

GDK 325:52

Prispelo / Received: 05.09.2002

Sprejeto / Accepted: 28.12.2002

Izvimi znanstveni članek

Original scientific paper

IZKORISTEK LESA PRI SEČNJI BUKOVINE

Edvard REBULA*

Izvleček

V prispevku je obravnavan izkoristek lesa bukve v nekaterih območjih Slovenije. Podane so poenostavljene enačbe za ugotavljanje količine debeljadi, iz nje izdelanih sortimentov in izkoristkov lesa dreves. Izkoristek drevesa je zelo variabilen; odvisen je od premera in višine drevesa, njegove vejnatosti, oblike krošnje in debla ter od intenzivnosti izrabe lesa pri sečnji. Pojasnjeni in ovrednoteni so vplivi posameznih dejavnikov. Predlagani so natančnejši faktorji za preračunavanje volumna debeljadi v tržno mero debla.

Ključne besede: bukev, bukovina, izkoristek lesa, deblovina, tržna mera debla, Slovenija

YIELDS FROM HARVESTING BEECH WOOD

Abstract

The study deals with yields from harvesting beech wood in certain regions of Slovenia. Simplified equations are provided for establishing the volume of trunk-wood in trees, the product from them and their wood yields. The tree yields vary considerably depending on the diameter and height of the tree, the quantity of branches, the shape of its crown and trunk and the intensiveness of wood utilisation in felling. The effects of individual factors are clarified and evaluated. More accurate factors for calculating the volume of marketable trunk-wood are proposed.

Key words: beech, beech wood, wood yield, trunk-wood, marketable trunk size, Slovenia

* Kraigherjeva 4, 6230 Postojna, SVN

VSEBINA
CONTENTS

1	UVOD: PROBLEMATIKA IN CILJI RAZISKAVE	
	INTRODUCTION: PROBLEMS AND RESEARCH	
	OBJECTIVES.....	199
2	IZVOR PODATKOV IN NAČIN DELA	
	ORIGIN OF DATA AND METHODS	199
3	UGOTOVITVE RAZISKAVE	
	RESULTS.....	202
4	SUMMARY	211
5	LITERATURA	
	REFERENCES	212
	ZAHVALA	
	ACKNOWLEDGEMENTS.....	213

1 UVOD: PROBLEMATIKA IN CILJI RAZISKAVE

INTRODUCTION: PROBLEMS AND RESEARCH OBJECTIVES

Pri sečnji in izdelavi listavcev le še redko kje izdelujejo drva v obliki prostorninskega lesa. Običajno pri panju krojijo in odžagajo hlode. Ves ostali les izdelajo v goli, ki jih pozneje prodajo za drva ali dolg industrijski les listavcev. Pri tem ostajajo debelejšje veje in vrhi v gozdu, zato je za različne potrebe (npr. urejanje gozdov, prodaja na panju) zanimivo vedeti, kakšen je izkoristek lesa. Le-ta je opredeljen kot delež debeljadi, ki jo izdelajo v sortimente, jih po predpisih izmerijo (brez nadmer, mere zaokrožene navzdol; hlodi brez lubja, drva in industrijski les z lubjem, celulozni les brez lubja) ter prodajo. Pri izkoristku lesa gre za razmerje med tržno mero debla (V), ki je vsota vseh iz drevesa izdelanih sortimentov, in debeljadjo (V_d), ki jo v praksi običajno določijo s primernimi tablicami (tarife, dvovhodne deblovnice) ali enačbami (PUHEK 2001). Kakšna so razmerja pri iglavcih in zakaj so takšna, smo raziskali že pred leti (REBULA 1995). V tej raziskavi bomo podobno naredili za listavce, konkretnije za njihovo zmes, kakršna je značilna za sečnjo v bukovih in mešanih jelovo-bukovih gozdovih v Sloveniji, kjer prevladuje bukev (preko 90 % lesne zaloge).

Pri ugotavljanju izkoristka lesa pri sečnji listavcev primerjamo dvojne vrste podatkov. Prvi so tablični, povprečni in ugotovljeni v drugačnih okoliščinah; kljub temu jih tudi v naših razmerah upoštevamo kot točne in zanesljive. Drugi so podatki izmere pri sečnji oziroma podatki raznih drevesnih analiz na naših sečiščih. Primerjava zato posredno kaže tudi uporabnost (zanesljivost in natančnost) uporabljenih tablic oziroma enačb v naših razmerah. Zato bomo v prispevku presodili tudi uporabnost tablic (enačb) v naših okoliščinah in dejavnike, ki vplivajo na njihovo uporabnost.

2 IZVOR PODATKOV IN NAČIN DELA

ORIGIN OF DATA AND METHODS

Za izpolnitev gornjih ciljev smo razpolagali s podatki izmere 1750 dreves z okoli 3450 m³ debeljadi in okoli 3050 m³ izdelanih sortimentov, kar je za naše okoliščine zelo velik vzorec. Podatki izvirajo iz večjega števila proučevanj, ki smo jih združili v dve skupini. Za 901 drevo bukve izvirajo iz proučevanj vpliva rdečega srca na vrednost bukovine;

največ tovrstnih podatkov smo dobili od prof. dr. Marijana Kotarja iz raziskovanj na GG Novo mesto (KOTAR 1993). Podatke za 196 dreves z Bohorja smo dobili od Karla Šmajdka, inž. gozd.; obdelani so v njegovi diplomski nalogi (ŠMAJDEK 2001). Podatki o 270 drevesih izvirajo iz sečnje v Gojzdku (GGO Novo mesto) in so obdelani v diplomski nalogi Rudija Omahna (OMAHEN 1998). Za del omenjenih raziskav so ponekod izvedli drevesne analize. V vseh primerih gre za zelo debela drevesa na najboljših rastiščih; skupino smo označili z oznako "debelo".

