

### 13. Proračun rasporeda pila pri izradbi kladarki analitičkim postupkom

Kladarke ili bulovi su piljenice dobivene piljenjem u cijelo i složene istim redom kao što su bile u trupcu. Sve piljenice u kladarki moraju biti iste duljine, a iznimno mogu biti dvije debljine te se tada nazivaju kombinirane kladarke. U kladarke se raspiljuju vrlo kvalitetni trupci. Pomoću izraza 1. do 3. i tablice 1. odnosno 2. ili 3. za određenu debljinu i broj piljenica mogu se naći optimalni promjeri trupaca.

Raspored pila predstavlja međusobni razmak listova pile u okviru (*jarmu*) vertikalne jarmače. Ova načela mogu se primjeniti i na ostale primarne pilanske strojeve (*tračne pile trupčare i kružne pile*). Raspored pila se može izračunati analitičkim postupkom koji polazi od pretpostavke da je trupac pravilan prikraćen stožac s padom promjera oko 1%. Za poprečni presjek trupca se uzima krug, a računa se s promjerom trupca na tanjem kraju –  $D_t$  (pretpostavka izrada paralelno okrajčenih piljenica) ili na polovici duljine –  $D_s$  (pretpostavka izrada neokrajčenih piljenica). Račun se temelji na pitagorinom poučku da je u pravokutnom trokutu kvadrat hipotenuze jednak zbroju kvadrata obiju kateta.

**Tablica 1.** Optimalni odnos broja ( $n$ ) i debljine ( $d$ ) piljenica te polumjera ( $R$ ) i promjera ( $D$ ) trupca na tanjem kraju, s obzirom na maksimalno kvantitativno iskorištenje trupca, pri njegovu raspiljivanju u piljenice jednakih debljina (prema: Knežević, M. 1970)

Broj piljenica ( $n$ )	Osnovna zona prema teoriji pravog maksimalnog kvantitativnog iskorištenja ( $A_0$ )	Osnovna zona piljenica jednakih debljina ( $A$ )	Koeficijent ( $k$ ) debljine piljenice u dijelovima polumjera ( $R$ )
1		0,707 D	1,414 R
2	0,707 D	0,707 D	0,707 R
3		0,796 D	0,531 R
4	0,850 D	0,836 D	0,414 R
5		0,867 D	0,347 R
6	0,905 D	0,888 D	0,296 R
7		0,903 D	0,258 R
8	0,930 D	0,916 D	0,229 R
9		0,922 D	0,205 R
10	0,950 D	0,930 D	0,186 R
11		0,940 D	0,171 R
12	0,970 D	0,942 D	0,157 R

$$R = \frac{d' + \dot{s}p}{k}$$

.....( 1 )

$$d' = k * R - \dot{s}p$$

.....( 2 )

$$n = \frac{A - \dot{s}p}{d' + \dot{s}p}$$

.....( 3 )

$R$  – radijus (polumjer) trupca na tanjem kraju, [mm ; cm]

$d'$  – debljina piljenica (kladarke) s nadmjerom, [mm; cm]

$n$  – broj piljenica (kladarki) u trupcu

$A$  – osnovna zona piljenica jednakih debljina, [mm ; cm]

$k$  – koeficijent debljine piljenice u dijelovima (polumjera) radijusa ( $R$ )

### 13. Izradba kladarki – naputak

**Tablica 2.** Najpovoljniji promjeri trupaca četinjača - jela i smreka (cm) za raspiljivanje u piljenice jednakih debljina (prema: Knežević, M. 1970)

