

## ISKORIŠTENJE OBUJMA I VRIJEDNOST DRVNIH SORTIMENTA POSUŠENIH STABALA JELE OBIČNE (*Abies alba* Mill.)

### VOLUME UTILIZATION AND VALUE OF TIMBER ASSORTMENTS OF DRIED SILVER FIR (*Abies alba* Mill.) TREES

Željko ZEČIĆ<sup>1</sup>, Igor STANKIĆ<sup>1</sup>, Dinko VUSIĆ<sup>1</sup>, Andreja BOSNER<sup>1</sup>, Dejan JAKŠIĆ<sup>2</sup>

**SAŽETAK:** Zdravstveno se stanje jele obične u preborno gospodarenim sastojinama utvrđuje praćenjem stanja krošnje pojedinih stabala, odnosno osutosti iglica. Republika Hrvatska je od 1992. godine uključena u praćenje zdravstvenog stanja šuma u okviru Međunarodnog programa za procjenu i motrenje zračnog onečišćenja na šume. Motrenje se ponavlja na stalnim plohamu posrednom (vizualnom) procjenom osutosti krošanja pojedinih stabala. U 1999. godini bilo je 63,8 % značajno oštećenih, a 2004. godine zabilježeno je visokih 88,4 % značajno oštećenih stabala. Istraživanjem je obuhvaćeno 200 stabala jele srednjeg prsnog promjera 48 cm i prosječne visine 29,4 m u odsjeku od 36,00 ha, a od toga 44 stabla u "3b" i 156 stabala u "4" stupnju posušenosti. Ukupni obujam doznačenih stabala prema Schumacher-Hall-u iznosi 570,95 m<sup>3</sup>, a srednji obujam stabla 2,85 m<sup>3</sup>.

Postotak iskorištenja kretao se od 35,79 % do 87,10 % s prosjekom od 71,97 %, a otpad je u prosjeku iznosio 28,03 %. Prema neto izrađenom obujmu stabla u "3b" stupnju bilo je 66,18 % tehničke oblovine, a višemetarskog prostornog drva 33,82 %. Kod stabala u "4" stupnju posušenosti na tehničku oblovinu otpada svega 37,69 %, a na višemetarsko drvo 62,31 % izrađenoga neto obujma.

Relativna vrijednost jediničnog drvnog obujma u razredu oštećenja krošnje "3b" manja je za 10 % do 30 % od jedinične vrijednosti neoštećenih stabala. Kod razreda oštećenja krošnje "4" vrijednosti jediničnog obujma smanjene su za iznose od 30 % do 45 % u odnosu na neoštećena stabla.

**Glavne riječi:** jela obična, posušena stabla, iskorištenje, oblo drvo, vrijednost drva

### UVOD I PROBLEMATIKA – Introduction and problem

Inženjerstvo pridobivanja drva sastoji se od raščlambi, uspostava tehnoloških sustava i njihovog neprestanog poboljšavanja (Heinimann 2007). Oni su neophodni pri pridobivanju biomase drvnih šumskih proizvoda. Drvo je glavni šumski proizvod i osnovni predmet kojim se bavi pridobivanje drva. Za utvrđivanje očekivane vrijednosti drvnog obujma pri planira-

nju šumarskih radnih operacija važno je znati količinu i kakvoću drvnih sortimenata koje je moguće proizvesti, pri tome uvažavajući propise važećih normativa.

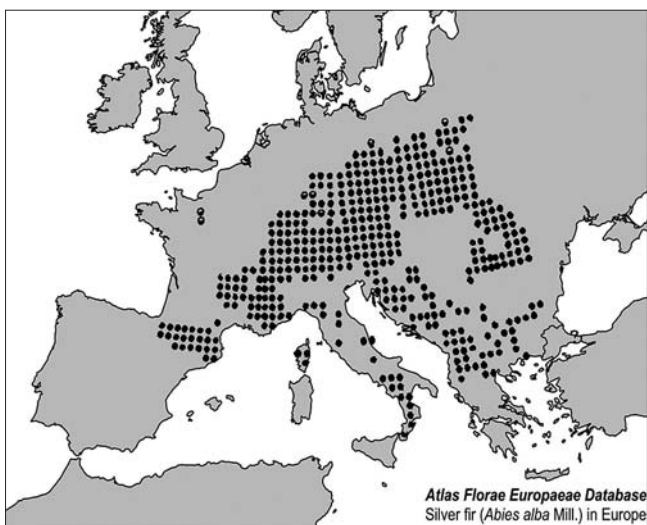
Poznavanje količine i kakvoće drvnog obujma potrebno je zbog ekonomičnijeg iskorištenja pri sječi i izradbi (Bojanin 1960). Kod pridobivanja drva u tržišno usmjerenom gospodarstvu važno je razumijevanje razredbe drvnih proizvoda po kakvoći (Lipoglavšek 1996). Općenito, znanstvenici koji su razmatrali probleme ekonomskih mogućnosti šuma i njihovih gospodarskih potencijala, ponajprije se oslanjaju na obujam i kakvoću proizvodnje drva. Proizvodnost šumskih

<sup>1</sup> Doc. dr. sc. Željko Zečić, Igor Stankić, dipl. ing. šum.,  
Dinko Vusić, dipl. ing. šum., Andreja Bosner, dipl. ing. šum.  
Šumarski fakultet Zagreb, Zavod za šumarske tehnike i  
tehnologije, Svetošimunska 25, 10002 Zagreb

<sup>2</sup> Dejan Jakšić, dipl. ing. šum., Goranska 3b, 51325 Moravice

sastojina na prvom mjestu je utjecana njihovim zdravstvenim stanjem. Ono može biti narušeno biotskim i/ili abiotskim čimbenicima; međusobnom kompeticijom jedinki, insektima, negativnim klimatskim pojavama, utjecajem čovjeka itd. (Pothier i Mailly 2006).

Obična jela (*Abies alba* Mill.) je prirodno rasprostranjena u planinama srednje, južne i djelomično zapadne Europe (slika 1). Na sjeveru pridolazi do Poljske, na zapadu do sjeverne Španjolske, na istoku do istočne Rumunjske i Bugarske, a na jugu do sjevernih granica Grčke (Anon. 2004). Areal obične jele u Hrvatskoj obuhvaća područja Gorskog kotara odakle se preko Velebita proteže kroz cijeli Dinarski masiv. Ova vrsta nalazi i u gorskim predjelima (Papuk) između Save i Drave (Vidaković 1993).



Slika 1. Areal obične jele (*Abies alba* Mill.)  
Figure 1 Areal distribution of silver fir (*Abies alba* Mill.)

