (2,1 m) i vanjski (4,6 m) radijusi prohodnosti, uzdužni (0,765 m) i poprečni (0,91 m) omogućuju mu veliku kretnost pri radu. Masa je neopterećenoga vozila 7065 kg (61,5 % na prednjoj osovini te 38,5 % na stražnjoj). Vitlo je dvobubanjsko, mase 680 kg, vučne sile 70 kN te brzine privitlavanja 0,6 m/s kod potpuno razvučenoga užeta. Vučno uže je promjera 14 mm te duljine 77 m po bubnju. Potrebna sila za izvlačenja užeta na ravnom čistom terenu je 118 N. Zaštitna je stražnja daska pomična, te ima i zadaću sidrenja vozila pri sakupljanju drva vitlom.



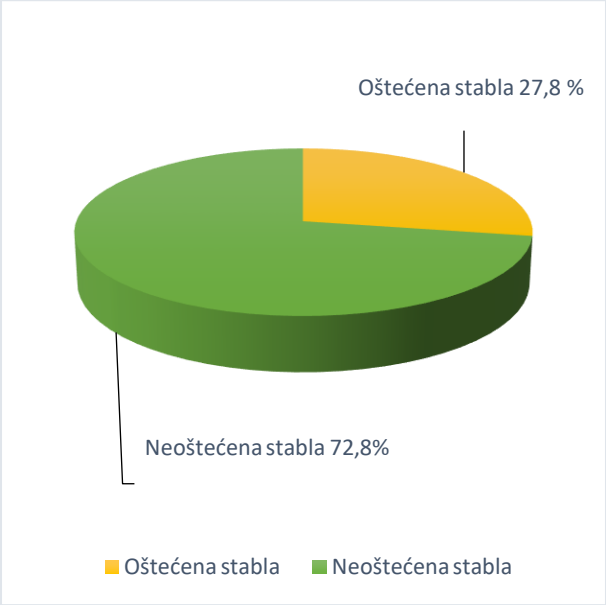
Slika 10. Shema djelomično mehaniziranog sustava pridobivanja drva korištenoga na mjestu istraživanja

4 REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA

4.1 Udio oštećenih stabala

Na lokaciji je evidentirano ukupno 496 stabala, od kojih je 355 stabala neoštećeno (72,8 %), a oštećeno je 138 stabala (27,8 %) (slika 11).

Pregledom radova u literaturi koji u obzir uzimaju privlačenje drva skiderom s vitlom utvrđen je širok raspon udjela oštećenih stabala u odnosu na broj preostalih stabala nakon sječe: 1,8 % (Sabo 2003), 2,3 % (Sabo 2000), 7,9 – 9,8 % (Danilović i dr. 2014), 11,1 % (Tavankar i dr. 2013), 13,6 % (Picchio i dr. 2011), 14 % (Yilmaz i Akay 2008), 14,1 % (Tavankar i dr. 2011) 15,5 % (Lotfalian i dr. 2008), 19,7 % (Nikooy i dr. 2010), 23 % (Hartsough 2003), 38,5 % (Krpan i dr. 1993). Usporedbom sa rezultatima ovog istraživanja vidljivo je da rezultat od 27,8 % poprilično visok, iako ne i najlošiji među uspoređivanim radovima, te upućuje na to da bi se izabrana metoda i sustav pridobivanja drva mogli prilagoditi uvjetima lokaliteta.



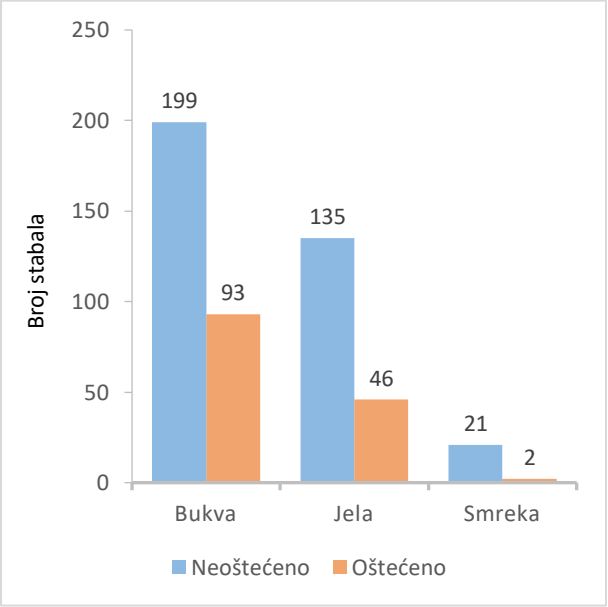
Slika 11. Udio oštećenih i neoštećenih stabala.

Od ukupno 496 stabala, evidentirana su 292 stabla bukve, 181 stablo jele i 23 stabla smreke. Udio oštećenih i neoštećenih stabala po sastojini je prikazan na slici 11.

Od 292 stabla bukve, evidentirano je ukupno 199 neoštećenih stabala, odnosno 93 oštećena stabla. Od toga je 47 stabala imalo slomljene grane, 24 stabla slomljene krošnje, a kod 38 stabala je evidentirana oguljena kora. Zabilježena su samo 4 stabla sa nagnječenom korom.

Od 181 stabla jele, evidentirano je 135 neoštećenih stabala, odnosno 46 oštećenih stabala. Od toga su 23 stabla imala oguljenu koru, 13 stabala slomljenu krošnju, a kod 10 stabala je zabilježen lom grana. Nije zabilježeno nijedno stablo jele sa nagnječenom korom.