Broj piljenica	Nominalna debljina piljenice + nadmjera [mm]								
	18+1	24+1,5	28+1,5	33+2	38+2	48+2,5	60+3	70+3,5	75+4
2	5,8	7,74	8,77	10,32	11,74	14,71	18,25	21,22	22,77
3	7,91	10,36	11,86	13,94	15,82	19,77	24,48	28,44	30,51
4	10,19	13,31	15,23	17,86	20,26	25,30	31,30	36,33	38,97
5	12,34	16,08	18,39	21,56	24,40	30,49	37,69	43,75	46,92
6	14,53	18,92	21,62	25,34	28,72	35,81	44,26	51,35	55,07
7	16,72	21,78	24,86	29,12	33,00	41,14	50,83	58,95	63,23
8	18,90	24,54	28,06	32,86	37,23	46,40	57,31	66,49	74,29
9	21,16	27,52	31,38	36,75	41,63	50,90	64,07	74,31	
10	23,34	30,32	34,62	40,54	45,91	57,20	70,64		
11	25,42	32,98	37,70	44,13	49,98	62,26			
12	27,71	35,99	41,08	48,09	54,46	67,83			
13	29,82	38,73	44,21	51,74	58,59	72,97			
14	32,04	41,59	47,46	55,57	62,92	78,36			

**Tablica 3.** Najpovoljniji promjeri trupaca listača (cm) za raspiljivanje u piljenice jednakih debljina (prema: Knežević, M. 1970)

Broj piljenica	Nominalna debljina piljenice + nadmjera [mm]							
	a	25+2	a	32+2,5	a	38+3	a	45+3
2		8,06		10,04		12,02		14,00
3		10,92		13,75		16,20		18,83
4		14,03		17,63		20,74	10,5	24,10
5		16,95		21,27		25,01		29,05
6		19,93		25,00	10,05	29,39		34,12
7		22,92		28,71		33,78	15	39,20
8		25,88	10,5	32,43		38,10	17	44,20
9		28,95		36,26	15	42,60		49,43
10		31,94		40,00		46,99	19	54,52
11		34,77		43,54		51,15		59,33
12	10,5	37,90		47,45	17	55,73		64,65
13		40,78	15	51,05		59,86	21	69,54
14		43,66		54,83	19	64,40		

Broj piljenica	Nominalna debljina piljenice + nadmjera [mm]							
	a	50+3,5	a	60+4	a	70+4	a	80+4
2		15,55	10,5	18,53	10,5	21,36	10,5-15-17	24,19
3	10,5	20,90	15	24,86	17	28,63	19	32,39
4		26,74	17	31,77	19	36,57		41,37
5		31,64		38,27		44,03		49,80
6	15	37,84	19	44,93		51,69	21	58,45
7	17	43,46		51,60	21	59,36		67,11
8	19	49,02		58,19		66,90		75,66
9	21	54,80	21	65,07		74,80		
10		60,43		71,72				
11		65,76						
12		71,66						

a – najmanja dopuštena širina s nadmjerom

### 13. Izradba kladarki – naputak

Proračune veličine nadmjere na utezanje, daljnju obradu i netočnost piljenja izvesti prema izrazima iz naputka vježbe 3. Nadmjere. Proračune kapaciteta pilanskih strojeva izvesti prema izrazima iz naputka vježbe 4. Pilanska tehnologija. Proračune iskorištenja izvesti prema izrazima iz naputka vježbe 6. Iskorištenja. Ostale proračune izvesti prema relacijama 4. do 27.

$$Dt = Ds - \frac{L}{2} * i \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$Dd = Ds + \frac{L}{2} * i \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$Ds = \frac{Dt + Dd}{2} \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$i = \frac{Dd - Dt}{L} \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$Vt = \frac{Ds^2 * \pi}{4} * L \quad \dots\dots\dots(8)$$

