

Stanislav Bađun

# Prilog proučavanju svojstava kore nekih vrsta drva

## Contribution to the research of the bark properties of several wood species

Izvorni znanstveni rad - Original scientific paper

Prispjelo-received: 29.11.2000 • Prihvaćeno – accepted 05. 12. 2000.

UDK 630\*812

**SAŽETAK** • U ovom se radu pokazuju rezultati istraživanja gustoće i tvrdoće kore bukve, graba, hrasta, jasena, topole i jele. Ta su svojstva kore ispitana po dužini debla od panja do promjera 7 cm. Rezultati pokazuju da je gustoća kore veća od gustoće drva istih vrsta za 6 do 14 %. Tvrdoća kore manja je od tvrdoće drva za 2,3 do 6,6 puta, ali ona nije jednoznačna s obzirom na tvrdoću integralne kore, tvrdoću floema i tvrdoću rytidome (luba).

**Ključne riječi:** kora, gustoća, tvrdoća, bukva, grab, hrast, jasen, topola, jela

**SUMMARY** • The paper presents the results of the research into the density and hardness of the bark of beech, hornbeam, oak, ash, poplar and fir. These bark properties were examined on samples taken along the length of the log from the ground to the 7 cm diameter. The results show that density of the bark is 6 to 14% greater than the density of wood of particular species. The hardness of bark is 2.3 to 6.6 times lower than the hardness of wood, but the values are not uniform, differentiating the hardness of the integral bark, the hardness of phloem (inner bark) and of rytidoma (outer bark).

**Key words:** bark, density, hardness, beech, hornbeam, oak, ash, poplar, fir

---

Prof. dr. Stanislav Bađun, pokojni redoviti profesor Šumarskog fakulteta u Zagrebu, bio je dugogodišnji glavni i odgovorni urednik časopisa Drvna industrija.

Ovaj članak nije do sada bio objavljen u Drvnoj industriji, a pripremljen je sredinom osamdesetih godina. Članak objavljujemo u znak poštovanja prema profesoru Badunu u njegovom izvornom obliku, ali prilagođen našim metrološkim i oblikovnim standardima te s dodatnim engleskim prijevodima.

Uredništvo

## 1. UVOD

### 1. INTRODUCTION

Proučavanje kompleksne prirode kore, radi otkrivanja mogućnosti njezina šireg korištenja, zahtijeva utvrđivanje njezinih fizičkih, mehaničkih i kemijskih svojstava.

Nedovoljna istraživanja kore u odnosu prema istraživanju drva razlog su što do danas nema cjelovitijih podataka o svojstvima kore. Nadalje, ekstremne varijacije njezinih kemijskih i fizikalnih svojstava, te morfoloških obilježja, uz neka druga pitanja, utjecali su na nesustavno ispitivanje kore do danas. Međutim, za proizvodnju kvalitetnih proizvoda od kore ili kombinacije kore i drva, nužni su podaci o njezinim svojstvima koji se temelje na istraživanjima. Teškoće zbog pomanjkanja rezultata o svojstvima kore iste i različitim vrsta drva, te pomanjkanje, zbog nepoznavanja, dovoljnih količina kore približno jednakih svojstava, odrazile su se i na obuhvatniju upotrebu kore kao sirovine u drvnoj industriji (Harkin, 1971).

Zbog toga je potrebno provesti svestranije i cjelovitije ispitivanje svojstava kore različitih vrsta drva. Takav će rad zahtijevati ne samo sustavan pristup takvom projektu nego, još više, pronaalaženje odgovarajućih znanstvenih metoda koje će se primjenjivati. Neke metode za ispitivanje drva moći će se upotrijebiti, neke će se modificirati za ispitivanje kore, a za neka svojstva kore morat će se pronaći nove, odgovarajuće metode ispitivanja.

## 2. ZADATAK RADA

### 2. AIM OF RESEARCH

U ovom je radu kao zadatak postavljeno istražiti: 1. gustoću prosušene kore; 2. integralnu (prosječnu) tvrdoću kore; 3. tvrdoću unutarnje kore (floema); 4. tvrdoću vanjske kore (ritidome, luba); 5. odnos između gustoće i tvrdoće kore.