Od 23 stabla smreke, zabilježeno je 21 neoštećeno stablo, odnosno samo dva oštećena stabla. Od toga je zabilježeno jedno stablo sa slomljenom krošnjom, te jedno stablo sa lomom grana.



Slika 12 Udio oštećenih i neoštećenih stabala u sastojini.

4.2 Vrste oštećenja

Podatci o evidentiranim stablima po vrstama drveća i vrstama oštećenja prikazani su u tablici 2. Prema podatcima istraživanja, najzastupljenija vrsta oštećenja je oguljena kora. Neznatno manji intenzitet, kao druga najzastupljenija vrsta oštećenja je lom grana, te slijedi lom krošnje.

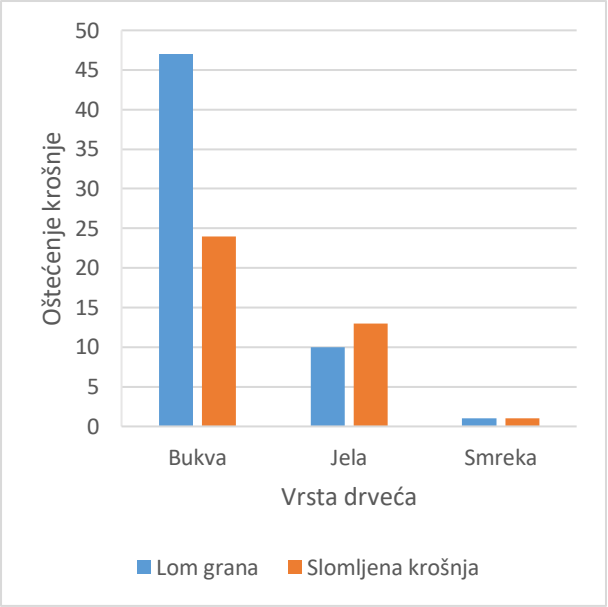
Nagnječene kora kao najmanje zastupljena vrsta oštećenja je zastupljena neznatnim intenzitetom, te gotovo nije ni prisutna.

Tablica 2. Prikaz evidentiranih stabala i primijećenih oštećenja

Evidentirana stabla	**Bukva**	**Jela**	**Smreka**	**Ukupno**
Lom grana	47	10	1	58
Slomljena krošnja	24	13	1	38
Nagnječena kora	4	0	0	4
Oguljena kora	32	21	0	53
Korijen	0	5	0	5
Žilište	14	11	0	25
Pridanak	21	7	0	28
Deblo	11	4	0	15
Neoštećena stabla	199	135	21	355

Rezultati istraživanja koje su proveli Danilović i dr. (2014) pokazuju da postoje značajne razlike u vrsti i broju zadobivenih ozljeda između faza sječe i privlačenja drva, kako u čistim (samo bukva), tako i u mješovitim sastojinama (bukva, jela i smreka). Međutim, razlike u učestalosti pojavljivanja različitih vrsta oštećenja, unutar iste faze se nisu značajno razlikovale. Razlike koje se pojavljuju su objašnjene utjecajem oblika i veličine krošnje i broja stabala po jedinici površine. Navedeno je kako se najveći dio ozljeda krošnje pojavljuje prilikom sječe, dok kod faza sakupljanja i privlačenja gotovo nema zabilježenih ozljeđivanja krošnje.

Vidljivo je da je najzastupljenija vrsta sa oštećenjima krošnje bukva sa udjelom od 73,96 %, slijedi jela sa udjelom 23,96% te smreka sa najmanje oštećenja krošnje u vidu loma grana i slomljene krošnje sa udjelom od tek 2,80 %.



Slika 13. Oštećenja krošnje u odjelu 14 GJ Belevine

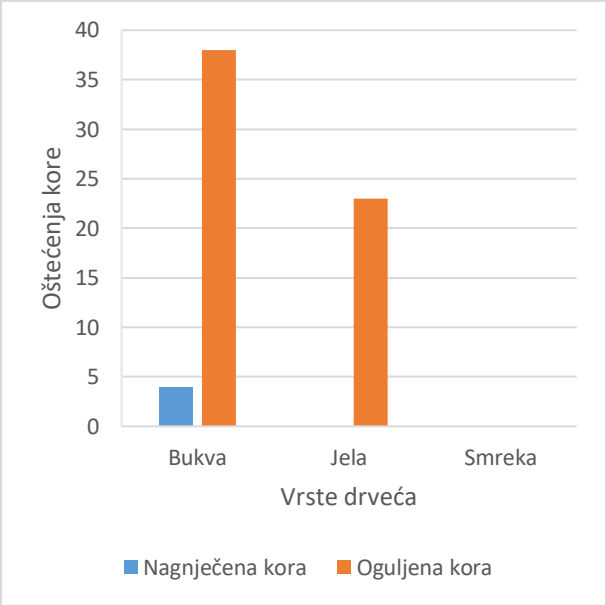
Prema vrsti na ispitivanom lokalitetu, najviše oguljotina kore bilo je prisutno na stablima bukve, zatim jele te smreke (Tablica 2, slika 14), što odgovara očekivanjima. Osim što je bukve po broju stabala bilo najviše, obzir svakako treba uzeti da je bukva vrsta glatke i tanke kore na kojoj se mehanička oštećenja mogu ostvariti mnogo lakše, nego na vrstama sa hrapavom korom. Najzastupljenija oštećenja kore su na stablima bukve u iznosu od 64,62 %, dok je na jeli udio oštećenja kore 35,38%. Na stablima smreke nisu zabilježena oštećenja kore.