*Vt* – volumen trupca, [m<sup>3</sup>]  
*Ds* – srednja vrijednost unakrsnih promjera trupca na polovini duljine, [m, cm]  
*Dt* – promjer trupca na tanjem kraju [cm]  
*Dd* – promjer trupca na debljem kraju, [cm]  
*i* – pad promjera, [cm/m' ; %]  
*L* – duljina trupca, [m]

$$Vp = d * b * l \quad \dots\dots\dots(9)$$

*Vp* – nominalni volumen piljenice, [m<sup>3</sup>]  
*d* – nominalna debljina piljenice, [mm]  
*b* – nominalna širina piljenice, [mm]  
*l* – nominalna duljina piljenice, [m<sup>3</sup>]

$$Vp' = d' * b' * l' \quad \dots\dots\dots(10)$$

*Vp'* – volumen piljenice s nadmjerom, [m<sup>3</sup>]  
*d'* – debljina piljenice s nadmjerom, [mm]  
*b'* – širina piljenice s nadmjerom, [mm]  
*l'* – duljina piljenice s nadmjerom, [m<sup>3</sup>]

$$Vkpo = Vt - ( V' + Vh ) \quad \dots\dots\dots(11)$$

$$Vp = \Sigma V' -- \Sigma V \quad \dots\dots\dots(12)$$

*Vkpo* -- volumen krupnog pilanskog ostatka, [m<sup>3</sup>]  
*Vp* – volumen nadmjere, [m<sup>3</sup>]

### 13. Izradba kladarki – naputak

$$Z_o = 0,9 * Dt \quad \dots\dots\dots( 13 )$$

$$Z_o = \sqrt{Dt^2 - b'_{min}^2} \quad \dots\dots\dots( 14 )$$

$$A = d' * n + \text{šp} * n \quad \dots\dots\dots( 15 )$$

$$\text{šp} = a + 2 * e \quad \dots\dots\dots( 16 )$$

šp – širina propiljka, [mm]  
 e – veličina proširenja vrhova zubaca na jednu stranu  
 Zo – osnovna zona trupca, [mm]  
 A – ležište piljenica, [mm]  
 b'min – minimalna propisana širina piljenice sa nadmjerom, [mm]  
 d' – debljina piljenice s nadmjerom, [mm]  
 d – nominalna debljina piljenice [mm]  
 np – približan broj piljenica iste debljine i širine koje je moguće smjestiti u prizmu, [mm]

$$n_p = \frac{Apr}{d + P + \text{šp}} \quad \dots\dots\dots( 17 )$$

$$hpr = 0,7 * Dt \quad \dots\dots\dots( 18 )$$

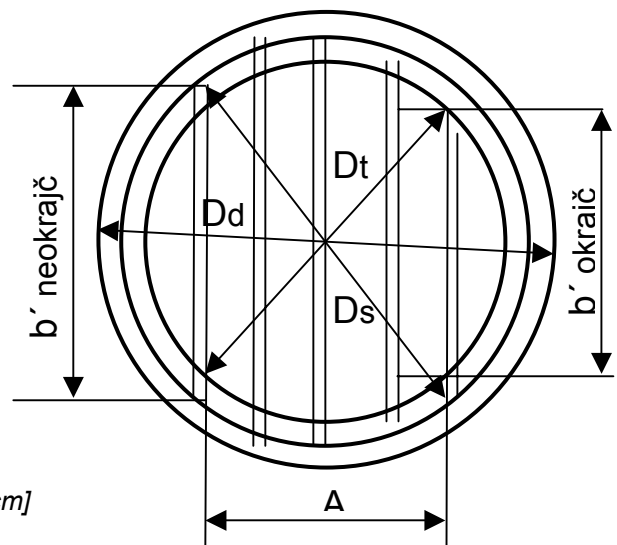
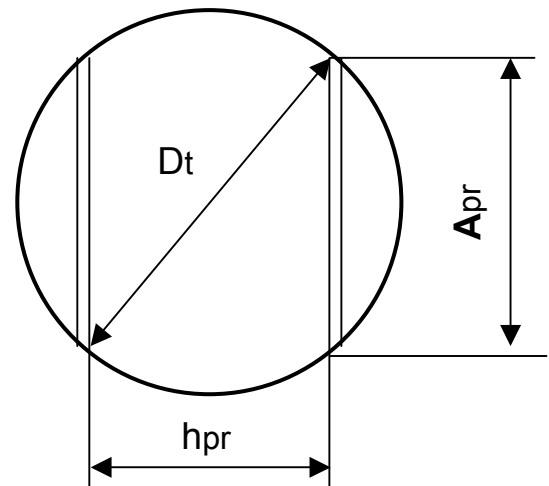
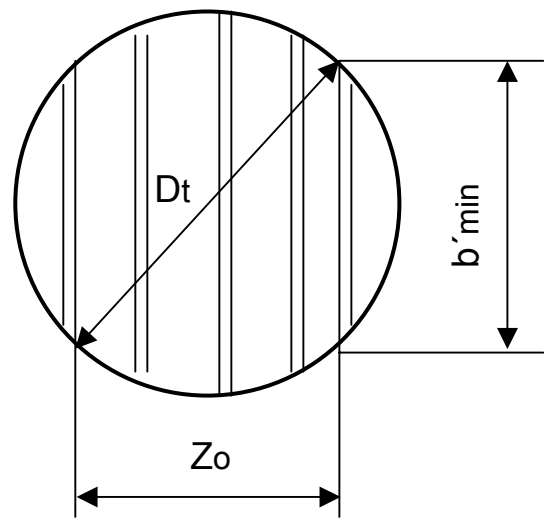
$$Apr = \sqrt{Dt^2 - hpr^2} \quad \dots\dots\dots( 19 )$$