## 3. MATERIJAL ISTRAŽIVANJA

### 3. MATERIAL FOR RESEARCH

Za postavljeni cilj istraživanja izabrana su i srušena modelna stabla. Iz tih su stabala, prema postavljenoj metodici, izrađeni uzorci kore. Podaci o modelnim stablima dani su u tablici 1. Uzorci kore namijenjeni istraživanju uzimani su s debala odmah nakon obaranja stabala. Kora je sa stabla isijecana sjekirom ili je vadena posebnim alatom oblika kružnoga glodala odnosno cilindrične pile. Detaljan opis tog alata dan je u članku Bađuna (1977). Kora je isijecana (vadena) iz stabala u visini panja, na polovici duljine od panja do prsnog promjera, na mjestu prsnog promjera, te na svaka 2 m dužine debla, sve do promjera 7 cm. Na naznačenim mjestima kora je uzimana iz tri međusobno okomita položaja, i to na vrhu i na bokovima plašta ležećeg stabla.

## 4. METODA RADA

### 4. RESEARCH METHOD

Nakon što je kora isječena (izvadrena), stavljena je u polivinilsku vrećicu i transportirana do priručnog laboratorija, gdje su obavljena mjerenja mase i volumena u sirovom stanju. Za potrebe istraživanja u ovom radu uzorci kore s vrha plašta ležećeg stabla ostavljeni su u laboratoriju da se postigne prosušeno stanje vlažnosti. Nakon vremena potrebnog za takvo stanje određena je gustoća iz odnosa mase i volumena.

Na istim je probama ispitana Brinellovom metodom. Čelična kuglica promjera 10 mm utiskivana je silom od 250 N tijekom 30 sekundi. Tvrdoća unutarnje kore (floema) i vanjske kore (ritidome, luba) određena je izlaganjem tih površina djelovanju kuglice, ali u stanju prirodne cjelovitosti, bez odvajanja tih dijelova iz kore (Martin, Crist, 1968).

Nakon ispitivanja tvrdoće na uzorcima kore određena je vlažnost u času ispitivanja metodom sušenja i vaganja (gravimetrijski).

**Tablica 1**  
Karakteristike  
modelnih stabala •  
Characteristics of  
tested trees

VRSTA DRVA <i>WOOD SPECIES</i>	BROJ STABALA <i>NUMBER OF TREES</i>	ŠUMARIJA <i>FORESTRY UNIT</i>	ŠUMSKI PREDJEL <i>AREA</i>	PRSNI PROMJER <i>BREAST HEIGHT DIAMETER</i>	VISINA STABLA <i>TREE HEIGHT</i>	ČISTO STABLO <i>TRUNK HEIGHT</i>	STAROST <i>TREE AGE</i>
				cm	m	m	
BUKVA <i>Beech</i>	5	LIPOVLJANI	LUBARDENIK	40-60	23-30	6-16	68-97
GRAB <i>Horbeam</i>	5	LIPOVLJANI	LUBARDENIK	19-35	16-28	7-17	108-127
HRAST <i>Oak</i>	5	LIPOVLJANI	OPEKE	<42	<34	do 16	cca 91
JASEN <i>Ash</i>	5	LIPOVLJANI	OPEKE	35-39	<26	11-13	cca 85
TOPOLA <i>Poplar</i>	5	LIPOVLJANI	OPEKE	34-42	27-32	12-20	39-59
JELA <i>Fir</i>	5	ZALESINA	BELEVINE	50-62	32-37	14-22	118-160

Podaci dobiveni ispitivanjem obrađeni su primjenom metoda matematičke statistike, a rezultati su svrstani u tablice i analizirani.

## 5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA 5. RESEARCH RESULTS

Kao što je zadatkom istraživanja predviđeno, ispitana je gustoća prosušene kore, integralna tvrdoća kore, tvrdoća floema i tvrdoća luba. Rezultati tih ispitivanja prikazani su u tablicama 2. do 8. i na slici 1.

### Gustoća prosušene kore

U tablici 2 prikazani su podaci o gustoći kore u prosušenom stanju. Sadržaj vode ispitane kore kretao se od 9 do 13 %. Redoslijed gustoće kore pokazuje da je ona najveća u graba, zatim slijede bukva, hrast, topola i jasen u skupini listača. Gustoća jelove kore pokazuje najmanju vrijednost, manju od bilo koje vrijednosti ispitane tvrde ili meke listače.