Prema Poršinskom (2004) ozljede oguljene kore su češće i veće kod vrsta drva tanje kore (obična bukva – 77 ozljeda sa srednjom ploštinom od 344 cm^2 , obični grab – 52 ozljede sa srednjom ploštinom od 298 cm^2). Na hrastu kitnjaku, kao vrsti drveća deblje kore, utvrđen je daleko manji broj ozljeda (svega 29) sa značajno manjom srednjom ploštinom ozljede oguljene kore (228 cm^2).

Utjecaj vrste drveća na oštećenja u ovom istraživanju nije moguće utvrditi iz razloga što sve vrste drveća na lokalitetu nisu bile podjednako zastupljene. Rezultati su u skladu sa očekivanjima da će se najviše oštećenja dogoditi na stablima one vrste koja je najzastupljenija.

Moguće objašnjenje većeg broja lomova grana i slomljenih krošnji dano je činjenicom da su krošnje bukovih stabala razvijenije od krošanja smreke i jele, što dovodi do odstupanja od željenog smjera pada prilikom sječe i veće mogućnosti nanošenja štete na susjednim stablima.

Poršinsky (2019) u svome istraživanju daje podatak da se sila koja je potrebna da bi se ogulila kora mijenja tijekom ljetnih i zimskih mjeseci.



Slika 14. Oštećenja kore u odjelu 14 GJ Belevine

Slika 15. Oštećenja na jeli u odjelu 14 GJ Belevine NPŠO-a Zalesina

U Tablici 3. prikazani su podatci o oštećenim stablima na lokalitetu istraživanja po vrstama i prsnom promjeru stabala. Ukupni prosječni omjer oštećenog stabla iznosio je 22,77 cm.

Prosječni promjer oštećenog stabla bukve je 18,1 cm, prosječni promjer oštećenog stabla jele je 33,1 cm, a smreke 11,6 cm.

Tablica 3. Prikaz oštećenih stabala prema prsnom promjeru

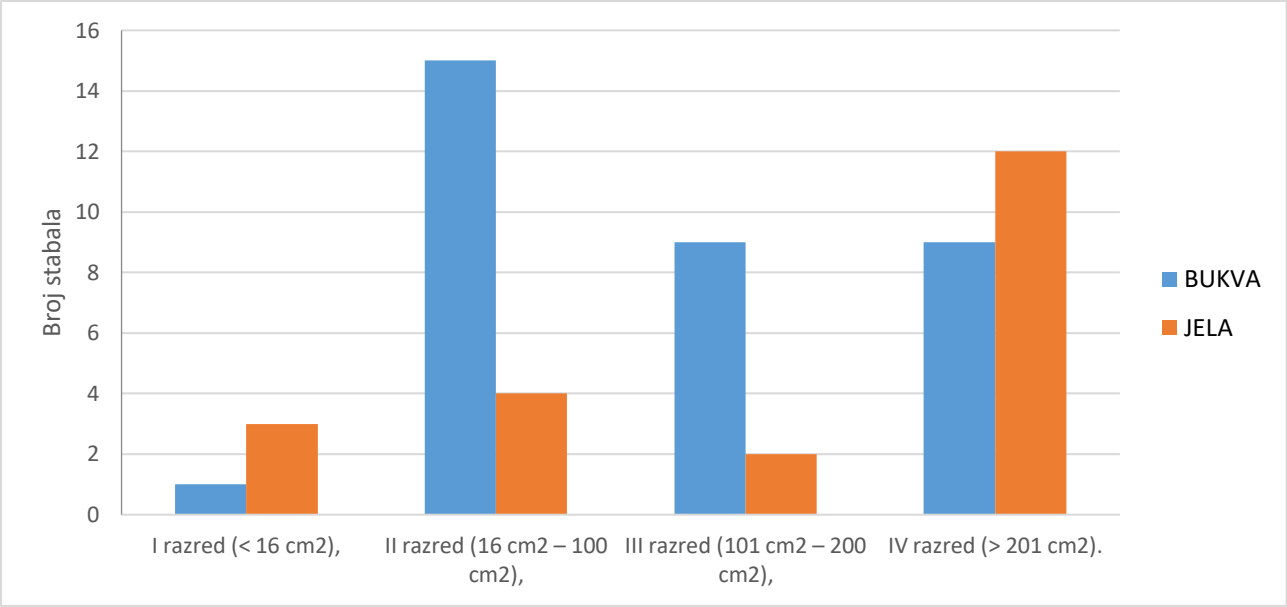
Vrsta drveća	*Najveći promjer, cm*	*Najmanji promjer, cm*	*Prosječni promjer, cm*
Bukva	56,0	7,5	18,5
Jela	85,0	7,5	33,5
Smreka	11,8	11,3	11,6
Ukupno	85,0	7,5	23,3

4.2. Ploština oštećenja kore

Provedena je statistička analiza rezultata zabilježenih ozljeda oguljene kore drveća po razredima ploština ozljeda, po vrsti drveća (slika 16).