Drugi del podatkov (849 dreves) izvira iz proučevanja sečnje v letih 1982 – 1985 v GGO Bled, Kranj, Ljubljana, Postojna, Novo mesto, Celje, Nazarje in Slovenj Gradec. Ta (razmeroma drobna) drevesa so bila s slabših, visokogorskih in alpskih rastišč; skupino smo označili z oznako "drobno". Podrobnejši pregled osnovnih značilnosti obeh skupin je podan v preglednici 1.

Za vsa drevesa obstajajo podatki o prsnem premeru in višini drevesa ter količini iz njega izdelanih sortimentov. Za drevesa prve skupine ("debelo") smo imeli tudi podatke o velikosti in socialnem položaju krošnje. Vsako drevo smo še naprej razvrstili v različne skupine.

Preglednica 1: Osnovni podatki za posamezno skupino dreves

Table 1: Basic data for different groups of trees

Značilnost / Characteristics	Debelo / Thick			Drobno / Thin			Skupaj / Total
	Min.	Povp. Aver.	Maks. Max.	Min.	Povp. Aver.	Maks. Max.	Povp. Aver.
Število dreves / No. of trees		901			849		1750
Debeljad (m ³) / Trunk wood (m ³)		2973			475		3449
Količina sortimentov (m ³) / Quantity of products (m ³)		2613			441		3054
Prsni premer (cm) / DBH (cm)	18	49,7	92	7	23,8	62	37,1
Višina drevesa (m) / Tree height (m)	13	28,7	39	5,5	15,8	33,3	22,4
Debeljad drevesa (m ³) / Trunk wood per tree (m ³)	0,18	3,30	13,01	0,013	0,56	4,272	1,97
Količina sort. dr. (m ³) / Quantity of products per tree (m ³)	0,12	2,90	13,44	0,01	0,52	3,92	1,74
Izkoristek (%) / Yield (%)	25	87,9	125	29	92,9	171	88,6

Po obliki vrha in debela (OV) oziroma po mestu, kjer se drevo razraste v dva ali več vrhov, smo drevesa razvrstili v štiri razrede:

- 15 – debla z enim vrhom, os debla je vidna do vrha;
- 21 – deblo se razraste v enega ali več vrhov v zgornji tretjini drevesa;
- 22 – deblo se razraste v srednji tretjini debla;
- 23 – deblo se razraste v spodnji tretjini debla.

Za drugo skupino ("drobno") smo poleg omenjenih podatkov imeli še podatke o dolžini debla, dolžini vrha in dolžini (globini) krošnje ter podatke o prehodnosti sveta. Upoštevalje dolžino krošnje smo drevesa razvrstili v tri razrede:

- 1 – majhna vejnatost: dolžina krošnje je manjša od polovice višine drevesa;
- 2 – srednja vejnatost: krošnja je dolga nad polovico in manj od 2/3 višine drevesa;
- 3 – velika vejnatost: krošnja je daljša od 2/3 višine drevesa.

Za vsako drevo smo določili količino njegovo debeljadi, in sicer z enačbami, ki jih je na osnovi Grudner-Schwappahovih tablic izdelal dr. L. Puhek za debeljad bukve (PUHEK 2001). Te enačbe, ki kažejo enako količino debeljadi kot omenjene tablice, so zelo podrobne; imajo 9 parametrov, zato so za praktično rabo, kjer ni potrebna tako velika natančnost zamudne. Zaradi tega smo izračunali enostavnejšo regresijsko enačbo.

Tržno mero debla smo ugotavljali tako, kot določajo predpisi o merjenju sortimentov in je običajno v naši praksi. V osnovnih podatkih smo ponekod poznali mere sortimentov rez lubja; v takih primerih smo drvem dodali debelino lubja. Obratno smo v primeru, da smo poznali mere sortimentov z lubjem, hlodom zmanjšali premere za ustrezno debelino lubja. Le-to smo (upoštevalje debelino sortimentov) privzeli po podatkih in enačbah iz literature (TURK / LIPOGLAVŠEK 1972, TURK 1982); ustrezne debeline lubja smo odšteli ali odšteli od danega premera. Tu nastaja napaka, če drobne sortimente uporabijo za celulozen les, pri katerem lubja ne morejo uporabiti, zato se odšteva. Vsi podatki zahajajo iz sečnje, kjer niso izdelovali prostorninskega lesa, pač pa goli; gre torej za tehnologijo dolgih sortimentov.