U tablici 3. usporedno su prikazani podaci o gustoći kore i drva istih vrsta. Kao što se iz tablice vidi, gustoća prosušene kore

VRSTA DRVA <i>Wood species</i>	BROJ UZORAKA <i>Number of samples</i>	GRANICE <i>Limits</i>		MEAN kg/m <sup>3</sup>	MEAN ERR. kg/m <sup>3</sup>	STD kg/m <sup>3</sup>	STD ERR. kg/m <sup>3</sup>
		Od from	Do to				
		kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>				
BUKVA Beech	21	763	946	855	9,4	43	6,6
GRAB Hornbeam	25	817	995	918,2	8,1	40,6	5,7
HRAST Oak	24	627	814	730	9,8	48	6,9
JASEN Ash	50	560	843	726,7	9,4	66,4	6,6
TOPOLA Poplar	36	579	996	726	14,9	88,1	10,5
JELA Fir	69	586	966	720,6	6,3	52,8	4,5

Tablica 2.

Gustoća prosušene kore nekih vrsta drva • Density of bark of selected wood species

VRSTA DRVA <i>Wood species</i>	K O R A <i>Bark</i>				D R V O <i>Wood</i>				D / K indeks <i>Index wood/bark</i>
	Od from	Do to	MEAN	STD	Od from	Do to	MEAN	STD	
	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	
BUKVA Beech	763	946	855	43	615	913	742	57	0,87
GRAB Hornbeam	817	995	918	41	524	843	726	50	0,79
HRAST Oak	627	816	730	48	438	830	670	7	0,92
JASEN Ash	579	996	726	88	541	832	685	5	0,94
TOPOLA Poplar	560	843	727	66	304	565	429	5	0,59
JELA Fir	586	966	721	53	345	589	450	6	0,62

Tablica 3.

Gustoća prosušene kore i drva nekih vrsta drva • Density of air-dried bark and wood of selected species

VRSTA DRVA <i>Wood species</i>	BROJ UZORAKA <i>Number of samples</i>	GRANICE <i>Limits</i>		MEAN N/mm <sup>2</sup>	MEAN ERR. N/mm <sup>2</sup>	STD N/mm <sup>2</sup>	STD ERR. N/mm <sup>2</sup>
		Od from	Do to				
		N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>				
BUKVA Beech	21	8,3	34,5	10,78	1,5	7,05	1,1
GRAB Hornbeam	25	6,6	32,2	18,01	1,8	8,99	1,3
HRAST Oak	245	3,8	19	7,79	0,4	2,11	0,3
JASEN Ash	35	3	22,4	6,79	0,3	1,69	0,2
TOPOLA Poplar	50	6,6	23,7	11,57	0,5	3,66	0,4
JELA Fir	69	5,2	14,2	9,06	0,2	1,8	0,1

Tablica 4.

Integralna tvrdoća (po Brinellu) prosušene kore nekih vrsta drva • Hardness (after Brinell) of air-dried integral bark of selected wood

**Tablica 5.**

Tvrdoća unutarnje kore (floema) nekih vrsta drva • Hardness of the inner bark (phloem) of selected wood species

VRSTA DRVA Wood species	BROJ UZORAKA Number of samples	GRANICE Limits		MEAN	MEAN ERR.	STD	STD ERR.
		Od from	Do to				
		N/mm <sup>2</sup>					
BUKVA Beech	19	8,3	19,1	13,85	0,7	3,2	0,5
GRAB Hornbeam	18	6,6	32,2	17,46	1,4	5,95	1
HRAST Oak	13	4,5	19	10,66	1	3,46	0,7
JASEN Ash	20	8,6	22,4	13,43	0,8	3,51	0,5
TOPOLA Poplar	28	6,7	17,2	10,78	0,5	2,56	0,3
JELA Fir	36	6,8	14,2	9,52	0,3	1,8	0,2

**Tablica 6.**

Tvrdoća vanjske kore (ritidoma, lub) nekih vrsta drva • Hardness of the outer bark (rytidoma) of selected wood species

VRSTA DRVA Wood species	BROJ UZORAKA Number of samples	GRANICE Limits		MEAN	MEAN ERR.	STD	STD ERR.
		Od from	Do to				
		N/mm <sup>2</sup>					
BUKVA Beech	2	30,2	34,5	32,37	1,5	2,12	1,1
GRAB Hornbeam	7	12,4	26,7	22,11	1,8	4,65	1,2
HRAST Oak	11	3,8	13,5	8,38	0,9	2,97	0,6
JASEN Ash	15	3	10,9	5,94	0,5	2,01	0,4
TOPOLA Poplar	23	8,6	23,7	14,97	1,3	6,02	0,9
JELA Fir	33	5,2	10,9	7,9	0,2	1,3	0,1