Vidljivo je kako je najveći broj ozljeda (21) IV. razreda, ploštine veće od 201 cm^2, a zatim ozljeda II. razreda (19), ploštine od 16 cm^2 do 100 cm^2.

Zabilježen je nešto manji broj ozljeda III. razreda (11), ploštine od 101 cm^2 do 20 cm^2, a najmanji broj ozljeda I. razreda (4) ploštine manje od 16 cm^2.



Slika 16. Prikaz oguljene kore drveća po razredima ploština ozljeda po vrsti drveća

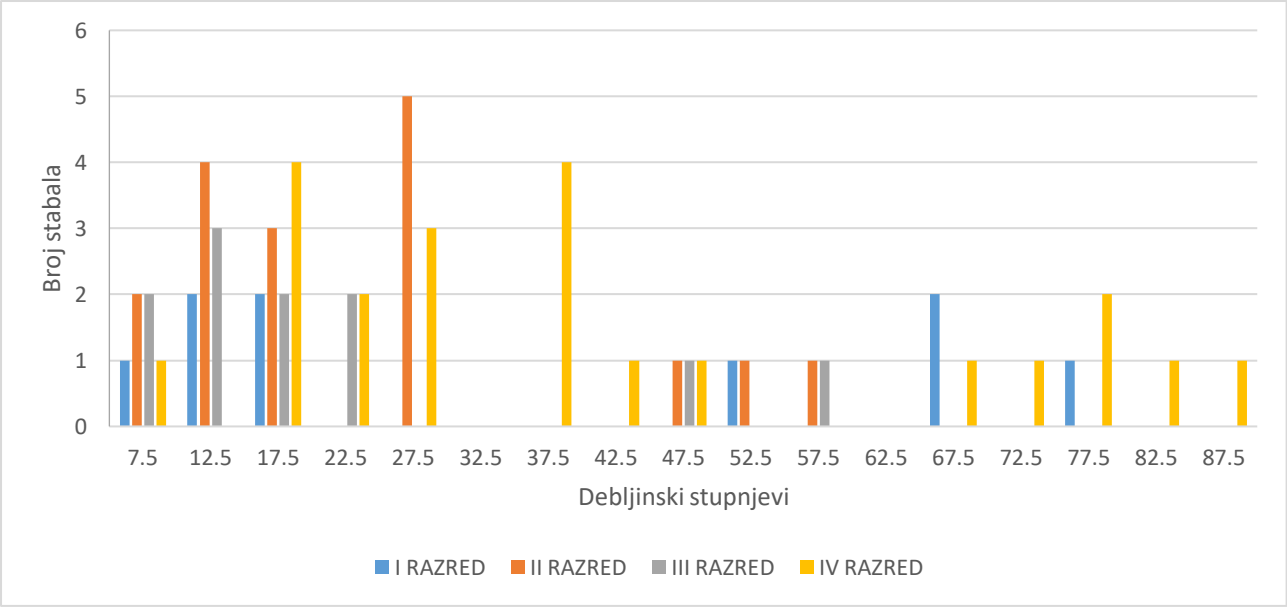
Ukupno su zabilježena 32 stabla bukve sa oguljotinama, od čega je najveći broj oguljotina (15) svrstano u ozljede II. razreda. Podjednak broj oguljotina (po 9) bukve je svrstan u III. i IV. razred, a najmanji broj oguljotina u I. razred.

Ukopno je zabilježeno 21 stablo jele sa oguljotinama, od toga najviše oguljotina IV. razreda (12). Oguljotine II. razreda (4), III. razreda (2) i I. razreda (3) imale su znatno manju pojavnost.

Ovi rezultati su u skladu sa istraživanjem koje je proveo Poršinsky (2004) te Poršinsky i Ožura (2006) pri čemu je analizom ozljeda oguljene kore po razredima ploština ozljeda, zabilježeno da su najčešće ozljede ploštine od 16 – 100 cm^2 i ploštine iznad 201 cm^2.

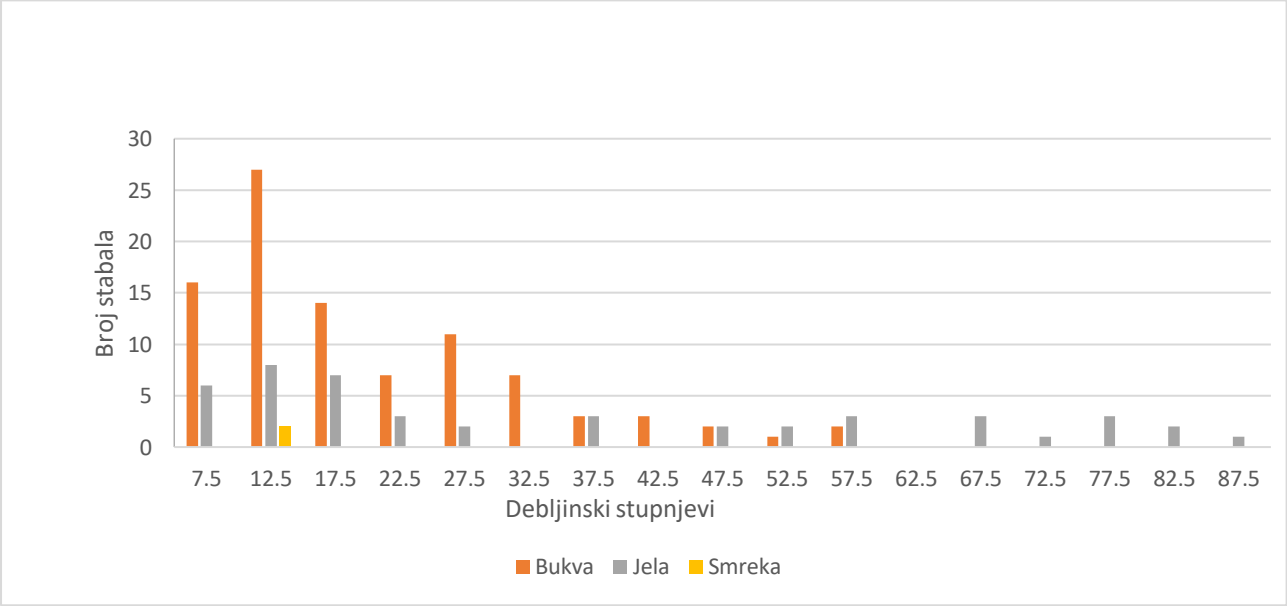
U svome radu Poršinsky i Ožura (2006) su analizom ozljeda oguljene kore po ploštinskim razredima ozljeda utvrdili da su najčešće ozljede u razredu ploštine iznad 201 cm2.