Za vsako drevo posebej smo izračunali izkoristek ($I = V/Vd$) lesa; le-ta je razmerje med količino iz drevesa izdelanih in po predpisih o merjenju izmerjenih sortimentov (tržno mero debla) ter količino debeljadi drevesa. Z regresijsko in korelacijsko obdelavo smo nato poiskali dejavnike, ki vplivajo na višino izkoristka. Vsi računi so narejeni s pomočjo

standardnih statističnih računalniških programov. S pomočjo višine izkoristka smo sklepali o točnosti določanja količine debeljadi oziroma o primernosti deblovnic.

3 UGOTOVITVE RAZISKAVE RESULTS

3.1 POENOSTAVLJENA ENAČBA ZA IZRAČUN KOLIČINE DEBELJADI SIMPLIFIED EQUATION FOR THE CALCULATION OF THE AMOUNT OF TRUNK WOOD

Za izračun volumna debeljadi smo določili poenostavljeno regresijsko enačbo, in sicer:

$$\text{enačba 1: } Vd = 0,0000256 \cdot d^{2,0793} \cdot h^{1,0479} \quad R = 0,99999 \quad se = \pm 0,42 \%$$

(d = prsni premer v cm; h = višina drevesa v m; R = korelacijski koeficient multiple regresije; se = standardna napaka regresije; označbe veljajo tudi v vseh nadaljnjih enačbah in v tekstu; vsi prikazani koeficienti (regresijski in korelacijski) so značilni s stopnjo tveganja $p < 0,05$).

Korelacija (R) je skoraj popolna, povprečna napaka ocene (se) je zelo majhna. Majhna napaka in visoko značilna korelacija sta razumljivi, saj gre za tablične podatke. Regresijska enačba s temi značilnostmi popolnoma zadostuje za praktično rabo. Njeno natančnost in s tem tudi uporabnost smo prikazali v preglednici 2. Številke kažejo razmerje med količino debeljadi, izračunano po enačbi 1, in količino debeljadi, ugotovljeno po Grudner-Hornovih tablicah (ČOKL 1961: s. 173). Vidimo, da so napake (odstopanje od 1,00) poenostavljene enačbe skoraj povsod manjše od 1 %. Tam, kjer so napake večje (pri drobnemu drevju), ne gre za napake zaradi enačbe, ampak za pomanjkljivost tablic; v njih je namreč količina debeljadi izkazana le na 2 decimalni mesti (0,01 m³) natančno. Pri majhnih kubaturah nastanejo zaradi tega velike relativne napake.

Zaključimo lahko, da je podana poenostavljena enačba dovolj natančna in uporabna za praktično rabo. Večja odstopanja (okoli 1 %) nastanejo pri drevesih ekstremnih mer; le-ta so zelo redka, zato je napaka nepomembna. Pomembnejše napake nastajajo pri drevesih z različnimi oblikami krošnje in debla; pojasnili jih bomo pri obravnavi izkoristka lesa.

Preglednica 2: Natančnost poenostavljene enačbe (razmerje V/Vd)

Table 2: Accuracy of the simplified equation (ratio V/Vd)

deb.st. / diam. cl.	Višine dreves / Tree height (m)									Povp. / Aver.
	11	14	17	20	23	26	29	35	39	
3	1,005	0,970	0,952	1,026	1,005					0,991
4	1,012	0,977	1,008	1,009	1,011	0,997				1,002
5		1,014	1,009	1,008	1,008	1,008	0,992			1,006
6		1,000	1,011	1,002	1,020	1,007	0,998	0,995		1,005
7			1,020	1,003	1,003	1,003	1,004	0,999		1,005
8			1,016	1,007	1,002	1,006	1,000	1,006		1,006
9			1,002	1,005	1,002	1,006	1,005	1,001	0,998	1,003
10			1,005	1,006	1,008	1,006	1,005	1,002	0,999	1,004
11				1,005	1,009	1,005	1,004	1,000	0,998	1,003
12					1,003	1,002	0,999	0,997	0,995	0,999
13					1,000	1,000	0,996	0,995	0,993	0,997
14					1,001	1,000	0,998	0,994	0,991	0,997
Povp. / Aver.	1,008	0,990	1,003	1,008	1,006	1,004	1,000	0,999	0,996	1,001

3.2 KOLIČINA IZ DREVEŠA IZDELANIH SORTIMENTOV – TRŽNA MERA DEBLA

QUANTITY OF WOOD PRODUCTS PER TREE – MARKETABLE TRUNK SIZE

Količino iz drevesa izdelanih sortimentov smo označili s tržno mero debla (V). Za gotavljanje tržne mere debla smo izračunali dve regresijski enačbi. Prva izhaja iz podatkov za skupino "debelo" (enačba 2); zanesljivejša je pri debelem in zelo debelem drevju (nad 50 cm prsnega premera). Druga enačba izhaja iz skupine "drobno" (enačba 3); zanesljivejša je pri tanjšem drevju (do 50 cm prsnega premera). Opredelimo lahko, da enačba 2 velja za najboljše sestoje pri sečnji (zelo) debelega drevja. Izračun tržne mere debla po tej enačbi je podoben kot po enačbi za povprečje (enačba 4), zato ga ne uporabljamo. Enačba 3 velja za povprečne in slabše sestoje (nižje drevje) pri različnih sestiranjih ter redčenjih. Izračun tržne mere debla po enačbi 3 je podan v preglednici 3.