Obična jela je ekološki, gospodarski i tradicionalno najvažnija hrvatska četinjača s oko 35 % udjela u ukupnoj drvnj zalihi četinjača (Prpić i Seletković 2001). Pridolazi u prebornim šumama koje predstavljaju značajno ekološko uporište najšumovitijega područja Republike Hrvatske. Ako se pri gospodarenju ovom vrstom nema u vidu raznovrsnost međudjelovanja svih okolišnih čimbenika, a zahvati pridobivanja drva se vrše podjednako na svim staništima, može se dogoditi da neki drugi čimbenik (klimatski, biotski) do toga trenutka beznačajan, postane na nekim staništima vrlo

značajan, odnosno odlučan za razvoj, prirast, uzrast pa i opstanak jele (Šafar 1965). Da bi se spoznali uzroci sušenja obične jele potrebno je poznavati osnovne životne značajke ove četinjače, iz razloga što jela ima najmanju prilagodljivost raznim biotskim i abiotskim čimbenicima koji vladaju u okolišu.

Zdravstveno stanje sastojina utvrđuje se praćenjem stanja krošanja pojedinih stabala. Povećanjem osutosti iglica eksponencijalno se povećava i odumiranje stala u sastojini (Dobbertin i Brang 2001). Praćenje oštećenosti krošanja može biti posredno ili neposredno, no niti jedna od tih dviju metoda nije potpuno objektivna (Redfern i Boswell 2004). U Europi se zdravstveno stanje šuma prati na godišnjoj razini u okviru Međunarodnog programa za procjenu i motrenje utjecaja zračnog onečišćenja na šume (*International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests, ICP FORESTS*). Spomenuti program započeo je 1985. godine, a Republika Hrvatska uključena je od 1992. godine. Motrenje se ponavlja na stalnim ploham posrednom (vizualnom) procjenom osutosti krošanja pojedinih stabala.

Prema procjeni oštećenosti šuma u Hrvatskoj (*ICP FORESTS*), u 1999. godini bilo je samo 14,3 % neoštećenih jelovih stabala, dok ih je čak 63,8 % značajno oštećenih. Značajna oštećenost podrazumijeva od 26 % do 99 % osutih iglica u krošnji (Potočić i Seletković 2000). Osobito visok udio oštećenih stabala jele od 81,6 % bilo je 1999. na području Gorskog kotara, kada je zdravih jelovih stabala bilo svega 3,8 %. Prema rezultatima terenskih motrenja nameće se zaključak da je udio oštećenih stabala jele u stalnom porastu. Tako je 2004. godine zabilježeno čak 88,4 % značajno oštećenih stabala (Vrbek i dr. 2008). Posljedica sušenja je ta da se sječivi obujam jele namiruje najvećim dijelom sanitarnim sječama odumrlih jelovih stabala, čime je gospodarenje jelovim šumama na poznatim i propisanim osnovama postalo u najmanju ruku upitno (Krpán i Pičman 2001). Vrijednost drvnih sortimenata posušenih stabala jele iz sanitarnih sječa manja je obzirom na one proizvedene iz redovitih uzgojnih zahvata u zdravim prebornim sastojinama. Cilj ovoga istraživanja je količinska, kakvoćna i vrijednosna raščlamba izrađenog drvnog obujma provedene sanitarne sječe stabala obične jele u prebornoj šumi.

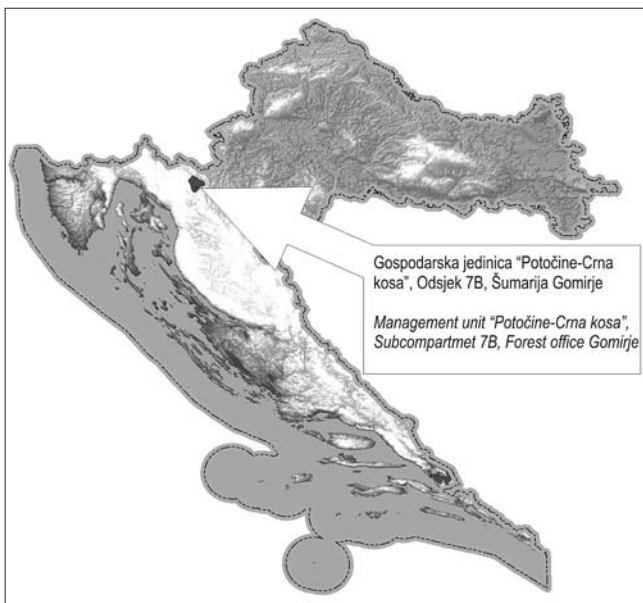
## 2. MATERIJAL I METODE – Material and methods

Istraživanje je izvršeno na području Šumarije Gornje u gospodarskoj jedinici "Potočine – Crna kosa" koja zauzima sjeverne i sjeveroistočne padine planinskog masiva Velike Kapele između 339 – 1220 metara nadmorske visine.

Prikupljeni su podaci o doznačenim stablima prije, te izrađenim sortimentima nakon sanitarne sječe u od-

sjeku 7b (15°6'23,676" E, 45°17'26,242" N, slika 2). Ukupna površina odsjeka iznosi 36,00 ha. Uredajni razred je gospodarska šuma obične jele i obične bukve ukupne drvene zalihe 339 m<sup>3</sup>/ha. Drvena zaliha jele iznosi 112 m<sup>3</sup>/ha. Broj stabla po hektaru iznosi 304, od čega na običnu jelu otpada 157 stabala.





Slika 2. Mjesto istraživanja  
Figure 2 Place of the research

Dosadašnji rezultati istraživanja fizičkih i mehaničkih svojstava jelovine kojim su obuhvaćena stabla triju intenziteta oštećenja krošnje (~10%, ~30% i ~70%) nisu pokazali povezanost spomenutih svojstava sa stupnjem oštećenja (K r p a n i dr. 1995).

Prilikom istraživanja stabala jele pri sanitarnoj sječi, svakom je doznačenom stablu izmjerena prsni promjer i

visina, a izvršena je neposredna procjena oštećenja krošnje sukladno metodologiji *ICP FORESTS*. Doznačena stabla jele razvrstana su u dva razreda (stupnja) oštećenosti krošnje (“3b” i “4”). Oštećenost krošnje za razred

“3b” iznosila je od 81 do 99 %, dok razred “4” označava potpuno suha stabla (slika 3). Svakom doznačenom stablu izračunat je obujam prema *Schumacher-Hall*-ovom izrazu:

$$V = b_0 \times d^{b_1} \times h^{b_2} \times f \dots (m^3),$$

gdje su:  $V$  – obujam stabla ( $m^3$ ),  $b_0, b_1, b_2$  – parametri jednadžbe,  $f$  – Mayerov korekcijski faktor.

Pri sječi i izradbi primijenjena je sortimentna metoda. Sortimenti su prikrajani, trupljeni, mjereni, preuzimani i označavani u skladu s hrvatskim normama za oblo drvo (HRN). Prikrajanje debela izvršeno je od strane za to ovlaštene osobe, a nakon trupljenja izrađeni sortimenti mjereni su i svrstavani u namjenske razrede (klase). U terenski obrazac bilježeni su podaci o izrađenoj oblovinu, i to: stvarna duljina i srednji promjer svakoga izrađenog drvnog sortimenta te duljina sortimenta i srednji promjer sukladno važećim normama.