Na slici 15 prikazani su ukupni zabilježeni rezultati analize ozljeda oguljene kore po razredima ploština ozljeda po debljinskom stupnju stabala. Iz prikazanih rezultata je vidljivo kako je najveći broj oguljotina zabilježen na stablima nižih debljinskih stupnjeva.



Slika 17. Ozljede oguljene kore po razredima ploština ozljeda i debljinskome stupnju stabala

Rezultati istraživanja u skladu su sa rezultatima istraživanja koje je proveo Poršinsky (2004) gdje je prema stupnju oštećenosti sastojine utvrđeno da teška i vrlo teška oštećenja nemaju visoku pojavnost u višim debljinskim razredima u kojima su se nalaze gospodarski vrijednija stabla.



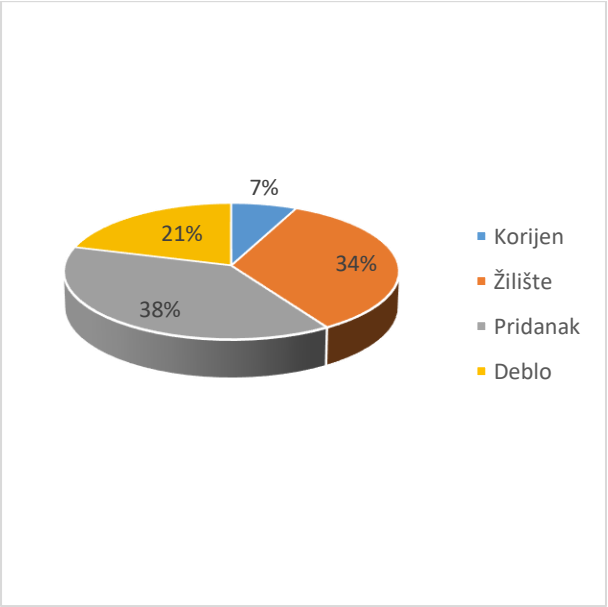
Slika 18. Pregled oštećenih stabala po debljinskom stupnju

Distribucija oštećenih stabala po debljinskim stupnjevima i vrsti stabla prikazana je na slici 16. Najveći broj oštećenih stabala je u debljinskim stupnjevima 7,5 cm (22 stabla), 12,5 cm (37 stabla) i 17,5 cm (21 stablo).

Rezultati istraživanja u skladu su sa rezultatima istraživanja koje je proveo Sabo (2003) koji u svome radu navodi kako je najviše oštećenja zabilježeno u debljinskim stupnjevima 12,5 cm i 17,5 cm te da su zabilježena manja oštećenja u višim debljinskim stupnjevima.

4.3 Mjesto oštećenja

Omjeri mjesta oštećenja stabala prikazani su na slici 17. Vidljivo je kako se najveći broj oštećenja pojavljuje na pridanku (38 %) i žilištu (34 %), zatim na deblu (21 %), a najmanje na korijenu (7 %).



Slika 19. Prikaz udjela oštećenja stabala prema mjestu nastanka

Ukoliko se podatci analiziraju s obzirom na vrstu drveća najzastupljenija su oštećenja pridanka na bukvi (45,65 %) dok su na jeli to oštećenja žilišta (40,74 %). Na stablima smreke zabilježena su oštećenja u krošnji, dok oštećenja na korijenu, žilištu, pridanku i deblu nisu evidentirana.

Prema istraživanju Danilovića i dr. (2014) oštećenja žilišta su bila najmanje česta zbog činjenice da je za vrijeme sječe mjesto na kojem stabla padaju obično izvan raspona žilišta i pridanka. Unatoč tome, prosječni broj ozljeda žilišta susjednih stabala bio je značajno veći u čistoj sastojini (samo bukva) nego u mješovitoj sastojini (bukva, jela i smreka), prije svega zbog šire krošnje. Osim toga, utvrđeno je da se broj ozljeda povećavao s povećanjem promjera oborenih stabala. Tome ide u prilog činjenica da su deblja stabla također viša, te imaju dulje i šire krošnje, kao i veći volumen drva, zbog čega je vjerojatnije da će nanijeti štetu.