$$\text{enačba 2: } V = 0,0000288 * d^{2,0888} * h^{0,9630} \quad R = 0,9883 \quad se = \pm 11,5 \%$$

$$\text{enačba 3: } V = 0,0000318 * d^{1,9027} * h^{1,1545} \quad R = 0,9877 \quad se = \pm 23,66 \%$$

Obe enačbi se odlikujeta z zelo tesno korelacijo, toda sorazmerno majhno natančnostjo, kar še zlasti velja za enačbo 3. Vzrok je razmeroma velika relativna razlika pri različni izrabi lesa drobnih debel. Na velikost tržne mere debel vpliva tudi oblika debel, velikost in oblika krošnje, napake lesa ter prelomi debel pri sečnji. Velika "napaka" je pri drobnem drevju tudi posledica podajanja podatkov na samo dve decimalni mesti natančno (0,01 m³). Našteti vzroki povzročajo razmeroma veliko variabilnost in posledično manjšo natančnost enačb. Vendar bi upoštevanje teh vplivov v regresijskih enačbah le neznatno povečalo natančnost, zelo pa bi zmanjšalo njihovo uporabnost. Podrobnosti vplivov teh dejavnikov bomo pojasnili pri obdelavi izkoristka lesa v naslednjem poglavju.

Preglednica 3: Tržna mera debel za sestoje povprečne in slabše kakovosti (m³)

Table 3: Marketable trunk size for stands of average and bellow average quality (m³)

Deb. stop. / Diam. cl.	Višina drevesa / Tree height (m)								
	11	14	17	20	23	26	29	35	39
3	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15				
4	0,12	0,16	0,19	0,23	0,28				
5		0,25	0,31	0,38	0,44	0,51	0,58		
6		0,37	0,46	0,55	0,65	0,75	0,85	1,06	
7			0,63	0,76	0,89	1,03	1,17	1,45	
8			0,83	1,00	1,17	1,35	1,53	1,91	
9			1,05	1,27	1,49	1,72	1,95	2,42	2,74
10			1,30	1,57	1,84	2,12	2,40	2,99	3,39
11				1,89	2,23	2,56	2,91	3,61	4,10
12				2,25	2,65	3,05	3,46	4,30	4,87

Razlike med izračuni po enačbah 2 ali 3 v povprečju niso prav velike. Pri srednjih vrednostih višin in debelin drevja razlik skoraj ni. Le-te so občutne pri srednje debelih, ekstremno tršatih drevesih, za katera daje enačba 2 (za skupino "debelo") do 7 % višje rezultate. Nasprotno daje za drobnejše, ekstremno vitko drevje enačba 3 do 20 % višje rezultate. Razlike so tako velike, da jih je pri delu vredno upoštevati. Izhajajo največ iz različne sestave drevja v posamezni skupini; le-ta je razvidna iz preglednice 1. Razumljivo je, da je v regresijski enačbi za skupino "debelo" prevladal vpliv debelega, v enačbi za skupino "drobno" pa drobnega drevja. Zaradi tega smo za povprečne pogoje izračunali enačbo 4. Izračun tržne mere debla po tej enačbi je prikazan v preglednici 4.

$$\text{enačba 4: } V = 0,00003174 * d^{2,0256} h^{1,0062}$$

Preglednica 4: Povprečna tržna mera debel (m^3)Table 4: Average marketable trunk size (m^3)

Deb. stop. / Diam. cl.	Višina drevesa / Tree height (m)								
	11	14	17	20	23	26	29	35	39
3	0,06	0,08	0,09	0,11	0,12				
4	0,12	0,15	0,18	0,21	0,25				
5		0,25	0,30	0,35	0,41	0,46			
6		0,37	0,45	0,53	0,61	0,69	0,77		
7			0,63	0,75	0,86	0,97	1,09	1,31	
8			0,85	1,00	1,15	1,30	1,45	1,75	
9			1,09	1,29	1,48	1,67	1,87	2,26	2,52
10			1,37	1,61	1,85	2,10	2,34	2,83	3,15
11				1,97	2,27	2,57	2,87	3,46	3,86
12				2,37	2,73	3,09	3,45	4,17	4,64
13					3,23	3,66	4,08	4,93	5,50
14					3,78	4,27	4,77	5,76	6,43

Tržno mero debela lahko izračunamo tudi z merami debela – prsnim premerom in dolžino izrabljenega debela (L_d , v metrih) – kot dolžino sortimentov, izdelanih iz osi debela. Za namen smo izračunali tudi ustrezne enačbe. Enačba 5 nam omogoča izračunati tržno mero debela z uporabo prsnega premera in dolžine izrabljenega debela.

$$\text{enačba 5: } V = 0,0000861 * d^{1,9762} * L_d^{0,7482} \quad R = 0,9869 \quad se = \pm 24,42 \%$$

Natančnost izračuna z enačbo 5 je celo manjša kot po izračunih z enačbami 2 – 4.

Opomeniti velja, da je v tržno mero debel pri drveh in drobnem industrijskem lesu všteto tudi lubje, pri hlodih pa le les brez lubja.