**Tablica 7.**

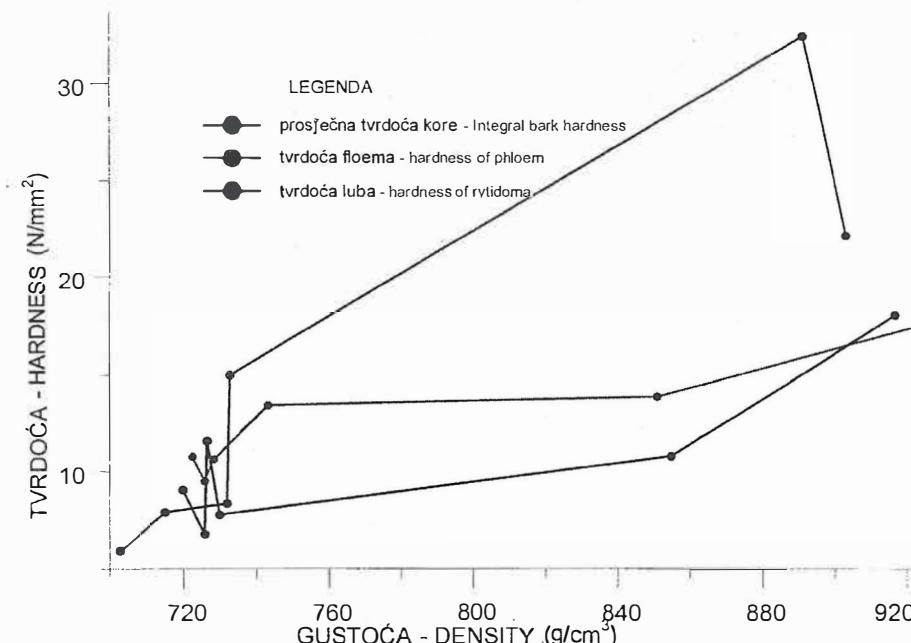
Tvrdoća (po Brinellu) kore i nekih vrsta drva • Hardness (after Brinell) of bark and wood of selected species

VRSTA DRVA Wood species	KORA Bark		FLOEM Inner bark		RITIDOMA Outer bark		DRV O Wood	
	H	S	H	S	H	S	H	S
	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>
BUKVA Beech	10,8	7	13,9	3,2	32,4	2,1	71,5	9
GRAB Hornbeam	18	9	17,5	5,9	22,1	4,6	-	-
HRAST Oak	7,8	2,1	10,7	3,5	8,4	3	53,9	6,8
JASEN Ash	6,8	1,7	13,4	3,5	0,59	2	-	-
TOPOLA Poplar	11,6	3,7	10,8	2,6	15	6	27,1	6,1
JELA Fir	9,1	1,8	9,5	1,8	7,9	1,3	32,5	6,9

**Tablica 8.**

Gustoća kore i tvrdoća kore, floema i luba • Density of bark and hardness of integral bark, of inner and outer bark

VRSTA DRVA WOOD SPECIES	KORA Bark		KORA - FLOEM Inner bark		KORA - LUB Outer bark	
	p	H	p	H	p	H
	kg/m <sup>3</sup>	N/mm <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	N/mm <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	N/mm <sup>2</sup>
BUKVA Beech	855	10,78	851,2	13,85	891,5	32,37
GRAB Hornbeam	917,2	18,01	923,8	17,46	903,6	22,11
HRAST Oak	730	7,79	728,4	10,66	732	8,38
JASEN Ash	726	6,79	743,4	13,43	702,8	5,94
TOPOLA Poplar	726,7	11,57	722,6	10,78	732,9	14,97
JELA Fir	720	9,06	726	9,52	715,2	7,92

*Sliku 1.*

Odnos gustoće i  
tvrdoće kore •  
Relationship between  
bark density and  
hardness

za sve razmatrane vrste drva veća je od gustoće drva za 6 do 41 %. Vrijednosti za gustoću drva rezultati su prijašnjih istraživanja S. Bađuna (Bađun, 1965, 1975, 1976, 1977, 1979), R. Benića (Benić, 1957) te Ive Horvata (Horvat, 1957, 1958, 1960 i 1969) za drvo s istih ili približno jednakih staništa za koje je ispitana i kora. Za redoslijed gustoće kore ispitanih vrsta, moglo bi se reći da je jednak rasporedu gustoće drva. Nadalje, što je gustoća drva veća, to je po pravilu veća i gustoća kore (Lambi Marden, 1968, Murphrey i Rishel, 1970, Smith i Kozak, 1971).