U istraživanju oštećenja preostalog drveća bukve, jele i smreke Sabo (2003) izvijestio je o 84 % udjela oštećenja korijenske ogrlice u ukupnom broju ozljeda.

Prema istraživanju Solgija i Najafija (2007) u šumama bukve i graba u Iranu, tijekom radova pridobivanja drva skiderom, najčešća vrsta oštećenja je na korijenu zaostalih stabala koja čine čak 41 % od ukupne štete. Autori ističu da prilikom pridobivanja drva u mješovitim sastojinama treba uklanjati debele i razgranate grane jer se na taj način oštećenja preostalih stabala znatno smanjuju.

Oštećenja na deblu i žilištu stabala uglavnom se očituju u obliku guljenja kore i drugih površinskih rana na drvetu (Danilović 2014).

5 ZAKLJUČAK

Utvrđivanje oštećenosti sastojine po završetku pridobivanja drva ima za cilj ocijeniti kakvoću izvođenja radova, ali i izvoditelja radova. Metoda pravilne mreže točaka, razmaka 100 × 100 m uvriježila se zbog svoje jednostavnosti i nepristranosti.

Na temelju rezultata provedenoga istraživanja, a sa ciljem smanjenja oštećenja dubećih stabala tijekom radova pridobivanja drva, predlaže se:

- ⇒ Zabrana silaženja vozila sa sekundarne mreže šumskih prometnica kako bi se umanjio njihov štetan utjecaj na sastojinu,
- ⇒ Usmjereno obaranje stabala kako bi se smanjila udaljenost sakupljanja drva i mogućnosti oštećenja sastojine,
- ⇒ Korištenje poludeblovne ili deblovne metode kako bi se smanjio broj čela trupaca koji potencijalno mogu oštetiti tlo, ponik i pomladak, ali i dubeća stabla (čelo trupca uzrok je oštećenja 82,5 % biljaka prilikom sakupljanja drva)
- ⇒ Korištenje žrtvovanih stabala ili fizičke mjere zaštite dubećih stabala,
- ⇒ Izrada elaborata radilišta uz prisutnu kontrolu i nadzor radova,
- ⇒ Planiranje optimalne mreže primarnih i sekundarnih šumskih prometnica koja će svojim oblikom i količinom zadovoljavati potrebe sastojine u određenome reljefnome području.
- ⇒ Daljnja istraživanja trebalo bi usmjeriti prema utvrđivanju kritične sile koja uzrokuje različita oštećenja u različita godišnja doba te za različite vrste drveća.

6 LITERATURA

1. Akay, A., Yimaz, M., Tongue, F., 2006: Impact of mechanized harvesting machines on forest ecosystem, Journal of applied sciences, 11, 2414–2419.

2. Ampoorter, E., Van Nevel, L., De Vos, B., Hermy, M., Verheyen, K., 2010: Assessing the effects of initial soil characteristics, machine mass and traffic intensity on forest soil compaction, Forest Ecology and Management, 260(10): 1664–1676.

3. Anon., 2009: Program gospodarenja šumama s posebnom namjenom, Nastavno pokusni šumski objekt Zalesina, GJ Belevine 2010 – 2019. Šumarski fakultet, Zagreb, 2009, 1–178.

4. 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.

5. Avdibegović, M., Petrović, N., Nonić, D., Posavec, S., Marić, B., Vuletić, D., 2010: Spremnost privatnih šumoposjednika u Hrvatskoj, Srbiji i BiH na suradnju u izgradnji i održavanju šumskih prometnica, Šumski list, 134, 55–64.

6. Bettinger, P., Kellogg, L.D., 1993: Residual stand damage from cut-to-length thinning of second–growth timber in the Cascade Range of western Oregon, Forest products Journal, 43, 59–64.

7. Bragg, W.C., Ostrofsky, W.D., Hoffman, B.F., 1994: Residual tree damage estimates from partial cutting simulation. Forest Products Journal 44(7–8): 19–22.

8. Bedžula, D., Slabak, M., 1974: Razvoj mehanizacije šumskih radova na području istočne Slavonije, stanje danas i perspektive, Zbornik o stotoj obljetnici šumarstva jugoistočne Slavonije, posebno izdanje, knjiga 2, 185–204.

9. Cudzik, A., Brennensthul, M., Bialczyk, W., Czarnecki, J., 2017: Damage to Soil and Residual Trees Caused by Different Logging Systems Applied to Late Thinning, Croat. j. for. eng., 38 1, 83–95.

10. Čavlović, J., 2013: Osnove uređivanja šuma, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 295.

11. Danilović, M., Grujović, D., Milovanović, B., Karić, S., 2014: Ocjena modificirane poludeblovne metode listača sa dijelovima krošnje. Nova mehanizacija šumarstva, 35(2014): 35–50.

12. Đuka, A., 2014: Razvoj modela prometnosti terena za privlačenje drva skiderom. Doktorska disertacija. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–303.

13. Đuka, A. , Pentek, T., Poršinsky, T., Janeš, D., Starčević, M., Papa, I., 2017: Otvorenost gospodarske jedinice Belevine, NPŠO Zalesina, i prijedlog daljnjega otvaranja, Nova meh.šumar., 38 , 15–32.

14. Filip, G., 2001: Swiss Needle Cast Cooperative: Annual Report 2001. Oregon State University, College of Forestry, 1–98.