Zaključimo lahko, da je izračun tržne mere debela za posamezno drevo precej nenatančen. Poleg obravnavanih mer drevesa na količino sortimentov vplivajo še druge značilnosti drevesa. Njihov vpliv bomo prikazali v naslednjem poglavju. Zaradi nenatančnosti so uvedene enačbe uporabne le za računanje količine izdelanih sortimentov večjega števila dreves, kot je to običajno pri odkazilu.

3.3 IZKORISTEK LESA YIELD OF WOOD

Izkoristek lesa smo opredelili kot razmerje količine iz debla izdelanih sortimentov in njegove debeljadi. Podaja ga naslednja enačba:

$$I = V/Vd$$

Splošno in povprečno enačbo za izračun izkoristkov lahko izpeljemo iz enačb 1 in 4; tako dobimo:

$$\text{enačba 6: } I = 1,24 * d^{-0,0537} * h^{-0,0417}$$

Enačba 6 nam kaže, da so izkoristki lesa obratnosorazmerni z debelino in višino drevja. Takoj moramo ugotoviti, da dejansko drži le prvi del ugotovitve (vpliv debeline drevja). Drugi del ugotovitve (vpliv višine) je le navidezen. Dejansko izkoristki debel naraščajo sorazmerno z njihovo vitkostjo, to je z višjo višino pri enakem prsnem premeru drevesa. Ugotovimo lahko, da izkoristek pada z velikostjo (kubaturo) drevesa, ki jo v zgornji enačbi kažeta premer in višina; zaradi tega se v enačbi kaže napačen vpliv višine drevesa. Kakšni so izkoristki lesa, lahko vidimo v preglednici 5.

Preglednica 5: Povprečni izkoristki lesa (delež tržne mere debla v volumnu debeljadi)
Table 5: Average yield of wood (share of marketable trunk size in the total volume of timber)

Deb. stop. / Diam. cl.	Višina drevesa / Tree height (m)								
	11	14	17	20	23	26	29	35	39
3	0,980	0,970	0,962	0,956	0,950				
4	0,962	0,953	0,945	0,938	0,933				
5		0,940	0,932	0,926	0,921	0,916			
6		0,930	0,922	0,916	0,911	0,906	0,902		
7			0,914	0,908	0,903	0,898	0,894	0,887	
8			0,907	0,901	0,896	0,891	0,887	0,880	
9			0,901	0,895	0,890	0,885	0,881	0,874	0,870
10			0,896	0,889	0,884	0,880	0,876	0,869	0,865
11				0,885	0,880	0,875	0,871	0,864	0,860
12				0,880	0,875	0,871	0,867	0,860	0,856
13					0,871	0,867	0,863	0,856	0,852
14					0,868	0,863	0,859	0,853	0,849

V preglednici 5 vidimo, da so najvišji izkoristki pri drobnem in tršatem drevju, najnižji pa pri debelem ter vitkem drevju. Pri drobnem drevju so izkoristki veliko večji, kot jih običajno upoštevamo pri preračunavanju debeljadi v t. i. čisto lesno maso, ki naj bi bila še količina izdelanih sortimentov. V praksi običajno računajo s povprečnim izkoristkom $I = 0,88$. Če upoštevamo, da iz drobnega drevja dobimo predvsem drva, pri katerih se lubje (le-tega je okoli 10 %) ne odbija od količine sortimentov, so izračunani izkoristki kar pravnjšji. Pri debelem drevju so izkoristki nekoliko nižji od v praksi uporabljanjih. Če upoštevamo različen delež lubja v sortimentih iz dreves različnih debelin, lahko ugotovimo, da je izkoristek lesa dejansko precej enakomeren; s spreminjanjem debeline in višine drevja se skoraj ne spreminja oziroma se spreminja le postopno. Podvojitve debeline ali višine drevja zmanjša izkoristek za okoli 3,4 %. Na izkoristek gotovo vpliva tudi intenzivnost izrabe drevesa pri sečnji. Če bi bila posekana drevesa enakomerno razporejena po vseh debelinah in višinah drevja, bi bil povprečen izkoristek 0,91, kar je precej več od v praksi uporabljanega povprečja.

V korelacijsko in regresijsko analizo smo ugotavljali podrobnejši vpliv posameznih značilnosti drevesa na izkoristek lesa. Ta kaže, da je izkoristek odvisen od vseh obravnavanih značilnosti (mer in karakteristik debla oziroma krošnje), zato se zelo spreminja. Zaradi velike variabilnosti so ugotovljene korelacije zelo šibke. Kljub temu kažejo vpliv posameznih dejavnikov. Za skupino "drobno" smo izračunali regresijsko enačbo 7; izračun izkoristka po tej enačbi je za povprečno vejnatost prikazan v preglednici 6 (le-to smo prikazali, ker kaže naraščanje izkoristka z višanjem višine drevja, kar je realno, če izločimo druge vplive).

enačba 7: $I = 1,681 * d^{-0,2380} h^{0,0815} v^{-0,0261}$ $R = 0,4382$ $se = \pm 23,98 \%$
 v = stopnja vejnatosti drevesa; glej opis v 2. poglavju).