#### Tvrdoća kore

U tablici 4. prikazan je redoslijed integralne (prosječne) tvrdoće kore. Prosječna tvrdoća kore dobivena je kao aritmetička sredina tvrdoće izmjerene na unutrašnjoj strani kore (floemu) i na vanjskoj strani kore (lubu). Taj je podatak obračunan radi integralnog predstavljanja tvrdoće kore jer ona tvori jedinstveni vanjski omotač drva. Za ocjembene potrebe o tvrdoći kore raznih vrsta drva taj je pokazatelj za komparativne svrhe prihvatljiv. Naime, on daje redoslijed rasporeda tvrdoće kore koja proizlazi iz strukture, kemijskog sastava, reljefa, debljine, konzistencije, građe stijenki stanica i ostalog u kori floema i luba. Nabrojeni su činitelji pojedinih vrsta drva za integralnu koru različiti, ali i za njezine dijelove u zoni unutarnje i vanjske kore.

Da bi se dobio uvid o vrijednostima tvrdoće floema i ritidome, u tablicama 5. i 6. prikazani su izdvojeni rezultati tih is-

traživanja. Raspored tvrdoće unutarnje kore u tablici 5 pokazuje redoslijed koji nije istovjetan rasporedu vrijednosti prosječne tvrdoće kore istih vrsta drva. Neke su vrste zadržale mjesto na ljestvici (grab, hrast), neke su neznatno (bukva, topola), a neke znatnije (jasen, jela) promjenile mjesto u odnosu prema onome što su ga imali u tablici prosječne tvrdoće. Ta je razlika najizrazitija za jasen čija je tvrdoća unutarnje kore gotovo dvostruko veća od prosječne tvrdoće jasenove kore.

U tablici su prikazane vrijednosti tvrdoće vanjske kore. Izneseni podaci pokazuju da je najmanja promjena redoslijeda mjesta za grab, bukvu, topolu i jelu, nešto veća za hrast a najveća za jasen u odnosu prema tvrdoći unutarnje kore. Taj redoslijed mjesta naznačuje relativni poretk među vrstama drva s obzirom na tvrdoću unutarnje i vanjske kore. Apsolutne razlike tvrdoće floema i luba iskazane relativnom mjerom daju redoslijed koji nije jednoznačan. Naime, bukva, topola i grab imaju tvrdoću luba veću od tvrdoće floema, a jela, hrast i jasen veću tvrdoću floema nego luba. Za bukvu je tvrdoća luba veća za 133,7 %, za topolu 36,4 a grab 26,6% od tvrdoće floema. U jele je tvrdoća luba manja za 16,8 %, hrasta 21,4% a jasena 55,8% od tvrdoće floema. Razlog koji uvjetuje takvo ponašanje kore s obzirom na tvrdoću treba tražiti u već nabrojenim faktorima (strukturi, kemijsmu, konzistenciji, reljefu i dr.), koji su svojstveni pojedinim vrstama drva.

Da bi se usporedno prikazala tvrdoća kore i drva, načinjena je tablica 7. Kao što se iz tablice vidi, drvo ima veću tvrdoću od prosječne tvrdoće kore, od tvrdoće floema i

od tvrdoće ritidome. Ta je tvrdoća u bukve veća za 2,2 do 6,6 puta, u hrasta 5,0 do 6,9 puta, u jele 3,4 do 4,1 puta, a u topole 1,8 do 2,5 puta. Tvrdoća integralne kore manja je od tvrdoće drva za 2,3 do 6,6 puta, tvrdoća floema za 2,5 do 5,1 puta, a tvrdoća luba za 1,8 do 6,4 puta. Iako je gustoća kore, ispitanih vrsta drva, veća od istog svojstva drva ipak je tvrdoća kore manja. Razlog tome je građa stijenki stanica kore, koje imaju bitno manje celuloze, više lignina, ekstraktivnih tvari i pepela, a kora sadrži i suberin. Nadalje, različita konzistencija i manja kohezija tvari koje čine koru uzrok su manje tvrdoće kore. Radi utvrđivanja odnosa gustoće kore i tvrdoće, bez obzira na vrst drva, u tablici 8 prikazani su relevantni podaci.

Iz rezultata u tablici 8 vidi se da se tvrdoća kore povećava s povećanjem gustoće kore. Kao osnova te usporedbe uzeta je integralna gustoća kore prema prosječnoj tvrdoći kore, tvrdoći floema i tvrdoći luba. Trend povećanja tvrdoće s povećanjem gustoće, uočljiv je kako zaprosječnu tvrdoću kore, tako i za tvrdoću floema i luba. Taj je odnos prikazan i na slici 1. Najveće povećanje tvrdoće s porastom gustoće pokazuje ritidoma, manje floem, a najmanje integralna tvrdoća kore.