hpr – visina prizme, [mm]  
 Apr – ležište prizme, [mm]

$$b'_{okrajč} = \sqrt{Dt^2 - A^2} \quad \dots\dots\dots( 20 )$$

$$b'_{neokrajč} = \sqrt{Ds^2 - A^2} \quad \dots\dots\dots( 21 )$$

b'okrajč – širina paralelno okrajčene piljenice s nadmjerom, [mm ; cm]  
 b'neokrajč – širina neokrajčene ili neparalelno okrajčene piljenice s nadmjerom, [mm ; cm]



### 13. Izradba kladarki – naputak

$$Dx = \sqrt{b'x^2 + Ax^2} \dots\dots\dots(22)$$

$$\Delta_D = Dx - Dt \dots\dots\dots(23)$$

$$lx = L - \frac{\Delta_D}{i} * 100 \dots\dots\dots(24)$$

*L* – duljina trupca, [mm ; cm]

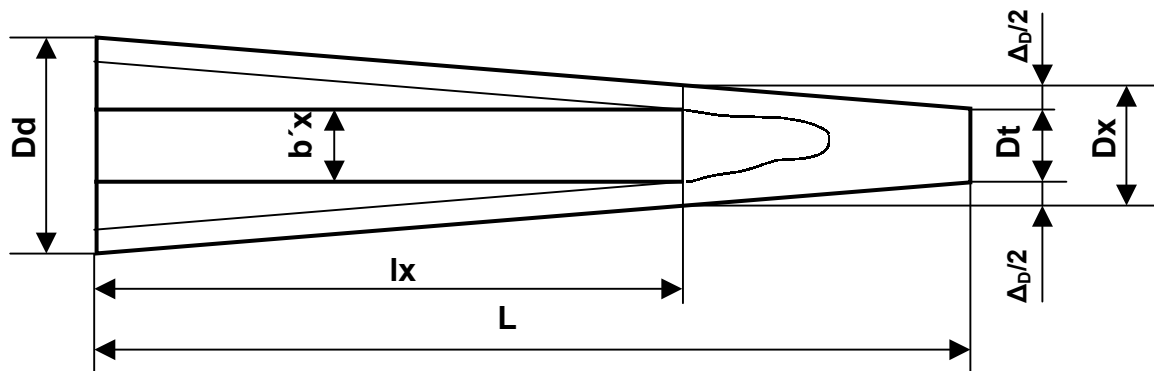
*Dx* -- kritični promjer trupca, [mm ; cm]