Promjer na sredini duljine sortimenta po normama utvrđen je na osnovi aritmetičke sredine dvaju međusobno okomitih promjera, gdje su međusobno okomiti promjeri i njihova aritmetička sredina zaokruživani na puni centimetar na niže. Nadalje je na svakom drvnom



Slika 3. Istraživani razredi oštećenja krošnje kod jele obične (lijevo: “3b”, desno “4”)  
Figure 3 Investigated crown damage classes (left: “3b”, right: “4”)

sortimentu izmjerena debljina kore, na dva unakrsna uzorka prikupljena na tanjem i na debljem kraju sortimenta. Interpolacijom tih vrijednosti izračunata je debljina kore na sredini sortimenta potrebna za utvrđivanje obujma kore, odnosno za izračun obujma sortimenta bez kore. Izračun postotnog udjela kore izvršen je prema izrazu:

$$k_{\%} = \frac{\sum V_{SSK} - \sum V_{SBK}}{\sum V_{SSK}} \cdot 100$$

gdje je:  $k_{\%}$  - postotni udio kore,  $\sum V_{SSK}$  - zbroj obujama oblovinе s korom,  $\sum V_{SBK}$  - zbroj obujama oblovinе bez kore

Obujam oblog drva (sortimenta) određen je kao trodimenzijska fizikalna veličina koja se izražava u kubnim metrima ( $m^3$ ). Teorijski se obujam oblovinе određuje na osnovi njegove sličnosti s geometrijskim tijelima (valjak, paraboloid, konus, neiloid), a izbor kojega ovisi o brojnim čimbenicima (Patterson i dr. 1993). Za izračun obujma sortimenta u ovom istraživanju primijenjen je Huberov izraz koji podrazumijeva da je obujam oblog drva istovjetan obujmu geometrijskog tijela valjka, čiji je promjer jednak promjeru na sredini duljine oblog drva.

$$V_{SBK} = \frac{d_{SBK}^2 \cdot \Pi}{4000} \cdot l \quad [m^3]$$

gdje je:  $V_{SBK}$  - obujam sortimenta bez kore;  $d_{SBK}$  - promjer sortimenta bez kore;  $l$  - duljina sortimenta

Sukladno trenutno važećim normama za oblo drvo, izrađeni su sortimenti raščlanjeni prema namjenskim razredima na:

- ⇒ pilansku oblovinu I razreda (*sawlogs, I class*)
- ⇒ pilansku oblovinu II razreda (*sawlogs, II class*)
- ⇒ pilansku oblovinu III razreda (*sawlogs, III class*)
- ⇒ celulozno višemetarsko drvo (*long pulpwood*)

Postoje različiti nositelji informacija o izrađenim sortimentima u sustavu dobave oblog drva. Pri visoko mehaniziranim postupcima pridobivanja drva moguća je uporaba radijske frekvencijske identifikacije uz automatsko utiskivanje elektromagnetskog nosača informacija u drvni sortiment, očitavanje i pohrana informacija kod promjene načina transporta na pomoćnom ili glavnom stovarištu. Ručno utiskivanje i očitavanje informacija s nositelja (plastične pločice) neproduktivno je i nerazumno ometanje rada u visokoproizvodnom procesu pridobivanja drva (Korten i Kaul 2008).

Nasuprot tomu, zbog organizacije radnog procesa (ručno-strojne sječe i izradbe stabala motornom pilom), utiskivanje nositelja informacija, te kasnija očitavanja i pohrana informacija prilikom ovoga istraživanja nije bila automatizirana. Uobičajena plastična pločica bila je glavni nositelj osnovnih informacija o razredu (klasi) sortimenta, serijskom broju pločice i proizvodnoj organizacijskoj jedinici (Podružnici i Šumariji). Tim podacima su pri upisu u “knjigu primanja” pridruživane informacije o vrsti drva, promjeru na sredini duljine bez kore i obujmu sortimenta.

Na osnovi podataka o obujmu pojedinog stabala i podataka iz “knjige primanja”, izračunat je ukupno izrađeni drvni obujam, njegova struktura i iskorištenje pri sječi i izradbi.

Vrijednost se drva i drvnih sortimenta mijenja glede promjena u društvu, promjena tržišnih i ekonomskih odnosa, primjena novih tehnologija te djelovanja

Tablica 1. Izvod iz cjenika oblovinе stabla u dubećem stanju (Izvor: “Hrvatske šume” d.o.o.)

Table 1 Brief from roundwood price-list, free-at-stump (Source: “Hrvatske šume” LLC, Zagreb)

Sortiment <i>Assortment type</i>	Razred oblovinе <i>Grade class</i>	Oznaka norme <i>Grade rules</i>	Dimenzije – <i>Dimensions</i>			Franko cijena na panju <i>Free-at-stump unit price</i>
			Srednji promjer <i>Mean diameter</i>	Duljina <i>Length</i>	Jedinica mjere <i>Unit of measure</i>	
			cm	m		kn/ $m^3$
Furnirski trupci <i>Veener logs</i>	F	D.B4.O21	35-39	> 2	$m^3$	529,61
			40-49			676,26
			> 50			826,91
Pilanski trupci <i>Sawlogs</i>	I	D.B4.029	25-39	> 4	$m^3$	321,40
			40-49			418,00
			> 50			514,60
	II	D.B4.029	20-39	> 4	$m^3$	235,88
			40-49			311,11
			> 50			386,33
III	D.B4.029	20-39	> 3	$m^3$	139,24	
		40-49			190,30	
		> 50			241,36	
Rudničko drvo – <i>Mining wood</i>		D.B1.023	12-24	1,5-7,0	$m^3$	190,30
Celulozno drvo – <i>Pulpwood</i>		D.B5.020	7-25	> 1	$m^3$	164,50

drugih čimbenika (Rebula 1996). Vrijednosna raččamba izrađenog drvnog obujma provedena je utvrđivanjem cijene svakoga izrađenoga drvnog sortimenta zasebno. Pojedinačna cijena svakoga komada oblog drva u skladu je s važećim cjenikom glavnih šumskih proizvoda. Spomenuti cjenik primjenjuje se kod izračuna cijena oblog drva iz šuma u vlasništvu Republike Hrvatske, i to prilikom prodaje višegodišnjim ugovor-