## 6. ZAKLJUČAK 6. CONCLUSION

Na temelju rezultata istraživanja mogu se izvesti sljedeći zaključci.

Integralna gustoća kore graba, bukve, hrasta, topole, jasena i jele veća je od gustoće drva istih vrsta. Ona je veća za 6 do 41 %.

Tvrdoća integralne kore manja je od tvrdoće istih vrsta drva za 2,3 do 6,6 puta, tvrdoća floema za 2,5 do 5,1 puta, a tvrdoća luba (ritidome) za 1,8 do 6,4 puta. Te razlike nisu jednoznačne unutar istraženih vrsta drva prema redoslijedu: lub, floem, kora.

Razlike u tvrdoći luba i floema nisu istovjetne za ispitane vrste drva. Za bukvu, topolu i grab tvrdoća luba je za 133,7, 33,4 i 26,6 % veća od tvrdoće floema. Kod jele, hrasta i jasena tvrdoća luba je za 16,8%, 21,4 % i 55,8 % manja od tvrdoće floema.

Za međusobni odnos tvrdoće integralne kore, floema i luba ne postoji istovjetan i jednoznačan trend. Taj se odnos mijenja ovisno o vrsti drva. Razlog tome su vjerojatno razlike u strukturi, kemizmu, konzistenciji, reljefu, debljinama i koheziji tvari kore, floema i luba.

## 7. LITERATURA

### 7. LITERATURE

1. Bađun, S. 1965: Fizička i mehanička svojstva hrastovine iz šumskog predjela Lubardenik, Lipovljani. Drvna ind. 16 (1/2): 2-8.
2. Bađun, S. 1975: Prilog proučavanju rasporeda nekih fizičkih svojstava drva u deblu običnog graba (*Carpinus betulus* L.). Neobjavljeni rukopis. Zagreb: Šumarski fakultet Zagreb.
3. Bađun, S. 1976: Prilog proučavanju rasporeda nekih fizičkih svojstava drva u deblu bukve (*Fagus silvatica* L.). Neobjavljeni rukopis. Zagreb: Šumarski fakultet Zagreb.
4. Bađun, S. 1977: Prilog proučavanju svojstava kore hrasta, jasena i jele. Bilten ZIDI, Šumarski fakultet Zagreb 5(1/2): 1-28.
5. Bađun, S. 1979: energija odrvenjene biomase iz šumske proizvodnje. Bilten ZIDI, Šumarski fakultet Zagreb 7 (4): 40-50.
6. Benić, R. 1957: Istraživanja o rasporedu nekih fizičkih svojstava u deblu poljskog i običnog jasena. Glasnik za šumske pokuse 13, 509 – 536.
7. Harkin, J.M. 1971: Bark and its possible uses. USDA For. Serv., Research Note FPL 091. Madison: Forest Products Laboratory.
8. Horvat, I. 1957: Istraživanja o tehničkim svojstvima slavonske hrastovine. Šumarski list 81 (9/10): 321 – 360.
9. Horvat, I. 1958: Istraživanja tehničkih svojstava jelovine (*Abies alba* Mill.) iz Gorskog Kotara. Drvna ind. 9 (1/2): 3 – 10.
10. Horvat, I. 1960: Prilog poznавању nekih fizičkih i mehaničkih svojstava bijele i crne topolovine (*Populus alba* L., *Populus nigra* L.). Šumarski list, 84 (4/5): 95 – 115.
11. Horvat, I. 1969: Osnovne fizičke i mehaničke karakteristike bukovine. Drvna ind. 20 (11/12): 183 – 194.
12. Lamb, F.M.; Marden, R.M. 1968: Bark specific gravities of selected Minnesota tree species. Forest Prod. J. 18 (9): 76 – 82.
13. Martin, R.E.; Crist, J.B. 1968: Selected Physico-mechanical properties of eastern tree barks. Forest Prod. J. 18 (11): 54-60.
14. Murphy, W.K.; Rishel, L.E. 1970: Selected chemical and physical properties of several bark species. Forest Prod. J. 20 (2): 58 – 59.
15. Smith, J.H.G., Kozak, a. 1971: Thickness, moisture content and specific gravity of inner and outer bark of some Pacific Northwest trees. Forest Prod. J. 21 (8): 17 – 22.