$\Delta_D$  – razlika promjera [mm ; cm]

*lx* – duljina piljenice u dopunskoj zoni, [m]

*b'x* – širina piljenice s nadmjerom obzirom na veličinu kritičnog promjera [mm, cm]

*i* – pad promjera [%]



$$bh = \sqrt{Ds^2 - Ah^2} \dots\dots\dots(25)$$

$$Ah = d' * n + šp * n \dots\dots\dots(26)$$

$$Vh = šp * bh * lh \dots\dots\dots(27)$$

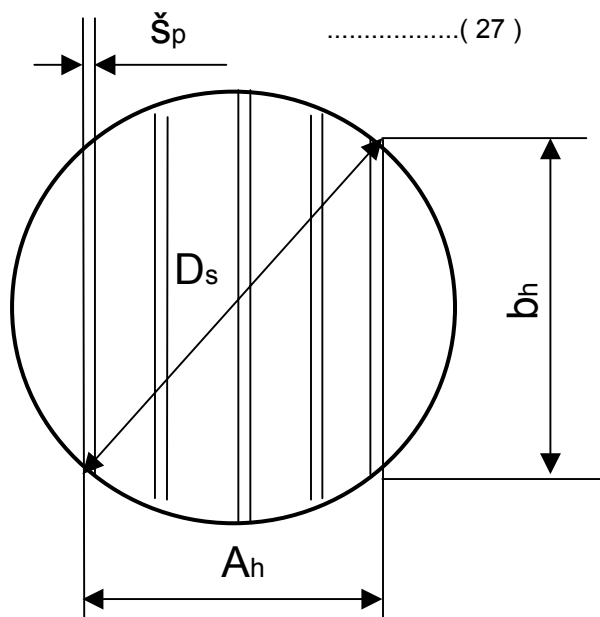
*bh* – visina propiljka, [m]

*Ah* – ležište propiljka, [m]

*n* – broj komada, [kom]

*lh* – duljina (propiljka) piljenice [m]

*Vh* -- volumen piljevine u jednom propiljku, [m<sup>3</sup>]



## IZVADAK IZ STANDARDA (NORME) ZA HRASTOVU PILJENU GRAĐU (HRN D. C1 021)

### 1. Piljena građa hrasta

- neokrajčane piljenice (kladarke, samice, doradne piljenice)
- poluokrajčane piljenice (polusamice)
- okrajčana građa
- elementi\*
- popruge za klasični i lam parket\*
- građa za lamel parket
- četvrtaci (četvrtače)
- težinska građa\*
- okorci, okrajci\*

### 2. Dimenzije

#### 2. 1. Piljenice i okrajčana građa

- debljina u mm  
*18 ; 25 ; 32 ; 38 ; (45) ; 50 ; 60 ; 70 ; 80 ; 90 ; 100 ; (110 kladarke) ; (120 kladarke)*
- širina u cm
  - neokrajčane piljenice (samice, kladarke)  
*16 cm (15) i više za debljine do 45 mm*  
*17 cm i više za debljine 50 do 70 mm*  
*18 cm i više za debljine 80 mm i više*
  - poluokrajčane piljenice (polusamice)  
*16 cm i više za sve debljine polusamica*
- okrajčana građa  
*8 do 12 cm i 12 cm na više rastući po 1 cm za sve debljine\**
- mjerenje širine
  - a) neokrajčane piljenice  
*Širina piljenica do 38 mm debljine mjeri se na užoj strani na polovini duljine na puni cm, sistemom do 5 mm na manje od 6 do 9 mm na više (12, 4 = 12 cm ; 12, 6 = 13 cm)\*.*  
*Širina piljenica preko 38 mm debljine mjeri se na užoj i široj strani na polovini duljine, širine se zbroje, podijele s dva i zaokruže na puni cm na niže.*
  - b) okrajčana građa  
*Širina okrajčane građe mjeri se zaokruživanjem na puni centimetar, sistemom do 5 mm na manje od 6 do 9 mm na više (12, 4 = 12 cm ; 12, 6 = 13 cm)\*.*