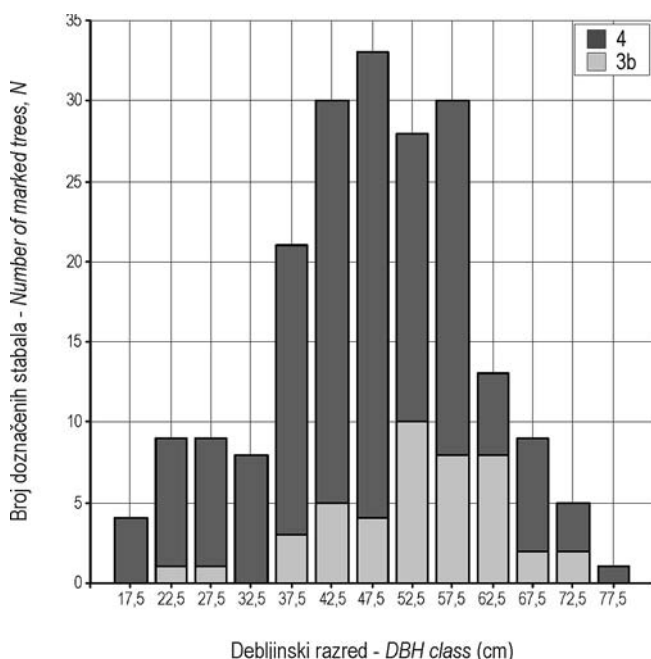
nim kupcima stabala u dubećem stanju (“na panju”). Vrijednosni koeficijenti uspostavljeni su u skladu s međusobnim odnosom cjenovnih razreda obzirom na udio najzastupljenijeg cjenovnog razreda koji je iznosio 1,00. Rezultati su iskazani relativnim odnosom vrijednosti drvnih sortimenata izrađenih iz stabala “3B”, odnosno “4” stupnja oštećenosti krošnje.

### 3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA – Results of investigation

#### 3.1 Distribucija doznačenih stabala – Distribution of marked trees

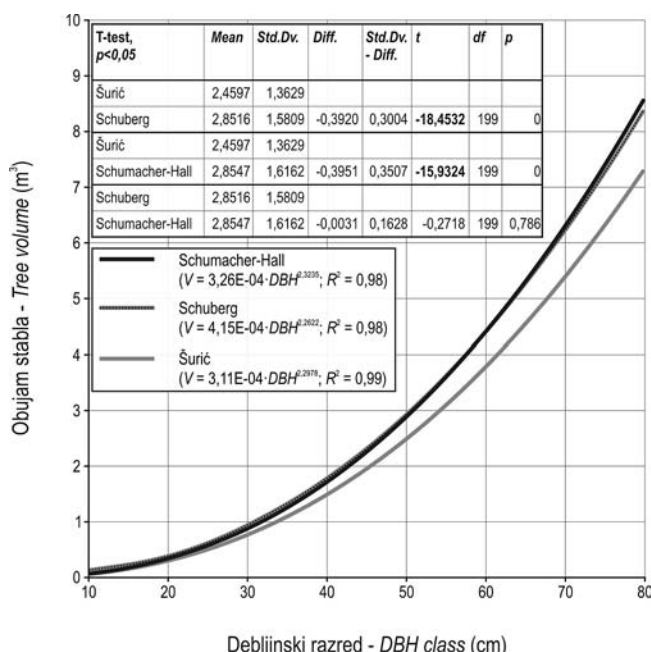
Na slici 3 je prikazana distribucija posušenih stabala jele obične u odjelu 7b obzirom na stupanj oštećenosti krošnje. Raspon debljinskih razreda kreće se od 17,5 cm do 77,5 cm. Najmanji broj, odnosno samo jed-

no stablo se nalazi u najvećem debljinskom razredu, a najveći broj stabala je u debljinskom razredu 47,5 cm. Ukupno je doznačeno i izrađeno 200 stabala, prosječno prsnog promjera 48 cm i prosječne visine 29,4 m.



Slika 4. Distribucija doznačenih stabala različitih stupnjeva oštećenja krošnje po debljinskim razredima  
Figure 4 Distribution of marked trees within DBH classes according to crown damage level

Na temelju prsnoga promjera, visine i bonitetnog razreda (II/III), očitani su obujmi za svako stablo iz Šurićevih i Schubergovih tablica (Anon. 1966). Usporedba ukupno doznačenog obujma utvrđenog Schumacher-Hall-ovim obrascem i obujma očitano iz spomenutih tablica prikazana je na slici 5. Usporedba je izvršena na temelju pojedinačnog, odnosno ukupnog obujma stabala. Ukupni obujam doznačenih stabala



Slika 5. Usporedba drvnih obujma stabala iz različitih izvora  
Figure 5 Comparison of tree volumes from different source models

prema Šuriću iznosi 491,93 m<sup>3</sup>, prema Schubergu 570,32 m<sup>3</sup>, a prema Schumacher-Hall-u 570,95 m<sup>3</sup>. Statistički značajne razlike (za p<0,05) su u odnosima Šurić – Schuberg i Šurić – Schumacher-Hall, dok je neznatna razlika kod usporedbe obujma Schuberg – Schumacher-Hall. Daljnje iskorištenje drvnog obujma raščlanjeno je u odnosu na obujme stabala dobivenih Schumacher-Hall-ovim izrazom.

#### 3.2 Iskorištenje drvnog obujma pri izradi – Utilization of timber volume

Postotak je iskorištenja drvnog obujma stabala jele određen kao odnos iskorištenog drvnog obujma stabala (zbroy obujama svih drvnih sortimenta izrađenih iz stabla) i obujma krupnoga drva s korom prema Schumacher-Hall-u (tablica 2). U uzorku se postotak iskorištenja

kretao od 35,79 % do 87,10 % s prosjekom od 71,97 %, odnosno 73,54 % (medijan). Otpad je u prosjeku iznosio 28,03 % (26,46%). U razredu oštećenja “3b” prosječni prsni promjer je iznosio 53 cm, a visina 31 metar. Ukupni doznačeni obujam bio je 157,31 m<sup>3</sup>, obujam

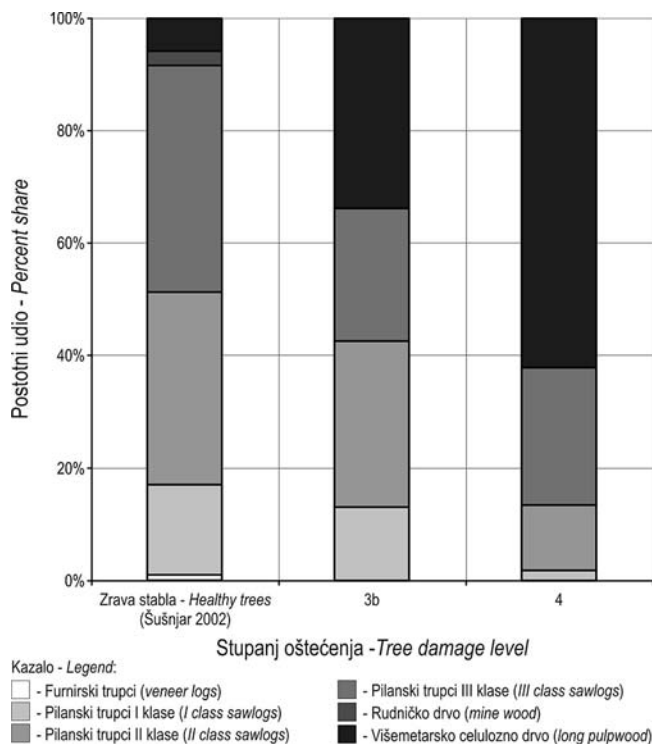


Tablica 2. Iskorištenje drvnog obujma posušenih stabala  
Table 2 Utilization of timber volume due tree dieback