V preglednici 6 vidimo dejansko in logično spreminjanje izkoristka lesa pri različno debelem ter visokem drevju. Pri najbolj drobnem drevju so izkoristki zelo visoki. Tu je količina izdelanih sortimentov celo večja od debeljadi drevesc. Zelo vitka in polnolesna lebelca med debelejšim drevjem imajo dejansko večjo tržno mero debla, kot je njihova s oblicami določena količina debeljadi; ugotovitev kaže na neprimernost dvovhodnih leblovnic. Nekaj razlik nastaja tudi zaradi dejstva, da pri ekstremnih (najdrobnejših) rednostih regresijska krivulja za tržno mero debla kaže nekoliko previsoke tržne mere.

Preglednica 6: Povprečni izkoristki debel za skupino "drobno" (delež tržne mere debla v debeljadi)

Table 6: Average yield of wood for the group »thin« (share of marketable trunk size in the total volume of timber)

Deb. stop. / Diam. cl.	Višina drevesa / Tree height (m)								
	11	14	17	20	23	26	29	35	39
3	1,108	1,131	1,151	1,167	1,181				
4	1,020	1,041	1,059	1,074	1,087				
5		0,979	0,995	1,010	1,022	1,033			
6		0,932	0,948	0,961	0,973	0,983			
7			0,909	0,922	0,933	0,943	0,952		
8			0,878	0,890	0,901	0,911	0,919	0,935	
9			0,851	0,863	0,874	0,883	0,892	0,906	0,915
10			0,828	0,840	0,850	0,859	0,867	0,882	0,890
11				0,820	0,829	0,838	0,846	0,860	0,868
12				0,801	0,811	0,820	0,828	0,841	0,849

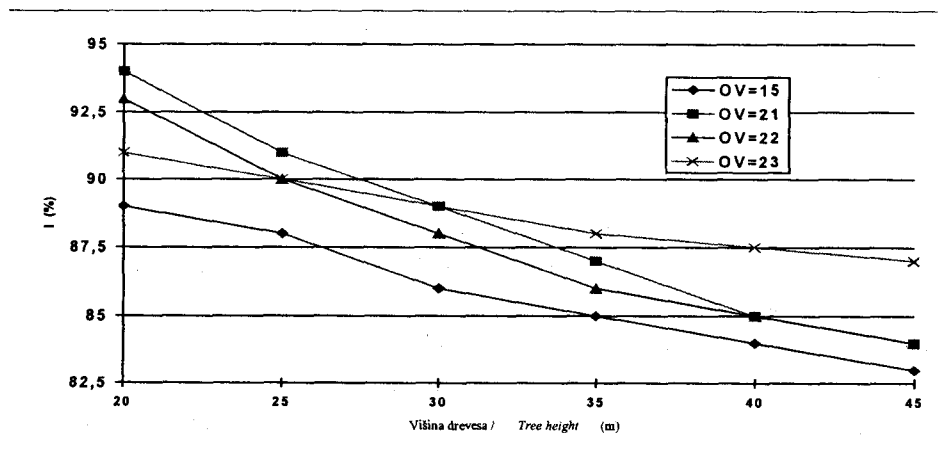
Najnižji izkoristki so pri debelem in tršatem drevju. Tu so znatno nižji od uporabljanega povprečja; vendar so logični, saj gre običajno za zelo vejnata drevesa v težko prehodnem svetu, zato je ostanek vej in vrhov v gozdu večji. Izkoristki zelo hitro padajo z debelino drevja. Ugotovitev ni najbolj logična. Mogoče je tako stanje posledica dejstva, da je pri debelem drevju več neuporabnega lesa (trhlo, rogovile, prelomi itd.) kot pri drobnejšem. Debelo drevje ima običajno tudi več vrhov in debelejšje veje, ki ostanejo neizrabljene. Izkoristek narašča z vitkostjo drevja. To je logično, saj so vitka drevesa običajno malovejnata, z izrazitim deblom do vrha in jih je zato lahko obdelati.

V enačbi 7 vidimo, da na izkoristek vpliva tudi vejnatost drevesa. Vpliv ni velik, je pa značilen in logičen. Izkoristek je obratnosorazmeren z vejnatostjo. V primerjavi z malovejnati drevesi je pri drevesih s srednjo vejnatostjo izkoristek manjši za 2 %, pri zelo vejnatih drevesih pa za 3 %.

Iz podatkov za skupino "debelo" smo za izračun izkoristka izračunali regresijsko enačbo 8, ki kaže tudi vpliv oblike vrha (OV) oziroma razvejanosti debla (glej opis v poglavju 2):

$$\text{enačba 8: } I = 1,00489 \cdot d^{-0,0212} \cdot h^{-0,0823} \cdot ov^{0,0763} \quad R = 0,2012 \quad se = \pm 11,45 \%$$