- Duljine u m
  - neokrajčane i poluokrajčane piljenice (kladarke, samice i polusamice)  
*od 2 m (2,10) na više rastući po 10 cm (2 ; 2,10 ; 2,20 , itd)*  
*(kratice od 1,00 do 1,90 m)\**
  - okrajčana građa
    - a) dugačka građa (*od 1,80 m na više rastući po 10 cm*)
    - b) kratka građa (*od 1,00 do 1,70 m rastući po 10 cm*)
    - c) vrlo kratka građa (*od 0,50 do 0,95 m rastući po 5 cm*)

## 2. 2. Popruge za klasični i lam parket

- Debljina u mm  
*klasični 25 mm\* ; lam 16 mm i 12 mm\**
- Širina u mm  
*50 do 80 mm rastući po 5 mm\**
- Duljine u mm  
*od 250 mm do 500 mm rastući po 50 mm\**

## 2. 3. Četvrtaci

- Dimenzije presjeka u mm  
*dimenzija poprečnog presjeka 50/50 mm ; (38/38) do 100/100 mm*
- Duljine u mm  
*od 250 mm rastući naviše po 50 mm*

## 2. 4. Elementi

- Debljina u mm  
*25 ; 32 ; 38 ; 50 mm i više*
- Širina u mm  
*50 mm (80) naviše*
- Duljina u mm  
*250 mm (500) naviše*

## 3. Klase kvalitete

- kladarke  
*I/II ; M*
- neokrajčane i poluokrajčane piljenice (samice i polusamice)  
*I ; II ; (I/II)\* ; M ; III ; IV*
- okrajčana građa  
*I ; II ; I/II blistača ; I/II bočnica)\* ; M ; III ; rujava ; mušičava*
- popruga za parket  
*(I/III)\* ; (I/III bijeljika)\* ; (deklasirana)\**
- četvrtaci  
*(I/III)\**
- elementi  
*(I/II ; I/III)\**