	Stupanj oštećenja krošnje stabala <i>Tree crown damage class</i>	Prsni promjer stabla <i>Diameter breast height (DBH)</i>	Visina stabla – <i>Tree height</i>	Obujam oblovine <i>Roundwood volume</i>			Udio kore – <i>Bark share</i>	Izrađeni obujam stabla – <i>Processed tree volume</i>						Iskorištenje <i>Utilization</i>			
				s korom – <i>over bark</i>	Bez kore – <i>under bark</i>	Obloovina (O) <i>Roundwood (R)</i>				Celulozno drvo – <i>Pulpwood</i>	Ukupno izrađeni obujam <i>Total processed volume</i>	Svega – <i>Total</i>	Tehnička obloovina (TO) <i>Technical roundwood (TR)</i>	Celulozno drvo <i>Pulpwood</i>	Otpad – <i>Waste</i>		
						Trupci – <i>Assortment type</i>											
				Furnir – <i>Veener logs</i>	I klasa – <i>I class sawlogs</i>	II klasa – <i>II class sawlogs</i>		III klasa – <i>III class sawlogs</i>	Suma – <i>Sum</i>								
	cm	m	m <sup>3</sup>			%	m <sup>3</sup>						%				
Minimum <i>Minimum</i>	23	13	0,27	0,23	0,18	9,68	0,00	0,73	0,50	0,15	0,00	0,14	0,17	59,31	0,00	0,00	16,43
Maksimum <i>Maximum</i>	75	39	6,84	6,11	5,47	20,45	0,00	2,86	3,03	3,26	4,51	4,89	5,31	83,57	79,06	83,35	40,69
Medijan <i>Median</i>	55	32,0	3,52	3,04	2,65	12,55	0,00	1,22	0,92	0,77	1,60	0,63	2,54	73,88	53,07	19,83	26,12
Aritmetička sredina <i>Aritmetic mean</i>	53	31,5	3,58	3,12	2,74	12,69	0,00	1,39	1,16	0,97	1,75	0,94	2,65	73,49	46,39	27,10	26,51
Standardna devijacija <i>Standard deviation</i>	11	4,6	1,55	1,39	1,25	1,87	0,00	0,72	0,57	0,65	1,28	1,05	1,22	6,57	24,86	22,61	6,57
Ukupno – <i>Total</i>			157,31	137,07	120,42		0,00	15,31	33,77	28,05	77,13	39,41	116,54				
%											66,18	33,82	100,00	%			
%							0,00	19,85	43,78	36,37	100,00	%					
Minimum <i>Minimum</i>	19	12	0,20	0,15	0,11	6,88	0,00	0,18	0,53	0,26	0,00	0,11	0,11	35,79	0,00	0,00	12,90
Maksimum <i>Maximum</i>	76	39	7,91	7,51	6,72	26,80	0,00	2,12	2,83	4,02	4,53	4,34	6,53	87,10	72,86	86,25	64,21
Medijan <i>Median</i>	47	30,0	2,51	2,13	1,86	12,87	0,00	1,32	0,91	0,94	0,00	1,14	1,79	73,41	0,00	57,28	26,59
Aritmetička sredina <i>Aritmetic mean</i>	46	28,8	2,65	2,29	2,00	13,29	0,00	1,14	1,24	1,10	0,73	1,24	1,94	71,55	19,87	51,68	28,45
Standardna devijacija <i>Standard deviation</i>	12	5,8	1,58	1,43	1,28	3,26	0,00	0,73	0,73	0,65	1,03	0,76	1,25	10,04	23,21	22,77	10,04
Ukupno – <i>Total</i>			413,64	356,60	312,56		0,00	5,72	34,65	73,64	114,01	188,51	302,51				
%											37,69	62,31	100,00	%			
%							0,00	5,02	30,39	64,59	100	%					
Minimum <i>Minimum</i>	19	12	0,20	0,15	0,11	6,88	0,00	0,18	0,50	0,15	0,00	0,11	0,11	35,79	0,00	0,00	12,90
Maksimum <i>Maximum</i>	76	39	7,91	7,51	6,72	26,80	0,00	2,86	3,03	4,02	4,53	4,89	6,53	87,10	79,06	86,25	64,21
Medijan <i>Median</i>	48,00	31,00	2,67	2,38	2,08	12,76	0,00	1,27	0,92	0,91	0,60	0,99	1,99	73,54	22,94	48,56	26,46
Aritmetička sredina <i>Aritmetic mean</i>	47,78	29,37	2,85	2,47	2,16	13,16	0,00	1,31	1,20	1,06	0,96	1,17	2,10	71,97	25,70	46,27	28,03
Standardna devijacija <i>Standard deviation</i>	12,53	5,69	1,62	1,46	1,31	3,02	0,00	0,71	0,65	0,65	1,16	0,84	1,27	9,41	25,97	24,87	9,41
Ukupno – <i>Total</i>			570,95	493,66	432,98		0,00	21,03	68,42	101,69	191,14	227,92	419,05				
%											45,61	54,39	100,00	%			
%						0,00	11,00	35,80	53,20	100,00	%						

izrađenog drva s korom 137,07 m<sup>3</sup>, a obujam bez kore 120,42 m<sup>3</sup>. Postotni prosječni udio kore iznosi 12,69 % i manji je nego u razredu oštećenosti “4” za 0,6 %. Prema strukturi neto izrađenog obujma od 116,54 m<sup>3</sup> oblovine, tehničke oblovine bilo je 77,13 m<sup>3</sup> (66,18 %), a celuloznog drva 39,41 m<sup>3</sup> (33,82 %). Unutar ukupnoga iskorištenja 49,03 % je tehničke oblovine, a 25,05 % celuloznog drva. Obzirom na kakvoću posječenih stabala izrađivani su samo trupci I, II i III klase, dok se preostali izrađeni obujam odnosi na višemetarsko celulozno drvo. U strukturi izrađenih drvnih sortimenata na I klasu otpada 19,85 %, na II klasu 43,78 % i na III klasu 36,37 %.