V enačbi 8 vidimo, da izkoristek pada z debelino in višino drevja; je obratnosorazmeren s položajem (višino na deblu), kjer se deblo razraste v dva ali več vrhov (OV = 15: najmanj razraščena krošnja; OV = 23: najbolj razraščena krošnja, pri kateri se deblo razraste v več vrhov že v spodnji tretjini višine). Najmanjši izkoristek je pri debelih, ki niso razraščena; pri njih je os debela vidna do vrha. Vpliv debeline drevja na izkoristek je u neznamen in v nekaterih podskupinah celo neznačilen. Nasprotno je vpliv višine drevesa velik; vzroke zanj smo že pojasnili pri obravnavi enačbe 6. Možno pa je še nekaj – ugotovili smo že, da so bila v tej skupini zelo debela in visoka drevesa z najboljših bukovih rastišč. Deblavnice so izdelane le do prsnega premera 72 cm in višine 39 m. Pri najbolj debelih in visokih drevesih gre tako že za ekstrapolacijo vrednosti. Možno je, da deblavnice za taka drevesa na naših rastiščih kažejo v povprečju preveliko kubaturo (debeljad), zlasti za nerazraščena debela, ki imajo izrazito debelno os do vrha. Zato izkoristek z večjo višino navidezno pada. K tej hipotezi nas je navedel nelogičen vpliv oblike vrha (OV), ki kaže, da je izkoristek tem večji, čim bolj in čim nižje na deblu je drevo razraščeno v več vrhov. To nikakor ne more biti res; res je ravno obratno, čim bolj in čim nižje je drevo razvejano, več je debelih vrhov, ki običajno ostanejo v gozdu. Zato dejanski izkoristek lahko le nižji. Tako stanje je razumljivo le, če deblavnice kažejo za taka drevesa premajhno količino debeljadi.



lika 1: Vpliv višine drevesa in oblike vrha (OV) na izkoristek (I) pri skupini "debelo"
 figure 1: Influence of tree height and shape of the top of crown (OV) on yields (I) in the group »thick«

V skupini "debelo" smo za vsako obliko vrha izračunali regresijsko enačbo za izkoristek lesa; njihove vrednosti smo prikazali na grafikonu 1. Vidimo, da je izkoristek lesa največji pri najbolj razraščanih krošnjah ($OV = 23$). To ne more biti res; anomalijo lahko razložimo le s pomanjkljivostjo deblovnice, ki za taka drevesa izkazujejo prenizko kubaturo (debeljad). To nam potrjuje tudi podatek za največje drevo (maks. za skupino "debelo" v preglednici 1) – kubatura debeljadi je bila $13,01 \text{ m}^3$, iz nje pa so izdelali $13,44 \text{ m}^3$ sortimentov (izkoristek je bil torej $103,3 \%$).

Izkoristek lesa pri sečnji bukovine in ostalih primešanih listavcev je zelo različen. Na njega vpliva mnogo dejavnikov, kot so mere drevesa, vejnatost, oblika in velikost krošnje oz. debela ter intenzivnost izrabe lesa pri sečnji. Največji vpliv imajo mere drevesa. Pri večjih drevesih (večji kubaturi) je izkoristek manjši; najmanjši je pri najbolj tršatih debelih drevesih (okoli $0,80$), največji pa pri najbolj vitkih drobnih drevescih ($>1,00$). Slednje kaže, da pri drobnih drevescih iz debela izdelajo več sortimentov, kot je v deblu debeljadi. Iz tega lahko sklepamo, da imajo taka drevesca večjo kubaturo, kot jo kažejo podatki v deblovnicih. Raziskava dopušča tudi domnevo, da so podatki v deblovnicih za najbolj vitka debela drevesa nekoliko previsoki. Prav tako je možno soditi, da imajo debela in zelo visoka razvejana drevesa (z več vrhovi) več debeljadi, kot jo izkazujejo deblovnice. Z obravnavanimi podatki nismo mogli bolj zanesljivo presoditi natančnosti običajno uporabljenih deblovnice v naših razmerah (to tudi ni bil osnovni namen raziskave); vendar lahko zaključimo, da deblovnice v določenih okoliščinah niso dovolj zanesljive.

Raziskava kaže, da se izkoristki lesa pri listavcih (če ne upoštevamo slučajnih vplivov pri posameznem drevesu) gibljejo v razmeroma ozkih okvirjih ($0,85 - 0,98$); le-ti so ožji, kot smo jih ugotovili pri iglavcih ($0,70 - 0,95$; REBULA 1995). Tudi trend je drugačen kot pri iglavcih. Z debelino izkoristek pri iglavcih raste, pri listavcih pa pada. Razkorak nastaja deloma zaradi izrabe lubja pri drveh in tanjših drevesih listavcev. Drugi del razlik najbrž izhaja iz večje količine ostankov zaradi neuporabnih delov debel pri debelih listavcih (npr. rogovile, prelomi in trhli deli). Kljub ozkemu razponu izkoristka pri listavcih bi kazalo proučiti smotrnost rabe različnih faktorjev pri preračunavanju količine debeljadi v sortimente (kot pravijo v praksi: pri preračunavanju iz bruto v neto količino lesa). Za drobnejše drevje iz redčenj bi kazalo uporabiti višji faktor (mogoče $0,92$). Upoštevati bi morali, da iz teh drevesc največkrat izdelamo drva ali les za plošče; pri tem

se uporabi tudi lubje. Vsekakor pa bi morali pri sečnjah najdebelejšega drevja uporabljati nižji faktor (okoli 0,85 ali še manj), kot je v rabi sedaj; ali pa znižati količino izračunane debeljadi (t. j. korigirati uporabljane deblovnice oz. tarife). Poznavanje točnih količin in izkoristka debeljadi je danes še veliko pomembnejše kot pred leti, saj se izračuni pogosto uporabljajo za ugotavljanje količine in vrednosti lesa pri prodajah na panju.