15. Gebauer, R., Neruda J., Ulrich R., Martinková M., 2012: Soil Compaction – Impact of Harvesters' and Forwarders' Passages on Plant Growth, Sustainable Forest Management – Current Research, Dr. Julio J. Diez (Ed.), ISBN: 978–953–51– 0621–0, InTech, 179–196.

16. Gužvinec, H., Zorić, M., Šušnjar, M., Horvat, D., Pandur, Z., 2012: Utjecaj načina sidrenja na vrijednosti horizontalne sastavnice vučne sile i faktor prijanjanja prilikom privitlavanja drva skiderom ii adaptiranim poljoprivrednim traktorom, Nova meh. Šum., 33, 23–33.

17. Hartsough, B., 2003: Economics of harvesting to maintain high structural diversity and resulting damage to residual tree. Western journal of Applies Forestry, 18: 133–142.

18. Heinimann, H.R., 2001: Verfahrenstechnik III – Analyse, Gestaltung und Steuerung technisher Produktionssysteme. D–FOWI, Forstliches Ingenieurwesen, 1–25. (http://www.fowi.ethz.ch/piw/teach/)

19. Kranjec, J., T., Poršinsky, 2011: Povijest razvoja motorne pile lančanice. Nova meh. šumar. 32: 23–37. (tisak 2012.)

20. Krpan, A.P.B., 1992: Iskorišćivanje šuma. Monografija »Šume u Hrvatskoj«, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i »Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb, 153–170.

21. Krpan, A.P.B., Ivanović, Ž., Petreš, S., 1993: Neke fizičke štete u sastojini, posljedice i zaštita. Glasnik za šumske pokuse, Posebno izdanje 4: 271–279.

22. Kulušić, B., 1990: Karakteristike šumskih terena kao indikatori izbora tehnologije privlačenja drveta, Meh. šumar., 15 (3–4), 63–68.

23. Jourgholami, M., 2012: Environmental Impacts to Residual Stand Damage due to Logging Operations in Hyrcanian Forest, Notulae Scientia Biologicae, 4(3): 65–69.

24. Limbeck–Lilenau, B., 2003: Residual stand damage caused by mechanized harvesting systems, In: Steinmuller, T., Stampfer, K. (eds.): Proceedings of High Tech Foret Operations for Mountainous Terrain. Schaegl, 5 – 9 October, 2003, Vienna, University of Natural Resources and Life Scieneces (CD ROM): 11.

25. Lotfalian, M., Mohammadi Samani, K., Pirzad Far, S., 2008: A method for economic evaluation of forest logging damages on regeneration and stand (Case study: Alandan and Waston Serries). Journal of Evironmental Science and Technology 10: 51–62.

26. MacDonald, AJ., 1999: Harvesting Systems and Equipment in British Columbia. FERIC, Handbook No., HB–12: 1–197

27. Majnounian, B., Jourgholami M., 2013: Effects of Rubber–Tired Cable Skidder on Soil Compaction in Hyrcanian Forest. Croat. j. for. eng. 34(1): 123–135.

28. Matić, S., 2011: Međunarodna godina šumarstva u svijetlu 50–godišnje uske suradnje hrvatske šumske znanosti i stuke. Croatian journal of Forest Engeineering, 32(1), 1–3.

29. Martinić, I., 1991: Oštećenje sastojine pri obaranju stabla, izradi i privlačenju drva. Šumarski list 115(1–2): 33–48.

30. Martinić , I., 1993: Neke činjenice u svezi sa šumskim radovima, Glas. šum. pokuse, posebno izdanje 4, 321–330.

31. Martinić, I., 2000: Koliko smo blizu ekološki prihvatljivoj uporabi mehanizacije u šumarstvu?, Šumarski list, 1–2, 3–l 3.

32. Meng, W., 1978: Baumverletzungen durch Transportvorgänge bei der Holzermte – Ausmaß und Verteilung, Folgeschäden am Holz und Versuch ihrer Bewertung. Schriftenreihe der LFV Baden–Württemberg, Band 53: 159.

33. Nekvapil, N., 2009: Utjecaj tehnologije rada u dovršnom sijeku na kvalitetu pomlatka. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–91.

34. Nikooy, M., Rashidi, R., Kocheki, G., 2010: Residual trees injury assessment after selective cutting in broadleaf forest in Shafaround. Caspian Journal of Environmental Science 8: 17–179.

35. Pandur, Zdravko; Poršinsky, Tomislav; Šušnjar Marijan; Zorić, Marko; Vusić, Dinko. Gaženje tla pri izvoženju drva forvarderom u sječinama hrasta lužnjka. Nova mehanizacija šumarstva, 35 (2014): 23–34

36. Pentek, T., Poršinsky, T., Šušnjar, M., Stankić, I., Nevečerel, H., Šporčić, M., 2008: Environmentally Sound Harvesting Technologies in Commercial Forests in the Area of Northern Velebit – Functional Terrain Classification. Periodicum Biologorum 110(2): 127–135.

37. Petreš, S., 2004: Privlačenje oblovine zglobnim traktorima LKT 81T i Timberjack 225Aiz dovršne sječine hrasta lužnjaka s osvrtom na oštećivanje mladoga naraštaja. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–222.

38. Petreš, S., 2006: Oštećivanje ponika i pomlatka pri privitlavanju i privlačenju oblovine traktorom LKT 81T iz dovršne sječine hrasta lužnjaka. Šumarski list 130(3–4): 87–100.