Od ukupnog broja u uzorku je bilo 156 stabala “4” stupnja oštećenosti krošnje. Prosječni prsni promjer ovih stabala iznosi 46 cm i visine od 29 m. Ukupni doznačeni obujam stabala iznosi 413,64 m<sup>3</sup>. Obujam izrađenoga drva s korom je 356,60 m<sup>3</sup>, obujam bez kore 312,56 m<sup>3</sup>, što određuje postotno učešće kore od 13,31 % ukupnog drvnog obujma. Izrađeno je 302,51 m<sup>3</sup> drvnih sortimenata, od čega je 114,01 m<sup>3</sup> tehničke oblovine, a 188,51 m<sup>3</sup> celuloznog drva. Prema postotnom udjelu otpad iznosi 26,86 %. Sveukupno iskorištenje manje je nego kod “3b” razreda i iznosi 73,14 %. Unutar ukupnoga iskorištenja 27,56 % je tehničke oblovine i 45,57 % prostornoga drva. Prema strukturi izrađenoga neto obujma na tehničku oblovinu otpada svega 37,69 %, a na celulozno drvo 62,31 %. Izrađivani su samo trupci I, II i III klase. U strukturi iz-



Slika 6. Sortimentna struktura izrađenog drvnog obujma  
Figure 6 Assortment structure of utilized timber volume

rađenih drvnih sortimenata na I klasu otpada svega 5,02 %, na II klasu 30,39 %, a na III klasu najveći iznos od 64,59 %.

### 3.3 Vrijednosna raščlamba oblog drva – Roudnwood price analysis

Novčana vrijednost stabala određena je na osnovu obujma pojedinog namjenskog razreda i cjenika glavnih šumskih proizvoda. Pri obračunu novčane vrijednosti drvnog obujma korištena je cijena šumskih sortimenata dubećih stabala (“cijena na panju”). Prema cjeniku, novčana je vrijednost sortimenata razdijeljena obzirom na srednji promjer pilanskih trupaca u tri cjenovna razreda. Najveći broj sortimenata bio je u cjenovnom razredu višemetarskog celuloznog drva, za koji je utvrđen

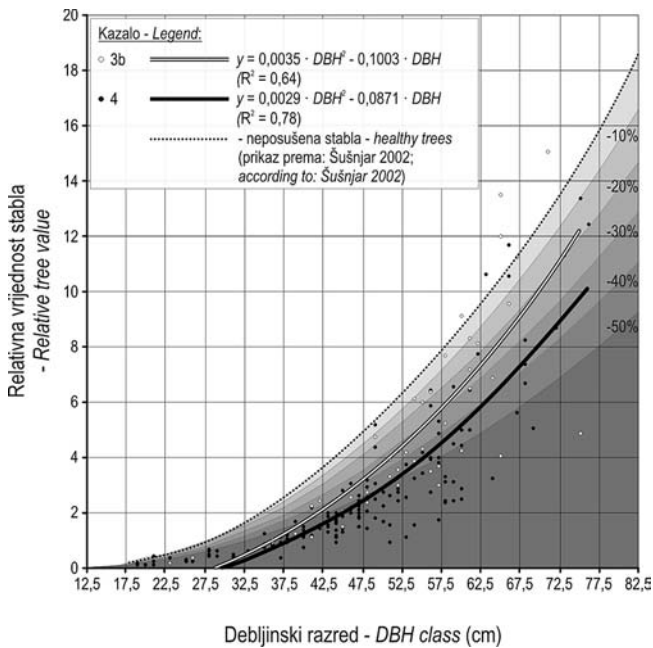
indeks 1,00. Na temelju odnosa cijena ostalih cjenovnih razreda prema spomenutom, uspostavljeni su indeksi vrijednosti vidljivi u tablici 3. Umnožak indeksa cjenovnog razreda i obujma sortimenta rezultirao je vrijednosnim indeksom sortimenta. Zbroj svih vrijednosnih indeksa sortimenata pojedinog stabla je relativna vrijednost izrađenog drvnog obujma, odnosno relativna vrijednost stabla.

Tablica 3. Vrijednosni indeksi cjenovnih razreda  
Table 3 Price class value indices

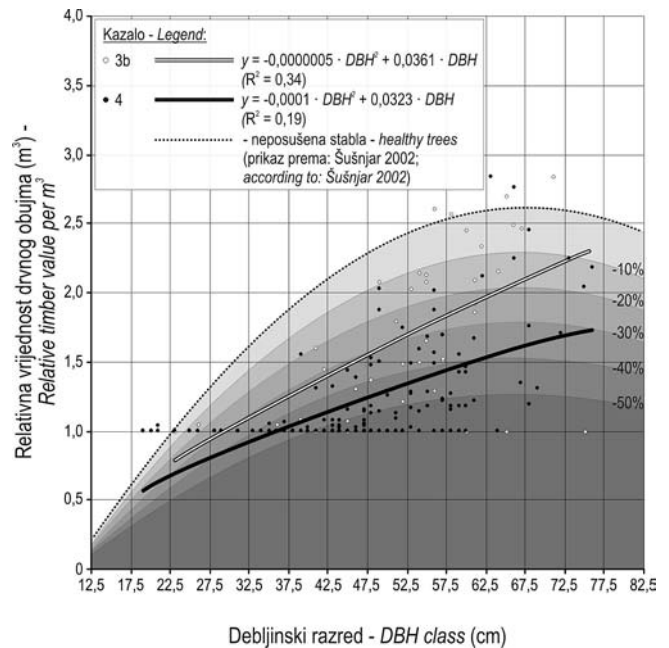
Srednji promjer Mean diameter (cm)	Furnir Veener logs	I klasa I class sawlogs	II klasa II class sawlogs	III klasa III class sawlogs	Celulozno drvo Pulpwood
≤39	2,77	2,52	1,87	1,11	1,00
40 - 49	3,58	3,26	2,44	1,50	1,00
≥50	4,38	3,99	3,01	1,89	1,00

Vrijednost debla raste s povećanjem prsnog promjera stabala. Porastom prsnog promjera stabala raste visina stabla te time ujedno i duljina debla. Veća duljina debla omogućava veći izrađeni obujam stabla što uzrokuje veću vrijednost stabla. Vrijednost oštećenih stabala

(slika 7) razreda oštećenja krošnje “3b” manja je za više od 20 %, a vrijednost stabala razreda “4” za više od 35 % od vrijednosti neoštećenih stabala iz redovitih prebornih sječa.



Slika 7. Relativna vrijednost stabla  
Figure 7 Relative tree price value



Slika 8. Relativna jedinična vrijednost drvnog obujma  
Figure 8 Relative timber price value per m<sup>3</sup>

Vrijednost se po jedinici drvnog obujma (slika 8) općenito povećava s povećanjem prsnog promjera stabala. Kod posušenih stabala “3b” stupnja povećanje vrijednosti počinje od 32,5 cm, a kod “4” stupnja od 37,5 cm, što je posljedica izostanka određenih razreda kakvoće kod tanjih stabla te izračuna novčanih vrijed-

nosti. Relativna vrijednost jediničnog drvnog obujma u razredu oštećenja krošnje “3b” manja je za 10 % do 30 % od jedinične vrijednosti neoštećenih stabala. Kod razreda oštećenja krošnje “4” vrijednosti jediničnog obujma smanjene su za iznose od 30 % do 45 % u odnosu na neoštećena stabla.