4 SUMMARY

From a sample of 750 trees with 3.450 cubic metres of trunk-wood and 3.050 cubic metres of processed product, the quantity of processed product (V) and the wood yield (I) from the trees were established and a simple, applicable form for calculating the trunk-wood volume (gross wood mass - Vd) of the trees, quantities of processed product and wood utilisation were sought. In this, individual factors and their form were established that affect this. The study produced the following most important conclusions:

1. *The formula (1) $Vd = 0,0000256 d^{2,0793} h^{1,0479}$ was found to be sufficiently accurate for practical use in calculating the trunk-wood volume for a tree. Compared with the trunk-wood volume tables for beech, this formula has a mean deviation of +/-0,42 % and only in the most extreme cases it greater than 1 %. The study allows for the presumption that data in trunk-wood volume tables for our conditions are too low for thin, short trees and too high for fat, tall trees. We also ascertained that fat trees with a great spread of branches (and more than one peak) produce 3 to 4 % more cubic metres of wood than shown by the trunk-wood tables.*
2. *The average volume of processed product from beech and similar trees can be ascertained using the formula (4) $V = 0,00003174d^{2,0256} h^{1,0062}$. The formula produces results with a mean deviation of +/-15 % (10 - 24 %). The marketable trunk value also varies to the same extent. In addition to the tree's characteristic thickness and height, quantity of branches, shape and size of crown and the trunk of the tree, the spread of the tree's branches and the intensiveness of utilisation of wood in felling also affect the market value. The value V for a particular tree is therefore unreliable. The formula can only be used for larger groups of trees.*
3. *In practice the volume of product is calculated from the trunk-wood volume with the factor for deciduous trees 0,88. This should be the mean yield of trunk-wood. The*

factor is the ratio $I=V/V_d$. For average conditions I can be calculated from the formula (6) $I = 1,24d^{-0,0537} h^{-0,0417}$. The yield falls with greater thickness and height of tree and increases as it gets thinner. It varies from 0,80 for the most stumpy, thick trees and exceeds 1 for the thinnest, shortest trees. The quantity of branches affects the yield. For large quantities of branches, the yield is about 3 % less. The cause of this is poorer wood utilisation (less intensive processing of peaks and thicker branches without sufficient cubic metres of wood). The yield increases for trees with more than one peak, especially for thick trees. In trees with a large spread of branches and more than one peak the yield is 3 – 4 % higher. The apparent cause of the increased yield can be found in the trunk-wood volume tables. For this kind of tree the trunk-wood volume tables show too small a value. It can be assumed that a low (about 0,80) yield for thick and stumpy trees is only apparent. It is such due to too high a value for trunk-wood volume shown by the trunk-wood volume tables. At present Slovenia uses these factors for calculating the quantities and values of product per stump in selling wood. Further studies into circumstances and the characteristics of trees in felling should be considered and applied for various values from 0,83 to 0,95.

5 LITERATURA REFERENCES

- ČOKL, M., 1961. Gozdarski in lesnoindustrijski priročnik.- Ljubljana, DZS, 367 s.
- KOTAR, M., 1993. Pridelovanje visoko kakovostnega lesa in sonaravno gojenje gozdov na primeru bukve v prebiralno jelovo-bukovem gozdu.- GozdV. 51: 370-383.
- OMAHEN, R., 1998. Vrednostni prirastek sestoja in njegov pomen v gojenju gozdov.- Diplomaska naloga, Ljubljana, BF, Oddelek za gozdarstvo, 44 s.
- PUHEK, V., 2001. Regresijske enačbe za volumen dreves po dvovhodnih deblovnica.- Ljubljana, BF, Gozdarski oddelek (polikopija), 6 str.
- REBULA, E., 1995. Tablice oblikovnega števila, debeljadi in količine izdelanih sortimentov za jelko.- GozdV. 53: 402-425.
- ŠMAJDEK, K., 2001. Vpliv rdečega srca pri bukvi v fitocenozah *asociacij Lamio Orvalae - Fagetum* in *Cardamini Savensi - Fagetum* na kvaliteto lesa.- Diplomaska naloga, Ljubljana, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 66 s.

TURK, Z., 1982. Načini praktičnega obračunavanja lubja pri jelovi, smrekovi in bukovi oblovini.- *GozdV*. 40: 163-165.

TURK, Z. / LIPOGLAVŠEK, M., 1972. Volumni in težinski delež lubja glede na premer deblovine jelke, smreke in bukve na nekaterih območjih Slovenije.- Ljubljana, IGLG, 68 s.

ZAHVALA

ACKNOWLEDGEMENTS

Raziskavo je omogočil prof. dr. Marijan Kotar, ki mi je odstopil svoje podatke in posredoval, da sem dobil ostale podatke. Svoje podatke sta mi odstopila tudi Karel Šmajdek, inž. gozd., in Rudi Omahen, inž. gozd. Nekatero podatke je poiskala in obdelala Leonarda Godler, univ. dipl. inž. gozd. Za prijaznost, sodelovanje in uslugo se vsem prisrčno zahvaljujem.