39. Picchio, R., Neri, F., Maesano, M., Savelli, S., Sirna, A., Blasi, S., Baldini, S., Marchi, E., 2011: Growth effects of thinning damage in a Corsican pine (Pinus laricio Poiret) stand in central Italy. Forest Ecology and Management 262: 237–243.

40. Pičman, D., Pentek, T., Poršinsky, T., 2003: Prilog istraživanju oštećivanja stabala mehanizacijom za gradnju šumskih putova. Strojarstvo 45(4–6): 149–157.

41. Poršinsky, T., 2005: Djelotvornost i ekološka pogodnost forvardera Timberjack 1710B pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–170.

42. Poršinsky, T., I. Stankić, 2006: Okolišna pogodnost forvardera Timberjack 1710B pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske. Glasnik za šumske pokuse, Posebno izdanje 5: 589–600.

43. Poršinsky, T., M. Ožura, 2006: Oštećivanje dubećih stabala pri izvoženju drva forvarderom. Nova mehanizacija šumarstva 27: 41–49.

44. Poršinsky, T., 2008: Predavanja iz kolegija Pridobivanje drva I. Šumarski fakultet Zagreb

45. Poršinsky, T., Slunjski, M., 2014: Elaborat radilišta – operativno planiranje pridobivanja drva. Predavanje za članove Hrvatske komore inženjera šumarstva i drvne tehnologije, 1–48.

46. Poršinsky, T. 2019: Oštećvanje stabala i podmlatka pri radovima pridobivanja drva, Okolišno prihvatljive tehnologije, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1-20.
47. Putz, F.E., 1994: Approaches to sustainable forest management, CIFOR working paper No. 4.
48. Rebula , E., 1991: Posljedice gradnje vlaka u šumi, Mehanizacija šumarstva, 16(3), 161–171.
49. Sabo, A., 2003: Oštećivanje stabala pri privlačenju drva zglobnim traktorom Timberjack 240c u prebornim sastojinama, Šumarski list, 7–8, 335–346.
50. Sirén, M., 2001: Tree Damage in Single–Grip Harvester Thinning Operations. Journal of Forest Engineering, 12(1): 29–38.
51. Sist, P., Nolan, T., Bertault, J.–G., Dykstra, D., 1998: Harvesting intensity versus sustainability in Indonesia, Forest Ecology and Management, 108(3), 251–260.
52. Sishiuchi, M., Satomura , Y., 1994: Influence of tractor logging on soil surface condition and the growth of planted seedlings. Interactive seminar and workshop "Soil, tree, machines interaction", 1–6, Feldafing 1994.
53. Sutherland, B.J., 2009: Mechanized harvesting to reuce soil and stem damage during selection harvesting in tolerant hardwood. Advantage, FP Inovations FERIC, 11(6): 1–8.
54. Šušnjar, M., 2005: Istraživanje međusobne ovisnosti značajki tla traktorske vlake i vučne značajke skidera. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–146.
55. Tan, X., Chang, S.X., Kabzems, R., 2008: Soil compaction and forest floorremovalreduced microbial biomass and enzyme activities in a boreal aspen forest soil, Biology and Fertility of Soils, 44(3): 471–479.
56. Tavankar F., Majnounian, B., Bonyad, A.D., 2013: Felling and skidding damage to residual trees following selection cutting in Caspian forest of Iran. Journal of Forest Sciences, 59(5): 196–203.
57. Tavankar F., Bonyad, A. D., Majnounian, B., 2011: Investigation of damages to stand caused by selection cutting using skidding systems in the Asalem–Nav forest, Iran. Journal of Environmental Sciences, 37: 89–98.

58. Tikvić, I., Zečić, Ž., Ugarković, D., Posarić, D., 2009: Oštećenost stabala i kakvoća drvnih sortimenata hrasta lužnjaka na spačvanskom području, Šumarski list br. 5–6, 237–248.

59. Tomanić, S., V. Vondra, I. Martinić, 1989: Oštećivanje sastojina pri šumskim radovima. Mehanizacija šumarstva, 14 (3–4): 65–72.

60. Tomašić, Ž. (2012) Razvoj tehnologije i tehničkih sredstava u pridobivanju drva s obzirom na posebnosti šuma i šumarstva u RH, Nova meh.šumar. 33, 53–67.

61. Vasiliauskas, R., 2001: Damage to trees due to forestry operations and its pathological significance in temperate forests: a literature review. Forestry, 74: 319–336.

62. Venanzi, R., Picchio, R., Piovesan, G., 2016: Silvicultural and logging impact on soil characteristics in Chestnut (Castanea sativa Mill.) Mediterranean coppice, Ecological Engineering, 92: 82–89.

63. Wästerlund , I., 2002: Soil disturbance in forestry: Problems and perspectives. Proceedings of the International Seminar on New Roles of Plantation Forestry Requiring Appropriate Tending and Harvesting Operations, September 29–October 5, 2002, Tokyo, Japan, The Japan Forest Engineering Society & IUFRO WG 3.04/3.06/3.07, 312–315.

64. www.hrsume.hr

65. Yilmaz, M., Akay A., 2008: Stand damage of a selection cutting system in an uneven mixed forest of Cimendagi in Kaahramanmarz Turkey. International Journal od Natural and Engineering Sciences, 2: 77–82.

66. Zastocki, D., 2003: The effect of means used in timber extraction by Forest Services Companies on soil disturbance and tree damage in premature pine stands, Sylwan.