#### 4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA – Final reviewings

Točna informacija o drvnom obujmu stabla ulazni je podatak od izrazitog značaja u promatranju iskorištenja pri sječi stabala i izradi drvnih sortimenata. Različiti izvori i metode izračuna obujma stabala pojavili su se prije više desetaka godina i gdjekad rezultiraju značajnim razlikama. Pojava modernih tehnologija snimanja trodimenzionalnog prostora otvara mogućnosti za brže, jednostavnije i točnije utvrđivanje obujma stabla.

Ukupno iskorištenje drvnoga obujma stabala “3b” stupnja posušenosti iznosi 73,79 %, a “4” stupnja 71,55 % pa postotni udio otpada iznosi 26,51 % odnosno 28,45 %. Kod posušenih stabala jele obične otpad se povećava za oko 10 % u odnosu na prijašnja istraživanja kod zdravih stabala. Razlog tomu je veća pojavnost truleži u deblu, natrula i trula bjeljika, polomljeni i truli dijelovi krošnje.

Prihod od prodaje drvnih sortimenata izrađenih iz posušenih stabala obične jele neposredno ovisi o stupnju oštećenja krošnje i prsnom promjeru. Obzirom na te čimbenike, vrijednost jediničnog drvnog obujma

manja je i do 45 % u odnosu na drvene sortimente zdravih stabala prebornih sječa.

Veći broj zdravih stabala u nižim debljinskim razredima omogućio bi veću vrijednost po jediničnom proizvodu, a samim tim se potvrđuje opravdanost povećanog intenziteta sječe u višim debljinskim razredima.

Pravovremenim uzgojim zahvatima u obliku sanitarnih sječa (za vrijeme slabijeg stupnja posušenosti stabala) mogu se spriječiti gubici drvnog obujma i njegove vrijednosti. Time bi se smanjivao udjel posušenih stabala, iako relativna jedinična vrijednost obujma posušenih stabala pokazuje trend neprestanog povećanja glede prsnog promjera. Iz toga razloga potrebna je iznimna pozornost pri određivanju sječive zrelosti pri prebornom načinu gospodarenja u sastojinama određenih uređajnih razreda zahvećenih sušenjem.

#### 5. LITERATURA – References

Anon., 2004: “Atlas Florae Europaeae Database”, Botanical Museum, Finnish Museum of Natural History, Helsinki, Finland. 10. 11. 2008.

<<http://www.fmnh.helsinki.fi/english/botany/afe/publishing/database.htm>>.



- Anon., 1966: Šumarsko-tehnički priručnik. Svetin Lučka (ur.), Nakladni zavod Znanje, Zagreb. 568 p.
- Bojanin, S., 1960: Učešće sortimenata i količina gubitaka kod sječe i izrade jelovih stabala u fitocenozu jele sa rebračom (*Abieto-Blechnetum*). Šumarski list 84 (1/2): 21–34.
- Dobbertin, M., P. Brang, 2001: Crown defoliation improves tree mortality models. *Forest Ecology and Management* 141(3): 271–284.
- Heinimann, H. R. 2007: Forest operations engineering and management – the ways behind and ahead of a scientific discipline. *Croatian Journal of Forest Engineering* 28 (1):107–121.
- Korten, S., C. Kaul, 2008: Application of RFID (Radio Frequency Identification) in the Timber Supply Chain. *Croatian Journal of Forest Engineering* 29 (1): 85–94.
- Krpan, A., D. Pičman, 2001: Neka obilježja iskorištavanja hrvatskih jelovih šuma. Obična jela (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj, Prpić, B. (ur.). Akademija šumarskih znanosti, Zagreb. 659–686.
- Krpan, A. P. B., S. Govorčin, T. Sinković, 1995: Ispitivanje kojih fizičkih svojstava te kvalitete drva oštećenih stabala jele obične (*Abies Alba* Mill.). Šumarski list 119 (11/12): 391–406.
- Lipoglavšek, M., 1996: Določanje kakovosti proizvodov. Zbornik savjetovanja “Izzvi gozdne tehnike”, Ljubljana, Slovenija, 67–72.
- Patterson, D. W., H. V. Wiant, Jr., G. B. Wood, 1993: Comparison of the centroid method and taper systems for estimating tree volumes. *North. J. Appl. For.*, 10 (1): 8–9.
- Pothier, D., D. Mailly, 2006: Stand-level prediction of balsam fir mortality in relation to spruce budworm defoliation. *Canadian Journal of Forest Research* 36 (7): 1631–1640.
- Potočić, N., I. Seletković, 2000: Stanje oštećenosti šuma u Republici Hrvatskoj 1998. godine. Šumarski list 124 (1/2): 51–56.
- Prpić, B., Z. Seletković, 2001: Ekološka konstitucija obične jele. Obična jela (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj, Prpić, B. (ur.). Akademija šumarskih znanosti, Zagreb. 255–269.
- Rebula, E., 1996: Sortimentne i vrijednosne tablice za deblovinu jele. *Mehanizacija šumarstva* 21 (4), 201–222.
- Redfern, D. B., R. C. Boswell, 2004: Assessment of crown condition in forest trees: comparison of methods, sources of variation and observer bias. *Forest Ecology and Management* 188 (1): 149–160.
- Šafar, J., 1965.: Problem sušenja jele i način gospodarenja na Macelj gori. Šumarski list 89 (1/2): 1–16.
- Šušnjar, M., 2002.: Neke značajke kakvoće stabala obične jele (*Abies alba*, Mill.) u gospodarskoj jedinici Belevina Nastavno-pokusnog šumskog objekta Zalesina (magistarski rad). Zagreb, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–156.
- Vidaković, M., 1993: Četinjače, morfologija i varijabilnost. Grafički zavod Hrvatske i “Hrvatske šume” Zagreb. 741 p.
- Vrbek, B., I. Pilaš, T. Dubravac, N. Potočić, I. Seletković, M. Pernek, 2008: Forest crown condition and monitoring deposited matter in Gorski Kotar area in Croatia. Zbornik savjetovanja “Climate Change – Forest Ecosystems & Landscape”, Priwitzer, T. (ur.). Forest Research Institute, Zvolen, Slovačka, 112–112.