## LITERATURA

1. Babunović, K. 1992: Kvantitativno iskorištenje kao kriterij za kompjutersko određivanje načina krojenja piljenica u elemente, *Drvna industrija*, 43, (4): 103-108.
2. Brežnjak, M.; Herak, V. 1970: Kvaliteta piljenja na suvremenim primarnim pilanskim strojevima, *Drvna industrija*, 21, (1-2): 2-12.
3. Brežnjak, M. 1996: Drvo taj divni materijal, *Šumarski list*, 12, (5-6): 219-224.
4. Brežnjak, M. 1997: Pilanska tehnologija drva, I dio, Udžbenik, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
5. Brežnjak, M. 2000: Pilanska tehnologija drva, II dio, Udžbenik, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
6. Butković, J. 1978: Komparativna istraživanja volumnog iskorištenja trupaca kod simuliranog i eksperimentalnog piljenja, *Bilten ZIDI*, 7, (5): 15-34.
7. Butković, J. 1984: Mogućnosti i načini određivanja kvalitete trupaca i piljenica, *Zbornik radova, Savjetovanje u Osijeku, Istraživanje, razvoj i kvaliteta proizvoda u preradi drva*: 231-236.
8. Cassens, D.; Maeglin, R. R. 1987: Live-sawing low-grade red oak logs, *Forest Products Journal*, 37, (10): 49-53; 21 ref.
9. Gregić, M. 1969: Racionalizacija proizvodnje hrastove piljene građe, *Drvna industrija*, 20, (5-6): 66-67.
10. Gregić, M. 1971: Unapređenje prerade hrastove oblovine (prerada C klase 34 – 44 cm), *Drvna industrija*, 22, (1-2): 3-11.
11. Gregić, M. 1987: Razvoj prerade i iskorišćavanja hrasta lužnjaka i drugih vrsta drva u Hrvatskoj od 1699 do 1984 godine, *Drvna industrija*, 38, (9-10): 195-209.
12. Herak, V. 1984: Pilanski proizvodi iz tanke oblovine hrasta, *Zbornik radova, Istraživanje, razvoj i kvaliteta proizvoda u preradi drva, Osijek*: 219-231.
13. Hitrec, V. 1979: RARAVO – ZIDI, Program za elektronski računar – rangiranje rasporeda pila na jarmači prema volumnom iskorištenju, *Bilten ZIDI*, 1, (7): 1-52.
14. Horvat, I. 1963: Pilanska prerada drva 1 i 2, *Skripta, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet*.
15. Horvat, I. 1976: Tehnologija drva I dio, Udžbenik, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
16. Horvat, I.; Krpan, J. 1967: *Drvno-industrijski priručnik, Tehnička knjiga, Zagreb*.
17. Horvat, Z. 1983: Problematika namjenske prerade hrastovine i bukovine, *Bilten ZIDI*, 11, (3): 12-25.
18. Knežević, M. 1970: Prerada drveta na strugarama, *Zavod za izdavanje udžbenika SR Srbije, Beograd*.
19. McDonald, K. A.; Whipple, J. W. 1992: Yield of 2 by 4 red oak stress-graded dimension lumber from factory-grade logs, *Forest Products Journal*, 42, (6): 5-10; 13 ref.
20. Petruša, N. 1976: Piljenje hrastovine paralelno sa osovinom i paralelno s izvodnicom trupca, *Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet*.
21. Phillips, D. R. 1975: Lumber and residue yields for Black Oak saw logs in western North Carolina, *Forest Products Journal*, 25, (1): 29-33; 5 ref.
22. Prka, T. 1973: Iskorištenje sirovine u pilanskoj preradi drva, *Drvna industrija*, 24, (7-8): 147-157.



23. Prka, T. 1974: Usporedna analiza prerade hrastove oblovine klasičnom tehnologijom i tehnologijom izrade drvnih elemenata, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
24. Prka, T. 1974: Iskustva u proizvodnji elemenata iz hrastovine, Drvna industrija, 25, (7-8): 163-165.
25. Prka, T. 1975: Namjenska prerada tanke hrastove oblovine, Drvna industrija, 26, (5-6): 103-109.
26. Prka, T. 1976: Problemi proizvodnje piljenih elemenata od hrastovine, Drvna industrija, 27, (7-8): 161-169.
27. Prka, T. 1978: Utjecaj kvalitete i promjera hrastovih trupaca na iskorištenje u proizvodnji piljenih elemenata, Bilten ZIDI, 6, (2): 1-47.
28. Prka, T. 1978: Utjecaj kvalitete i promjera hrastovih trupaca na iskorištenje u proizvodnji piljenih elemenata, Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
29. Prka, T. 1988: Razvoj pilanske preradbe hrastovine, Drvna industrija, 39, (9-10), 217-220 ; 39, (11-12): 255-263.
30. Prka, T. 1995: Pilanska prerada drva, stanje, pravci i strategija razvitka industrijske prerade drva u RH do 2010 god., Croatiadrvo, Zagreb.
31. Prka, T. 1996: Stanje i pravci razvitka pilanske prerade drva u Republici Hrvatskoj, Zbornik radova simpozija Revitalizacija i restrukturiranje šumarstva i drvne industrije Republike Hrvatske, Tuhelj.
32. Richards, D. B.; Newman, J. A. 1979: Sawing high-quality red oak logs, Forest Products Journal, 29, (9): 36-39; 16 ref.
33. \*\*\*\*\* 1992: Šume u Hrvatskoj, Monografija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Hrvatske šume, Zagreb.
34. \*\*\*\*\* 1998: Cjenik glavnih šumskih proizvoda za domaće tržište, "JP Hrvatske šume"