*SUMMARY: Silver fir (Abies alba Mill.) is naturally distributed in mountainous regions of central, southern and parts of western Europe (Figure 1). Ecologically, commercially and traditionally, silver fir is the most important Croatian conifer species, participating in the total conifer growing stock with about 35 % (Prpić and Seletković 2001). It occurs in selection forests, which represent an important ecological stronghold of the most forested region in the Republic of Croatia. The stand's health status is assessed by monitoring the crown condition of individual trees. Dobbertin and Brang (2001) showed that mortality rates increase exponentially with increasing defoliation. Crown damage can be monitored indirectly and directly, but neither of these methods is completely objective (Redfern and Boswell 2004). The health status of forests in Europe is monitored on an annual level within the International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests, ICP FORESTS. The programme was launched in 1985, and the Republic of Croatia joined in 1992. Monitoring is repeated in permanent plots by indirect (visual) assessment of crown defoliation of freely grown trees.*

*According to the assessment of forest condition in Croatia (ICP FORESTS) for the year 1999, undamaged fir trees accounted for only 14.3 %, whereas severely damaged trees accounted for as much as 63.8 %. Severe damage denotes crown needle loss ranging from 26 % to 99 % (Potočić and Seletković 2000). Particularly high participation of damaged fir trees of 81.6 % was recorded in Gorski Kotar in 1999, while only 3.8 % were healthy fir trees. The results of field research suggest that the portion of damaged fir trees is constantly increasing. Thus, as much as 88.4 % of severely damaged trees were recorded in 2004 (Vrbek et al. 2008). The value of wood assortments of dead trees from salvage cuts is lower compared to those obtained from regular silvicultural treatments in healthy selection stands. The goal of this research is to analyze the quantity, quality and value of wood volume obtained from salvage cuts of silver fir in a selection forest.*

*The research was conducted in the area of Gomirje forest administration within the management unit of “Potočine – Crna Kosa”. The management unit extends over northern and north-eastern slopes of Mt. Velika Kapela at altitudes between 339 and 1,200 m. The compartment covers an area of 36.00 ha. The management class is a managed forest of silver fir and common beech with a total growing stock of 339 m<sup>3</sup>/ha. The growing stock of fir is 112 m<sup>3</sup>/ha. There are 304 trees per hectare, of which 157 are silver firs. To investigate fir trees during salvage cuts, breast diameters and heights were measured on every blazed tree and crown damage was directly assessed using the ICP FORESTS methodology. Trees marked for cutting were divided into two classes (degrees) of crown damage (“3b” and “4”). Crown damage for class “3b” ranges between 81 % and 99 %, while class “4” represents completely dry trees (Figure 3). The volume of each marked tree was calculated according to the Schumacher-Hall expression.*

*Values of wood and timber assortments change in accordance with changes in the society, on the market and in economic relations, and in accordance with the application of new technologies and impacts of other factors (Rebula 1996). Value analysis of the obtained wood volume is made by determining the price of every single timber assortment. The price of every single piece of roundwood corresponds to the valid pricelist of the main forest products. The pricelist is used to calculate the price of roundwood from forests owned by the Republic of Croatia during the sale of standing trees (“on the stump”) to contractual buyers. Value coefficients were established in accordance with mutual relations of price classes in relation to the most represented price class, which was taken as 1.00. The results were expressed by the relative value ratio of timber assortments produced from trees in crown damage classes “3b” and “4”.*

*Figure 3 shows distribution of dead silver fir trees in compartment 7b with regard to crown damage degree. Diameter classes range from 17.5 cm to 77.5 cm. The lowest number of trees, i.e. only one tree, was in the largest diameter class, while the majority of the trees were in the diameter class of 47.5 cm. A total of 200 trees with average breast diameter of 48 cm and average height of 29.4 m were marked and processed. A comparison of the total marked volume determined with the Schumacher-Hall form and the volume taken from the mentioned tables is given in Figure 5. The comparison was made on the basis of individual and total tree volume. According to Šurić, the total volume of marked trees was 491.93 m<sup>3</sup>, according to Schuberg it was 570.32 m<sup>3</sup>, and according to Schumacher-Hall it was 570.95 m<sup>3</sup>. Statistically significant differences (for  $p < 0.05$ ) were found in Šurić – Schuberg and Šurić – Schumacher – Hall relations, whereas insignificant difference was found in the comparison of volume of Schuberg – Schumacher-Hall.*

The utilization percentage of wood volume is determined as the ratio of the produced wood volume and the volume of large wood over bark according to Schumacher-Hall (Table 2). In the sample, the utilization percentage ranged from 35.79 % to 87.10 % with an average of 71.97 %, or 73.54 % (Median). Wood waste amounted to 28.03 % (26.46 %) on average. In the “3b” damage class the average breast diameter was 53 cm and height was 31 metre. Overall marked volume was 157.31 m<sup>3</sup>, the volume of processed wood over bark was 137.07 m<sup>3</sup>, and that under bark was 120.42 m<sup>3</sup>. The average percentage participation of bark was 12.69% and was lower by 0.6 % than that in the “4” damage class. With regard to the net structure of 116.54 m<sup>3</sup> of roundwood, technical roundwood accounted for 77.13 m<sup>3</sup> (66.18 %), and pulpwood for 39.41 m<sup>3</sup> (33.82 %). Within overall utilization, 49.03 % related to technical roundwood and 25.05 % to pulpwood. With regard to the quality of felled trees, only logs in class I, II and III were produced, while the remaining volume related to pulpwood. In the structure of produced wood assortments, class I accounted for 19.85 %, class II for 43.78 %, and class III for 36.37 %. Of the total number in the sample, 156 trees were in the crown damage class “4”. These trees had an average breast diameter of 46 cm and a height of 29 m. The total volume of marked trees was 413.64 m<sup>3</sup>. The volume of processed wood over bark was 356.60 m<sup>3</sup> and volume under bark was 312.56 m<sup>3</sup>, which shows that bark participates with 13.31% in the total wood volume. A quantity of 302.51 m<sup>3</sup> of wood assortments was produced, of which technical roundwood accounted for 114.01 m<sup>3</sup> and pulpwood for 188.51 m<sup>3</sup>. The percentage share of wood waste was 26.86 %. Overall utilization was lower than in class “3b” and amounted to 73.14 %. Within total utilization, 27.56 % related to technical roundwood and 45.57 to stacked wood. In terms of structure, technical roundwood accounted for only 37.69 % and pulpwood for 62.31 % of the net volume. Only logs in class I, II and III were produced. In the structure of produced wood assortments, only 5.02 % related to class I, 30.39 % to class II and as much as 64.59 % to class III.

Monetary value of trees is determined on the basis of volume of a particular diameter class and the price of principal forest products. The price of forest assortments made from standing trees (“stump price”) was used to calculate monetary value of wood volume. According to the pricelist, monetary value of assortments was divided into three price classes based on the mean saw log diameter. The largest number of assortments was in the price class of pulpwood, for which an index of 1.00 was determined. Value indices given in Table 3 were established on the basis of the price ratio of other price classes and the mentioned one. Multiplying the price class index with assortment volume resulted in the assortment value index. The sum of all assortment value indices of individual trees is the relative value of the produced wood volume, i.e. relative tree value. Stem value rises with an increase in breast diameter. The value of damaged trees (Figure 7) in crown damage class “3b” is lower by more than 20 %, and the value of trees in class “4” is lower by more than 35 % in relation to the value of undamaged trees from regular selection cuts. Value increases per wood volume unit (Figure 8) in accordance with an increase in tree breast diameter. The reason is the absence of certain quality classes in the thinnest trees and division of monetary value according to the prescribed assortment diameter. The relative value of wood volume unit in crown damage class “3b” is lower by 10 % to 30 % than the value unit of undamaged trees. In crown damage class “4”, the values of volume unit are lower by 30 % to 45 % in relation to undamaged trees.

*Key words* : silver fir; dead tree; utilization; roundwood; timber value